



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 : **GARITA Meriem**

**BENSAFIDDINE Lina**

**DOMAINE : Sciences et Technologies**

**FILIERE : Génie des Procédés**

**OPTION : Génie des Procédés de l'Environnement**

### **Thème**

**Contribution à l'élimination d'un colorant  
cationique dans les eaux usées industrielles par  
un adsorbant naturel**

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
BENALIA Mokhtar	Professeur	Président
BOUDAUD Asma	MCA	Examinatrice
DJEDID Mebrouk	Professeur	Rapporteur
SAADALLAH Kelthoum	Doctorante	Co-rapporteur
NOUACER Imane	MCB	Invitée

**Promotion : 2025**



## **Remerciements**

*Ce mémoire a été réalisé au sein du **Laboratoire de Génie des Procédés** de l'Université Amar Telidji – Laghouat.*

*Avant tout, nous remercions **Allah, le tout puissant**, pour nous avoir donné la santé, la patience et la force nécessaire pour mener à bien ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance au **Pr. Dr. DJEDID Mebrouk**, pour son encouragement constant et ses remarques pertinentes qui ont grandement contribué à l'amélioration de ce travail. Nous le remercions également de nous avoir offert la possibilité de réaliser ce mémoire sous sa direction.*

*Nos remerciements les plus profonds vont également à **Mme SAADALLAH Kelthoum** pour son accompagnement constant, sa disponibilité, ses conseils éclairés et son soutien tout au long de la réalisation de cette étude.*

*Nous tenons à remercier les membres du jury, **Pr. BENALIA Mokhtar**, d'avoir accepté de présider ce jury et **Dr. BOUDAOU D Asma**, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Un grand merci à tous les **ingénieurs et techniciens du laboratoire** pour leur aide technique et leur collaboration tout au long de nos expérimentations.*

*Nous remercions également l'ensemble des enseignants du département de **Génie des Procédés** pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont dispensé durant nos années d'études.*

*Enfin, nous exprimons notre gratitude à nos familles, amis et collègues pour leur soutien moral, leur patience et leurs encouragements continus.*





## Dédicaces

*À l'homme de ma vie,*

*À mon cher papa, mon repère, mon modèle silencieux mais si fort. Ton regard bienveillant m'a guidé plus d'une fois quand le doute m'envahissait. Tu es et tu resteras ma force cachée, mon exemple éternel. Chaque mot de ce mémoire porte un peu de toi.*

*À ma chère maman,*

*Ton amour infini, ta patience inlassable et ta foi en moi m'ont portée dans les jours sombres. Tu es mon refuge, ma lumière douce dans l'obscurité. Ce travail est aussi le tien, car sans toi, je n'aurais jamais eu le courage d'aller au bout.*

*À mes chères frères et sœurs,*

*Vous êtes les battements de mon cœur, mes premiers amis, mes alliés de toujours. Votre présence m'a réchauffée, vos mots m'ont relevée, et votre fierté m'a donné des ailes. Merci d'être là, simplement.*

*À ma petite nièce Ayla,*

*Ton innocence, ta joie et ton regard pur m'ont souvent redonné le sourire dans les moments de doute. Tu es une source de lumière dans ma vie. Je te dédie cette réussite, en espérant qu'elle t'inspire un jour à croire en tes rêves.*

*À mes amis proches, et mybely*

*Merci pour vos silences partagés, vos éclats de rire, vos épaules tendues quand j'étais à bout. Vous avez mis de la lumière sur mon chemin 'specially mybely my biggest supporter', et dans vos yeux j'ai trouvé la force d'avancer. Ce mémoire est aussi un peu le vôtre.*

*À ma binôme Meriem et à ma chère amie Noussaiba,*

*Merci pour votre patience, votre énergie, votre rigueur et votre précieuse amitié. Nous avons partagé les doutes, les efforts, mais aussi les réussites. Ce mémoire est le fruit d'un véritable travail d'équipe et d'une belle complicité.*

*À mes deux chères collègues,*

*Merci pour votre collaboration, vos échanges enrichissants et votre bienveillance. Votre engagement et votre esprit d'équipe ont rendu cette aventure plus humaine et plus forte. Je suis reconnaissante d'avoir cheminé à vos côtés avec des inoubliables souvenirs.*

**LYNA BSF**





## Dédicaces

*À ma maman, mon ange parti trop tôt...*

*Chaque ligne de ce travail porte ton absence, mais aussi ton amour. Je sais que, là-haut, tu souris en me voyant réussir. Ce poste chez Sonatrach, c'est aussi ton rêve, celui que tu as nourri pour moi, avec tant de sacrifices et de prières. Tu n'es plus là physiquement, mais je te sens dans chaque pas que je fais. Ce succès, maman, je te l'offre, du plus profond de mon cœur.*

*À mon père, mon roc, mon seul parent aujourd'hui...*

*Merci d'avoir tenu debout pour deux. Ton courage, ton silence, ta présence — même dans les moments les plus difficiles m'ont donné la force d'avancer. Sans toi, rien de tout cela n'aurait été possible. Tu es plus qu'un père, tu es mon modèle, mon repère, ma fierté.*

*À mon frère,*

*mon autre moitié, celui avec qui je partage mes silences, mes rêves et mes peurs.*

*Merci d'être là.*

*À mes amis, pour leur soutien vrai.*

*À ma binôme Lina,*

*ma meilleure amie. Le temps n'a pas d'importance quand la sincérité est là. Merci de t'être tenue à mes côtés, sans condition. Ton soutien m'a touché plus que tu ne peux l'imaginer.*

*À mes cousines, mes sœurs de cœur...*

*Vous avez été des bras quand j'avais besoin d'être portée, des voix quand je n'en avais plus, et des sourires quand j'en manquais. Votre amour est un baume qui m'a tenue debout.*

**GARRITA MERIEM**



# *Sommaire*

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale .....	1
Chapitre I: Généralités sur les colorants et les déchets végétaux	
I.1. Les colorants .....	4
I.1.1. Définition .....	4
I.1.2. Classification des colorants .....	4
I.1.3. les colorants et l'environnement .....	5
I.1.4. Procédés de traitement des effluents colorés .....	6
I.2. Le colorant cristal violet .....	8
I.2.1. Définition et propriétés chimiques .....	8
I.2.2. Toxicité du cristal violet .....	9
I.2.3. Domaine d'utilisation du cristal violet .....	9
I.3. Valorisation des déchets végétaux en tant que biosorbants .....	10
I.3.1. Les déchets végétaux .....	10
I.3.2. Les sous-produits agricoles .....	10
I.3.3. La biomasse végétale .....	10
I.4. Adsorbants, matériaux clés pour la décontamination des eaux colorées .....	10
I.4.1 Adsorbants conventionnels .....	11
I.4.2 Adsorbants non conventionnels .....	11
I.5. La coriandre comme adsorbant .....	12
I.5.1. Définition <i>Coriandrum sativum</i> L .....	12
I.5.2. Caractérisation botanique de <i>Coriandrum sativum</i> L .....	13
I.5.3. Intérêt d'utilisation de la coriandre .....	14
Chapitre II: Aperçu sur l'adsorption	
II.1. Introduction .....	16
II.2. Définition de l'adsorption .....	16
II.3. Principe de l'adsorption .....	16
II.4. Mécanisme d'adsorption .....	17
II.5. Facteur influençant l'équilibre d'adsorption .....	19
II.6. Rendement d'élimination du colorant et capacité d'adsorption .....	20
II.7. Modalisation d'adsorption .....	21
II.7.1. Cinétique d'adsorption .....	21
II.7.2. Isothermes d'adsorption .....	22
II.7.3. Paramètres thermodynamiques d'adsorption .....	23
II.8. Application de l'adsorption .....	23
II.9. Désorption	24
Chapitre III: Partie expérimentale	
III.1. Appareillage, Réactif et matériels utilisés .....	26
III.2. Préparation des solutions .....	27

III.3. Préparations de la biomasse adsorbante .....	28
III.4. L'analyse par Spectroscopie infrarouge .....	29
III.5. Dosages par spectrophotomètre UV-visible .....	29
III.6. Influences de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption .....	31
III.7. Protocole de désorption .....	32
Chapitre IV: Résultats et discussion	
IV.1. Caractérisation de l'adsorbant par Spectroscopie FTIR .....	35
IV.2. Optimisation des conditions opératoires .....	36
IV21. Effet de la masse de GC sur l'adsorption de CV .....	36
IV22. Effet du pH sur l'adsorption .....	37
IV23. Effet du temps de contact et de concentration de l'adsorbat .....	38
IV24. Effet de la température .....	40
IV25. Effet de la force ionique .....	31
IV.3. Etude des isothermes d'adsorption .....	42
IV.4. Etude de la cinétique d'adsorption .....	44
IV.5. Etude thermodynamique .....	46
IV.6. La désorption .....	48
IV.7. Étude comparative .....	48
Conclusion générale .....	51
Références biographiques .....	54
Résumé	

# Liste des abréviations

**CV** : Cristal violet  
**GC** : grain coriandre  
**UV** : Ultraviolet  
**A** : L'absorbance  
 **$\epsilon$**  : Coefficient spécifique d'absorbance molaire  
 **$\lambda_{\max}$**  : 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'adsorbat  
 **$C_e$**  : Concentration à l'équilibre de l'adsorbat  
**pH** : Potentiel d'hydrogène  
**T°** : Température  
**t** : Temps  
 **$q_t$**  : Quantité de soluté adsorbée à l'instant  
 **$q_e$**  : Quantité de soluté adsorbée 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  
**°C** : Degré Celsius  
**K** : Kelvin  
**KJ** : Kilo Joule  
**tr/min** : Tour par minute  
**ppm** : Parties par million  
**M** : Molarité  
**nm** : Nanomètre  
**IR** : infrarouge  
**d** : densité

# Liste des figures

Figure I.1 : Les différentes parties de Coriandre	13
Figure I.2 : Plante de Coriandre sativum L.	13
Figure I.3: Structure chimique des principaux constituants de Coriandrum	14
Figure II.1 : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique	17
Figure II.2 : Mécanisme d'adsorption	18
Figure III.1 : Préparation de l'adsorbant Coriandre	29
Figure III.2 : Courbe d'étalonnage du CV	30
Figure IV.1 : Spectre FTIR du GC avant et après adsorption	35
Figure IV.2 : Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du CV	37
Figure IV.3 : Influence du pH de la solution sur l'adsorption du CV	38
Figure IV.4 : Influence du temps de contact sur l'adsorption du CV	39
Figure IV.5 : Effet de la concentration sur l'adsorption du CV	40
Figure IV.6 : Influence de la température sur l'adsorption du CV	41
Figure IV.7 : Effet de la force ionique sur l'adsorption du CV	42
Figure IV.8 : Linéarisation d'isotherme selon le modèle de Langmuir	43
Figure IV.9 : Linéarisation d'isotherme selon le modèle de Freundlich	43
Figure IV.10 : Représentation linéaire du modèle cinétique du pseudo premier ordre	45
Figure IV.11 : Représentation linéaire du modèle cinétique du pseudo second ordre	45
Figure IV.12 : Etude thermodynamique de l'adsorption du CV par GC	47
Figure IV.13 : Capacité du GC en adsorption et désorption	48

# Liste des tableaux

Tableau I.1 : Principales caractéristique physico-chimique du CV	8
Tableau II.1: Comparaison entre des adsorptions physique et chimique	18
Tableau III.1: Produits chimiques utilisés	27
Tableau IV.1: Constantes relatives aux modèles de Langmuir et Freundlich	44
Tableau IV.2 : Résultats d'application du modèle cinétique du CV sur GC	46
Tableau IV.3: Paramètres thermodynamiques pour l'adsorption du CV sur GC	47
Tableau IV.4: Etude comparative de l'adsorption de CV sur différents adsorbants	49

# *Introduction général*

## **Introduction générale**

---

L'eau est un élément fondamental pour le maintien de la vie sur terre, présente dans les processus biologiques des humains, des animaux et des plantes. Elle est indispensable à la régulation des fonctions vitales, à la croissance végétale et à la survie des écosystèmes. En outre, L'eau est essentielle à la régulation du climat, au cycle des nutriments et au maintien des écosystèmes aquatiques et terrestres. Elle influence la productivité des écosystèmes et leur capacité à absorber le carbone. Les zones humides, en particulier, améliorent la qualité de l'eau en piégeant les sédiments, en filtrant les polluants et en absorbant les nutriments, contribuant ainsi à la santé des écosystèmes aquatiques. L'eau est essentielle pour l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques, constituant ainsi un pilier de l'économie mondiale. Sa qualité est déterminante pour la santé publique, car une eau propre et exempte de contaminants est nécessaire pour prévenir les maladies et garantir une vie saine.

La pollution de l'eau est un problème mondial croissant, causé par divers contaminants tels que les métaux lourds, les produits chimiques organiques et les colorants. Parmi ces contaminants, les colorants industriels sont particulièrement préoccupants. Ils peuvent être toxiques, cancérigènes et résistants à la dégradation biologique, ce qui les rend persistants dans l'environnement. Leur présence altère non seulement la qualité de l'eau, la rendant impropre à la consommation, mais affecte également les écosystèmes aquatiques en perturbant la photosynthèse des plantes et en étant nocifs pour les organismes aquatiques.

Les colorants proviennent principalement des industries textiles, alimentaires, cosmétiques et du tannage. L'industrie du tannage, qui transforme les peaux animales en cuir, est l'une des principales sources de rejets de colorants dans l'eau. Les processus de teinture et de finition du cuir utilisent une variété de colorants synthétiques qui, s'ils ne sont pas correctement traités, sont déversés dans les systèmes d'eau locaux. Ces colorants contribuent ainsi de manière significative à la pollution des cours d'eau et des nappes phréatiques. La gestion et la réduction de la pollution par ces effluents colorés sont essentielles pour protéger les ressources en eau et maintenir des écosystèmes sains.

## **Introduction générale**

---

Pour traiter les effluents colorés, diverses méthodes sont employées, notamment la coagulation-floculation, l'oxydation chimique, la filtration membranaire et l'adsorption. Parmi ces techniques, l'adsorption se distingue par son efficacité et sa simplicité de mise en œuvre.

L'adsorption utilise des matériaux poreux pour capturer et retenir les molécules de colorants présentes dans l'eau. Les adsorbants utilisés peuvent être synthétiques, comme le charbon actif et les résines échangeuses d'ions, ou naturels, tels que les zéolithes et les écorces d'arbres. Les adsorbants naturels sont particulièrement attrayants en raison de leur faible coût, leur abondance et leur caractère écologique. Par exemple, la coriandre offre de nombreux sites actifs pour l'adsorption des colorants. L'utilisation d'adsorbants naturels est une solution durable et respectueuse de l'environnement, permettant de réduire efficacement la concentration de colorants dans les effluents tout en valorisant des déchets biologiques [1].

Afin d'étudier le potentiel de la coriandre comme adsorbant pour la remédiation des eaux colorées synthétiques, cette étude s'articule autour de 4 chapitres suivants :

- ❖ Le premier chapitre posera le contexte de la pollution des eaux par les colorants.
- ❖ Le deuxième chapitre détaillera le processus d'adsorption et les types d'adsorbants.
- ❖ Le troisième chapitre décrira la méthodologie expérimentale mise en œuvre pour évaluer l'efficacité de la coriandre dans l'élimination du cristal violet.
- ❖ Le quatrième chapitre présentera et analysera les résultats obtenus.

Enfin, une conclusion générale synthétisera les principaux résultats de cette étude et soulignera le potentiel de la coriandre comme solution pour le traitement des eaux contaminées par des colorants.

# *Chapitre I*

## *Généralités sur les déchets végétaux et les colorants*

# Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

## I.1. Les colorants

### I.1.1. Définition

Un colorant est défini comme une substance capable de teindre durablement un matériau ou un support donné.

Les colorants ont longtemps été extraits de sources naturelles telles que les plantes (garance, gaude, indigo), les animaux (cochenille, murex) ou encore certains minéraux. Avec l'essor de la chimie organique, l'industrie a progressivement remplacé ces sources naturelles par des colorants synthétiques, qui forment aujourd'hui une famille étendue de composés organiques largement utilisés, notamment dans le domaine textile, alimentaire, cosmétique et pharmaceutique.

### I.1.2. Classification des colorants

D'une manière générale, les principaux modes de classification des colorants reposent sur deux 4 critères :

#### a. Selon structure chimique :

Les colorants de cette catégorie se distinguent par la structure chimique du colorant (groupe chromophore).

- ❖ **Les colorants azoïques** : Découverts par P. Griess en 1858, ces colorants ont pour chromophore caractéristique le groupe azoïque ( $-N=N-$ ). On distingue les monoazoïques, les diazoïques et les polyazoïques en fonction du nombre de ces groupes chromophores présents dans leur structure.
- ❖ **Les colorants anthraquinoniques**: Dérivés de l'anthraquinone, ces colorants sont reconnus pour leur stabilité à la lumière. Leur structure comprend un groupe chromophore carbonyle ( $C=O$ ) intégré à un noyau anthraquinonique
- ❖ **Les colorants polyethniques**: Le Jaune 11, par exemple, illustre cette classe dont le chromophore est constitué d'une chaîne polyméthine ( $-CH=$  ou  $-CR=$ ).
- ❖ **Les colorants triphénylméthanés** : Ces colorants sont des dérivés de l'hydrocarbure triphénylméthane.

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

- ❖ **Les colorants indigoïdes** : Cette catégorie tire son nom de l'indigo, dont ils sont structurellement proches. Ils incluent des variantes séléniées, sulfurées et oxygénées de l'indigo bleu.
- ❖ **Les colorants xanthènes** : colorants sont connus pour leur fluorescence intense, la fluoescéine étant un exemple notable. Ils sont utilisés comme teinture [2].

### b. Selon le domaine d'application

Les colorants présentent de nombreuses applications dans différents domaines, dont voici quelques-unes essentielles :

- Teinture et impression sur fibre et tissus de tous genres.
- Teinture du bain de filage des fibres chimiques.
- Teinture du cuir et des fourrures.
- Teinture du papier et du parchemin.
- Teinture des caoutchoucs, des feuilles et des matières plastiques.
- Préparation des couleurs à la chaux pour les prés colorations et enduits sur bâtiments ; Colorants pour l'impression des papiers peints [3].

### I.1.3. les colorants et l'environnement

La pollution générée par les eaux usées industrielles, en particulier celles provenant des industries de colorants, représente une menace majeure pour l'environnement. Ces effluents, fortement colorés et riches en DBO et DCO, perturbent les écosystèmes aquatiques en réduisant la lumière disponible pour la photosynthèse et en générant des produits toxiques comme les amines lors de leur dégradation. Le rejet direct de ces eaux peut produire des composés cancérigènes. Parmi les méthodes de traitement, l'adsorption se distingue par son efficacité, sa simplicité et son faible coût d'exploitation et renouvelable comme des déchets agricoles : déchets de maïs, déchets oléagineux et les plantes paille, sciure, coques de palmier. Le charbon actif, bien que très performant, reste coûteux, d'où l'intérêt croissant pour des biosorbants alternatifs bon marché. Cette étude propose l'utilisation d'un biomatériau en coriandre (GC) pour l'adsorption du colorant Cristal Violet (CV), en évaluant l'effet de divers paramètres opératoires comme la dose du biosorbant et la concentration initiale du colorant.

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

Ces colorants sont fréquemment détectés dans les effluents aqueux industriels, où leur stabilité chimique et leur résistance à la biodégradation posent de sérieux problèmes environnementaux. Parmi les colorants les plus polluants et persistants figurent le Congo rouge, l'Orange G et le Cristal violet, souvent utilisés comme colorants modèles dans les études de dépollution.

### I.1.4. Procédés de traitement des effluents colorés

On distingue principalement trois types de procédés pour le traitement des colorants présents dans les effluents : chimiques, biologiques, et physico-chimiques.

#### a. Procède chimiques

Les procédés chimiques, en particulier les techniques d'oxydation comme la photolyse, sont utilisés pour traiter les composés organiques dangereux à faible concentration, souvent en prétraitement avant les procédés biologiques, afin de réduire la charge polluante des eaux usées[4]. Contenant des polluants non biodégradables et /ou toxiques et de fortes concentrations que les autres procédés ne peuvent pas traiter ou transformer en produits biodégradables et/ou non toxiques. Ainsi, l'oxydation chimique se révèle un procédé efficace de traitement des eaux usées. On distingue :

- ❖ les procédés classiques d'oxydation chimique.
- ❖ les procédés d'oxydation avancée.

Il a été observé que l'oxydation chimique avec les oxydants classiques n'est pas toujours efficace pour le traitement des polluants organiques persistants. Dans ce cas, on fait appel aux procédés d'oxydation avancée [5].

#### b. Procédé biologique

Le traitement biologique utilise des micro-organismes pour dégrader les composés organiques comme les colorants, avec une dégradation totale ou partielle (en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O). Il s'appuie sur des indicateurs comme la DBO et la DCO, et se divise en deux types : aérobie et anaérobie.

- ❖ **Traitement aérobie** : Le traitement biologique aérobie utilise des micro-organismes en présence d'oxygène, souvent dans des réacteurs à lits bactériens. Les polluants sont décomposés par des bactéries aérobies, et après épuration, la

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

boue est séparée par sédimentation. Une partie de l'eau est recyclée et le surplus est évacué après pressage ou centrifugation.

- ❖ **Traitement anaérobie** : En absence d'oxygène, la digestion anaérobie des composés organiques conduit à la formation du dioxyde de carbone, du méthane et de l'eau. Ce procédé est d'une grande efficacité dans le traitement des effluents très chargés [5].

Bien que généralement moins coûteux, les procédés biologiques peuvent être lents et sensibles aux variations de la composition des effluents, ainsi qu'à la présence de substances toxiques pour les micro-organismes. Dès lors, quand les produits intermédiaires d'oxydation peuvent être facilement biodégradés, il est alors recommandé de coupler ces procédés avec des procédés biologiques, afin de réduire les coûts de traitement [5].

### c. Procédé physico-chimique

- ❖ **Coagulation – floculation**: La floculation est un processus physicochimique qui regroupe les particules fines en floccs visibles à l'aide de flocculants, mais elle est inefficace pour les colorants très solubles. Les coagulants inorganiques comme l'alun sont efficaces pour traiter les effluents textiles contenant des colorants dispersés.
- ❖ **Filtration sur membrane** : La filtration membranaire utilise une membrane à pores calibrés pour retenir les polluants plus gros que ces pores. Couramment employée pour le dessalement de l'eau de mer, elle comprend plusieurs types : microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, etc[6].

L'osmose inverse et la nanofiltration peuvent enlever les colorants réactifs hydrosolubles.

La microfiltration retient les matériaux colloïdaux tels que les colorants dispersés ou de cuve grâce à une membrane écran.

L'ultrafiltration s'applique à la réduction de la DCO et des solides en suspension, et ne se montre réellement efficace qu'en prétraitement ou en combinaison avec d'autres traitements [7].

- ❖ **Adsorption** : L'adsorption constitue un procédé de traitement efficace pour l'élimination des polluants organiques et minéraux par leur fixation sur un

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

substrat solide. Bien que largement applicable, son efficacité demeure sélective pour certaines classes de colorants, notamment ceux qui ne présentent pas de caractère cationique ou mordant [4].

Face à la diversité des structures chimiques des colorants, la majorité des adsorbants conventionnels n'offre pas une décoloration universelle. Le charbon actif, reconnu pour sa capacité d'adsorption élevée et son efficacité dans la réduction de la couleur, est fréquemment privilégié. Néanmoins, son coût relativement élevé a stimulé la recherche d'alternatives issues de ressources renouvelables, économiques et prometteuses pour la remédiation des effluents colorés.

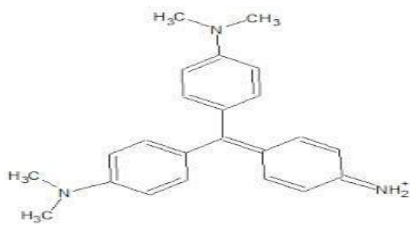
### **I.2. Le colorant cristal violet**

#### **I.2.1. Définition et propriétés chimiques**

Le cristal violet (CV), désigné également sous le nom de Méthyle violet 10B, est un colorant cationique fondamental, appartenant à la classe des triphénylméthanes, sa structure moléculaire se caractérise par trois cycles phényle liés à un atome de carbone central. Le CV trouve des applications variées en tant qu'indicateur acido-basique, agent de coloration biologique et teinture dans l'industrie textile. Notamment, il est largement utilisé en microbiologie dans la coloration de Gram, une technique essentielle pour la différenciation des bactéries basée sur les propriétés de leur paroi cellulaire. Le Tableau I.1 représente les principales propriétés physico-chimiques du cristal violet [8].

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

**Tableau I.1** : Principales propriétés physico-chimiques du CV [8].

Nom commercial	Cristal Violet
Nom chimique	Tris(4-(diméthylamino)phényl) méthyliumchloride
Synonymes	Chlorure de méthylrosaniline
Famille	Colorants Basiques
C.I.	Nombre 42555
C.I. nom	Basic Violet 3
Formule	$C_{25}H_{30}N_3Cl$
Structure	
Masse molaire	407.98 (g/mol)
Nature	Cationique
Ionisation	Basique
$\lambda_{max}$	590 nm
T° fusion	215 °C (décomposition)

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

---

---

### I.2.2. Toxicité du cristal violet

L'utilisation des colorants peut engendrer des risques significatifs pour l'environnement et la santé humaine.

#### a. Impact sur la santé humaine

L'exposition prolongée par inhalation présente un risque d'effets graves sur la santé, se manifestant notamment par une sécheresse de la gorge et des céphalées. L'absorption cutanée de ce produit peut également induire des risques sérieux pour la santé, se traduisant par une irritation de la peau, des érythèmes et des douleurs. De plus, il provoque des lésions oculaires sévères, caractérisées par des rougeurs, des douleurs, une vision trouble, un larmolement excessif et des dommages oculaires potentiellement irréversibles. L'ingestion, même en faible quantité, représente un danger significatif pour la santé, nécessitant d'éviter tout contact avec les aliments et toute ingestion.

#### b. Impact sur l'environnement

Les colorants, au-delà de leurs effets néfastes sur la santé humaine, représentent une source significative de pollution environnementale. Leur rejet dans les milieux aquatiques induit une toxicité marquée pour les organismes qui y vivent, allant des micro-organismes aux poissons, en perturbant les chaînes alimentaires et la biodiversité. De plus, la persistance de certains colorants dans l'environnement peut entraîner une contamination à long terme des sédiments et des eaux, affectant la qualité des écosystèmes aquatiques sur des périodes prolongées. Leur présence, même à de faibles concentrations, peut altérer la pénétration de la lumière solaire, inhibant ainsi la photosynthèse des algues et des plantes aquatiques, ce qui perturbe l'équilibre écologique. Enfin, la dégradation de certains colorants peut générer des sous-produits toxiques, amplifiant davantage leur impact négatif sur l'environnement [9].

### I.2.3. Domaine d'utilisation du cristal violet

Le cristal violet trouve un large éventail d'applications dans divers secteurs:

- En médecine vétérinaire, il est employé comme additif dans l'alimentation de la volaille pour inhiber la prolifération des parasites intestinaux.
- Il est largement utilisé comme colorant histologique et dans le protocole de coloration de Gram pour la classification bactérienne, mettant en évidence ses propriétés antibactériennes, antifongiques et vermifuges.
- Son application topique est observée dans la préparation cutanée avant les interventions chirurgicales.
- En médecine légale, il est utilisé chez les individus potentiellement allergiques à la pénicilline pour le nettoyage des plaies ouvertes et la prévention de la propagation des infections [10].

### I.3. Valorisation des déchets végétaux en tant que biosorbants

#### I.3.1. Les déchets végétaux

Les déchets végétaux, définis comme des résidus considérés comme superflus dans un contexte donné, représentent une fraction substantielle des déchets organiques, intrinsèquement liés aux cycles biogéochimiques. Parmi eux, les déchets verts, issus de l'entretien des espaces verts, de l'agriculture et de l'exploitation forestière (feuilles mortes, tontes, résidus lignocellulosiques), posent des défis logistiques importants en termes de collecte et de gestion du volume. Traditionnellement orientée vers l'incinération ou le compostage, leur valorisation comme précurseurs de biosorbants offre une perspective de gestion plus durable et à valeur ajoutée [11].

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

### I.3.2. Les sous-produits agricoles

De nombreuses études ont exploré l'utilisation de sous-produits agricoles à faible coût comme adsorbants efficaces pour l'élimination d'une gamme étendue de contaminants toxiques présents dans l'eau, incluant les colorants et divers composés organiques et inorganiques. Des exemples notables incluent les noyaux d'olives et les coques d'amandes. Les enveloppes de riz, en particulier, constituent un déchet agricole abondant dont le potentiel pour la production d'adsorbants économiques a été démontré, notamment pour la séquestration de certains colorants textiles [12].

### I.3.3. La biomasse végétale

Les adsorbants non conventionnels à base de plantes représentent une alternative écologique et durable aux adsorbants industriels classiques tels que le charbon actif et la zéolithe. Ces matériaux naturels ou peu transformés, issus de diverses plantes (tournesol, Araucaria, et différentes parties de la coriandre : feuilles, graines, fleurs), exploitent le phénomène d'adsorption pour l'élimination de polluants variés (métaux lourds, colorants, pesticides) dans les matrices aqueuses et gazeuse [12].

## I.4. Adsorbants, matériaux clés pour la décontamination des eaux colorées

Les adsorbants constituent une classe de matériaux jouant un rôle primordial dans la décontamination des eaux. Les adsorbants conventionnels, reconnus pour leur surface spécifique élevée et leur importante capacité d'adsorption, sont largement exploités. Bien qu'efficaces et bien établis, leur coût et les difficultés associées à leur régénération peuvent s'avérer limitatifs. Inversement, les adsorbants non conventionnels englobent une variété de matériaux alternatifs, souvent issus de sources naturelles ou de valorisation de déchets, offrant des solutions plus économiques et écologiquement durables. Malgré des performances d'adsorption parfois inférieures, leur accessibilité et leur caractère renouvelable en font des candidats prometteurs pour des applications environnementales.

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

### I.4.1 Adsorbants conventionnels

Les adsorbants conventionnels désignent les matériaux couramment employés pour l'adsorption (rétention de substances à leur surface), notamment de polluants, en phases liquide ou gazeuse. Ils trouvent une application étendue dans des domaines tels que la purification de l'eau, le traitement de l'air, la séparation de gaz et la catalyse. On distingue principalement cinq catégories d'adsorbants "physiques" : les charbons actifs, les zéolithes, les alumines, les gels de silice et les argiles activées [13].

### I.4.2 Adsorbants non conventionnels

Bien que les adsorbants commerciaux tels que le charbon actif soient couramment employés pour l'élimination des polluants, leur application à grande échelle pour la remédiation environnementale se heurte à des contraintes économiques significatives, limitant sa justification globale.

Face à ces limitations, l'intérêt s'est porté sur des adsorbants alternatifs non conventionnels, désignés sous le terme de biosorbants. Ces matériaux, dérivés de sources biologiques, industrielles, agricoles ou forestières (incluant algues, bactéries, champignons, levures, écorces, sciure, tourbe, coton, lin, chanvre, chitosane, alginates, etc.), présentent un potentiel considérable en tant qu'adsorbants écologiques et économiquement viables. Caractérisés par leur abondance, leur faible coût et des propriétés physico-chimiques intrinsèquement favorables à l'adsorption, ils constituent une voie prometteuse. Néanmoins, malgré les avancées notables dans ce domaine, leur déploiement demeure majoritairement au stade de la recherche fondamentale [13].

## I.5. La coriandre comme adsorbant

La coriandre est une plante aromatique largement connue pour ses usages culinaires et médicaux. Cependant, ces dernières années, elle a également suscité l'intérêt des chercheurs en tant que biosorbant naturel, notamment pour le traitement des eaux contaminées par des métaux lourds et des colorants [14].

### I.5.1. Définition *Coriandrumsativum*L

La coriandre (*Coriandrumsativum* L), également connue sous les appellations vernaculaires de persil chinois, arabe ou cilantro (dérivation du grec "Koris" et

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

"Andros"), est une plante herbacée aromatique largement répandue dans la gastronomie mondiale.

Au-delà de ses applications culinaires établies, où ses feuilles, ses fruits et ses racines sont valorisés dans diverses cuisines d'Amérique latine, de la Méditerranée et d'Asie (les graines comme épice et les feuilles comme herbe aromatique), la coriandre révèle un potentiel significatif dans divers domaines. Notons que les saveurs et les propriétés de la plante varient selon la partie considérée, les feuilles étant fréquemment utilisées comme condiment. Elle se caractérise par ses inflorescences de petites fleurs blanches, roses ou lavande, son feuillage vert finement divisé, ses graines et ses fruits distincts [15]. La figure I.1 représente les différentes parties de coriandre. La figure I.2 présente la plante *Coriandre sativum* L. par contre la figure I.3 donne la structure chimique de cette plante.



**Figure I.1:** Les différentes parties de coriandre  
(a) fleures, (b) racines, (c) graines, (d) feuilles.

### I.5.2. Caractérisation botanique de *Coriandrumsativum* L.

*Coriandrumsativum* L., communément désignée sous le nom de coriandre, appartient à la famille des Apiacées (Ombellifères). Cette espèce herbacée annuelle est originaire des régions d'Asie occidentale, du bassin méditerranéen et du Proche-Orient.

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

### Classification et nomenclature :

**Nom commun :** Coriandre

**Nom latin :** *Coriandrum sativum* L.

**Famille :** Apiaceae (Umbelliferae)

### Distribution et écologie :

**Origine :** Asie occidentale, Bassin méditerranéen, Proche-Orient

**Période de floraison :** Juin, juillet, août

**Couleur des fleurs :** Blanc, rose

**Exposition :** Soleil, mi-ombre

**Type de sol :** Bien drainé, humifère

**Acidité du sol :** Neutre, acide ou calcaire

**Humidité du sol :** Neutre

**Hauteur :** 30 à 60 cm

**Type de végétation :** Annuelle

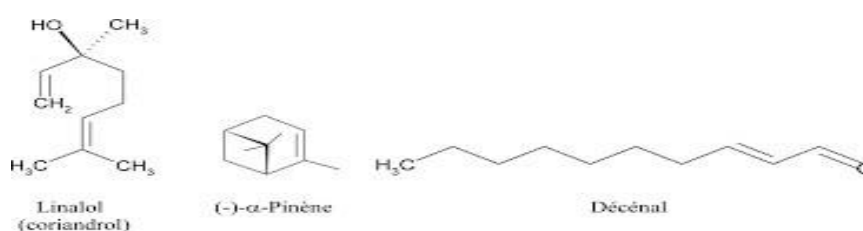
**Type de feuillage :** Persistant

**Rusticité :** Rustique

**Plantation :** Printemps [15].



**Figure I.2 :** Plante de *Coriandrum sativum* L.



**Figure I.3:** Structures chimiques des principaux constituants de *Coriandrum sativum* L.

### I.5.3. Intérêt d'utilisation de la coriandre

Au-delà de son utilisation culinaire bien établie, *Coriandrum sativum* L. présente un éventail d'applications prometteuses dans divers domaines, allant de la santé à l'environnement.

## Chapitre I : généralité sur les déchets végétaux et les colorants

---

- **Applications culinaires et nutraceutiques :** Traditionnellement, les feuilles et les graines de coriandre sont largement utilisées en cuisine pour leur saveur et leur arôme distinctifs. Sur le plan nutraceutique, la coriandre est reconnue pour sa richesse en antioxydants et en vitamines, contribuant potentiellement à divers effets bénéfiques sur la santé
- **Applications en santé et phytothérapie :** L'huile essentielle de coriandre et ses extraits ont démontré des activités biologiques intéressantes, notamment des propriétés anti-microbiennes, antifongiques et antioxydantes [Citer ici une référence scientifique sur les activités biologiques de la coriandre]. Son utilisation traditionnelle en phytothérapie pour traiter des troubles digestifs et d'autres affections est également documentée.
- **Applications environnementales :** Récemment, un intérêt significatif s'est manifesté envers le potentiel de *Coriandrum sativum L.*, incluant ses graines et ses résidus agricoles (tiges, feuilles post-extraction d'huile essentielle), en tant que bio-adsorbant économique et écologiquement pertinent pour l'élimination d'une variété de polluants présents dans les effluents industriels

Cette voie de recherche s'inscrit dans une démarche de valorisation des biomasses végétales et contribue au développement de technologies de traitement des eaux usées plus durables et respectueuses de l'environnement [15].

## *Chapitre II*

### *Aperçu sur l'adsorption*

### **II.1. Introduction**

L'adsorption, en tant que méthode de traitement des eaux comparée à d'autres procédés explorés précédemment, se distingue par sa simplicité opérationnelle, son efficacité d'élimination des contaminants et son potentiel économique favorable. Ce processus repose sur la séquestration d'un polluant (l'adsorbat : Cristal violet) à l'interface d'un matériau solide (l'adsorbant : les graines de coriandres). Cette approche, intrinsèquement plus respectueuse de l'environnement, est rigoureusement évaluée par le biais de calculs quantitatifs de performance, incluant la capacité d'adsorption, l'efficacité d'élimination, ainsi que l'ajustement aux modèles cinétiques et isothermes, outils analytiques cruciaux pour l'optimisation du procédé.

### **II.2. Définition de l'adsorption**

L'adsorption est un phénomène physico-chimique qui correspond à l'accumulation d'une substance à l'interface entre deux phases, telles que gaz-solide, liquide-solide ou liquide-liquide. Ce processus repose sur les forces d'attraction moléculaires, dont la nature et l'intensité varient, et qui assurent la cohésion des phases condensées (liquide ou solide).

Dans ce contexte, le solide qui attire les molécules est appelé adsorbant, tandis que la substance retenue à sa surface est désignée comme adsorbat.

L'efficacité de l'adsorption dépend fortement des propriétés structurales de l'adsorbant, notamment la taille, la forme et la distribution des pores, ainsi que la nature chimique des groupes fonctionnels présents à la surface. Le processus inverse, appelé désorption, correspond à la libération des molécules adsorbées hors de la surface du solide [16].

### **II.3. Principe de l'adsorption**

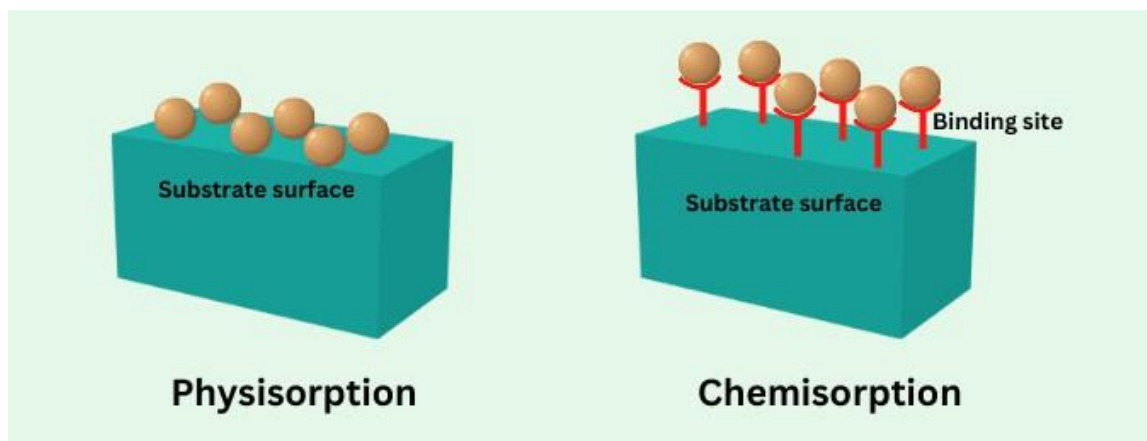
Le principe fondamental de l'adsorption repose sur la rétention d'espèces chimiques (adsorbats) à la surface de matériaux solides (adsorbants). On distingue principalement deux mécanismes : la physisorption et la chimisorption [17].

La physisorption est caractérisée par des interactions interfaciales de nature électrostatique, telles que les forces de Van der Waals, les liaisons hydrogène ou les interactions dipolaires. Ce processus, généralement exothermique avec des chaleurs d'adsorption inférieures à 20 kcal/mol, favorise la formation de multicouches à des

températures basses et se manifeste par une réversibilité relative et un manque de spécificité. La cinétique de la physisorption est typiquement rapide.

À l'opposé, la chimisorption implique la formation de liaisons chimiques, covalentes ou ioniques, entre l'adsorbat et l'adsorbant. Ce phénomène, généralement irréversible et accompagné de chaleurs d'adsorption significativement plus élevées (20 à 200 kcal/mol) conduit à la formation d'une monocouche. La distance interfaciale est plus courte qu'en physisorption [17].

Le transfert des polluants par adsorption est un processus complexe régi par l'équilibre thermodynamique, la cinétique d'adsorption et la compétition inter-adsorbats. La Figure II.1 illustre la distinction entre ces deux types d'adsorption, dont les caractéristiques comparatives sont synthétisées dans le Tableau II.1 [18].



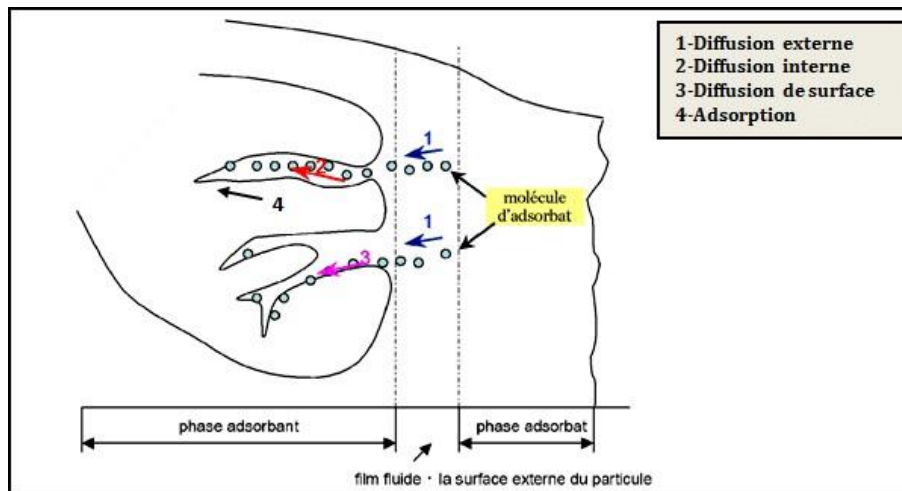
**Figure II.1** Comparaison entre l'adsorption chimique et l'adsorption physique.

#### **II.4. Mécanisme d'adsorption**

À l'échelle macroscopique, l'adsorption se traduit par une réduction de la concentration d'un ou plusieurs solutés dans la phase liquide. Au niveau microscopique, ce phénomène global procède d'une succession d'étapes élémentaires [19]. Pour qu'une entité d'adsorbat soit sélectivement fixée sur un site d'adsorption, elle doit transiter par une séquence d'étapes consécutives, généralement au nombre de quatre, illustrées à la Figure II.2. Préalablement à l'adsorption, le soluté subit les étapes suivantes :

- ❖ **Diffusion externe** : Transport de l'adsorbat de la phase liquide globale vers la couche limite entourant la surface de l'adsorbant.

- ❖ **Diffusion interne:** Migration de l'adsorbat à travers le film liquide jusqu'à la surface externe des particules adsorbantes.
- ❖ **Diffusion de surface :** Transfert de l'adsorbat au sein de la structure poreuse de l'adsorbant, depuis la surface externe vers les sites actifs internes.
- ❖ **Adsorption :** Interaction et fixation de l'adsorbat au niveau des sites actifs. Une fois adsorbé, l'adsorbat est considéré comme immobile [17].



**Figure II.2 :** Mécanisme d'adsorption[17].

**Tableau II.1:** Comparaison entre adsorption physique et chimique

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
<b>Types de liaison</b>	Liaison de Van Der Waals	Liaison chimique
<b>Température du processus</b>	Relativement faible comparé la température d'ébullition de l'adsorbât	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbât
<b>Individualité des Molécules</b>	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules
<b>Désorption</b>	Facile	Difficile
<b>Cinétique</b>	Rapide, indépendante de la Température	Très lente
<b>Chaleur d'adsorption</b>	Inférieur à 10 kcal/mole Supérieur à 10 kcal/mole	Supérieur à 10 kcal/mole
<b>Energie mis en jeu</b>	Faible	Elevée
<b>Type de formation</b>	Typée formation en multicouche et monocouche	Type de formation et monocouche

### **II.5. Facteur influençant l'équilibre d'adsorption**

L'efficacité du processus d'adsorption est intrinsèquement liée à une variété de facteurs, tant inhérents à l'adsorbant et à l'adsorbat qu'aux conditions environnementales.

#### **✚ Nature de l'adsorbant**

Les adsorbants peuvent être classés en fonction de leur polarité. Les adsorbants apolaires présentent une affinité supérieure pour les substances non polaires, tandis que les adsorbants polaires tendent à adsorber sélectivement les électrolytes, où la charge de surface de l'adsorbant détermine la fixation des cations ou des anions [20].

#### **✚ Nature de l'adsorbat**

Les propriétés physico-chimiques de l'adsorbat jouent un rôle déterminant dans son adsorption sur une surface solide. La structure moléculaire, notamment son volume, est un paramètre clé influençant la rétention. L'adsorption peut être un processus endothermique ou exothermique, dépendant de la nature spécifique de l'adsorbant et de l'adsorbat [20].

#### **✚ Température**

La température du système influence l'équilibre d'adsorption, favorisant soit l'adsorption (processus exothermique) soit la désorption (processus endothermique), selon la nature de l'interaction adsorbant-adsorbat [21].

#### **✚ Surface spécifique**

La capacité d'adsorption est directement proportionnelle à la surface spécifique de l'adsorbant. L'augmentation de la surface totale disponible, notamment par broyage pour accroître la porosité, améliore significativement l'adsorption [21].

#### **✚ pH**

Le pH de la solution a un impact significatif sur les caractéristiques d'adsorption. Pour les métaux lourds, une adsorption accrue est souvent observée à des pH plus faibles, tandis que pour certains composés organiques, l'adsorption peut être favorisée à partir d'un pH de 6 et plus [21].

**✚ Effet de la concentration**

L'adsorption d'espèces chimiques augmente généralement avec leur concentration dans la solution, bien que cette augmentation tende à s'atténuer aux concentrations élevées [21].

**✚ Effet de l'agitation**

Les conditions hydrodynamiques, telles que le type et l'intensité de l'agitation, peuvent influencer le transfert de masse de l'adsorbat vers la surface de l'adsorbant et ainsi affecter la quantité adsorbée [22].

**II.6. Rendement d'élimination du colorant et capacité d'adsorption**

L'efficacité de l'adsorption peut être évaluée par deux paramètres essentiels : le taux d'élimination (%) du colorant et la capacité d'adsorption (Q) de l'adsorbant.

**❖ Taux d'élimination (R%)**

Le rendement d'élimination du colorant représente le pourcentage de la concentration initiale retirée de la solution après traitement. Il est calculé à l'aide de l'expression suivante :

$$R(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (\text{II.1})$$

Où :

$C_0$  est la concentration initiale du colorant (mg/L),

$C_e$  est la concentration résiduelle à l'équilibre (mg/L)

Ce paramètre reflète directement l'efficacité du procédé d'adsorption.

**❖ Capacité d'adsorption ( $Q_e$ )**

La capacité d'adsorption à l'équilibre, notée  $Q_e$  (mg/g), quantifie la quantité de colorant adsorbée par unité de masse d'adsorbant. Elle est déterminée par la formule (II.2)

$$Q_e = m(C_q - C_e) V \quad (\text{II.2})$$

où :

V: est le volume de la solution (en L),

m: est la masse d'adsorbant utilisée (en g).

Cette grandeur permet d'évaluer la performance de l'adsorbant en termes de charge adsorbée [22].

## II.7. Modalisation d'adsorption

### II.7.1. Cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption permet de déterminer le temps nécessaire à la mise en équilibre entre le soluté et l'adsorbant et de mettre en place le mécanisme de la réaction, une connaissance des équations de vitesse pour expliquer le système réactionnel est nécessaire. La cinétique dépend des affinités entre l'adsorbant et l'adsorbé, des conditions opératoires et leurs propriétés. La cinétique est limitée par les mécanismes de transport de matière, et elle se fait en plusieurs étapes successives à savoir la convection, la diffusion interne et la diffusion externe. Plusieurs modèles cinétiques sont développés dans la littérature, les plus utilisés sont décrits par les modèles de pseudo-premier ordre et de pseudo-second ordre [22].

#### a. Modèle de pseudo-premier ordre (modèle de Lagergren)

Ce modèle suppose que la vitesse d'adsorption est proportionnelle à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre et celle adsorbée à un instant donné.

**Équation différentielle :**

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_1(Q_e - Q_t) \quad (\text{II.3})$$

**Forme intégrée :**

$$\log(Q_e - Q_t) = \log Q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (\text{II.4})$$

Où :

$Q_t$ : quantité adsorbée au temps  $t$  (mg/g)

$Q_e$ : quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g)

$k_1$ : constante de vitesse du pseudo-premier ordre ( $\text{min}^{-1}$ ) [23].

#### b. Modèle de pseudo-second ordre

Ce modèle suppose que la vitesse d'adsorption est proportionnelle au carré du nombre de sites disponibles, ce qui est souvent le cas pour des processus d'adsorption chimique.

**Équation différentielle :**

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_2(Q_e - Q_t)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{II.5})$$

**Forme intégrée :**

$$\frac{t}{Q_e} = \frac{1}{k_2 Q_e} + \frac{t}{Q_e} \quad (\text{II.6})$$

Où :

Q<sub>t</sub>: quantité adsorbée au temps t (mg/g)

Q<sub>e</sub>: quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g)

k<sub>2</sub>: constante de vitesse du pseudo-second ordre (g·mg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) [22].

### II.7.2. Isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption sont des courbes expérimentales qui représentent les variations

(Masse ou volume) du substrat adsorbé (gaz ou liquide) par poids d'adsorbant en fonction de la concentration (en phase liquide) ou de la pression (en phase gazeuse). Elles sont exprimées généralement sous forme d'équations mathématiques, non cinétiques, lesquelles sont obtenues à partir d'expériences réalisées en réacteur statique. Elles permettent essentiellement :

- De déterminer le taux de recouvrement de la surface d'un support par un substrat
- D'identifier le type d'adsorption pouvant se produire,
- De choisir l'adsorbant qui conviendrait le mieux à la rétention de l'adsorbant [23].

Dans ce qui suit, les principales équations utilisées pour modéliser les isothermes d'adsorption, qui décrivent la relation entre la quantité de substance adsorbée et sa concentration ou pression à température constante.

#### a. Isotherme de Langmuir

Ce modèle suppose que l'adsorption se fait en monocouche sur une surface homogène avec un nombre fini de sites identiques

$$q_e = \frac{Q_{max} \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (\text{II.7})$$

Où :

q<sub>e</sub> : quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g)

$Q_{\max}$  : capacité maximale d'adsorption (mg/g)

$K_L$  : constante de Langmuir liée à l'affinité de liaison (L/mg)

$C_e$  : concentration de l'adsorbé à l'équilibre (mg/L)[23].

### b. Isotherme de Freundlich

Ce modèle empirique s'applique à des surfaces hétérogènes et décrit une adsorption multilayer.

$$q_e = K_F \cdot C_e^n \quad (\text{II.8})$$

Où :

$Q_{\text{eq}}$  : quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g)

$K_F$  : constante de Freundlich indicative de la capacité d'adsorption

$n$  : constante liée à l'intensité de l'adsorption

$C_e$  : concentration de l'adsorbé à l'équilibre (mg/L)[23].

### II.7.3. Paramètres thermodynamiques d'adsorption

Les paramètres thermodynamiques permettent d'évaluer la spontanéité et la nature du processus d'adsorption :

- **Énergie libre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) :**

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (\text{II.9})$$

- **Enthalpie ( $\Delta H^\circ$ ) et entropie ( $\Delta S^\circ$ ) :**

$$\ln K = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} \quad (\text{II.10})$$

où :

$K$  : la constante d'équilibre,

$R$  : la constante des gaz (8,314 J/mol·K),

$T$  : la température en Kelvin [24].

## II.8. Application de l'adsorption

L'adsorption est largement utilisée dans l'industrie comme un procédé de séparation et de purification des gaz et des liquides. Elle est très utilisée dans les domaines de la pétrochimie, la chimie, la pharmacie et l'environnement. Les applications industrielles

se concentrent généralement sur les propriétés d'adsorption physique des matériaux, car ce phénomène ne modifie pas la structure moléculaire de l'adsorbat. De plus, il est réversible, ce qui permet de Récupérer la molécule adsorbée et ainsi de régénérer l'adsorbant[25].

### **II.9. Désorption**

La désorption est le phénomène inverse de l'adsorption, où les molécules adsorbées se détachent d'une surface. Elle joue un rôle crucial dans des domaines tels que la catalyse, la purification des gaz, la dépollution et la caractérisation des matériaux poreux. La désorption peut être induite par plusieurs facteurs :

- **Augmentation de la température** (Désorption thermique)
- **Diminution de la pression** (Désorption à pression modulée)
- **Modification chimique** (par exemple, par un solvant ou un réactif spécifique)

Ces processus sont essentiels dans des applications comme la régénération des adsorbants ou le contrôle des réactions catalytiques[26].

*Chapitre III*  
*Partie expérimentale*

La présente étude vise à évaluer le potentiel d'un bio-adsorbant naturel et biodégradable à base de *Coriandrum sativum L.* dans un procédé physico-chimique d'adsorption pour le traitement d'une solution synthétique de cristal violet, un colorant modèle représentatif des effluents industriels. Le choix de cette biomasse est motivé par sa disponibilité et son faible coût, des facteurs clés pour une application à grande échelle.

Ce chapitre détaille les investigations expérimentales de l'adsorption du cristal violet (CV) sur la biomasse de coriandre (GC) en fonction de divers paramètres opératoires, incluant la masse de l'adsorbant, le pH de la solution et le temps de contact, ainsi que la température.

Ces travaux de recherche ont été menés au sein du Laboratoire de Recherche en Génie des Procédés et du laboratoire du Département de Génie des Procédés de l'Université de Laghouat.

### **III.1. Appareillage, Réactif et matériels utilisés**

#### **Appareillage**

- Agitateur magnétique
- Bain agité
- Le pH-mètre
- Balance analytique de précision
- Etuve
- Spectrophotomètre UV-visible.
- Micropipette de volume variable
- Spectrophotomètre Infra rouge.

#### **Matériel utilisé**

- Bêchers, capacité de 100 mL et 150 mL.
- Eprouvette graduée, capacité de 10, 50 et 100 mL,
- Fioles jaugées, capacité de 100, 250, 500 et 1000 mL,
- Flacons, capacité de 150 mL
- Tube à essai de 5 mL avec support
- Les barreaux magnétiques
- Les cuves

- Entonnoir
- Embouts
- Spatule, Verre de montre.

### Produits chimiques utilisés

Tableau III.1: Produits chimiques utilisés

Produit chimique	Formule Chimique	Masse Molaire g/mol	Pureté (%)	Etat Physique
Crystal Violet	$C_{25}N_3H_{30}Cl$	407,979	99	Poudre
Acide Sulfurique	$H_2SO_4$	98,079	98	Liquide
Ethanol	$C_2H_6O$	46,07	99,5	Liquide
Hydroxyde de sodium	NaOH	58,44	98,8	Solide cristalline

## III.2. Préparation des solutions

### ❖ Préparation de la solution Cristal Violet

Pour préparer la solution mère de colorant (1000 ppm), on commence par peser 1 g de CV, puis on le dilue dans un petit volume d'eau distillée. On agite le mélange pendant 10 minutes pour obtenir une bonne homogénéisation et on le transfère ensuite dans une fiole de 1000 ml. Ensuite, on complète avec de l'eau distillée jusqu'au repère de jauge, puis on agite pendant 30 minutes afin d'obtenir une solution contenant le colorant à une concentration de  $C_0 = 1000 \text{ mg/L}$ .

### ❖ Préparation des solutions des réactifs

#### a. Préparation de la solution d'acide sulfurique

Pour préparer une solution de  $H_2SO_4$  de (0,1 M), on prend 0,30 mL de  $H_2SO_4$  sont prélevés (98,08 g/mol ; 95 % ; 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 aussi employée pour ajuster le pH.

#### b. Préparation de la solution d'hydroxyde de sodium

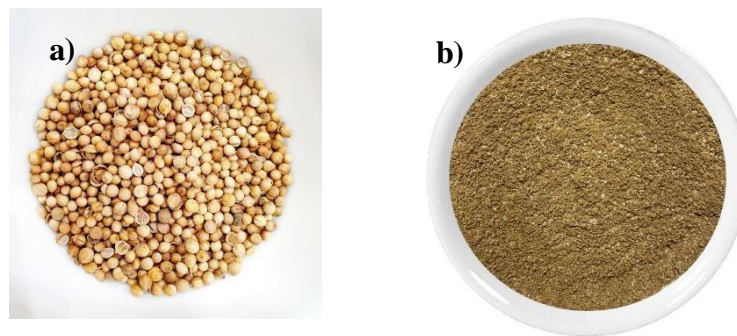
Pour préparer la solution de NaOH de (0,1 M), on pèse 0,4 g de NaOH (39,99 g/mol ; 98 %). On dissout cette quantité dans de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 mL

et on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Cette solution est utilisée également pour ajuster le pH.

### **III.3. Préparations de la biomasse adsorbante**

Dans cette étude, la biomasse des graines de coriandre ont été utilisées comme adsorbant. Celles-ci ont été récoltées sur le marché local de Laghouat, en Algérie. Le protocole de préparation de l'adsorbant, résumé dans le schéma de la Figure III.1, comprend quatre étapes principales : lavage, séchage, broyage et tamisage. La préparation de l'adsorbant (plante) a été réalisée selon les étapes suivantes :

- 1. Lavage :** Les graines de coriandre collectées ont d'abord été lavées à l'eau du robinet, puis rincées plusieurs fois à l'eau distillée afin d'éliminer efficacement les impuretés telles que le sable et la poussière.
- 2. Séchage:** Après nettoyage, les graines ont été laissées à l'air libre jusqu'à séchage complet, assurant ainsi l'élimination totale de l'humidité résiduelle.
- 3. Broyage:** La matière sèche a été broyée à l'aide d'un appareil électrique, jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène.
- 4. Tamisage:** Pour garantir une granulométrie uniforme, la poudre a été tamisée à travers un tamis dont les mailles ont un diamètre compris entre 0,06 et 0,1 mm.
- 5. Rinçage finale :** Afin d'éviter la libération de la couleur naturelle des graines dans la solution colorante, une étape supplémentaire a été ajoutée. La poudre tamisée a été trempée dans de l'eau distillée pendant 4 heures, avec un rapport solide/liquide de 1 g pour 10 mL, à température ambiante. Ensuite, la poudre a été filtrée, séchée à l'air et conservée dans des contenants hermétiques pour une utilisation ultérieure [10].



**Figure III.1 :** Préparation de l'adsorbant Coriandre  
a) l'état initial et b) l'état final : GC poudre.

### III.4. L'analyse par Spectroscopie infrarouge

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier est utilisée pour la détermination des fonctions principales de l'adsorbant GC. L'appareil utilisé est du type (JASCO FT/IR-4200), pour identifier les différentes liaisons. L'analyse est effectuée à l'état solide sur des pastilles de 1 cm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur obtenues par un mélange de 2% de l'adsorbant avec 98% de KBr. L'enregistrement du spectre absorbance en fonction du nombre d'onde  $A = f(1/\lambda)$  permet de mettre en évidence la présence des bandes caractéristiques de l'adsorbant [27].

### III.5. Dosages par spectrophotomètre UV-visible

#### ❖ Loi de Beer Lambert

Le principe d'analyse par spectrophotométrie UV-visible est basé sur la loi de Beer-Lambert. Cette dernière sert à établir une relation entre l'absorbance, l'épaisseur de l'échantillon et la concentration des espèces absorbantes. La loi de Beer-Lambert n'est vérifiée que si les conditions suivantes sont respectées :

- ✓ Lumière monochromatique
- ✓ Solutions très diluées
- ✓ Pas de réflexion, diffusion ou fluorescence du faisceau incident.

La loi de Beer-Lambert s'exprime sous la forme suivante :

$$A = \epsilon \cdot L \cdot C \quad \text{(III.1)}$$

Avec :

A : Absorbance de la solution (sans unité) ;

$\epsilon$  : Le coefficient d'adsorption d'extinction molaire ( $L \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

L : la longueur de la cuve ou trajet lumineux (cm) ;

C : La concentration molaire de l'espèce adsorbant ( $\text{mol.L}^{-1}$ ).

#### ❖ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Pour établir la courbe d'étalonnage, il faut suivre les étapes suivantes :

- Préparation de la solution mère de 1000 ppm et l'étalon blanc ;
- Préparation des solutions étalons de concentrations 1 ppm jusqu'à 7 ppm à partir de la solution mère ;
- Allumer l'appareil UV-Visible ;
- Puis fixer  $\lambda = 578 \text{ nm}$  pour le dosage du CV,
- Régler l'appareil en utilisant le blanc,
- Effectuer les différentes lectures pour les étalons préparés,
- Tracer la courbe d'étalonnage absorbance en fonction de concentration [27].

#### ❖ Courbe étalonnage de CV

Un graphique linéaire a été élaboré en reliant la concentration de CV à l'absorbance qui permet d'obtenir la courbe d'étalonnage présentée par la figure III.2.

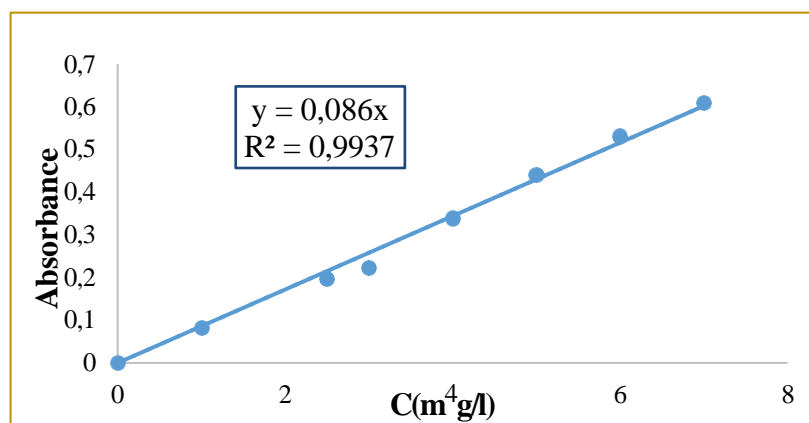


Figure III.2 : Courbe d'étalonnage du CV.

La courbe de la Figure III.2. montre une relation linéaire entre l'absorbance (a) et la concentration (c), passant par l'origine. Cette relation est mathématiquement équivalente à l'équation  $A = 0,086 C$ , avec un coefficient de régression ( $R^2 = 0,9937$ ), indiquant un ajustement linéaire considérable. Cette équation sera utilisée pour déterminer les concentrations inconnues des différents essais d'adsorption du CV.

**❖ Déterminations des teneurs de CV**

En se basant sur la courbe d'étalonnage linéaire, on a pu déterminer les différentes teneurs de CV pour l'étude et le suivi des différents paramètres afin d'optimiser l'adsorption du CV sur GC.

**III.6. Influences de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption****✚ Effet de la masse de la coriandre**

La masse de l'absorbant est l'un des facteurs affectant sur l'adsorption qui peuvent aider à déterminer le coût du procédé. Nous avons appliqué la procédure suivante :

- Un volume de 50ml de solution aqueuse de colorant (CV) de concentration connue (100 mg/l) a été mélangé et agité respectivement avec (0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,8 ; 1g) d'adsorbant coriandre dans des flacons.
- L'agitation est assurée durant 120 minutes dans un bain marie à agitation à une vitesse de 150 tr/min et à une température de 25°C.

Lorsque le processus de l'agitation est terminé, nous diluons chaque solution dans un tube à essai, puis les solutions sont analysées par spectrophotométrie UV- visible à la longueur d'onde de  $\lambda_{\max} = 578$  nm.

**✚ Effet du pH**

- On doit répartir dans 8 flacons en ajoutant la masse optimale (0,3g) du biosorbant Graines de coriandre (GC) sur 50 ml de solution de CV à concentration ( $C = 50$  ppm), puis on le fait subir une agitation dans bain à agitation d'une vitesse de 150 tr/min pendant 2 h à une température de 25 °C.
- Le pH ajusté une fois l'ajout quelques gouttes soit de solution acide sulfurique  $H_2SO_4$  (0,1M) ou d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1M) pour avoir des solutions de pH souhaitées de 2 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 10.
- Puis les échantillons sont dilués et puis la lecture de l'absorbance se fait à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde appropriée de CV ( $\lambda_{\max} = 578$  nm).

**✚ Effet du temps de contact**

Nous préparons cinq béchers où nous mélangeons la quantité idéale (0.3 g) de l'adsorbant (les écorces de pin) avec une solution de Cristal violet à différentes concentrations (15, 30, 50 et 100, 150 mg/L) dans chaque bécher. Les 5 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, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60 et 90 min).

Les prélèvements sont filtrés, puis dosés par spectrophotométrie UV-visible à une longueur d'onde maximale de 587 nm.

**✚ Effet de la concentration initiale du CV**

Les essais ont été réalisés par agitation de 50 ml de solutions de colorant (CV) à des concentrations différentes (15 ; 30 ; 50 ; 100 et 150 ppm), avec une masse de coriandre de 0.3 g sous une agitation constante de 150 tr/min, pendant 1h, à une température de 25°C.

Les solutions obtenues sont diluées et analysées directement par spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde appropriée de CV ( $\lambda_{\max} = 578 \text{ nm}$ ).

**✚ Effet de la force ionique**

On ajoute aux solutions de (50 ppm) de CV (10, 30, 60 g/l) de NaCl mise en contact avec la masse optimale d'adsorbant maintenues en agitation pendant le temps d'équilibre à une température ambiante.

Pour préparer la solution de NaCl (10, 30, 60 g/l), on pèse (1, 3, 6g) de NaCl qu'on dissout dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est préparée aussi pour ajuster la force ionique.

**III.7. Protocole de désorption**

Afin d'étudier le comportement de désorption du Cristal Violet (CV) en système batch pour le Cristal Violet avec de l'éthanol, l'adsorbant saturé en CV (obtenu après une étape d'adsorption) est séparé de la solution. Cet adsorbant est ensuite lavé plusieurs fois avec de l'eau distillée pour éliminer tout excès de CV non adsorbé.

Après cette étape, une solution d'éthanol - eau (v/v) est ajoutée à l'adsorbant saturé en CV dans un bécher. Le mélange est agité à une vitesse constante pendant un temps

prédéterminé afin de permettre la désorption du CV. La phase liquide contenant le CV désorbé est ensuite séparée de l'adsorbant par filtration. La concentration du CV désorbé dans la solution est déterminée par spectrophotométrie UV-Vis en mesurant l'absorbance à la longueur d'onde maximale du CV. Cette procédure a été répétée plusieurs fois sur le même adsorbant en utilisant une nouvelle solution d'éthanol afin d'évaluer la régénération de l'adsorbant.

**Équations pour le calcul de la capacité et de l'efficacité de désorption :****❖ Capacité de désorption ( $q_{des}$ , en mg/g) :**

$$q_{des} = c_{des} \times \frac{V}{m} \quad (\text{III.2})$$

Où :

$C_{des}$  : est la concentration du CV désorbé dans la solution (mg/L).

$V$  : est le volume de la solution de désorption (L).

$m$  : est la masse de l'adsorbant utilisé (g).

**❖ Efficacité de désorption ( $Des\%$ , en %) :**

$$\%des = \frac{q_{des}}{q_{ads}} \times 100 \quad (\text{III.3})$$

Où :

$Q_{des}$  représente la capacité de désorption (mg/g) ;

$Q_{ads}$  la capacité d'adsorption initiale de l'adsorbant pour le CV (mg/g).

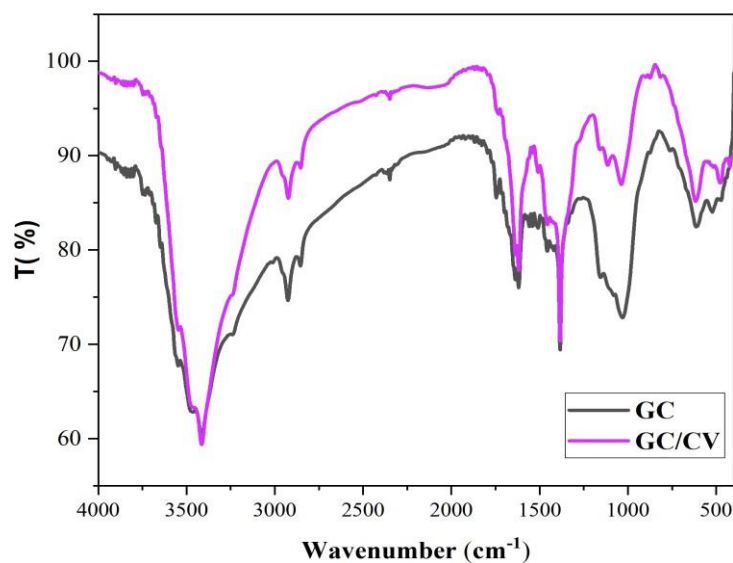
## *Chapitre IV*

### *Résultats et discussion*

Dans ce chapitre, nous introduit et discuté de tous les résultats expérimentaux obtenus. Le résultat de l'optimisation de divers paramètres influents est l'adsorption de cristal violet (CV), tels que : la masse de l'adsorbant, le temps de contact, la concentration initiale de CV, le pH solution et la température, puis déterminent la cinétique et l'isotherme de l'adsorption et leurs modèles.

#### IV.1. Caractérisation de l'adsorbant par Spectroscopie FTIR

Afin d'identifier les groupes fonctionnels de surface ou les sites de liaison impliqués dans l'adsorption du CV sur GC, une analyse FT-IR a été réalisée sur les graines naturelles (courbe noire) et sur les graines chargées en ions CV (courbe mauve). L'objectif est de comprendre le mécanisme de liaison en surface. La **Figure IV.1** montre le spectre FTIR trouvé du GC avant et après l'adsorption.



**Figure IV.1 :** Spectre FTIR du GC avant est après l'adsorption

En examinant le spectre de la figure IV.1 des graines de coriandre natives (courbe noire), on observe plusieurs bandes significatives :

- Une bande large autour de  $3300-3400\text{ cm}^{-1}$  peut être attribuée aux vibrations d'élongation des groupes O-H (présents dans la cellulose, l'eau adsorbée) et aux liaisons hydrogène intermoléculaires.

- Une bande aux environs de  $1640\text{ cm}^{-1}$  pourrait correspondre aux vibrations d'élongation des groupes C=O (présents dans les acides carboxyliques, les esters ou les amides) ou à l'eau adsorbée.
- Des bandes dans la région de  $1000\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$  sont souvent associées aux vibrations d'élongation des liaisons C-O (présentes dans les polysaccharides).

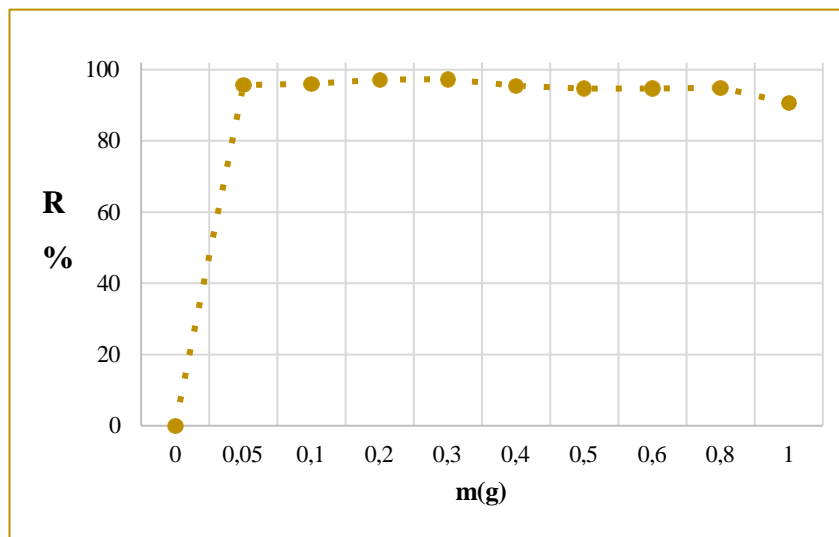
En comparant le spectre des graines de coriandre après adsorption du CV (courbe mauve) à celui des graines naturelles, on peut noter :

- Une modification dans l'intensité de certaines de ces bandes.
- La bande attribuée aux groupes C=O se déplace vers un nombre d'ondes plus élevé, cela pourrait indiquer une interaction entre les groupes fonctionnels de la coriandre et les molécules de CV, qui peut suggérer l'implication de ces groupes dans le processus d'adsorption
- L'apparition d'un renforcement des intensités peut indiquer la présence du colorant de GC après adsorption [27].

## **IV.2 Optimisation des conditions opératoires**

### **IV.2.1 Effet de la masse de GC sur l'adsorption de CV**

La masse de l'adsorbant est un facteur primordial influençant l'adsorption du colorant. Afin d'estimer la quantité optimale de l'adsorbant, les expériences ont été menées en utilisant 50 ml de la solution de CV à concentration 50 mg/L, à laquelle différentes quantités de GC ont été ajoutées. Les résultats obtenus ont permis de tracer la figure IV.2 qui présente l'influence de la masse d'adsorbant.

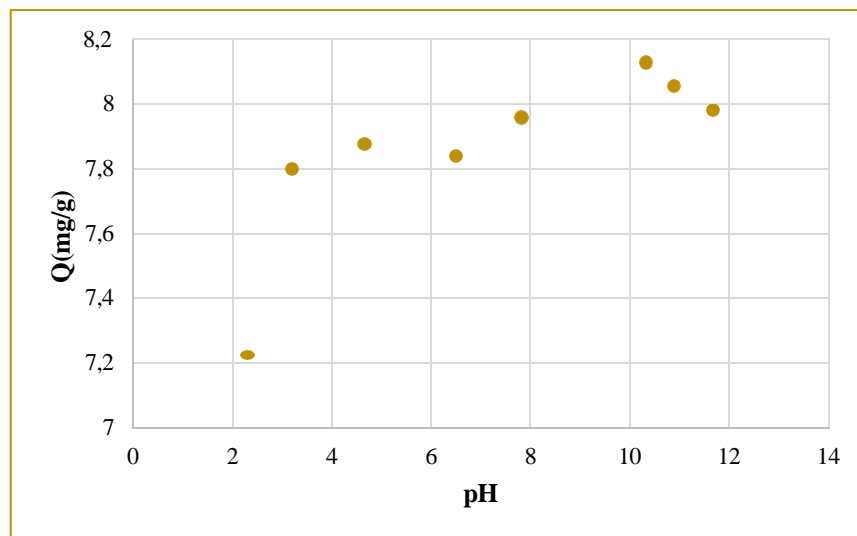


**Figure IV.2:** Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du CV  
[CV] = 50 mg/L, V = 50 ml, temps de contact = 120 min, Vitesse d'agitation=150  
tr/min et T=ambiante.

L'influence de la masse de l'adsorbant sur le rendement d'élimination a été étudiée dans des conditions expérimentales constantes. Les résultats présentés dans la figure IV.2 indiquent une augmentation rapide du rendement avec l'augmentation de la masse, atteignant une efficacité maximale à 0,3 g. Cette masse est identifiée comme optimale, traduisant un équilibre entre disponibilité des sites actifs et dispersion homogène des particules. Au-delà de cette valeur, une légère diminution du rendement est observée, Ces observations suggérant qu'une surcharge en adsorbant peut entraîner une réduction de la surface active réellement disponible.

#### IV.2.2 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 [27-28]. Nous avons évalué l'efficacité d'adsorption du CV en variant son pH de 2,28 à 11,66, tout en maintenant les autres facteurs constants. Les résultats de ces essais sont présentés dans la figure IV.3.



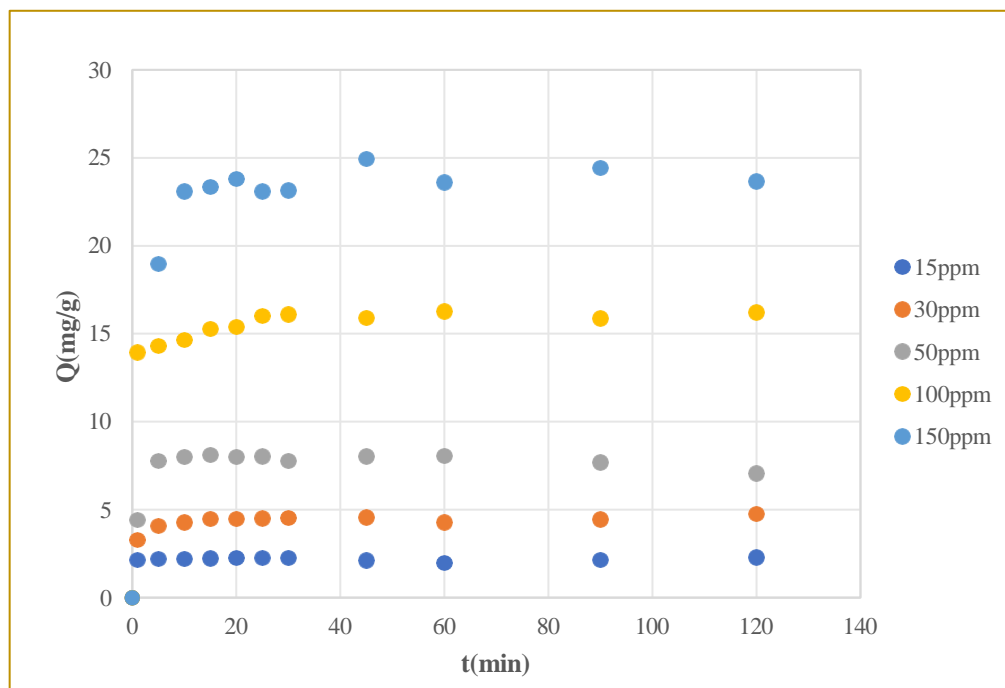
**Figure IV.3:** Influence du pH de la solution sur l'adsorption du CV

[CV] = 50 mg/L, V = 50 ml, temps de contact = 120 min, Vitesse d'agitation=150 tr/min, T=ambiante et m = 0.3g.

A partir de la Figure IV.3, on constate que la capacité d'adsorption  $q$  augmente lorsque le pH passe de 2 à 10, atteignant un maximum d'environ 8,15 mg/g à pH 10. À faible pH, la faible adsorption s'explique par la forte concentration en ions hydrogène  $H^+$  qui entrent en compétition avec les molécules de CV pour les sites actifs de l'adsorbant, réduisant ainsi leur fixation. Lorsque le pH augmente, la compétition entre  $H^+$  et le CV diminue, ce qui libère davantage de sites actifs pour l'adsorption. Par ailleurs, la surface de l'adsorbant devient progressivement plus chargée négativement à mesure que les groupes fonctionnels se déprotonent, favorisant ainsi l'interaction électrostatique avec le CV, de nature cationique [27-28]. L'adsorption optimale est observée aux environs de pH 10.

#### IV23. Effet du temps de contact et de concentration de l'adsorbant

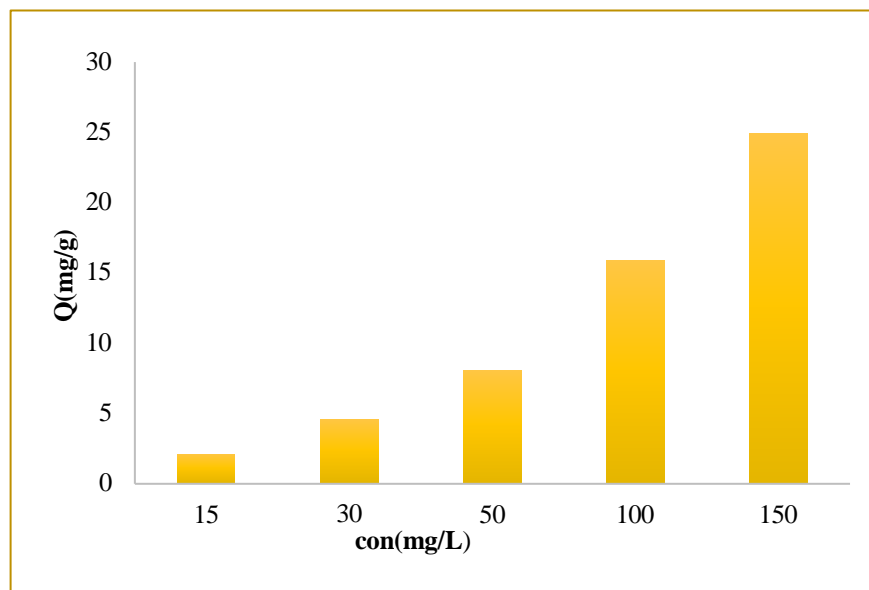
Le phénomène d'adsorption est également influencé par le temps de contact, car il détermine le temps nécessaire pour atteindre la capacité maximale d'adsorption, correspondant à un rendement optimal. Nous avons évalué l'efficacité d'adsorption du CV en prélevant plusieurs échantillons au cours du temps, variant de 1 à 120 minutes, tout en maintenant les autres facteurs constants. Les résultats de ces essais sont présentés dans la figure IV.4.



**Figure IV.4:** Influence du temps de contact sur l'adsorption du CV  
V = 50 ml, Vitesse d'agitation=150 tr/min, T=ambiante et m = 0.3g.

L'analyse de l'effet du temps de contact et de la concentration initiale (Figure IV.4) révèle que l'adsorption se déroule en deux phases : une phase rapide dans les premières minutes, suivie d'un ralentissement jusqu'à l'atteinte de l'équilibre autour de 60 minutes cela est due à la saturation progressive des sites actifs de l'adsorbant favorisant les interactions entre les ions et les sites actifs de l'adsorbant [27-28], ces résultats confirment l'influence majeure de ce paramètre sur l'efficacité du processus d'adsorption.

Pour examiner l'effet de la concentration initiale de l'adsorbat (Figure IV.5) sur la capacité d'adsorption de l'adsorbant, plusieurs essais ont été réalisés avec différentes concentration (15, 30, 50, 100, et 150 mg/l), en gardant les autres paramètres constants. Les résultats obtenus sont représentés sur la Figure IV.5.

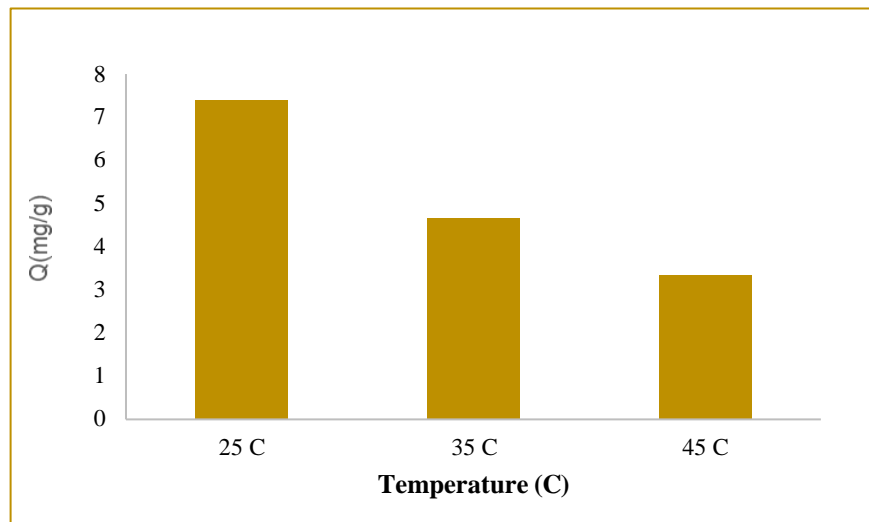


**Figure IV.5:** Effet de la concentration sur l'adsorption du CV  
 $m = 0.3\text{g}$ ,  $V = 50\text{ ml}$ ,  $T = \text{ambiante}$ .

La figure IV.5 indique l'augmentation de la concentration initiale du cristal violet (CV) qui induit une élévation notable de la capacité d'adsorption ( $q$ ). Cette dernière atteint une valeur maximale de 25 mg/g lorsque la concentration initiale est de 150 mg/L. Cette progression s'explique par l'établissement d'un gradient de concentration plus important entre la solution et la surface de l'adsorbant, ce qui favorise le transfert massique des ions de colorant vers les sites actifs disponibles [28]. Ainsi, la capacité d'adsorption maximale observée correspond à la concentration initiale la plus élevée étudiée.

#### IV24 Effet de la température

L'adsorption est un phénomène qui peut être endothermique ou exothermique selon le matériau adsorbant et la nature des molécules adsorbées. Nous avons effectué des expériences de décoloration en variant la température des solutions colorées de 298 à 318 K (dans une plage de 25 °C à 45 °C) les autres paramètres étant maintenus constants, les résultats de l'effet de la température étant montré par la figure IV.6.

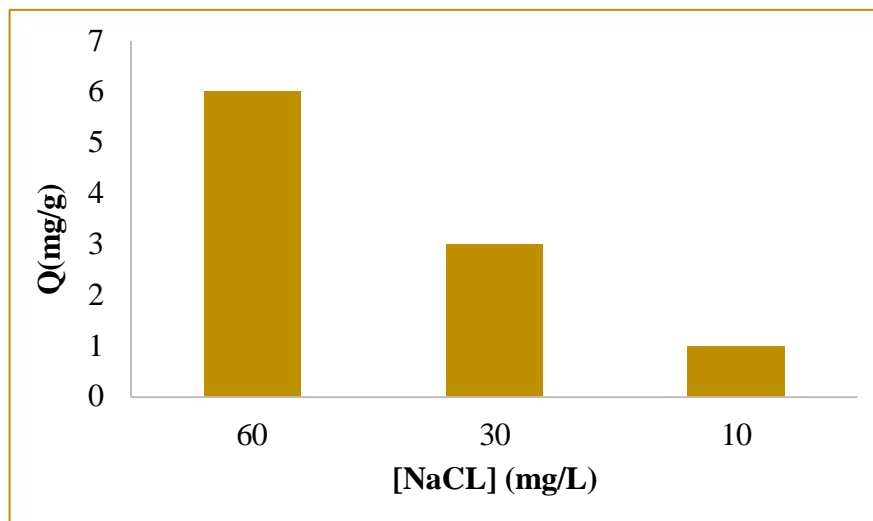


**Figure IV.6:** Influence de la température sur l'adsorption du CV  
[CV] = 50mg/l, temps de contact = 120 min, m=0.3 g, pH=10,3.

Comme le montre la figure IV.6, la capacité d'adsorption diminue avec l'augmentation de la température, passant de 7,4 mg/g à 25 °C à 3,8 mg/g à 45 °C. Cette tendance suggère que le processus d'adsorption est exothermique. En effet, à des températures plus élevées, l'agitation thermique peut réduire les interactions entre les ions métalliques et les sites actifs de l'adsorbant [20].

#### **IV.25. Effet de la force ionique**

Il est bien établi que la présence d'ions dans les eaux usées peut influencer les mécanismes d'adsorption des polluants organiques. Ainsi, des tests ont été menés afin d'évaluer l'effet de différents ions sur la capacité d'adsorption du matériau biosorbant utilisé. Dans cette étude, on a sélectionné plusieurs concentrations de sel NaCl, afin d'examiner leur impact sur l'adsorption du CV. Les données issues de ces essais sont illustrées dans la Figure IV.7



**Figure IV.7:** Effet de la force ionique sur l'adsorption du CV

$m=0.3$  g,  $V = 50$  ml,  $C_0= 50$  ppm, vitesse d'agitation= 150 tr/min à T (ambiante).

L'effet de la force ionique sur l'adsorption (Figure IV.7) révèle une diminution modérée de la capacité d'adsorption (de 1,5 à 6,0 mg/g) avec l'augmentation de la concentration en NaCl (10 à 60 mg/L), ce comportement s'explique principalement par la compétition des ions Na avec les espèces adsorbées sur les sites actifs.

### IV.3. Etude des isothermes d'adsorption

L'isotherme d'adsorption est une expression mathématique non cinétique exprimant la quantité de substance adsorbée par unité de masse d'adsorbant ( $q_e$ ) en fonction de la concentration à l'équilibre de cette substance ( $C_e$ ). Deux modèles ont été étudiés à savoir l'isotherme de Langmuir et Freundlich.

Les résultats ont permis de tracer la linéarisation de l'isotherme d'adsorption de Langmuir (Figure IV.8) puis la linéarisation de l'isotherme d'adsorption de Freundlich (Figure IV.9)

Le **Tableau IV.1** regroupe les constantes d'adsorption relatives aux modèles de Langmuir et Freundlich de l'adsorption du CV sur GC.

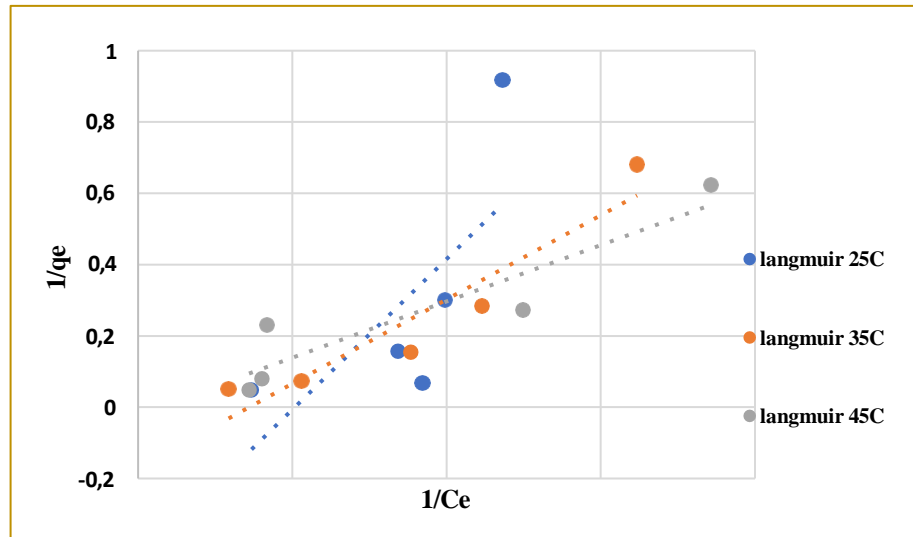


Figure IV.8: Linéarisation d'isotherme selon le modèle de Langmuir.

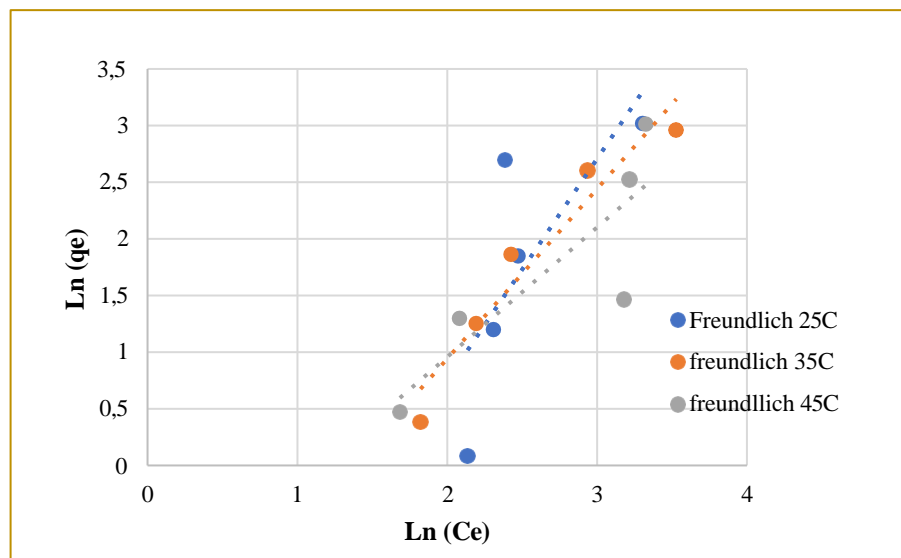


Figure IV.9 : Linéarisation d'isotherme selon le modèle de Freundlich

**Tableau IV.1:** Constantes relatives aux modèles de Langmuir et Freundlich.

T °C	Langmuir			Freundlich		
	Q <sub>L</sub> (mg/g)	K <sub>L</sub> (l/mg)	R <sup>2</sup>	n	k <sub>F</sub> (l/mg)	R <sup>2</sup>
25	33.561	0,028	0,748	0,944	10,975	0,909
35	2,990	0,030	0,947	0,887	1,189	0,8615
55	0,416	0,028	0,792	0,202	1,054	0,75

Sur la base des résultats présentés dans les figures IV.8 et IV.9 et le tableau IV.1, nous notons qu'à la température ambiante, que le modèle de Freundlich montre une valeur plus élevée du coefficient de détermination  $R^2 = 0.909$  par rapport à Langmuir. Par contre à 35 °C, le coefficient  $R^2 = 0.947$ , suggère que les données d'adsorption de CV sur la coriandre correspondent davantage au modèle d'adsorption de Langmuir.

#### IV.4. Etude de la cinétique d'adsorption

Dans la littérature, plusieurs modèles cinétiques ont été utilisés pour évaluer le processus d'adsorption. Dans le cadre de l'étude de l'adsorption de cristal violet sur la coriandre, deux modèles cinétiques, à savoir le modèle pseudo-premier ordre et le modèle pseudo-second ordre, ont été utilisés pour déterminer les paramètres cinétiques tels que la constante de vitesse et la quantité adsorbée à l'équilibre.

Les données recueillies ont été utilisées pour établir la représentation graphique de la courbe  $\ln(q_e - q_t)$  en fonction de  $t$  (Figures IV.10) permettant de déterminer la constante  $k_1$  et la quantité adsorbée à l'équilibre. Ainsi que la représentation graphique de la  $t/q_t$  en fonction de  $t$  (Figures IV.11) permet de déterminer le constante  $k_2$  et la quantité adsorbée à l'équilibre  $q_e$ . Ces différentes constantes ont été regroupées dans le Tableau IV.2.

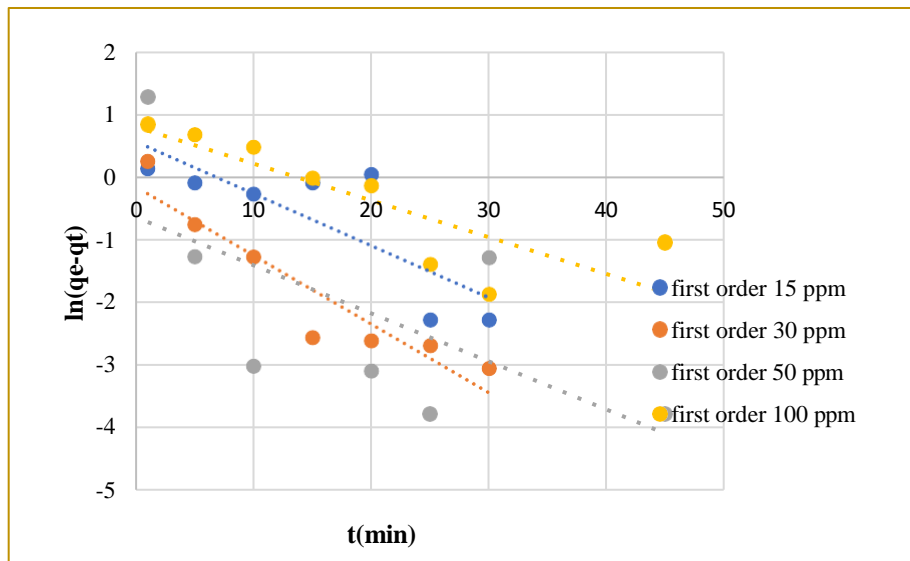


Figure IV.10 : Représentation linéaire du modèle cinétique du pseudo premier ordre

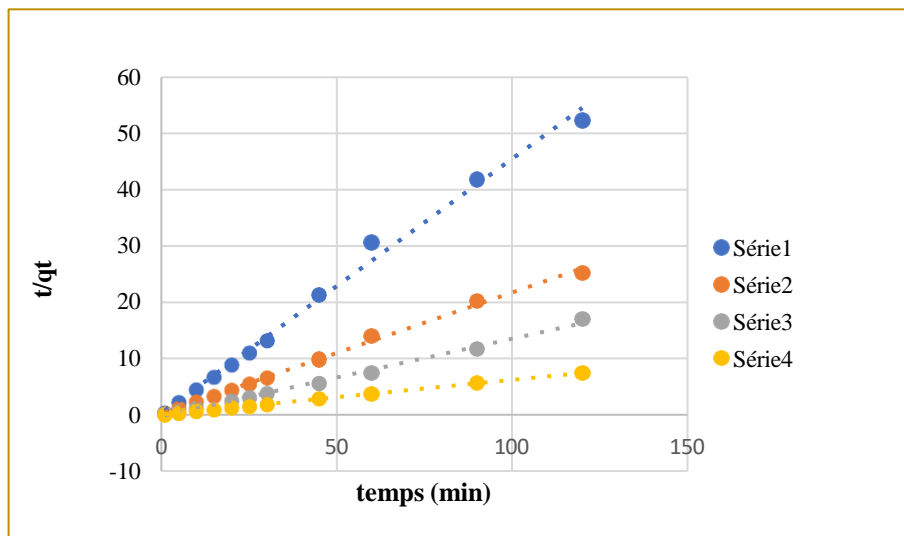


Figure IV.11: Représentation linéaire du modèle cinétique du pseudo second ordre

**Tableau IV.2 :** Résultats d'application du modèle cinétique du CV sur GC.

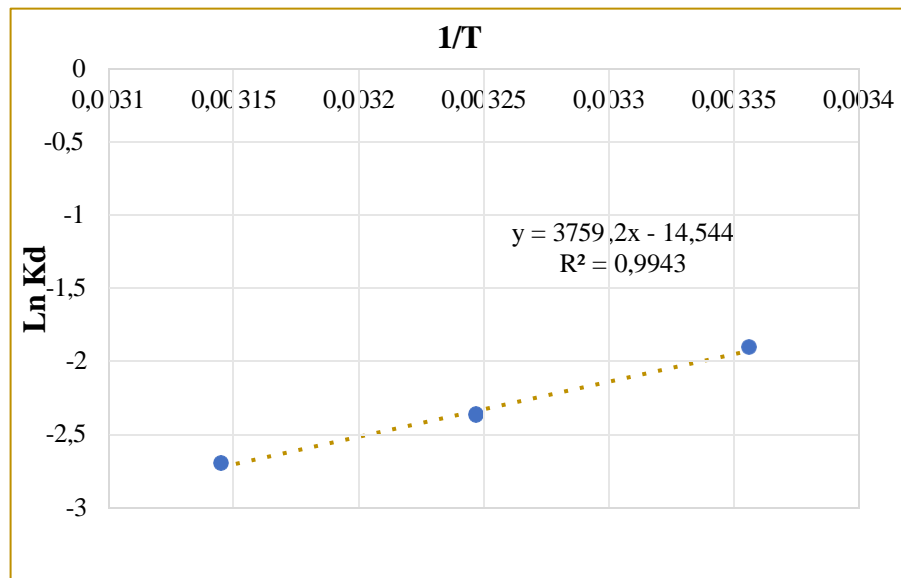
C (ppm)	Modèle premier ordre				Modèle second ordre			
	Q <sub>eexp</sub> (mg/g)	Q <sub>e cal</sub> (mg/g)	K <sub>1</sub> (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	K <sub>2</sub> (g/mg·min)	Q <sub>e cal</sub> (mg/g)	R <sup>2</sup>	
<b>15</b>	1.954	1.771	0.0831	0.646	1.711	2.212	0.9938	
<b>30</b>	4.265	0.862	1.096	0.8788	0.887	4.6533	0.997	
<b>50</b>	8.054	0.529	0.0769	0.4169	0.531	7.2569	0.9948	
<b>100</b>	16.263	2.241	0.058	0.699	1.513	16.233	0.999	

D'après les figures IV.10 et IV.11 et les données présentées dans le tableau IV.2, le modèle de pseudo second-ordre présente le coefficient de corrélation le plus élevé, variant entre 0.9938 et 0.999 pour toutes les concentrations utilisées et proche de 1, ce qui est supérieur à la valeur obtenue avec le modèle de pseudo premier 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 la coriandre.

#### **IV.5. Etude thermodynamique**

La thermodynamique est une discipline fondamentale de la physique qui étudie les transformations de l'énergie au sein des systèmes, en particulier à travers les interactions entre chaleur, travail et propriétés d'état. Elle constitue un outil essentiel pour analyser et prédire le comportement des systèmes physiques, chimiques ou biologiques, qu'ils soient en équilibre ou en transition. Cette étude vise à approfondir l'analyse thermodynamique d'un système défini, en mettant l'accent sur les principes de conservation de l'énergie (premier principe) et d'évolution naturelle des systèmes (second principe). Comme le souligne Callen (1985), une compréhension rigoureuse des lois thermodynamiques est indispensable pour optimiser les performances énergétiques dans des contextes industriels, environnementaux et technologiques [29].

Les résultats de l'étude thermodynamique de l'adsorption du CV par GC ont permis d'établir la Figure IV.12 et le Tableau IV.3 représente les paramètres thermodynamiques pour cette adsorption.



**Figure IV.12:** Etude thermodynamique de l'adsorption du CV par GC.

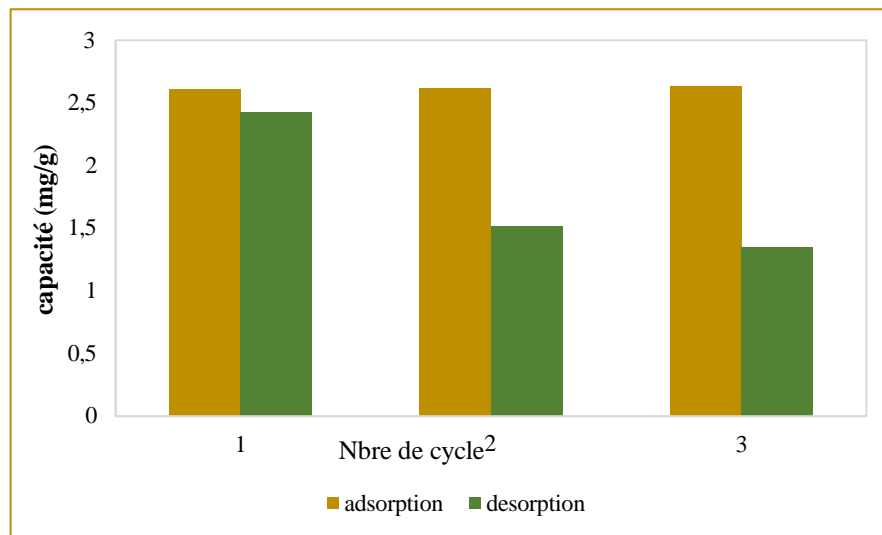
**Tableau IV.3:** Paramètres thermodynamiques pour l'adsorption du C V sur GC

Température (K)	$\Delta H$ (kJ/mol)	$\Delta S$ (J/mol.K)	$\Delta G$ (kJ/mol)
298	-31,236	0,121	-67,255
308			-68,464
318			-69,6726

Les résultats obtenus de la figure IV.12 et du tableau IV.3, montrent que l'adsorption du colorant Cristal Violet (CV) sur le matériau GC est un processus spontané et exothermique. En effet, la valeur négative de l'enthalpie standard ( $\Delta H = -31,236$  kJ/mol) indique que de la chaleur est libérée pendant l'adsorption. Les énergies libres standard ( $\Delta G$ ) sont également négatives à toutes les températures étudiées, ce qui confirme la spontanéité du processus.

### IV.6. La désorption

Afin d'optimiser la performance de régénération de l'adsorbant saturé en cristal violet (CV) et en vue d'applications ultérieures répétées, une solution hydro-éthanolique (v/v) a été employée comme éluant. Les résultats de cette étude de désorption sont présentés à la Figure IV.13.



**Figure IV.13 :** Capacité du GC en adsorption et désorption.

A partir de la figure IV.13, l'évaluation de la régénération des graines de *Coriandrum sativum* L. révèle une stabilité notable de leur capacité d'adsorption du cristal violet (CV) sur deux cycles séquentiels (maintenant une capacité d'environ 2.6 mg/g). Cependant, une diminution progressive de l'efficacité de la désorption est observée au fil des cycles. Ce comportement suggère une saturation graduelle des sites actifs par des molécules de colorant présentant une affinité accrue, ou une altération partielle de l'adsorbant durant les processus de régénération.

### IV.7. Étude comparative

Les résultats de l'étude sur l'adsorption du cristal violet (CV) sur graines de coriandre ont été comparés à d'autres études similaires. Le tableau IV.4 regroupe quelques résultats de la littérature afin de le comparer au résultat de cette étude, dont les paramètres clés sont comme :

1.  $q_{max}$  : capacité maximale d'adsorption.
2. pH optimal : pH où l'adsorption est la plus efficace.

3. Nature de l'isotherme : type d'isotherme d'adsorption (L : Langmuir, F : Freundlich, etc.).

4. PPO : Pseudo Premier Ordre, PSO : Pseudo Second Ordre,

Ces paramètres permettent de comparer l'efficacité de l'adsorption de coriandre avec d'autres matériaux utilisés pour le même adsorbat.

**Tableau IV.4:** Etude comparative de l'adsorption de CV sur différents adsorbants.

Adsorbant	Temps l'équilibre	pH optimal	Modèle cinétique	Isotherme	qmax (mg/g)	Référence
Charbon Actif	30min	7	PSO	F	450	[28]
Zéolite	90min	6	PPO	L	100	[28]
Graines de Coriandre (GC)	60 min	10,3	PSO	F	35,63	<i>Cette étude</i>
Coquilles de pois	60 min	7	PSO	F	37,31	[30]
Mediatedzeolite	10 min	8	-	BET	19.28	[28]
Confireos pine bark	120 min	8	PSO	L	8,9	[31]
Polyaniline dopée	60min	5	PSO	L	7,1	[32]
Résine échangeuse d'ions	45min	6	PSO	L	6,3	[33]

Suite à la comparaison des divers résultats présentés dans le Tableau IV.4, il est possible d'affirmer que le biosorbant employé dans notre étude démontre une capacité acceptable. Nous remarquons que notre matériau présente une performance comparable, voire supérieure, à celle d'autres matériaux adsorbants plus coûteux. Les avantages de notre matériau résident dans son origine naturelle, son faible coût et son intérêt pour le secteur de l'environnement.

# *Conclusion générale*

## Conclusion générale

---

L'objectif de cette étude était de valoriser un matériau biosorbant local pour l'élimination du colorant Cristal Violet (CV) en solution aqueuse, en utilisant le procédé d'adsorption en mode batch. Différents paramètres expérimentaux ont été étudiés afin d'évaluer l'efficacité du processus, notamment l'effet du pH, de la masse d'adsorbant, du temps de contact et la modélisation cinétique et isothermique.

Les principaux résultats expérimentaux obtenus permettent de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ Le pH de la solution joue un rôle déterminant dans le processus d'adsorption. L'adsorption maximale du CV a été observée à un pH égal à 10,3.
- ❖ La masse optimale de l'adsorbant a été déterminée à 0,3 g. En deçà de cette masse, l'efficacité d'adsorption est réduite, tandis qu'au-delà, l'augmentation de la masse n'apporte pas de gain significatif, suggérant une saturation progressive des sites actifs.
- ❖ La vitesse d'adsorption est rapide au début du processus, puis se stabilise progressivement jusqu'à atteindre l'équilibre au bout de 60 minutes. Ce temps d'équilibre relativement modéré reflète une interaction efficace entre le colorant et les sites actifs de l'adsorbant.
- ❖ Les isothermes d'adsorption montrent une correspondance significative avec l'isotherme de Freundlich, ce qui indique une adsorption multicouche avec une capacité d'adsorption maximale observée dans les conditions optimales est de 35,63 mg/g.

L'analyse des données expérimentales par différents modèles cinétiques a révélé que le modèle du pseudo-second ordre est celui qui décrit le mieux la cinétique d'adsorption du CV sur l'adsorbant, avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9997$  proche de 1. Ce modèle suggère que l'adsorption est contrôlée par une interaction chimique impliquant l'échange ou le partage d'électrons entre le colorant et l'adsorbant.

- ❖ La stabilité d'adsorption observée sur trois cycles confirme le potentiel des graines de coriandre comme bio-adsorbant. Toutefois, la diminution de

## **Conclusion générale**

---

l'efficacité de désorption met en évidence la nécessité d'optimiser les conditions de régénération pour garantir une réutilisation durable

À la lumière de ces résultats, il apparaît clairement que l'adsorbant étudié possède un fort potentiel pour une application environnementale durable dans le traitement des eaux pour l'élimination du colorant Cristal Violet. Ce matériau local, non traité chimiquement, s'avère être une solution écologique, économique et accessible pour la dépollution des eaux colorées. Il est possible d'affirmer que le biosorbant employé dans notre étude démontre une capacité acceptable. Nous remarquons que notre matériau présente une performance comparable, voire supérieure, à celle d'autres matériaux adsorbants plus coûteux.

Afin d'enrichir et approfondir ce travail, les pistes de recherche suivantes sont proposées :

➤ **Caractérisation approfondie du matériau :**

Il est recommandé de procéder à une caractérisation structurale et chimique plus détaillée du biosorbant, notamment par :

- **MEB ,BET, FTIR ,DRX**

➤ **Amélioration de la capacité d'adsorption :**

Des traitements thermiques ou chimiques (par activation à la vapeur, au  $ZnCl_2$ , ou à l'acide phosphorique) pourraient permettre d'augmenter la porosité, le nombre de sites actifs et la capacité d'adsorption globale.

➤ **Application aux effluents industriels réels :**

Enfin, il est indispensable d'évaluer l'efficacité de ce matériau dans le traitement d'effluents industriels complexes, afin de valider son comportement dans des conditions plus représentatives de la réalité environnementale.

*Références  
bibliographiques*

## Référence bibliographique

---

- [1] Bencheqroun Z. (2021) Étude de l'adsorption des colorants de textile sur des adsorbants naturels. Thèse de doctorat, Université de Fès.
- [2] Benktoussa M. (2021) Utilisation de biosorbants dans l'adsorption de plus d'un polluant. Thèse doctorat. Université Constantine 3.
- [3] Belghit A. (2023) Application de nouveaux procédés d'oxydation avancée pour la dégradation des polluants organiques. Thèse doctorat, Université Constantine 3.
- [4] Zouaoui A. et Mahchouche W. (2019) Application des co-produits naturels à la dépollution des eaux, mémoire master. Université de M'sila.
- [5] Hammami S. (2012) Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels. Thèse doctorat, Université Paris-Est.
- [6] Aliouche S. (2017) Étude de l'élimination de deux colorants (Cristal violet et Jaune d'alizarine) par des procédés photochimiques en milieu homogène (lumière artificielle et solaire) et en milieu hétérogène (TiO<sub>2</sub>/UV et ZnO/UV). Thèse doctorat, Université des Frères Mentouri Constantine.
- [7] Boucherit N. (2016) Traitement des colorants textiles par procédés de couplage : Fenton-enzyme. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.
- [8] Saga (2022) Élimination des systèmes complexes de polluants par un procédé physique en batch. Thèse doctorat, Université Ferhat Abbas - Setif 1.
- [9] Sahib N.G. and al. (2013) Coriander (*Coriandrum sativum* L.): A potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals – A review. *Phytotherapy Research*, 27(10), 1439–1456
- [10] Raïssa M.F. (2016) Étude de l'adsorption des colorants par la pouzzolane en milieu aqueuse : cas du cristal violet. Mémoire master, Université de Yaoundé Idu Cameroun.
- [11] Farsi M, Co-compostage des déchets verts avec des sous-produits agroalimentaires et effet de l'inoculation de CLBE55 sur le processus et sur la qualité du compost produit. Thèse de Doctorat, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax.
- [12] Nait Merzoug N. (2014) Application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques. Mémoire master, Université Mohamed de Souk-Ahras.
- [13] Gregorio C. and al. (2019) Conventional and non-conventional adsorbents for waste water treatment article 019, 17 (1), pp.195-213.

## Référence bibliographique

---

- [14] Vijayaraghavan K.& Yun Y.S. (2008) Bacterial biosorbents and biosorption. *Biotechnology Advances*, 26(3), 266–291.  
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.02.002>.
- [15] Saadi S. (2017) Recherche du pouvoir phyto-remédiateur de la plante coriandre sativum au plomb et l'impact de l'extrait de plante sur des rats intoxiqués au plomb. Thèse doctorat, Université Ahmed Benbaleh Oran.
- [16] Hamouche A. (2013) Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels. Thèse Doctorat, Université de Boumerdes.
- [17] Barka N. (2008) L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO<sub>2</sub> supporté. Université Agadir.
- [18] Laskri N. (2016) Dépollution des déchets riches en matière organique (boues de station d'épuration et déchets d'abattoir) par digestion anaérobie : Valorisation énergétique et production du méthane. Thèse de Doctorat, Université Annaba.
- [19] Kislenko V.N. (2002) Adsorption : Theory, Modeling and Analysis. Ed. Dekker, New York.
- [20] <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/thermodynamique-chimique/l-adsorption-et-l-environnement>
- [21] Belaid O. (2017) Utilisation d'un charbon actif préparé à partir des noyaux de dattes locales dans l'épuration des eaux usées urbaines. Influence de la variété de dattes. Thèse doctorat, Université KasdiMerbah, Ouargla.
- [22] Jimmy L.H.& George E.K. (2001) Procédés de séparation. Ed. Industries techniques, Dunod.
- [23] Ho Y.S.& McKay G. (2002) Application of kinetic models to the sorption of copper (II) on to peat. *Adsorption Science & Technologie*.
- [24] Reungoat J. (2007) Etude d'un procédé hybride couplant adsorption sur zéolithes et oxydation par l'ozone : application au traitement d'effluents aqueux industriels. Thèse doctorat. INSA, Toulouse.
- [25] Sun L.M., Meunier F. & Baron G. (2005) Adsorption – Procédés et applications. *Techniques de l'Ingénieur*, Réf. J2731.
- [26] Miguet M. (2015) Adsorption de COV issus d'eaux souterraines et régénération des charbons actifs par voie solaire. Thèse Doctorat. Université de Perpignan.

## Référence bibliographique

---

- [27] Saadallah K., Ad C., Djedid M., Batool M., Benalia M., Saadallah S.&Hamamda S. (2024) Potential of the Algerian pine tree bark for the adsorptive removal of methylene blue dye: Kinetics, isotherm and mechanism study. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 3-19.
- [28] Islam et al. (2018) Synthesis of chemically modified carbon embedded silica and zeolite from rice husk to adsorb crystal violet dye from aqueous solution; *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4):3955-3967.
- [29] Giora R.& Eduardo R.H. (2003) Enthalpies of adsorption of methylene blue and crystal violet to montmorillonite: Enthalpies of adsorption of dyes to montmorillonite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 71: 751-759.
- [30] ChikhDahmane M. (2023), Contribution à l'élimination d'un colorant cationique dans les eaux usées industrielles par un adsorbant naturel. Mémoire master. Université Amar Telidji, Laghouat.
- [31] Rais A. (2009) *Journal of Hazardous Materials*; 171(1), 767-773.
- [32] Singh K. & Gupta P. (2019) Removal of pollutants using polyaniline composites: Adsorption performance and modeling. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 58(6), 509–518.
- [33] Wang T. and al. (2018) Ion-exchange resin for selective adsorption of metal ions: An equilibrium and kinetic study. *Separation and Purification Technology*, 204, 289–296.

عنوان المؤكرة: المساهمة في إزالة الصبغة الكاتيونية في مياه الصرف الصناعي بواسطة مادة ماصة طبيعية اللب و الاسم: بن صفي الدين  
لينا ، قريطة مريم

المؤطر: أ.د. جديد مبروك ، السيدة سعد الله كلثوم ملخص:

يركز هذا العمل على دراسة الامتزاز لإزالة البنفسج البلوري في محلول مائي باستخدام مادة حيوية محلية الملونة في الوسط المائي باستخدام مادة حيوية نباتية محلية تعتمد على القصبكمتز، من خلال دراسة تجريبية توضح لنا قدرتها على الامتزاز. تبدو هذه المادة الماصة واعدة جدا للتنقية بتكلفة أقل. تمت دراسة تأثير العوامل المختلفة مثل وقت التلامس والكتلة والتركيز ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة وتأثير القوة الأيونية. حيث أظهرت النتائج ان التوازن يتحقق في وقت اتصال يبلغ 60 دقيقة، وأن زيادة تركيز الصبغة يؤدي إلى زيادة الامتزاز، وأن الكمية الممتزة من الكريستال البنفسجي تصل إلى أعلى قيمة عند درجة الحموضة تساوي 10,30. يصف نموذج الترتيب الثاني بشكل أفضل حركة هذا الامتزاز في ظل ظروف التجريبية المثلى. أفضل وصف لمتساوي درجة حرارة الامتزاز التي تمت دراستها هو نموذج لانغمر الرياضي بقدرة امتزاز قصوى تبلغ "35,63 ملغم/غرام

كلمات مفتاحية: الامتزاز، القصب، ملون، الكريستال البنفسجي

---

**Memory title :** Contribution to the removal of a cationic dye in industrial wastewater by a natural adsorbent

**Name and First name:** Ben safiddine Lyna & Garita Meriem

**Directed by:** Pr. Dr. DJEDID Mebrouk & Mrs. Saadallah Kelthoum

**Abstract :**

This work focuses on the study of adsorption for the removal of crystal violet in aqueous solution using a local biomaterial based on coriander as adsorbent, through an experimental study that shows its adsorption capacity. This adsorbent material looks very promising for low-cost processing. The influence of different parameters such as contact time, mass, concentration, temperature, pH and effect of ion force were studied. Our results showed that equilibrium is reached in a contact time of 60 minutes, and that the increase in dye concentration leads to an increase in adsorption, and that the amount of crystal violet adsorbed reaches the highest value at pH = 10.30. The pseudo-second order model better describes the kinetics of this adsorption under optimal operating conditions. Langmuir's mathematical model best describes the isotherms of adsorption studied with a maximum adsorption capacity of 35.63mg/g.

**Key words:** adsorption, coriander, dye, Crystal Violet

---

**Titre du mémoire :** Contribution à l'élimination d'un colorant cationique dans les eaux usées industrielles par un adsorbant naturel

**Nom et prénom :** Bensafiddine Lyna & Garita Meriem

**Encadreurs:** Pr. Dr. DJEDID Mebrouk. & Mme Saadallah Kelthoum

**Résumé :**

Ce travail se concentre sur l'étude de l'adsorption pour l'élimination du violet de cristal en solution aqueuse en utilisant un biomatériau local à base de coriandre comme adsorbant, via une étude expérimentale qui montre sa capacité d'adsorption. Ce matériau adsorbant semble très prometteur pour un traitement à moindre coût. L'influence de différents paramètres tels que le temps de contact, la masse, la concentration, la température, le pH et l'effet de la force ionique ont été étudiés. Nos résultats ont montré que l'équilibre est atteint en un temps de contact de 60 minutes, et que l'augmentation de la concentration de colorant conduit à une augmentation de l'adsorption, et que la quantité de violet de cristal adsorbé atteint la valeur la plus élevée pH = 10,30. Le modèle de pseudo-second ordre décrit mieux la cinétique de cette adsorption dans des conditions de fonctionnement optimales. Le modèle mathématique de Langmuir décrit mieux les isothermes d'adsorption étudiées avec une capacité d'adsorption maximale de 35, 63mg/g, les graines de coriandre présentent un bon potentiel comme bio-adsorbant, bien que l'optimisation de la régénération reste nécessaire.

**Mots clés :** adsorption, coriandre, colorant, Cristal Violet.

*Le résumé doit être rédigé en deux langues différentes au moins*