



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 : Hadji Lakhder Mounir

Boukhari Mohammed Elamine

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie des Procédés des Matériaux

### Thème

**Evaluation de la performance d'un adsorbant local dans la  
remédiation des eaux colorées synthétiques**

#### Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Mr. BENALIA Mokhtar	Pr.Dr	Président
Mr. DJEDID Mebrouk	Pr.Dr	Examinateur
Mme. AD Chifaa	MCA	Rapportrice
Mme. SAADALLAH Kelthoum	Doctorante	Co-rapportrice

Promotion : MAI 2024

# Remerciement

Ce mémoire a été effectué au laboratoire de recherche de l'Ingenierie des procédés, matériaux et environnement (LIPME) de l'université de Amar Telidji- Laghouat.

Le premier et le dernier commandement est Dieu, qui nous a donné suffisamment de capacités pour accomplir ce travail.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à notre rapportrice, Madame **Dr. AD Chifaa**, et à Madame **SAADALLAH Kelthoum**, co-rapportrice. Pour leurs précieux conseils et leurs Encouragements constants. Nous avons eu la chance inestimable de bénéficier d'un Encadrement si dévoué et attentif, répondant rapidement à nos questions et à nos demandes.

Nous tenons également à remercier les membres du jury :

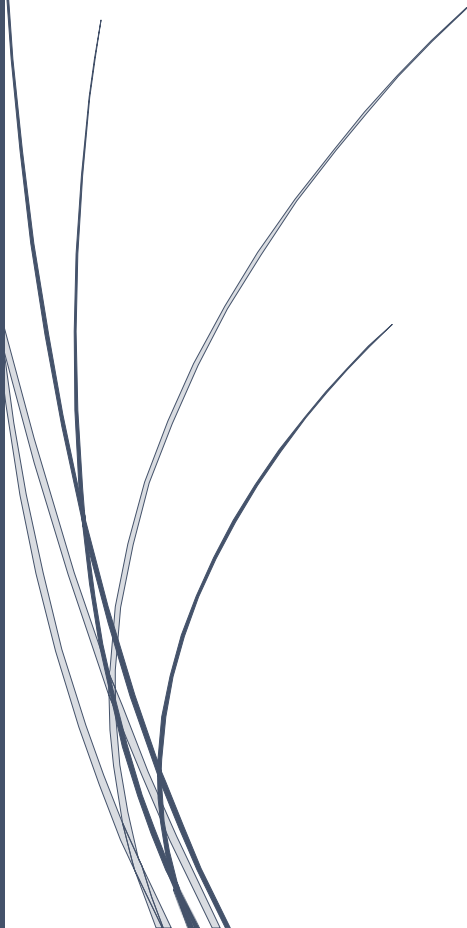
**Pr. Dr. DJEDID Mebrouk**, Président et **Pr. Dr. BENALIA Mokhtar**, examinateur.

Pour avoir accepté de lire et d'examiner notre travail avec soin et rigueur.

Un merci spécial à tous ceux qui nous ont soutenus pour mener à bien ce travail.

Enfin, nous remercions les ingénieurs du laboratoire LIPME, en particulier **M elle. CHEBBA Samira** et **Mr. GUERBAZ Abdelkader**, pour leur soutien et leurs contributions, ainsi que tous les ingénieurs et les techniciens du Laboratoire de Génie des Procédés de l'Université de Laghouat.

Merci à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.



## Dédicaces

Tout d'abord, je remercie le Dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Je dédie ce travail à ma mère, la source de tendresse et la lumière qui guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite, pour tous ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

À mon frère mon soutien dans ma vie bakooo.

Lakhder Mounir

## Dédicaces

C'est avec une grande joie, que j'exprime ma gratitude et mes sentiments les plus nobles en dédiant ce travail à :  
Mes très chers parents pour le soutien Boukhari Abdelhamid,  
Aicha Ma grande famille,  
Mon frère Mostapha et mes sœurs

Tous mes amis et mes proches

Tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail

A tous ceux que j'

Lamine



---

# SOMMAIRE

---





# Sommaire

---

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale 01

## Chapitre I : Aperçu théorique

I.1. La pollution	03
I.1.1. Introduction	03
I.1.2. La pollution de l'eau	03
I.1.3. Source de pollution	03
I.1.4. Les types de pollution des eaux	04
I.2. Les colorants	05
I.2.1. Définition d'un colorant	05
I.2.2. Utilisation et application des colorants	05
I.2.3. La toxicité des colorants	05
I.2.4. Technique d'élimination des colorants	06
I.3. Procédés d'adsorption	07
I.3.1. Définition	07
I.3.2. Différent types d'adsorption	07
I.3.3. Facteurs influençant l'adsorption	08
I.3.4. Adsorbants dans la Purification et la Séparation	09
I.3.4.1. Biosorbants : Origine et Applications	09
I.3.4.2. Classification des biosorbants	09
I.4. Modélisation des isothermes d'adsorption	10
I.4.1. Modèle de Langmuir	10
I.4.2. Isotherme de Freundlich	11

# Sommaire

---

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

II.1. Introduction	12
II.2. Appareillage, matériel et produits utilisés	12
II.2.1. Appareillage	12
II.2.2. Matériels utilisés	12
II.2.3. Produits chimiques utilisés	13
II.3. Préparation de l'adsorbant, l'adsorbat et des solutions des réactifs	13
II.3.1. Préparation de l'adsorbant	13
II.3.2. Préparation de l'adsorbat (crystal violet)	14
II.3.3. Préparation des solutions des réactifs	16
II.3.3.1. Préparation de la solution d'acide sulfurique	16
II.3.3.2. Préparation de la solution d'hydroxyde de sodium	16
II.4. Dosage du crystal violet par spectroscopie UV-Visible	17
II.4.1. Principe	17
II.4.2. Loi de Beer-Lambert	17
II.4.3. Détermination de $\lambda$ max	18
II.4.4. Etablissement de la courbe d'étalonnage du colorant	18
II.4.5. Détermination de la concentration résiduelle de l'échantillon	18
II.5. Protocole d'essais d'adsorption	19
II.5.1. Mesure de la capacité d'adsorption	19
II.5.2. Détermination du rendement d'élimination du colorant	20
II.5.3. Effet de la masse de l'adsorbant	20
II.5.4. Effet de pH de la solution	20
II.5.5. Effet de temp de contact	21
II.5.6. Effet de concentration de l'adsorbat	21
II.5.7. Effet de la température	22

# Sommaire

---

## Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Introduction	23
III.2. Etude de la courbe d'étalonnage du colorant	23
III.3. Optimisation des conditions opératoires	24
III.3.1. Effet de la masse du biosorbant	24
III.3.2. Effet du pH sur l'adsorption	25
III.3.3. Effet du temps de contact et de concentration de l'adsorbat	26
III.3.4. Effet de la concentration initiale de l'adsorbat	26
III.3.5. Effet de la température	27
III.4. Modélisation de la cinétique d'adsorption	28
III.4.1. Modèle de pseudo-premier ordre	28
III.4.2. Modèle de pseudo-second ordre	29
III.5. Etude des isothermes d'adsorption	30
III.6. Etude comparative avec d'autres travaux antérieurs	32
Conclusion générale	33
Perspectives	36
Références bibliographiques	37
Résumé	

## Liste des tableaux

---

Tableau	Titre	Page
<b>Tableau I.1</b>	Les types de pollution de l'eau	4
<b>Tableau I.2</b>	Les propriétés physico-chimiques	8
<b>Tableau II.1</b>	Produits chimiques utilisés	13
<b>Tableau II.2</b>	Caractéristique physico-chimique du crystal violet	15
<b>Tableau III.1</b>	Résultats d'applications du modèle cinétique du pseudo premier ordre pour l'adsorption du Crystal Violet	29
<b>Tableau III.2</b>	Résultats d'applications du modèle cinétique du pseudo second ordre pour l'adsorption du Crystal Violet	30
<b>Tableau III. 3</b>	Constantes de Langmuir et freundlich pour l'adsorption du Crystal Violet sur les écorces de pin .	32
<b>Tableau III. 4</b>	Etude comparative de l'adsorption de Crystal Violet sur différents adsorbants	32

## Liste des figures

---

Figure	Titre	Page
<b>Figures I.1</b>	Représentation schématique du phénomène d'adsorption	7
<b>Figures I.2</b>	Représentation schématique de l'adsorption physique et chimique	8
<b>Figures II.1</b>	Étapes de préparation de l'adsorbant.	14
<b>Figures II.2</b>	Aspect du Crystal violet	16
<b>Figures II.3</b>	Rayonnements de la longueur d'onde UV-Visible	17
<b>Figures III.1</b>	Courbe d'étalonnage du crystal violet	23
<b>Figures III.2</b>	Influence de la masse de l'adsorbant les écorces de pin sur l'adsorption du crystal violet	24
<b>Figures III.3</b>	Effet du pH sur l'adsorption du crystal violet	25
<b>Figures III.4</b>	Effet du temps de contact et concentration de l'adsorbat	26
<b>Figures III.5</b>	Effet de concentration de l'adsorbat.	27
<b>Figures III.6</b>	Effet de la température sur l'adsorption du crystal violet.	28
<b>Figures III.7</b>	Modèle cinétique du pseudo premier ordre	29
<b>Figures III.8</b>	Modèle cinétique du pseudo second ordre	30
<b>Figures III.9</b>	Modèle d'isotherme de Langmuir pour l'adsorption du crystal violet	31
<b>Figures III.10</b>	Modèle d'isotherme de Freundlich pour l'adsorption du crystal violet	31

# Liste des abréviations

---

## Symbole : Signification

**CV** : Cristal violet

**UV** : Ultraviolet

**A** : L'absorbance

$\epsilon$  : Coefficient spécifique d'absorbance molaire

$\lambda_{\text{max}}$  : Longueur d'onde maximale

$Q_{\text{ads}}$  : Capacité d'adsorption

**R(%)** : Le taux d'élimination

$Q_m$  : Capacité maximale d'adsorption

**V** : Volume de la solution

**m** : Masse d'adsorbant

**C** : Concentration

$C_0$  : Concentration initiale de l'adsorbant

$C_e$  : Concentration à l'équilibre de l'adsorbant

**pH** : Potentiel d'hydrogène

$T^\circ$  : Température

**t** : Temps

**qt** : Quantité de soluté adsorbée à l'instant

**qe** : Quantité adsorbée de soluté à l'équilibre

$K_L$  : Constante de Langmuir

$K_F$  : Constante de Freundlich

**n** : Coefficient de Freundlich

$R^2$  : Coefficient de régression

$K_1$  : Constante de vitesse de premier ordre

$K_2$  : Constante de vitesse de second ordre

$^\circ\text{C}$  : Degré Celsius

**K** : Kelvin

**KJ** : Kilo Joule

**tr/min** : Tour par minute

## Liste des abréviations

---

**ppm** : Parties par million

**M** : Molarité

**ml** : Millilitre

**L** : Litre

**mg** : Milligramme

**g** : Gramme

**cm** : Centimètre

**mm** : Millimètre

**nm** : Nanomètre

**min** : Minute

**h** : heure

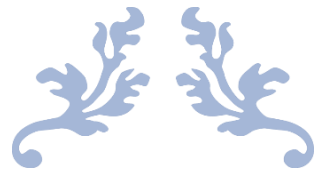
**EPT** : Ecorce de pin traité

**MEB** : microscope électronique a balayage

**BET** : Brawner Emmet et teller

**DRX** : diffraction des rayon x

**IR** : infrarouge



---

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---





# Introduction générale

---

L'eau est une ressource vitale pour la survie de toutes les formes de vie sur terre, et sa qualité est d'une importance cruciale pour la santé humaine, l'environnement et le développement socio-économique. Cependant, la pollution de l'eau, en particulier par des composés organiques tels que les colorants synthétiques, constitue un problème mondial croissant qui menace la sécurité de l'eau.

Les colorants synthétiques, largement utilisés dans diverses industries telles que le textile, l'agroalimentaire et la production de papier, posent un défi majeur lors de leur élimination des eaux usées en raison de leur persistance, de leur toxicité et de leur impact environnemental. Les méthodes conventionnelles de traitement des eaux usées, comme la coagulation, la floculation et la filtration, se sont révélées inefficaces pour éliminer ces colorants de manière efficace, menant ainsi à la recherche continue de solutions de traitement plus efficaces et durables. Dans ce contexte, l'utilisation d'adsorbants naturels, tels que les écorces de pin, suscite un intérêt croissant grâce à leur disponibilité abondante, leur coût modéré, leur biodégradabilité et leur faible impact environnemental. Les écorces de pin contiennent une combinaison complexe de composés chimiques comme les tanins, les lignines et les polysaccharides, qui leur confèrent des propriétés adsorbantes efficaces pour capturer les colorants synthétiques présents dans les eaux usées.

Cette étude vise donc à évaluer la performance des écorces de pin comme adsorbant dans la remédiation des eaux colorées synthétiques. À cette fin, une série d'expériences sera menée pour caractériser les écorces de pin, évaluer leur capacité d'adsorption des colorants synthétiques, analyser la cinétique et l'isotherme d'adsorption, et comparer leur performance avec celle d'autres adsorbants couramment utilisés. Les résultats de cette étude fourniront des informations précieuses sur le potentiel des écorces de pin comme solution alternative et durable pour le traitement des eaux colorées synthétiques, contribuant ainsi à la protection de l'environnement et à la gestion efficace des ressources en eau.

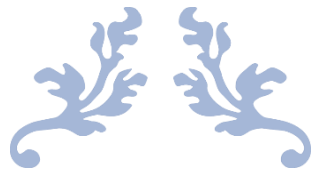
Pour évaluer la performance des écorces de pin comme adsorbant dans la remédiation des eaux colorées synthétiques, vous pouvez effectuer les étapes suivantes :

- ❖ **Préparation des échantillons :** Préparez des échantillons d'eau colorée synthétique contenant divers colorants pour simuler les conditions réelles.
- ❖ **Caractérisation de l'adsorbant :** Analysez les écorces de pin pour comprendre leur structure, leur composition chimique et leur capacité d'adsorption.
- ❖ **Tests d'adsorption :** Appliquez les écorces de pin aux échantillons d'eau colorée synthétique et mesurez la diminution de la couleur au fil du temps.
- ❖ **Évaluation de la capacité d'adsorption :** Déterminez la capacité d'adsorption des écorces de pin en mesurant la quantité de colorants adsorbés par unité de masse d'adsorbant.

## Introduction générale

---

- ❖ **Étude de l'isotherme d'adsorption** : Déterminez l'isotherme d'adsorption pour comprendre la relation entre la concentration des colorants dans la solution et leur adsorption sur les écorces de pin.
- ❖ **Comparaison avec d'autres adsorbants** : Comparez la performance des écorces de pin avec d'autres adsorbants couramment utilisés pour la remédiation des eaux colorées synthétiques.
- ❖ **Analyse des résultats et conclusion** : Analysez les données recueillies pour évaluer l'efficacité des écorces de pin comme adsorbant dans la remédiation des eaux colorées synthétiques et tirez des conclusions sur leur potentiel d'application dans des contextes réels.



---

# Chapitre I :

## APERÇU THÉORIQUE

---





# Chapitre I : Aperçu théorique

---

# Chapitre I : Aperçu théorique

---

## I.1. La pollution

### I.1.1. Introduction

La pollution se caractérise par l'introduction, directe ou indirecte, de substances néfastes dans l'environnement par l'activité humaine. Ces introductions entraînent des conséquences dommageables, mettant en danger la santé humaine, perturbant les ressources biologiques et les écosystèmes, nuisant aux agréments environnementaux et entravant d'autres utilisations légitimes de l'environnement [1].

### I.1.2. La pollution de l'eau

Toute modification ou introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau, de mettre en danger la santé humaine, de nuire à la faune et à la flore aquatiques, est appelée pollution [2].

### I.1.3. Source de pollution

Les sources de pollution de l'eau sont multiples : elles proviennent notamment des secteurs industriels, agricoles ou domestiques.

- a) **Pollution industriels** : Les rejets industriels sont une source importante de pollution chimique des eaux. Les industries telles que la métallurgie, la chimie ou encore le textile utilisent et rejettent toute une variété de composés chimiques comme les solvants, les métaux lourds, les hydrocarbures... qui se retrouvent dans les rivières, les lacs et les nappes phréatiques [3].
- b) **Pollution agricole** : L'agriculture intensive participe également à la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines par les engrais et les pesticides. Le phosphore et l'azote présents en excès dans les engrais causent l'eutrophisation des milieux aquatiques, c'est-à-dire une prolifération excessive des algues qui épuisent l'oxygène et menacent la vie aquatique [4].
- c) **Pollution domestique** : Les eaux usées domestiques non ou mal traitées introduisent dans le milieu naturel de nombreux germes pathogènes nuisibles pour l'homme et l'environnement. Dans les pays en développement, 90% des eaux usées sont rejetées sans aucun traitement, posant d'immenses problèmes sanitaires [5].

# Chapitre I : Aperçu théorique

---

## I.1.4. Les types de pollution des eaux

Il existe 3 types de pollution importants :

### a) Pollution organique :

Rejet d'eaux usées domestiques, agricoles ou industrielles contenant des matières organiques qui consomment l'oxygène dissous lors de leur dégradation. Cela entraîne un appauvrissement en oxygène qui peut provoquer la mort des organismes aquatiques [6].

### b) Pollution chimique :

Rejets de substances chimiques toxiques comme les métaux lourds, les solvants, les hydrocarbures, les pesticides, etc. Ces polluants sont nocifs pour les organismes aquatiques et peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire [7].

### c) Pollution microbiologique :

Contamination des eaux par des micro-organismes pathogènes issus des rejets d'eaux usées. Cela peut entraîner des risques sanitaires lors de l'utilisation des eaux contaminées [8].

**Tableau I.1 : Les types de pollution de l'eau [8].**

Type de pollution	Sources	Effets
<b>Pollution organique (matières organiques, déchets animaux et végétaux)</b>	Rejets d'eaux usées domestiques et industrielles, effluents d'élevage	Consommation d'oxygène, eutrophisation, développement d'algues toxiques
<b>Pollution chimique (métaux lourds, solvants, pesticides...)</b>	Industries chimiques et minières, agriculture intensive	Toxicité pour la faune et la flore aquatiques, bioaccumulation
<b>Pollution microbiologique (bactéries, virus, parasites)</b>	Rejets d'eaux usées non traitées provenant des habitations, hôpitaux..	Rejets d'eaux usées non traitées provenant des habitations, hôpitaux...

# Chapitre I : Aperçu théorique

---

## I.2. Les colorants

### I.2.1. Définition d'un colorant

Un colorant est une substance chimique qui est utilisée pour donner une couleur spécifique à un matériau ou à une solution. Les colorants sont largement utilisés dans divers domaines, tels que l'industrie textile, l'industrie alimentaire, la teinture, l'impression et la coloration des matériaux. Ils peuvent être d'origine naturelle ou synthétique et sont choisis en fonction de leurs propriétés colorantes, de leur stabilité et de leur compatibilité avec le matériau ou le substrat à colorer. [9].

### I.2.2. Utilisation et application des colorants

Les colorants sont largement utilisés dans divers secteurs industriels, notamment dans l'industrie alimentaire pour colorer les aliments et les boissons, ainsi que dans l'industrie des peintures, des encres et des matières plastiques [10]

Les colorants textiles se divisent principalement en deux catégories : les colorants naturels d'origine végétale ou animale, tels que l'indigo, la pourpre, le curcuma ou le carthame, et les colorants synthétiques produits en laboratoire, qui offrent une gamme variée de couleurs vives à moindre coût, mais peuvent présenter des risques toxicologiques [11].

### I.2.3. La toxicité des colorants

Les colorants sont largement utilisés dans l'industrie textile, alimentaire, cosmétique, etc. Cependant, certains colorants synthétiques peuvent présenter une toxicité pour la santé humaine et l'environnement [12].

#### a) Pour l'homme :

Les effets toxiques des colorants sur la santé humaine incluent des réactions allergiques cutanées, des lésions hépatiques, rénales et de la vessie, des effets mutagènes et cancérigènes [13]. L'exposition professionnelle aux colorants dans l'industrie textile a été associée à des risques accrus de cancer de la vessie [14].

#### b) Pour l'environnement :

La toxicité aquatique des colorants est également une préoccupation majeure. Leur rejet dans l'environnement peut affecter les organismes aquatiques en réduisant la photosynthèse et en

## Chapitre I : Aperçu théorique

---

provoquant des effets toxiques sur les algues, les plantes aquatiques, les crustacés et les poissons [15]

En conclusion, la toxicité potentielle de nombreux colorants synthétiques nécessite une évaluation et une gestion appropriées des risques tout au long de leur cycle de vie.

### I.2.4. Technique d'élimination des colorants

Dans la recherche d'une solution efficace pour éliminer les colorants des solutions aqueuses, plusieurs techniques sont explorées.

#### ➤ **Adsorption :**

L'élimination des colorants des eaux usées est souvent réalisée par adsorption sur divers adsorbants, notamment le charbon actif, les zéolithes, les argiles activées, les résines échangeuses d'ions, etc. Cette méthode est largement utilisée en raison de son efficacité et de sa polyvalence [16].

#### ➤ **Oxydation chimique :**

Des oxydants puissants comme l'ozone, le chlore, le peroxyde d'hydrogène peuvent détruire et décolorer efficacement certains colorants. Cependant, cela peut générer des sous-produits toxiques [17].

#### ➤ **Procédés électrochimiques :**

Les techniques électrochimiques comme l'électrocoagulation, l'électro-Fenton et les procédés photo-électro catalytiques peuvent éliminer efficacement plusieurs types de colorants [18].

#### ➤ **Photocatalyse :**

Sous l'effet des rayonnements UV en présence de catalyseurs comme  $\text{TiO}_2$ , le colorant est décomposé par les radicaux hydroxyles produits. Efficace mais nécessite beaucoup d'énergie [19].

#### ➤ **Traitements biologiques :**

L'utilisation de certains micro-organismes, champignons, algues peut dégrader et minéraliser plusieurs familles de colorants. C'est une technologie prometteuse et respectueuse de l'environnement [20]. Dans le cadre de cette recherche, nous avons choisi de nous concentrer

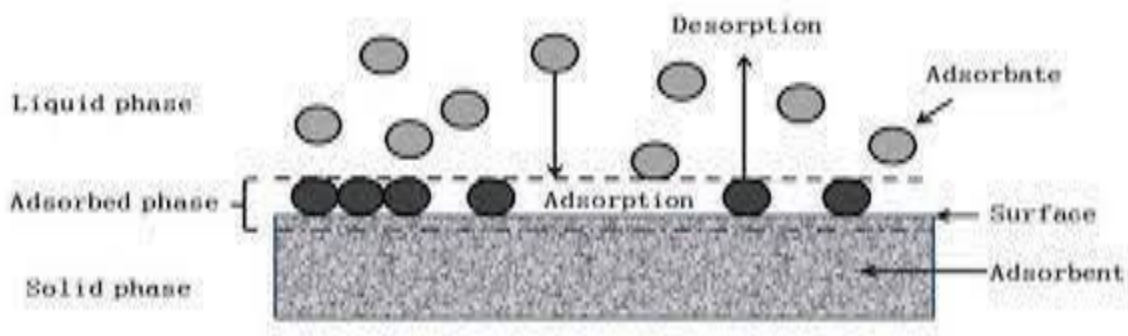
# Chapitre I : Aperçu théorique

sur la méthode d'adsorption en raison de sa large applicabilité, de son efficacité avérée et de sa simplicité d'implémentation.

## I.3. Procédés d'adsorption

### I.3.1. Définition

L'adsorption est le phénomène par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent à la surface d'un solide selon divers processus plus ou moins intenses (physisorption ou chimisorption). L'adsorption modifie les propriétés physico-chimiques de la surface du solide [21].



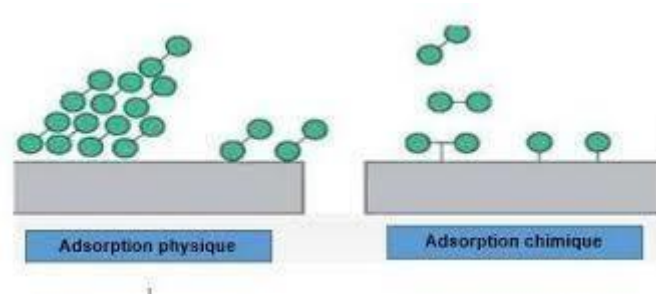
Figures I.1. Représentation schématique du phénomène d'adsorption.

### ❖ I.3.2. Différent types d'adsorption [22].

- **Adsorption physique (physisorption):** attraction entre l'adsorbat (molécule adsorbée) et l'adsorbant (surface) basée sur des interactions faibles de type van der Waals.
- **Adsorption chimique (chimisorption) :** Il s'agit de la formation d'une liaison chimique entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant, impliquant un échange d'électrons et une énergie d'adsorption plus élevée que la physisorption.

La différence entre les deux types est illustrée dans la figure I .2 et le tableau I.2.

# Chapitre I : Aperçu théorique



Figures I.2. Représentation schématique de l'adsorption physique et chimique [23].

Tableau I.2: Les propriétés physico-chimiques [22].

Propriétés	Physique	Chimique
<b>Nature des forces mises en jeu</b>	Forces de van der Waals (faibles)	Liaison chimique (forte)
<b>Énergie D'adsorption</b>	Faible (< 40 kJ/mol)	Élevée (>40 kJ/mol)
<b>Spécificité</b>	Non spécifique	Hautement spécifique
<b>Réversibilité</b>	Réversible	Irréversible
<b>Effet de la Température</b>	Diminue quand la Température augmente	Augmente avec la Température
<b>Couche D'adsorption</b>	Multicouches possibles	Monocouche uniquement

### I.3.3. Facteurs influençant l'adsorption [21]

➤ **La nature et la structure du matériau adsorbant :**

La texture du matériau (surface spécifique, taille des pores, volume poreux) influence fortement la capacité d'adsorption

➤ **La température :**

L'adsorption est généralement un phénomène exothermique. Une augmentation de température défavorise l'adsorption

➤ **Le pH de la solution :**

Le pH peut influencer les interactions adsorbat-adsorbant et donc la capacité d'adsorption.

## Chapitre I : Aperçu théorique

---

### ➤ La concentration initiale de l'espèce à adsorber :

Plus la concentration initiale est élevée, plus la quantité adsorbée augmente jusqu'à saturation de l'adsorbant.

### I.3.4. Adsorbants dans la purification et la séparation

L'évaluation de la performance des écorces de pin comme adsorbant dans la remédiation des eaux colorées synthétiques représente une exploration innovante des ressources locales pour résoudre les problèmes de pollution de l'eau. Dans le domaine de la purification et de la séparation, les adsorbants jouent un rôle crucial en capturant sélectivement des composés cibles à partir de mélanges complexes, contribuant ainsi à purifier les substances et à les séparer efficacement. Ces matériaux adsorbants agissent comme des filtres, retenant les contaminants et laissant passer les substances désirées [24].

#### I.3.4.1. Biosorbants : Origine et Applications

Les biosorbants, matériaux biodégradables, sont dérivés de déchets agricoles ou forestiers tels que la paille, les écorces d'arbres, les coques de noix, etc. Ils sont obtenus à partir de la biomasse de plantes, d'algues, de champignons ou de bactéries. Ces substances sont utilisées pour adsorber les polluants, ils ont la capacité de fixer ou retenir des substances spécifiques comme les métaux lourds et les composés organiques comme les colorants, et la recherche se poursuit pour améliorer leurs performances [25].

#### I.3.4.2. Classification des biosorbants:

Les biosorbants peuvent être classés en différentes catégories :

- **Biosorbants microbiens :**

Cette catégorie comprend les bactéries, les champignons, les algues et les micro-organismes qui peuvent adsorber les métaux lourds. Des exemples incluent *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus niger*, *Chlorella* sp. [26]

- **Biosorbants agricoles :**

Cette catégorie inclut les déchets et sous-produits agricoles tels que les écorces d'agrumes, la paille de riz, les cosses de cacao, etc. Ces matériaux contiennent des groupements fonctionnels comme les hydroxyles, amines, carboxyles qui peuvent chélater les ions métalliques et les colorants [27].

## Chapitre I : Aperçu théorique

---

Cela comprend les matières animales telles que les plumes de volailles, les os, les coquilles d'huîtres, etc. La kératine dans les plumes se lie fortement aux métaux lourds. [28]

- **Biosorbants synthétiques et composites :**

Il s'agit de biosorbants préparés par immobilisation de biomolécules ou par combinaison avec d'autres matériaux. Par exemple, l'alginate lié à des groupements amines ou la cellulose couplée à des chitosanes [29].

### I.4. Modélisation des isothermes d'adsorption

Lorsque l'adsorption atteint son état d'équilibre, elle est souvent représentée par une courbe d'isotherme d'adsorption, ce qui est important dans l'analyse des interactions soluté-adsorbant, estimer le mécanisme d'adsorption ainsi que la capacité d'adsorption des matériaux adsorbants. De nombreux modèles d'isotherme d'adsorption ont été développés pour décrire ce phénomène. Dans cette présentation, nous allons examiner les modèles de Langmuir et de Freundlich [30].

#### I.4.1. Modèle de Langmuir

Le modèle de Langmuir décrit l'adsorption d'un gaz ou d'un liquide sur une surface solide. Il a été développé en 1916 par Irving Langmuir. Il repose sur plusieurs hypothèses simplificatrices :

- L'adsorption se produit sur des sites bien définis et localisés à la surface du solide de même énergie.
- Chaque site ne peut adsorber qu'une seule molécule ou atome à la fois, ce qui est connu sous le nom d'adsorption monocouche.
- la réaction est réversible.
- le nombre de sites d'adsorption sur la surface est limité.
- La température est constante.

L'isotherme de Langmuir est représentée par l'équation suivante Langmuir, I. (1918) :

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (\text{eq I.1})$$

Où :  $Q_e$  : Quantité adsorbée à l'équilibre, en (mg/l).

$q_m$  : Capacité maximale d'adsorption de la monocouche, en (mg/g).

## Chapitre I : Aperçu théorique

---

$C_e$  : Concentration à l'équilibre, exprimé en (mg/l).

$K_L$  : Paramètre de Langmuir.

La linéarisation de cette équation donne :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L q_m} \quad (\text{eq I.2})$$

On détermine la valeur de la capacité maximum d'adsorption de la monocouche  $q_m$  et la constante de Langmuir  $K_L$  en traçant la droite :  $C_e/q_e = f(C_e)$  [31].

$$\frac{C_e}{q_e} = f(C_e) \quad (\text{eq I.3}).$$

### I.4.2. Isotherme de Freundlich

L'isotherme d'adsorption de Freundlich suppose que l'adsorption se produit sur une surface hétérogène par un mécanisme mono ou multicouche d'adsorption et que la quantité adsorbée augmente avec la concentration selon l'équation suivante :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \quad (\text{eq I.4})$$

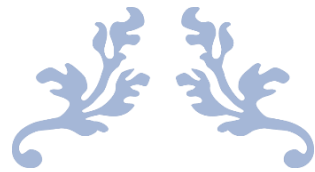
Avec :

$q_e$ : la quantité d'adsorbant adsorbée par masse d'unité d'adsorbant (mg/g) ;

$K_f$ : est un paramètre lié essentiellement à la capacité d'adsorption maximale (mg/g(mg.L-1)<sup>n</sup>) ;

$C_e$ : la concentration de l'adsorbant dans la solution à l'équilibre (mg.L-1) ;

$n$  : est un paramètre lié aux coefficient de variation des énergie d'interactions avec le taux de recouvrement. [32].



---

CHAPITRE II :  
MÉTHODOLOGIE  
EXPÉRIMENTALE

---





## **Chapitre II : Méthodologie expérimentale**

---

# Chapitre II : Méthodologie expérimentale

---

## II.1. Introduction

L'objectif de cette étude est d'exploiter un adsorbant naturel biodégradable composé d'écorces de pin dans un processus d'adsorption physico-chimique ayant pour but de traiter une solution aqueuse synthétique contaminée par du Crystal violet. Plusieurs considérations justifient ce choix stratégique. La disponibilité abondante et le coût modique de la biomasse confèrent un avantage indéniable à ce processus de biosorption. Dans ce cadre, les écorces de pin sont utilisées pour adsorber l'adsorbat « Crystal violet », en prenant en compte divers paramètres tels que la masse de l'adsorbant, le pH de la solution, le temps de contact, la concentration initiale et la température. Ces expérimentations ont été réalisées au sein du laboratoire de recherche Génie des Procédés affilié au département de génie des procédés de l'université de Laghouat.

## II.2. Appareillage, matériel et produits utilisés

### II.2.1. Appareillage

- Agitateur magnétique;
- Bain agité (Nüve ST30);
- Le pH-mètre ( InoLab D-82362);
- Balance analytique de précision (Pioneer Ohaus) ;
- Etuve (Geometra CH-5036);
- Spectrophotomètre UV-visible (SECOMAM UVILINE 9400).

### II.2.2. Matériels utilisés

- Bêchers de capacité 100 mL, 150 mL et 250 mL ;
- Eprouvette graduée, capacité de 10, 50 et 100 mL;
- Fioles jaugées, capacité de 100, 250, 500 et 1000 mL;
- Flacons, capacité de 100 mL ;
- Tube à essai de 5 mL avec support ;
- Les barreaux magnétiques;
- Les cuves ;
- Entonnoir ;
- Embouts bleu et jaune ;
- Spatule, Verre de montre ;

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

- Micropipette de volume variable.

### II.2.3. Produits chimiques utilisés

Tableau II.1 : Produits chimiques utilisés

Réactif Chimique	Formule Chimique	Masse molaire g/mol	Densité	Pureté	Etat physique
Crystal Violet	$C_{25}N_3H_{30}Cl$	407,979	/	99%	Poudre
Acide Sulfurique	$H_2SO_4$	98,079	1,84	98 %	Liquide
Hydroxyde de sodium	NaOH	58,44	/	98,8 %	Solide cristalline

## II.3. Préparation de l'adsorbant, l'adsorbat et des solutions des réactifs

### II.3.1. Préparation de l'adsorbant

Les écorces de pin ont été utilisées comme adsorbant, et plusieurs étapes ont été suivies avant d'être utilisées :

- **La première étape** : implique le lavage des écorces de pin récoltées avec de l'eau du robinet, suivi d'un rinçage à l'eau distillée pour éliminer les impuretés telles que le sable et la poussière. Après le lavage, les échantillons ont été séchés à l'air libre pour éliminer toute humidité résiduelle. Ensuite, le broyage a été effectué à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une matière homogène adaptée aux études en laboratoire, produisant des grains de petite taille. Pour obtenir des grains de dimensions précises, un tamisage a été effectué à l'aide d'un tamis pour obtenir une poudre fine et homogène.
- **La deuxième étape** : comprend un traitement préliminaire de l'adsorbant avant d'être placé dans un four à 150°C, puis stocké dans des boîtes hermétiques en vue d'une utilisation ultérieure.



Figures II.1. Étapes de préparation de l'adsorbant.

### II.3.2. Préparation de l'adsorbat (crystal violet)

La préparation de l'adsorbat (crystal violet) implique généralement les étapes suivantes :

- Obtenir une quantité appropriée de crystal violet sous forme de poudre pure ou de solution concentrée.
- Préparer une solution mère de crystal violet en dissolvant une quantité précise de crystal violet dans un solvant approprié, comme l'eau distillée.
- Calculer la concentration molaire ou massique souhaitée pour la solution de crystal violet à utiliser pour l'adsorption.
- Diluer la solution mère avec l'eau distillée pour obtenir la concentration désirée de la solution d'adsorbat.
- Transférer un volume précis de la solution d'adsorbat diluée dans un récipient propre et étiqueté pour l'expérience d'adsorption.

La solution de crystal violet (CV) a été préparée en utilisant de l'eau fraîchement distillé. Pour avoir une bonne reproductibilité des résultats des études d'adsorption, nous avons préparé le volume de 1000 ml/l de solution mère à une concentration (1000 mg/L).

On dissout 1g de CV dans 1000 mL d'eau distillée à fin d'obtenir une concentration  $C_0 = 1\text{g/L}$ . le mélange obtenu a été homogénéisé par agitation.

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

---

- **Crystal violet**

a) **Utilisation et toxicité :**

Le Crystal Violet (CV), un colorant triphénylméthane, a été largement utilisé en médecine humaine et vétérinaire comme colorant biologique, comme colorant textile dans les industries de traitement textile et également utilisé pour fournir une couleur violet profond aux peintures et encres d'impression. Le CV est également utilisé comme agent mutagène et bactériostatique dans les solutions médicales et comme agent antimicrobien pour prévenir la croissance fongique dans l'alimentation des volailles. Malgré ses nombreuses utilisations, le CV a été signalé comme une molécule de colorant récalcitrante qui persiste dans l'environnement pendant une longue période et présente des effets toxiques. Il agit comme un poison mitotique, un puissant carcinogène et un puissant clastogène favorisant la croissance tumorale chez certaines espèces de poissons. Ainsi, le CV est considéré comme une substance dangereuse pour la santé [33].

b) **Caractéristique physico-chimique du Crystal Violet :**

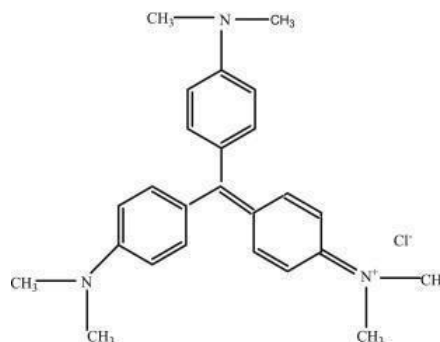
Le Crystal Violet est un colorant largement utilisé dans divers domaines industriels et médicaux. Ces caractéristiques sont essentielles pour comprendre son comportement et son impact dans l'environnement et dans les applications où il est utilisé. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques physico-chimiques du Crystal Violet.

**Tableau II.2 : Caractéristique physico-chimique du crystal violet**

Nom commercial	Crystal Violet
Nom chimique	Tris (4-(diméthylamino) phényl) méthylum chloride
Synonymes	Chlorure de méthylrosaniline.
Famille	Colorants Basiques
C.I. nom	Basic Violet 3
Formule semi-développée	$C_{25}H_{30}N_3Cl$
Masse molaire	407,98 (g.mol <sup>-1</sup> )
Solubilité	4 g.L <sup>-1</sup>
Nature	Cationique
Ionisation	Basique
$\lambda_{max}$	578 nm
T° fusion	215 °C (décomposition)

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

### Structure chimique de crystal violet



Figures II.2. Aspect du Crystal violet

### II.3.3. Préparation des solutions des réactifs

#### II.3.3.1. Préparation de la solution d'acide sulfurique

Pour préparer une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de (0,1 M), on prend 0,30 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sont prélevés (M=98,08 g/mol, P = 95 %, d = 1,84), On dissout cette quantité dans de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 mL et on ajoute l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Cette solution est employée aussi pour ajuster le pH.

#### II.3.3.2. Préparation de la solution d'hydroxyde de sodium

Pour préparer la solution de NaOH de (0,1 M), on pèse 0,4 g de NaOH (M = 39,99 g/mol, p=98 %). On dissout cette quantité dans de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 mL et on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Cette solution est utilisée également pour ajuster le pH.

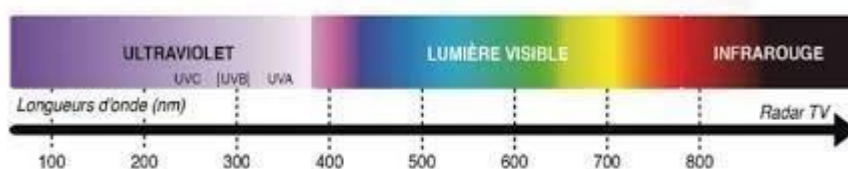
## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

### II.4. Dosage du crystal violet par spectroscopie UV-Visible

Le dosage de Crystal Violet est réalisé par spectrophotométrie UV-Visible.

#### II.4.1. Principe

Le principe d'analyse par spectrophotométrie UV-Visible est basé sur la loi de Beer Lambert, L'analyse quantitative par spectroscopie UV-Visible est une méthode fréquemment employée pour évaluer la concentration d'une substance chimique en solution. La spectroscopie UV-Vis est une technique facile et rapide pour mesurer la concentration du crystal violet. La spectroscopie UV-Visible est une méthode d'analyse fréquemment employée afin de mesurer la quantité de composés organiques et inorganiques présents dans une solution.



Figures II.3. Rayonnements de la longueur d'onde UV-Visible

#### II.4.2. Loi de Beer-Lambert

La loi de Beer-Lambert, également connue sous le nom de loi de Beer ou loi de Beer-Lambert-Bouguer, décrit la relation entre l'absorbance d'un rayonnement électromagnétique et les propriétés du milieu traversé. Cette loi est largement utilisée en spectroscopie pour déterminer les concentrations d'une espèce chimique en solution. Cette relation peut s'écrire sous la forme :

$$A = \epsilon.L.C \quad (\text{eq II.1})$$

Avec :

A	Absorbance (sans unité)
$\epsilon$	Le coefficient d'adsorption d'extinction molaire ( $\text{L.mole}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ )
L	la longueur de la cuve ou trajet lumineux (cm)
C	La concentration molaire de l'espèce adsorbant ( $\text{mol.L}^{-1}$ )

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

---

### II.4.3. Détermination de $\lambda_{\max}$

La longueur d'onde maximale d'absorption  $\lambda_{\max}$  a été déterminée par l'établissement du spectre d'absorption d'un échantillon d'une solution de concentration de 100 mg/L en colorant, après un balayage d'ondes dans le domaine du visible 200-800 nm. Après avoir déterminé la longueur d'onde maximale d'absorption pour le Crystal Violet. La solution standard de colorant a été préparée à partir de la solution mère du colorant (1g/l) afin de mesurer l'absorbance et de tracer les courbes d'étalonnages appropriées. L'analyse a donc fournie la valeur de  $\lambda_{\max} = 588 \text{ nm}$ .

### II.4.4. Etablissement de la courbe d'étalonnage du colorant

Pour établir la courbe d'étalonnage d'un colorant en utilisant la loi de Beer-Lambert, on suit généralement les étapes suivantes :

- ✓ Préparer une série de solutions étalons du colorant à différentes concentrations connues et dans la gamme de concentrations souhaitée.
- ✓ Mesurer l'absorbance (A) de chaque solution étalon à la longueur d'onde d'absorption maximale ( $\lambda_{\max} = 588 \text{ nm}$ ) déterminée précédemment, en utilisant un spectrophotomètre UV-visible et une cuve de longueur de trajet optique (l) connue (généralement 1 cm).
- ✓ Tracer la courbe  $A = f(c)$ .
- ✓ Selon la loi de Beer-Lambert ( $A = \epsilon.l.c$ ), cette courbe doit être une droite passant par l'origine.
- ✓ Déterminer par régression linéaire l'équation de la droite d'étalonnage :  
 $A = a.c$  Où a est la pente qui n'est autre que le produit  $\epsilon.l$

Cette droite d'étalonnage permet ensuite de déterminer la concentration inconnue d'une solution de colorant en mesurant son absorbance à  $\lambda_{\max}$  et en utilisant l'équation :  $c = A/a$ , (une bonne linéarité ( $R^2$  proche de 1) est requise pour que cette méthode soit précise).

### II.4.5. Détermination de la concentration résiduelle de l'échantillon

Pour déterminer la concentration résiduelle d'un composé dans un échantillon en utilisant la loi de Beer-Lambert, voici les étapes à suivre :

- ❖ Mesurer l'absorbance (A) de l'échantillon à la longueur d'onde d'absorption maximale ( $\lambda_{\max}$ ) du composé recherché, en utilisant un spectrophotomètre UV-Visible et une cuve de longueur de trajet optique (l) connue.

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

---

- ❖ Disposer de la courbe d'étalonnage préalablement établie qui relie l'absorbance à la concentration selon  $A = a.c + b$ , avec  $a = \epsilon.l$  et  $b$  une constante.
- ❖ En modifiant l'équation de la loi de Beer-Lambert, nous parvenons à :

$$c = (A - b)/a.$$

- ❖ Remplacer  $A$  par la valeur d'absorbance mesurée pour l'échantillon  $a$  et  $b$  par les valeurs de la droite d'étalonnage.
- ❖ Calculer ainsi la concentration  $c$  de l'espèce absorbante présente dans l'échantillon.

Cette concentration  $c$  correspond à la concentration résiduelle du composé dans l'échantillon analysé.

Quelques points importants :

- Travailler à la longueur d'onde  $\lambda_{\max}$  pour une meilleure sensibilité.
- S'assurer que l'échantillon respecte les conditions de la loi de Beer-Lambert (solution diluée, milieu homogène).
- Effectuer si besoin une dilution de l'échantillon pour se placer dans la gamme de linéarité de la courbe d'étalonnage.

Cette méthode par étalonnage permet une analyse quantitative fiable à condition de bien respecter la loi de Beer-Lambert.

### II.5. Protocole d'essais d'adsorption

#### II.5.1. Mesure de la capacité d'adsorption

La capacité d'adsorption désigne la quantité maximale d'un adsorbat (molécule ou ion) pouvant être fixée sur une surface d'adsorbant (solide poreux) par unité de masse de l'adsorbant, dans des conditions spécifiques de température, de pression et de concentration.

La capacité d'adsorption est exprimée par la relation suivante :

$$q_{ads} = \frac{(C_0 - C_e).V}{m} \quad (\text{eq II.2})$$

$Q_{ads}$  : Quantité adsorbée (mg/g) ;

$C_0$  : Concentration initiale de l'adsorbat à  $t = 0$  (mg/l) ;

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

---

$C_e$  : Concentration à l'équilibre de l'adsorbant (mg/l) ;

$V$  : Volume de la solution (L) ;

$m$  : Masse d'adsorbant (g).

### II.5.2. Détermination du rendement d'élimination du colorant

Le rendement d'élimination est un terme utilisé pour quantifier l'efficacité d'un processus d'élimination d'une substance ou d'un contaminant d'un système. Il est généralement exprimé en pourcentage et calculé comme suit:

$$R\% = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \cdot 100 \quad (\text{eq II. 3})$$

Avec :

$C_0$  : Concentration initiale de l'adsorbant (mg/l).

$C_e$  : Concentration à l'équilibre de l'adsorbant (mg/l).

### II.5.3. Effet de la masse de l'adsorbant

- On a mélangé et agité individuellement un volume de 50ml de solution aqueuse de colorant (CV) à une concentration connue (50 mg/l) avec différentes masses (0.01\_0.012 g) d'adsorbant (les écorces de pin) dans des flacons.
- Dans un bain marie à agitation, l'agitation est maintenue pendant 120 minutes à une vitesse de 150 tr/min et à une température de 25°C.
- Après avoir terminé l'agitation, les solutions sont filtrées puis dosées par spectrophotométrie UV-visible à une longueur d'onde maximale de 588 nm.

### II.5.4. Effet de pH de la solution

Le pH occupe une position essentielle dans le processus d'adsorption. La charge de la surface de l'adsorbant (les écorces de pin), l'état d'ionisation de l'adsorbant et le degré de dissociation des groupes fonctionnels des sites actifs de l'adsorbant sont tous influencés par cela.

## Chapitre II : Méthodologie expérimentale

---

On a suivi le protocole suivant :

- Il est nécessaire de répartir le biosorbant dans sept flacons en ajoutant la quantité idéale (0,04 g) dans 50 ml de solution de CV à concentration ( $C = 50$  ppm), puis de le faire agiter dans un bain à agitation à une vitesse de 150 tr/min pendant 2 heures à une température de 25°C.
- Après avoir ajouté quelques gouttes de solution d'acide sulfurique  $H_2SO_4$  (0,1M) ou d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1M), le pH est ajusté pour obtenir des solutions de pH désirées de 2 à 10.
- Ensuite, les flacons sont placés dans un bain à agitation et agités à une vitesse de 150tr/min pendant 2 heures à une température de 25°C.
- Par la suite, les échantillons sont dilués et leur absorbance est évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde appropriée pour le Crystal Violet ( $\lambda_{max} = 588$  nm).

### II.5.5. Effet de temp de contact

- Nous préparons quatre béchers où nous mélangons la quantité idéale (0.04 g) de l'adsorbant (les écorces de pin) avec une solution de crystal violet à différentes concentrations (15, 30, 50 et 100 mg/L) dans chaque bécher. Les 4 béchers doivent être agités à température ambiante à l'aide d'un agitateur magnétique.
- Au cours de la période d'agitation continue de ce mélange, une petite quantité est prélevée à intervalles de temps variés (1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60 et 90 minutes).
- Les prélèvements sont filtrés, puis dosés par spectrophotométrie UV-visible à une longueur d'onde maximale de 588 nm.

### II.5.6. Effet de concentration de l'adsorbat

Les tests ont été effectués en agitant 50 ml de solutions de colorant (CV) à différentes concentrations (15, 30, 50 et 100 ppm), avec une quantité optimale des écorces de pin de 0,04 g, pendant 90 min , à une température de 25°C.

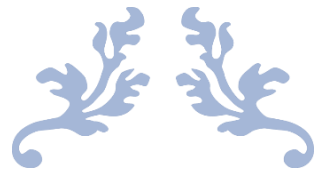
On dilue et on analyse directement les solutions obtenues à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible à la longueur d'onde appropriée de CV ( $\lambda_{max} = 588$  nm).

## **Chapitre II : Méthodologie expérimentale**

---

### **II.5.7. Effet de la température**

Afin d'analyser l'impact de la température sur l'adsorption de CV, nous avons étudié l'impact de la température à diverses températures (25, 35, 45 et 55 °C). On a effectué des tests sur des mélanges de 50 mL de solution de CV à des concentrations variées (15, 30, 50 et 100 ppm), avec la masse optimale de l'adsorbant de 0,04 g dans les flacons. On a maintenu ces mélanges sous une agitation continue de 150 tr/min pendant 90 min.



---

# CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSION

---





## **Chapitre III : Résultats et discussion**

---

## Chapitre III : Résultats et discussion

### III.1. Introduction

Les résultats de l'étude de l'élimination du polluant organique crystal violet (CV) par l'adsorbant (les écorces de pin) sont présentés dans ce chapitre. Tout d'abord, nous examinerons la caractérisation du biosorbant à l'aide de la spectroscopie infrarouge. Ensuite, nous présenterons les résultats d'optimisation des différents paramètres ayant un impact sur cette étude.

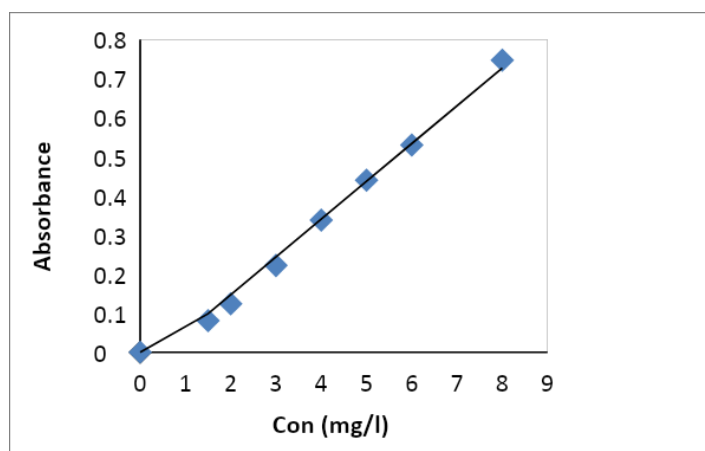
On a examiné différentes caractéristiques de l'adsorption du polluant, telles que la quantité d'adsorbant, le temps de contact, la température, le pH de la solution. La préparation de l'échantillon et les étapes d'adsorption ont déjà été mentionnées. Les différents résultats obtenus dans ce chapitre mettent en évidence la nature des modèles d'adsorption cinétique et isothermique, tels que les modèles de pseudo premier ordre, seconde ordre, ainsi que les modèles Langmuir et Freundlich, considérés comme les plus représentatifs dans l'adsorption et la détermination de la concentration. Enfin, nous évaluerons l'efficacité de notre adsorbant dans l'élimination de Crystal violet.

### III.2. Etude de la courbe d'étalonnage du colorant

Dans le domaine du visible, chaque solution colorée du colorant CV a été examinée à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde 588 nm, qui a été déterminé par balayage.

Les résultats de cette expérience ont révélé que la longueur d'onde maximale d'absorption du crystal violet était de 588 nm. De plus, différentes concentrations de CV ont été analysées à l'aide de l'UV-Visible .

.(  $y=0.088x$  ,  $R^2=0.9796$  )



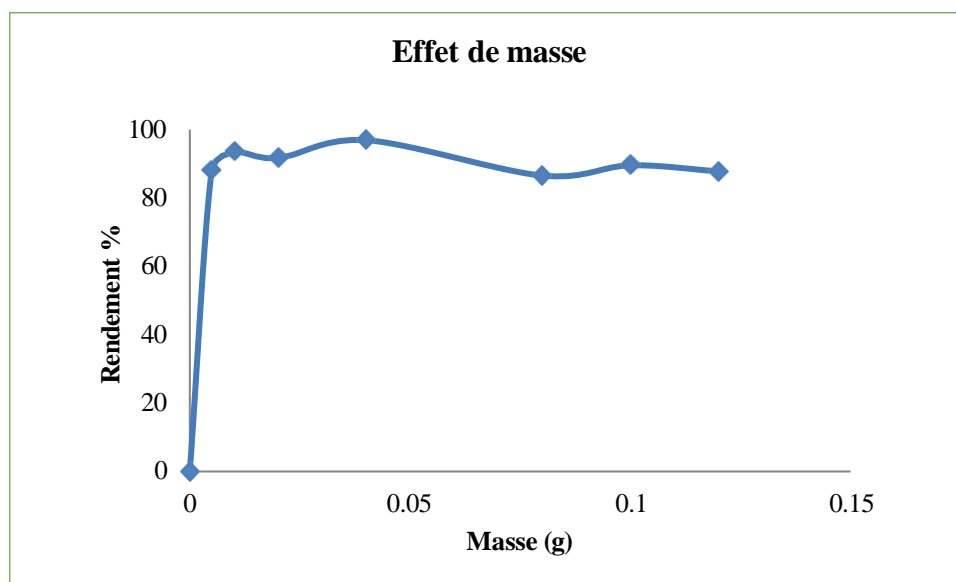
Figures III.1. Courbe d'étalonnage du crystal violet

### III.3. Optimisation des conditions opératoires

#### III.3.1. Effet de la masse du biosorbant

L'adsorption du colorant est grandement influencée par la masse de l'adsorbant. Dans cette recherche, nous déterminons le volume de la solution (50 ml) tout en modifiant la quantité de biosorbant. Les conclusions tirées sont illustrées dans la figure III.2.

L'adsorption du CV est fortement influencée par la masse de l'adsorbant. Afin de trouver la masse optimale de biosorbant pour laquelle le rendement d'élimination est le plus élevé, nous avons évalué différentes masses de biosorbant en variant leur quantité tout en maintenant les autres facteurs constants. Les résultats sont présentés dans la figure III.2.



**Figures III.2. Influence de la masse du biosorbant sur l'adsorption du crystal violet**

( $C_i = 50 \text{ mg/L}$ , temps : 2h, volume = 50 ml,  $T = 25^\circ\text{C}$ , vitesse d'agitation : 150 tr/min)

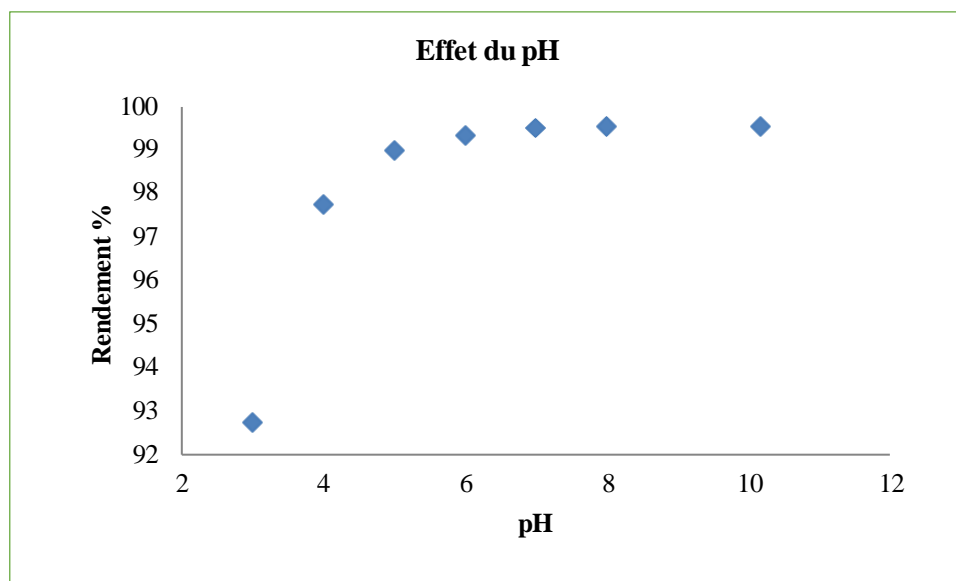
L'influence de la masse de l'adsorbant a été étudiée sur une plage allant de 0,01 à 0,12 g. L'analyse de la courbe présentée dans la Figure III.2 révèle une augmentation progressive du taux d'élimination jusqu'à ce qu'une masse de 0,04 g soit atteinte, où le taux d'élimination culmine à environ 96,89 %. Au-delà de cette masse optimale, toute augmentation supplémentaire de la quantité de substance à adsorber conduit à une diminution du taux d'élimination. Ces observations soulignent qu'une masse de 0,04 g est capable de maximiser l'efficacité de l'adsorption.

## Chapitre III : Résultats et discussion

### III.3.2. Effet du pH sur l'adsorption

Le pH joue un rôle crucial dans toutes les études d'adsorption, car il peut influencer la structure de l'adsorbant et de l'adsorbat, ainsi que le mécanisme d'adsorption.

Nous avons évalué l'efficacité d'adsorption du CV en variant son pH de 3 à 10, tout en maintenant les autres facteurs constants. Les résultats de ces essais sont présentés dans la figure III.3.



**Figures III.3. Effet du pH sur l'adsorption du crystal violet**

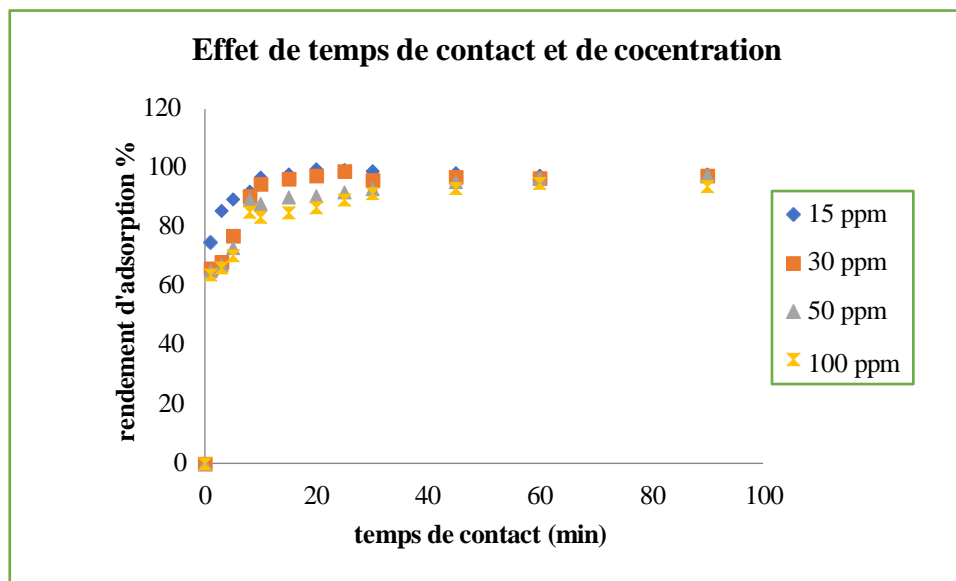
( $C_i = 50$  mg/L , temps : 2h , volume = 50 ml ,  $m = 0.04$  g ,  $T = 25^\circ\text{C}$  , vitesse d'agitation : 150 tr/min )

La figure III.3 illustre la variation du rendement d'adsorption du biosorbant en fonction du pH initial de la solution. Cette courbe met en évidence l'impact significatif du pH sur l'adsorption du colorant par le biosorbant. La capacité d'adsorption augmente progressivement à mesure que le pH évolue de 3,0 à 6,0, atteignant un pic d'élimination maximal de 99,34 %. Entre les valeurs de pH de 6,0 et 8,0, une légère augmentation de l'adsorption est observée, passant de 99,34 % à 99,56 %, avant de stabiliser légèrement à 99,53 %. Il est remarquable que le maximum d'adsorption du colorant est observé à un pH de 8.7.

## Chapitre III : Résultats et discussion

### III.3.3. Effet du temps de contact et de concentration de l'adsorbat

Le phénomène d'adsorption est également influencé par le temps de contact, car il détermine le temps nécessaire pour atteindre la capacité maximale d'adsorption, correspondant à un rendement optimal. Nous avons évalué l'efficacité d'adsorption du CV en prélevant plusieurs échantillons au cours du temps, variant de 1 à 90 minutes, tout en maintenant les autres facteurs constants. Les résultats de ces essais sont présentés dans la figure III.4.



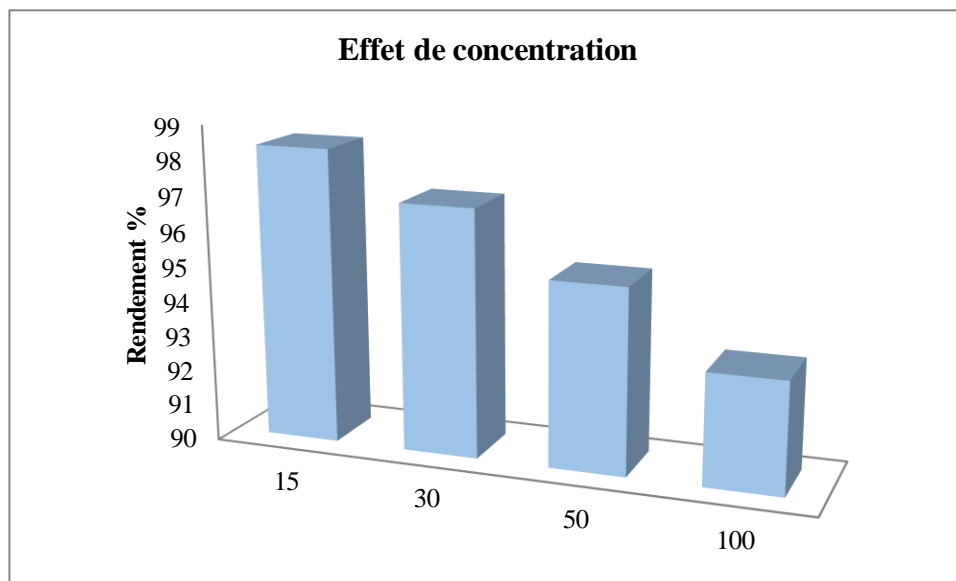
Figures III.4. Effet du temps de contact et de concentration de l'adsorbat.

(Volume = 50 mL,  $m = 0.04$  g,  $T = 25^{\circ}\text{C}$ , vitesse d'agitation : 150 tr/min)

L'efficacité de l'adsorption des quatre concentrations initiales de CV s'accroît avec le temps, comme illustré par la figure III.4. Notamment, les premières 10 minutes montrent une augmentation rapide de l'adsorption, attribuable à la disponibilité des sites actifs sur l'adsorbant. Passé ce délai, le rendement d'adsorption se stabilise, indiquant une probable saturation des sites. Ainsi, 15 minutes semblent adéquates pour atteindre l'équilibre d'adsorption.

### III.3.4. Effet de la concentration initiale de l'adsorbat

Pour étudier l'effet de la concentration initiale de l'adsorbat sur la capacité d'adsorption du biosorbant, plusieurs essais ont été réalisés avec différentes concentrations (15, 30, 50 et 100 mg/l), tout en maintenant les autres paramètres constants. Les résultats obtenus sont représentés sur la Figure III.5.



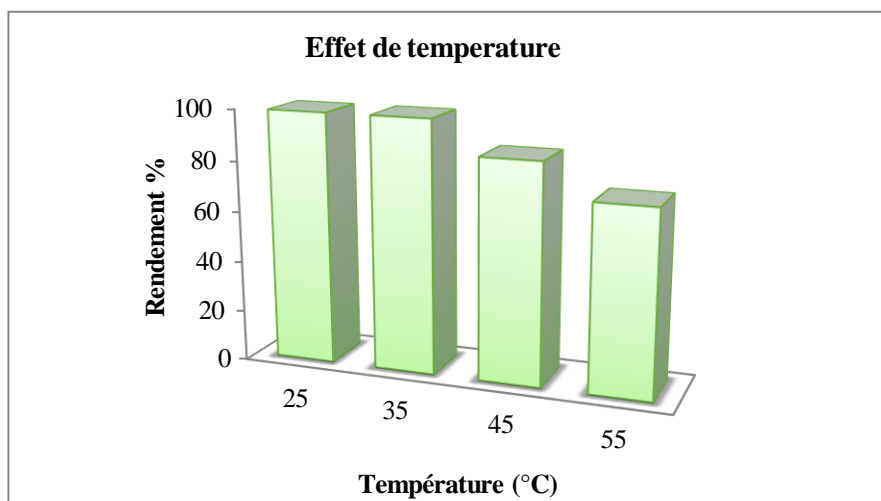
**Figures III.5. Effet de concentration de l'adsorbat.**

(Volume = 50 mL , m= 0.04 g, T=25°C , vitesse d'agitation : 150 tr/min )

La figure III.5 illustre comment le rendement d'adsorption de notre biosorbant évolue en fonction de la concentration initiale de l'adsorbat CV. Les résultats révèlent une diminution du rendement à mesure que la concentration de l'adsorbat augmente, indiquant un nombre insuffisant de sites actifs sur l'adsorbant pour retenir efficacement les espèces adsorbées.

### III.3.5. Effet de la température

Pour étudier l'effet de la température sur l'adsorption de CV, nous avons choisi quatre températures différentes pour mener nos réactions : 25 ; 35 ; 45 et 55°C. Les résultats sont présentés dans la figure III.6.



Figures III.6. Effet de la température sur l'adsorption du crystal violet.

( $C_i = 50$  mg/L, Volume = 50 mL,  $m = 0.04$  g,  $T = 25^\circ\text{C}$ , vitesse d'agitation : 150 tr/min)

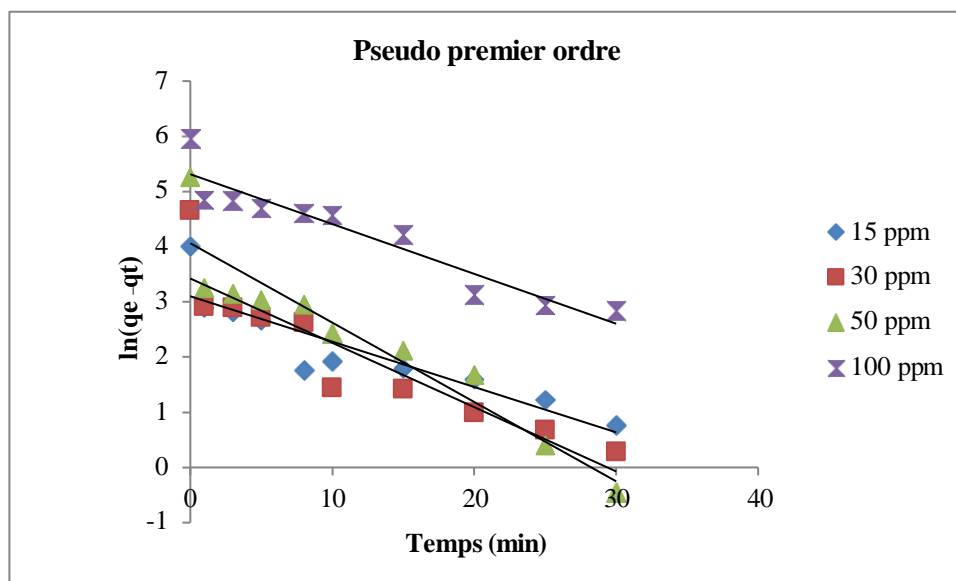
L'adsorption du CV par les écorces de pin est sensiblement affectée par la température, comme démontré dans la figure III.6. Les résultats obtenus révèlent une diminution du rendement d'élimination du CV par les écorces de pin, passant de 99,06 % à 72,66 % avec l'augmentation de la température de 25°C à 55°C. Cette baisse peut être expliquée par le caractère exothermique du processus d'adsorption, favorisant une mobilité accrue des molécules de CV dans la solution à des températures plus basse. Ainsi, un rendement d'élimination optimal de 99,06 % peut être atteint à une température de 25°C (298 K).

### III.4. Modélisation de la cinétique d'adsorption

L'objectif de cette section est d'analyser les variations cinétiques de l'adsorption du colorant CV sur les écorces de pin. Le modèle du pseudo premier ordre et le modèle du pseudo second ordre sont les modèles cinétiques d'adsorption les plus couramment employés.

#### III.4.1. Modèle de pseudo-premier ordre

Les données recueillies ont été utilisées pour établir les courbes illustrées dans la figure III.7. La représentation graphique de la courbe  $\ln(q_e - q_t)$  en fonction de  $t$  (Figures III.7) permet de déterminer la constante  $k_1$  et la quantité adsorbée à l'équilibre  $q_e$  (Tableau III.1)



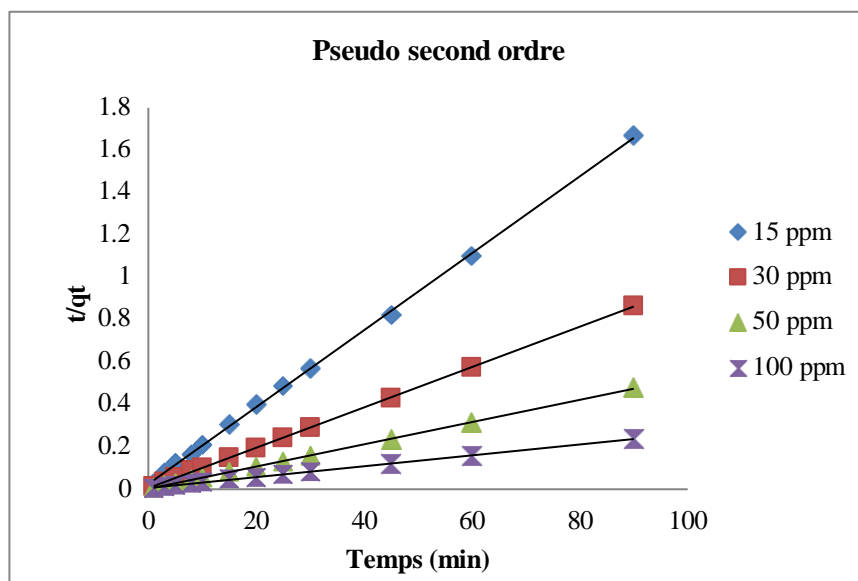
Figures III.7. Modèle cinétique du pseudo premier ordre.

Tableau III.1 : Résultats d'applications du modèle cinétique du pseudo premier ordre pour l'adsorption du Crystal Violet

Conc (mg/L)	$k_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$Q_{e \text{ cal}}$ (mg/g)	$Q_{e \text{ exp}}$ (mg/g)	$R^2$
15	0,0822	22,22905 018	54,75852 27	0,8193
30	0,1165	30,64593 417	104,8721 59	0,835
50	0,1438	58,09618 506	191,1221 59	0,8876
100	0,0903	91,24060 242	253,125	0,8969

### III.4.2. Modèle de pseudo-second ordre

Les données recueillies ont été utilisées pour établir les courbes illustrées dans la figure III.8. La représentation graphique de la  $t/q_t$  en fonction de  $t$  (Figures III.8) permet de déterminer la constante  $k_2$  et la quantité adsorbée à l'équilibre  $q_e$  (Tableau III.2)



Figures III.8. Modèle cinétique du pseudo second ordre .

Tableau III.2 : Résultats d'applications du modèle cinétique du pseudo second ordre pour l'adsorption du Crystal Violet

Conc (mg/L)	$Q_e$ (calc) (mg/g)	$k_2$ (g/mg.min)	$q_{e(exp)}$ (mg/g)	$R^2$
15	55,2486	0,01332	54,7585	0,9995
30	105,2631	0,01641	104,8721	0,9998
50	192,3076	0,01288	191,1221	0,9998
100	256,4102	0,00119	253,125	0,9987

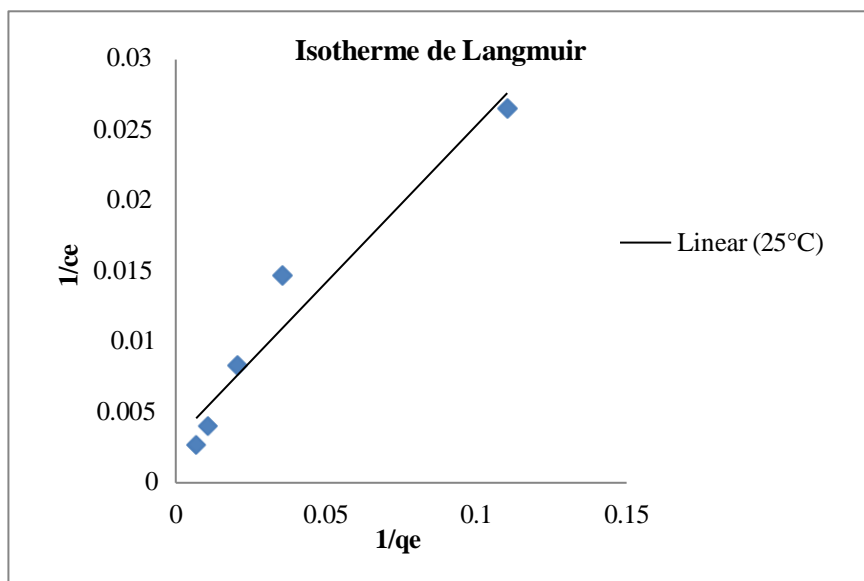
Selon les informations fournies dans les tableaux III.1 et III.2, il est constaté que le modèle de pseudo second-ordre affiche le coefficient de corrélation le plus élevé, allant de 0,9987 à 0,9998, pour toutes les concentrations employées. De plus, les valeurs expérimentales sont très proches des quantités adsorbées ( $q_e$ ) calculées à partir du modèle de pseudo second-ordre, ce qui suggère que le modèle de pseudo second-ordre est le modèle le plus adapté pour étudier la cinétique d'adsorption du Crystal Violet sur les écorces de pin.

### III.5. Etude des isothermes d'adsorption

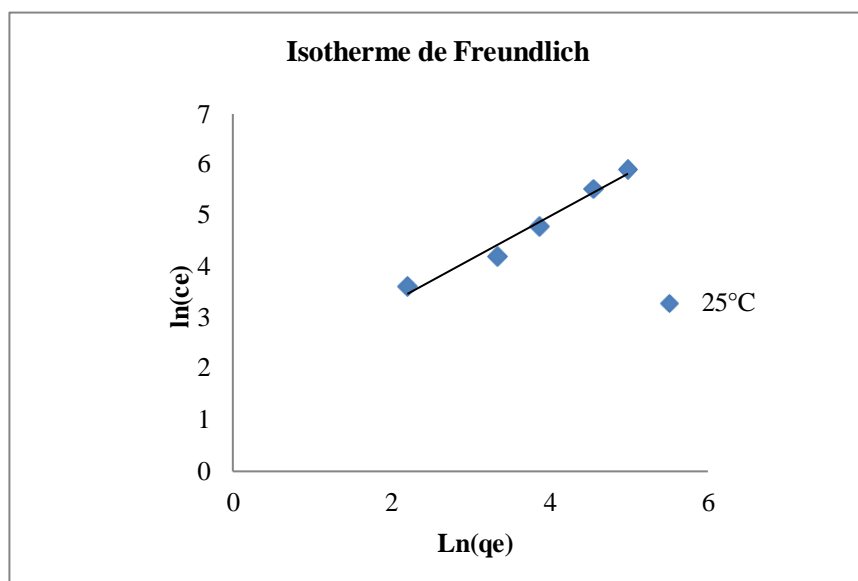
Différents modèles mathématiques d'adsorption ont été développés, tels que Langmuir et Freundlich pour décrire l'étude isothermique.

## Chapitre III : Résultats et discussion

Grâce à ces modèles, il a été possible de déterminer la capacité d'adsorption maximale ainsi que les paramètres d'adsorption. Les isothermes linéaires ont été tracées par les chercheurs à partir des modèles de Langmuir et de Freundlich. Les résultats obtenus ont permis de reconstruire les isothermes linéaires à partir des modèles de Langmuir et de Freundlich, comme illustré dans les figures III.9 et III.10. En utilisant la linéarité de ces courbes, il est possible de déterminer les diverses constantes liées aux modèles de Langmuir et Freundlich, qui sont fournis.



Figures III.9. Modèle d'isotherme de Langmuir pour l'adsorption du crystal violet .



Figures III.10. Modèle d'isotherme de Freundlich pour l'adsorption du Crystal Violet.

Les constantes de Freundlich, Langmuir sont résumés dans le tableau III.3

## Chapitre III : Résultats et discussion

**Tableau III.3 : Constantes de Langmuir et Freundlich pour l'adsorption du Crystal Violet sur les écorces de pin.**

Modèle	Langmuir			Freundlich	R <sup>2</sup>	
	K <sub>L</sub>	Q <sub>max</sub>	R <sup>2</sup>	N	K <sub>f</sub>	R <sup>2</sup>
<b>298 K</b>	0,01391382	322,580645	0,9442	1,18315192	5,00982007	0,9739

Sur la base des résultats présentés dans le tableau III.3., nous notons que le modèle de Freundlich montre une valeur plus élevée du coefficient de détermination R<sup>2</sup> par rapport à Langmuir.

Ceci suggère que les résultats d'adsorption de CV sur les écorces de pin sont plus en accord avec le modèle d'adsorption de Freundlich, ce qui indique une adsorption multicouche. De plus, la constante de Freundlich permet d'évaluer la possibilité de réalisation du processus d'adsorption.

### III.6. Etude comparative avec d'autres travaux antérieurs

La capacité d'adsorption de CV sur les écorces de pin a été examinée dans cette étude, puis comparée aux autres études utilisant le même adsorbant. Les paramètres comparatifs d'adsorption tels que le q max, le pH optimal et la nature de l'isotherme sont regroupés dans le tableau III.4.

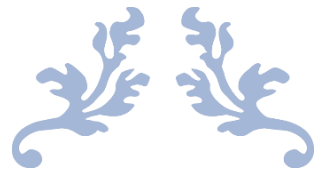
**Tableau III.4 : Etude comparative de l'adsorption de Crystal Violet sur différents adsorbants**

Adsorbant	Temps D'équilibre	pH Optimal	Modèle Cinétique	Isotherme	qmax [mg/g]	Références
<b>Argile Modifiée</b>	75 min	6,5	Pseudo-second ordre	Freundlich	120	[34]
<b>Zéolite</b>	90 min	6	Pseudo-premier ordre	Langmuir	100	[35]
<b>Ecorces de pin traitée</b>	15 min	8,7	Pseudo-second ordre	Freundlich	256,14	Cette Etude
<b>Coquilles D'œufs broyées</b>	45 min	7,5	Pseudo-second ordre	Langmuir	300	[36]
<b>Charbon Actif</b>	30 min	7	Pseudo-second ordre	Freundlich	450	[37]

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

---

Après avoir comparé les différents résultats exposés dans le tableau III.4, on peut conclure que le biosorbant utilisé dans notre étude présente une capacité d'adsorption avantageuse par rapport aux autres adsorbants étudiés. En outre, notre adsorbant n'a pas été traité ni activé, ce qui constitue un avantage économique et technique en cas de pénurie d'autres adsorbants de meilleure qualité.



---

# CONCLUSION GÉNÉRALE

---



## **Conclusion Générale**

---

## Conclusion Générale

---

Dans cette étude, notre objectif était de décontaminer les eaux usées contenant du crystal violet en utilisant la technique d'adsorption. Nous avons opté pour l'écorce de pin traité comme adsorbant en raison de sa disponibilité étendue et de son coût abordable en Algérie. Cette méthode a démontré une capacité significative d'élimination du crystal violet dans les conditions testées.

En premier lieu, nous avons procédé à la caractérisation de l'adsorbant par spectroscopie infrarouge. Afin d'améliorer l'adsorption, nous avons-nous avons réalisé des expériences visant à évaluer l'impact du pH de la solution, de la concentration initiale de l'adsorbant, de la durée de contact, de la quantité de l'adsorbant, et de la température du milieu. Par la suite, nous avons mené une étude cinétique ainsi qu'une étude isotherme.

Les résultats obtenus nous ont permis de conclure ce qui suit :

- ❖ La capacité d'adsorption augmente avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant jusqu'à atteindre la masse optimale 0,04 g Avec un rendement optimal de 96,89 %.
- ❖ L'étude de l'effet du pH révèle que le taux d'absorption maximal du colorant sur le matériau adsorbant est observé à un pH de 8,7.
- ❖ La vitesse d'élimination du colorant crystal violet atteint son maximum après un temps d'équilibre de 15 minutes.
- ❖ Le taux d'adsorption est inversement proportionnel avec l'augmentation de la concentration de l'adsorbant.
- ❖ La température optimale pour une adsorption maximale est 25

L'augmentation de la température du milieu réactionnel affecte négativement la quantité d'adsorption.

- ❖ Le modèle cinétique de pseudo-second ordre s'avère être le plus adapté pour étudier la cinétique d'adsorption du crystal violet sur l'écorce de pin traité avec le coefficient de corrélation  $R^2$  0,9987.
- ❖ La comparaison avec les résultats du modèle de Frenlich montre que l'écorce de pin traité est étroitement liée conforme à ce modèle.

## Conclusion Générale

---

Tous les résultats obtenus dans cette étude sont d'actualité. Nous tirons les conclusions suivantes :

- L'adsorption s'avère être la méthode la plus efficace et la technique préférée pour le traitement des eaux contaminées par des colorants toxiques non biodégradables.
- L'utilisation de matériaux adsorbants peu coûteux comme l'écorce de pin en fait une solution largement applicable pour l'élimination du colorant crystal violet des solutions aqueuses.
- Nous observons une diminution de l'élimination des colorants à mesure que la masse des matériaux adsorbants augmente, ce qui ouvre des perspectives intéressantes pour résoudre les problèmes de pollution de l'eau.
- Les déchets agricoles trouvent une nouvelle utilité en tant que matériaux adsorbants pour éliminer les polluants organiques offrant ainsi une approche durable pour la gestion des déchets et la protection de l'environnement.
- L'importance de développer des solutions de traitement de l'eau innovantes et accessibles, en mettant en valeur les ressources naturelles disponibles localement.

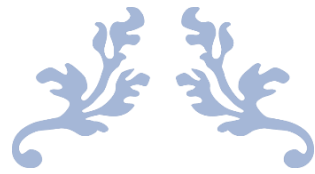
Pour enrichir davantage les résultats de cette étude, nous suggérons :

- Approfondir la caractérisation de notre adsorbant en explorant une diversité de techniques d'analyse. Cela inclut l'utilisation de la microscopie électronique à balayage (MEB) et Brounner Emmet et Teller (BET) et diffraction des rayons X (DRX) et infrarouge (IR) pour examiner de près sa surface, et d'autres approches pour mieux comprendre sa composition et ses propriétés.
- Élargir le champ d'application de notre étude en explorant l'utilisation de cet adsorbant pour éliminer les colorants anioniques, en complément de notre travail sur les colorants cationiques.
- Étendre la recherche pour évaluer l'efficacité de cet adsorbant dans l'élimination d'autres types de polluants organiques, tels que les produits pharmaceutiques ou les hydrocarbures, ainsi que les polluants inorganiques, comme les métaux lourds.

## **Conclusion Générale**

---

- Examiner les possibilités d'appliquer cet adsorbant aux effluents industriels, offrant ainsi des solutions innovantes pour le traitement des déchets générés par divers secteurs industriels.



---

RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

---





## Références bibliographiques

---

## Références bibliographiques

---

- [1] (OCDE, Recommandation du Conseil concernant des Principes relatifs à la pollution transfrontalière, 14 novembre 1994, C(74) 224.)
- [2] (Khalifaoui Amel ; (2012), Etude expérimentale de l'élimination de polluants de organiques et inorganiques par adsorption sur matériaux naturels : application aux peaux d'orange et de banane, Thèse de doctorat, Université de Consantine)
- [3] (Manahan, S. (2021), Environmental Chemistry. CRC Press.)
- [4] (Ward, M.H. (2018), Too Much of a Good Thing? Nitrate from Nitrogen Fertilizers and Cancer. Reviews on environmental health)
- [5] (WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) (2017). The United Nations World Water Development Report 2017)
- [6] (Chapman, D. (1996). Water quality assessments - a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring.)
- [7] (Sharma, B. et al. (2019). Water pollution with special reference to heavy metal contamination in India — a state-of-the-art. Chemistry and Ecology, 35(6), 492-508.)
- [8] (Odonkor, S.T. et Ampofo, J.K. (2013). Escherichia coli as an indicator of bacteriological quality of water: an overview. Microbiology Research, 4(1), e2.)
- [9] Chafik Benyoucef. (2019). Étude des colorants naturels d'origine algérienne et leur application dans l'industrie textile . Mémoire de Master, Université M'hamed Bougara de Boumerdès, Algérie
- [10] (Christie, R. (2001). Colour Chemistry. Royal Society of Chemistry.)
- [11] (Samanta, A. et Agarwal, P. (2009). Application of Natural Dyes on Textiles. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 34, 384-399.)
- [12] Singh, et al. (2020). Synthetic Dyes Toxicity, Risks, and Regulations: Current Status and Future Needs. Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste, 24(3), 04020018.
- [13] Al-Sabti, K. (2000). Chromosomal abnormalities and cancer in Saudi Arabia. Eastern Mediterranean Health Journal, 6(2-3), 332-337.

## Références bibliographiques

---

- [14] Carreón, et al. (2010). Bladder cancer incidence among workers exposed to o-toluidine, aniline and nitrobenzene at a rubber chemical manufacturing plant. *Occupational and Environmental Medicine*, 67(3), 175-182.
- [15] Saratale, et al. (2011). Ecofriendly degradation of sulfonated diazo dye CI Reactive Green 19A using *Micrococcus glutamicus* NCIM-2168. *Bioresource Technology*, 102(2), 1097-1105.
- [16] Crini, G. (2006). Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. *Bioresource Technology*, 97(9), 1061-1085.
- [17] Rouquerol, F., Rouquerol, J., Sing, K. (1999). *Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications*. Academic Press.
- [18] Adamson, A. W., & Gast, A. P. (1997). *Physical Chemistry of Surfaces*. 6th edition. New York: Wiley.
- [19] Atkins, P. & de Paula, J. (2010). *Physical Chemistry*. 9th edition. Oxford: Oxford University Press.
- [20] Oulfa Loucif. (2018). Étude de l'efficacité d'adsorbants naturels dans le traitement des eaux usées industrielles. Mémoire de Master, Université de Béjaïa, Algérie.
- [21] Volesky, B. & Holan, Z. R. (1995). Biosorption of heavy metals. *Biotechnology progress*, 11(3), 235-250
- [22] (Wang, J., & Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology advances*, 27(2), 195-226. Demirbas, A. (2008). Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: a review. *Journal of hazardous materials*, 157(2-3), 220-229.)
- [23] (Wan Ngah, W. S., & Hanafiah, M. A. K. M. (2008). Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource technology*, 99(10), 3935-3948.)

## Références bibliographiques

---

- [24] (Vaghetti, J. C. P., Lima, E. C., Royer, B., Brasil, J. L., da Cunha, B. M., Simon, N. M., ... & Amico, S. C. (2009). Application of Brazilian-pine fruit coat as a biosorbent to removal of Cr (III) from aqueous solution—kinetics and equilibrium study. *Biochemical Engineering Journal*, 43(2), 192-201.)
- [25] (Wan Ngah, W. S., & Fatinathan, S. (2010). Adsorption characterization of Pb (II) and Cu (II) ions onto chitosan-tripolyphosphate beads: Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Journal of Environmental Management*, 91(4), 958-969.)
- [26] Saeed, A., M. Sharif, and M. Iqbal, Application potential of grapefruit peel as dye sorbent: kinetics, equilibrium and mechanism of crystal violet adsorption. *J. Hazard. Mater.*, 2010. 179(1-3): p. 564-572.
- [27] (Langmuir, I. (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *Journal of the American Chemical Society*, 40(9), 1361-1403.)
- [32] H.W. Freundlich, 1939, «The Adsorption of cis and trans-Azobenzene » *J. Am. Chem. Soc.* 61 2228-2230.
- [33] Mani, S. and R. Bharagava, Exposure to Crystal Violet, Its Toxic, Genotoxic and Carcinogenic Effects on Environment and Its Degradation and Detoxification for Environmental Safety. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 2015. 237: p. 71-104.
- [34] Loucif, O. (2018). Étude de l'efficacité d'adsorbants naturels dans le traitement des eaux usées industrielles. Université de Béjaïa, Algérie.
- [35] Benyoucef, C. (2019). Étude des colorants naturels d'origine algérienne et leur application dans l'industrie textile. Université M'hamed Bougara de Boumerdès, Algérie.
- [36] Djouder, K. (2017). Utilisation d'adsorbants à base d'argiles pour la purification des eaux usées industrielles. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Algérie.

## Références bibliographiques

---

[37] Benyoucef, C. (2019). Étude des colorants naturels d'origine algérienne et leur application dans l'industrie textile. Université M'hamed Bougara de Boumerdès, Algérie.

**عنوان المذكرة:** تقييم أداء الممتزات المحلية في معالجة المياه الملونة الصناعية.

المؤطر: د. عاد شفاة  
المؤطر: د. كلثوم سعدلال

الاسم: محمد الأمين  
الاسم: لخضر منير

القاب: بوخاري  
القاب: حاجي

يركز هذا العمل على دراسة الممتزات للتخلص من صبغة الكريستال البنفسجي الملونة في الوسط المائي باستخدام مادة حيوية نباتية محلية تعتمد على لحاء الصنوبر كممتز، من خلال دراسة تجريبية توضح لنا قدرته على الممتزات. تبدو هذه المادة العازة واعداً "جداً للتطبيق" بتكلفة أقل. تمت دراسة تأثير العوامل المختلفة مثل وقت التماس والكتلة والتركيز ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة وتأثير القوة الأيونية. حيث أظهرت النتائج أن التوازن يتحقق في وقت تماس قدره ١٥ دقيقة، وأن زيادة تركيز الصبغة يؤدي إلى انخفاض كفاءة الممتزات، وأن الكمية الممتزة من الكريستال البنفسجي تصل إلى أعلى قيمة عند درجة

الحموضة ٨,٧. يصف نموذج الترتيب الثاني بشكل أفضل حركة هذا الممتز في ظل ظروف التجريبية المثلى هو نموذج الرتبة الثانية للكتابة. أفضل وصف لمساوي درجة حرارة الممتزات التي تمت دراستها هو نموذج فرانتليخ حيث تظهر لحاء الصنوبر المعالج سعة امتزاز قصوة تبلغ ٢٥٦,٤١ مغ/غ

كلمة مفتاحية: الممتزات، لحاء الصنوبر، ملون، الكريستال البنفسجي.

---

**Memory title:** Evaluation of the performance of local adsorbents in the treatment of artificial colored water

Name: Boukhari First name: Mohammed El'amine Directed by: Dr AD Chifaa  
Name: Hadji First name: Lakhder Mounir Dr K. Saadallah

This work focuses on studying adsorption to get rid of contaminated crystal violet dye in aqueous media using a local plant biomaterial based on pine bark as an adsorbent, through an experimental study that shows us its ability to adsorption. This sorbent looks very promising for purification of contaminated water. The effect of various factors such as contact time, mass, concentration, temperature, and pH were studied. The results showed that equilibrium is achieved in a contact time of 15 minutes, that increasing the concentration of the dye leads to decreasing adsorption efficiency, and that the adsorbed amount of crystal violet reaches its highest value at pH equal to 8,7. The pseudo second order model best describes the kinetics of this adsorption under experimental conditions. The adsorption isotherms studied are best described by Freundlich model; EPT shows a maximum adsorption capacity of 256.41 mg/g.

**Keywords:** adsorption, pine bark, dye, crystal violet.

---

**Titre de mémoire:** Evaluation de la performance d'un adsorbant local dans la remédiation des eaux colorées synthétiques

Nom : Boukhari Prénom : Mohammed El'amine Encadreurs : Dr AD Chifaa  
Nom : Hadji Prénom : Lakhder Mounir K. Saadallah

Ce travail se concentre sur l'étude de l'adsorption pour éliminer le colorant cristal violet contaminé en milieu aqueux en utilisant un biomatériau végétal local à base d'écorce de pin comme adsorbant, à travers une étude expérimentale qui nous montre sa capacité d'adsorption. Ce adsorbant semble très prometteur pour l'épuration des eaux contaminée. L'effet de divers facteurs tels que le temps de contact, la masse, la concentration, la température, et le pH ont été étudiés. Les résultats ont montré que l'équilibre est atteint après un temps de contact de 15 minutes, que l'augmentation de la concentration du colorant entraîne une adsorption accrue et que la quantité adsorbée de violet cristallin atteint sa valeur la plus élevée à un pH égal à 8,7. Le modèle du pseudo second ordre décrit le mieux la cinétique de cette adsorption dans des conditions expérimentales optimales. Les isothermes d'adsorption étudiées sont mieux décrites par le modèle mathématique de Freundlich. EPT montre une capacité d'adsorption maximale de 256.41 mg/g.

**Mots clés :** adsorption, écorce de pin traité, couleur, cristal violet.