

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. M. OULHADJ - Bouira  
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées  
Département de Génie des Procédés



# Mémoire

Présenté par

**LACHEHEB MAAMAR**

**SADOUDI RABAH**

Pour l'obtention du diplôme de

# MASTER

Filière: Science et Génie de l'environnement

Spécialité : Génie de l'environnement

## ETUDE D'ADSORPTION DE VIOLET DE GENTIANE SUR LA SCIURE DE BOIS

Soutenu le 24/09/2018

Devant le jury composé de :

M. LOUNICI. H	Professeur	UAMO, Bouira	Président
Mme. ZAABAR. A	MCB	UAMO, Bouira	Examinatrice
M. KERNANI. R	MAA	UAMO, Bouira	Examineur
M. MOUNI. L	Professeur	UAMO, Bouira	Promoteur
Mme. HAMDAD. B	Doctorante	UAMO, Bouira	Co-Promotrice

# *Remerciements*

*Nous remercions ALLAH tout puissant qui nous a donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions très sincèrement notre promoteur Monsieur Pr.L.MOUNI et notre Co-promotrice Mme B.HAMDAD, pour leurs disponibilités à toute épreuve, pour leurs gentillesse, leurs patiences, leurs orientations et leurs remarques fructueuses. Tout notre respect et notre gratitude, merci.*

*Nos profonds remerciements pour les membres de jurys pour leurs accord d'évaluer ce modeste travail.*

**Rabah ; Maamar**





## *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail à mes parents, toute ma famille, petite et grande. À tous mes amis. À tous mes proches. À tous ceux qui m'ont aidé et soutenu durant mes années d'études.*

*S.Rabah.*

*Je dédie ce travail à mes parents, à mes ami(e)s qui m'ont partagé le chemin du savoir et au-delà les passions, les bons et les mauvais moments. À tous mes enseignant(e)s qui m'ont aidé outre par le savoir qui m'on prodigué, leurs encouragements et leur assistance.*

*L.Maamar.*

# SOMMAIRE

**Remercîment**

**Dédicace**

**Liste des Figures**

**Liste des Tableaux**

**Liste des abréviations**

**Liste des Symboles**

**Introduction générale**

**Introduction général..... 1**

## **Première partie : étude bibliographique**

### **CHAPITRE I : L'EAU : POLLUTION ET TRAITEMENT**

**I.1 Introduction..... 3**

**I .2 Pollution des eaux.....3**

**I .2.1 Pollution naturelle..... 3**

**I .2.2 Pollution industrielle..... 4**

**I.3 les formes de pollution de l'eau..... 4**

**I.3.1 pollution insoluble..... 4**

<b>I.3.2 pollution soluble.....</b>	<b>4</b>
a) La pollution minérale.....	4
b) La pollution organique.....	5
<b>I.3.3 pollution thermique.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.4 pollution microbiologique.....</b>	<b>6</b>
<b>I.4 origine des pollutions des eaux.....</b>	<b>7</b>
<b>I.4.1 Eaux domestiques.....</b>	<b>8</b>
a) Eaux menagerie.....	8
b) Eaux des vannes.....	8
<b>I.4.2 Eaux pluviales.....</b>	<b>8</b>
<b>I.4.3 Eaux usée industrielles.....</b>	<b>8</b>
<b>I.4.4 Eaux agricoles .....</b>	<b>9</b>
<b>I.5 NORMES ET QUALITE.....</b>	<b>9</b>
<b>I.5.1. Normes Microbiologiques .....</b>	<b>9</b>
<b>I.5.2. Normes Physico-chimique de l'eau Potable.....</b>	<b>10</b>
<b>I.6 Importance de traitement des eaux .....</b>	<b>12</b>
<b>I.7 Procédés d'épuration des eaux usées .....</b>	<b>12</b>
a) Traitement préliminaire .....	12
b) Traitement primaire .....	13
c) Traitement secondaire .....	14
d) Traitement tertiaire .....	14

## CHAPITRE II: LES COLORANTS

<b>II.1 Introduction.....</b>	<b>16</b>
<b>II.2 Origines des colorants.....</b>	<b>18</b>
<b>II.3 Classification des colorants .....</b>	<b>18</b>
<b>II.3.1 Classification selon la constitution chimique .....</b>	<b>18</b>
• les colorants azoïques .....	18
• les colorants indigoïdes.....	19
• les colorants anthraquinoniques.....	19
• les colorants phtalocyanines.....	19
• les colorants xanthènes.....	20
• les colorants nitrés et nitrosés.....	20
<b>II.3.2 Classification tinctorial.....</b>	<b>20</b>
• Les colorants acides ou anioniques.....	21
• Les colorants basiques ou cationiques.....	21
• Les colorants de cuve.....	21
• Les colorants directs.....	22
• Les colorants à mordants.....	22
• Les colorants disperses.....	22
<b>II.3.3 classification technique.....</b>	<b>23</b>
a) les colorants naturels.....	23
b) les colorants synthétiques.....	23
<b>II.4 Application des colorants.....</b>	<b>24</b>

<b>II.5 Aspect toxicologique et impact environnemental .....</b>	<b>24</b>
<b>a) Toxicité sur la santé humaine.....</b>	<b>24</b>
<b>b) Toxicité sur les milieux aquatiques par les rejets industriels.....</b>	<b>25</b>
<b>c) Impacts Environnementaux.....</b>	<b>25</b>
<b>II. 6 traitements des colorants.....</b>	<b>26</b>
<b>II.6.1 Procédés physico- chimiques .....</b>	<b>27</b>
• Adsorption .....	27
• coagulation – flocculation.....	27
• filtration sur membranes .....	27
• les POAs.....	28
<b>II.6.2 les procédés biologique .....</b>	<b>29</b>
<b>II.6.2 .1.Traitement aérobie.....</b>	<b>29</b>
<b>II.6.2.2.Traitement anaérobie.....</b>	<b>29</b>
<b>II.7 Généralités sur le colorant utilisé dans notre étude (le violet de gentine).....</b>	<b>31</b>

## **CHAPITRE III : le phénomène d'adsorption**

<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>32</b>
<b>III.2 Définition et Principe.....</b>	<b>32</b>
<b>III.3 Type d'adsorption.....</b>	<b>33</b>



a) Adsorption physique (ou physisorption).....	33
b) Adsorption chimique (ou chimisorption).....	34
<b>III.4 Les facteurs influençant le phénomène d'adsorption.....</b>	<b>36</b>
<b>III.4.1 Les paramètres physico-chimiques du milieu.....</b>	<b>36</b>
• La température.....	36
• Le PH.....	36
• La présence d'interférents.....	36
<b>III.4.2 Facteurs caractérisant l'adsorbat.....</b>	<b>36</b>
<b>III.4.3 Facteurs caractérisant l'adsorbant.....</b>	<b>36</b>
a) La surface spécifique.....	36
b) La structure de l'adsorbant.....	37
c) La polarité.....	37
<b>III.5 les différents adsorbants.....</b>	<b>37</b>
<b>III.5.1 Les Adsorbants minéraux.....</b>	<b>37</b>
<b>III.5.2 Les bio-adsorbants.....</b>	<b>37</b>
<b>III.6 Les modèles d'adsorption.....</b>	<b>38</b>
<b>III.6.1 Le modèle de Langmuir.....</b>	<b>38</b>
<b>III.6.2 Le modèle de Freundlich.....</b>	<b>39</b>
<b>III.6.3 La théorie de Brunauer, Emmett et Teller (BET).....</b>	<b>39</b>
<b>III.7 Les isothermes d'adsorption.....</b>	<b>40</b>
<b>III.8 La cinétique d'adsorption .....</b>	<b>41</b>
a) Réaction du premier ordre par rapport à A.....	42
b) Réaction du deuxième ordre par rapport à A.....	43

<b>III.9 Application de l'adsorption.....</b>	<b>44</b>
<b>III.10 Généralités sur l'adsorbant utilisé dans notre étude .....</b>	<b>44</b>

## Deuxième partie : Etude expérimentale

### CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

<b>IV.1 Introduction.....</b>	<b>46</b>
<b>IV.2 Matériel utilisé.....</b>	<b>46</b>
<b>IV.3 Réactifs et produits.....</b>	<b>47</b>
<b>IV.4 Présentation du colorant .....</b>	<b>47</b>
• <b>Applications.....</b>	<b>48</b>
• <b>Propriétés.....</b>	<b>49</b>
• <b>Toxicité.....</b>	<b>50</b>
<b>IV.5 Préparation de l'adsorbant (la sciure de bois).....</b>	<b>50</b>
<b>IV.6 Caractéristiques .....</b>	<b>51</b>
<b>IV.6.1. Caractéristiques physico-chimiques de biosorbant.....</b>	<b>51</b>
a) <b>Etude granulométrique.....</b>	<b>51</b>
b) <b>Taux d'humidité.....</b>	<b>51</b>
c) <b>le taux de cendre.....</b>	<b>52</b>
d) <b>La densité.....</b>	<b>52</b>
e) <b>Mesure de pH.....</b>	<b>52</b>
f) <b>pH de point de charge zéro.....</b>	<b>52</b>
<b>IV.6.2 Caractéristique structurales.....</b>	<b>53</b>

<b>IV.7 Procédure expérimentale suivie au laboratoire durant nos essais d'adsorption.....</b>	<b>53</b>
<b>A) Préparation des solutions de colorant VG .....</b>	<b>53</b>
<b>B) L'analyse spectrophotométrie UV-Visible.....</b>	<b>54</b>
<b>C) Détermination de la longueur d'onde d'adsorption maximale (<math>\lambda_{max}</math>) .....</b>	<b>55</b>
<b>D) La courbe d'étalonnage et loi de Beer-Lambert .....</b>	<b>55</b>
<b>E) Cinétiques d'adsorption du colorant Violet de gentiane.....</b>	<b>55</b>
<b>F) Effet de la concentration initiale en colorant sur l'adsorption.....</b>	<b>55</b>
<b>G) Effet de la masse d'adsorbant.....</b>	<b>55</b>
<b>H) Influence du pH.....</b>	<b>56</b>
<b>I) Effet de la température .....</b>	<b>56</b>
<b>J) Effet de la vitesse d'agitation.....</b>	<b>56</b>
<b>K) Calcul des quantités adsorbées.....</b>	<b>57</b>

## **CHAPITRE V: Résultats et discussion**

<b>V.1 La caractérisation de la sciure de bois .....</b>	<b>58</b>
<b>V.1.1 Etude granulométrique .....</b>	<b>58</b>
<b>V.1.2 Taux d'humidité .....</b>	<b>58</b>
<b>V.1.3 Le taux de cendre.....</b>	<b>58</b>
<b>V.1. 4 La densité .....</b>	<b>59</b>
<b>V.1. 5 Mesure de pH .....</b>	<b>59</b>
<b>V.1. 6 pH de point de charge zéro .....</b>	<b>59</b>

<b>V.1.7 Le spectre Infra rouge IRTF .....</b>	<b>61</b>
<b>V.2 La courbe d'étalonnage et loi de Beer-Lambert .....</b>	<b>62</b>
<b>V.3. Influence des paramètres physico-chimiques sur l'adsorption....</b>	<b>63</b>
<b>V.3.1 influence de la concentration initiale en colorant sur l'adsorption.....</b>	<b>63</b>
<b>V.3.2 influence de la masse d'adsorbant .....</b>	<b>65</b>
<b>V.3.3 Influence du pH .....</b>	<b>67</b>
<b>V.3.4 influence de la température .....</b>	<b>68</b>
<b>V.3.5 Influence de la vitesse d'agitation.....</b>	<b>70</b>
<b>V.4. La cinétique d'adsorption.....</b>	<b>72</b>
<b>V.4.1. Le pseudo-premier ordre.....</b>	<b>72</b>
<b>V.4.2. Le pseudo-second ordre.....</b>	<b>73</b>
<b>V.5. Modélisation d'adsorption .....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>78</b>

# LISTE DES FIGURES

Figure II.1 : Domaines d'absorption de la lumière visible.....	16
Figure II.2 : Formule semi-développée de violet de gentiane.....	17
Figure II.3 : structure de colorante alizarine.....	17
Figure II.4 : Exemple de colorant Azoïque.....	18
Figure II.5 : structure de colorant indigoïdes.....	19
Figure II.6 : Structure d'antraquinoniques.....	19
Figure II.7 : Structure de la phtalocyanine.....	19
Figure II.8 : structure du xanthène.....	20
Figure II.9 : Exemple de colorant nitré.....	20
Figure II.10: structure de Colorant acide.....	21
Figure II.11: structure de Colorant basique.....	21
Figure II.12: Exemple de Colorant de cuve.....	21
Figure II.13: structure de Colorant direct.....	22
Figure II.14: Exemple de Colorant à mordants.....	22
Figure III.1 : Les étapes de l'adsorption.....	33
Figure III.2 : Schéma de l'adsorption physique.....	34
Figure III.3 : typologie des isothermes.....	41
Figure IV.1 : Colorant violet de gentiane poudre.....	48
Figure IV.2 : Structure chimique de violet de gentiane.....	48
Figure IV.3 : Sciure de bois en copeaux.....	50
Figure IV.4 : Sciure de bois en poudre.....	50
Figure IV.5 : Tamis électrique à différents diamètres.....	51
Figure IV.6 : Solution mère de VG.....	54

# LISTE DES FIGURES

Figure IV.7 : Spectrophotomètre UV visible.....	54
Figure V.1 : Le point de charge zéro (pHPZC) de la sciure de bois.....	60
Figure V.2 : Le Spectre infra rouge de la sciure de bois.....	61
Figure V.3 : Courbe d'étalonnage du spectrophotomètre de Violet de Gentiane.....	62
Figure V.4 : Evolution de la cinétique de décoloration en fonction de la charge en Colorants .....	63
Figure V.5 : Influence de la charge en colorants sur le rendement de décoloration...	63
Figure V.6 :Influence de la charge en colorant sur la capacité d'adsorption.....	65
Figure V.7 : Influence de la teneur en sciure de bois sur les cinétiques de Décoloration.....	66
Figure V.8 : Influence de la teneur en sciure de bois sur les rendements de Décoloration des solutions de violet de gentiane.....	66
Figure V.9 : Influence du pH sur la cinétique d'adsorption du VG sur sciure de bois.....	67
Figure V.10 : capacité d'adsorption de VG à 120 min en fonction de pH.....	67
Figure V.11 : taux de rétention de colorant cristal violet à 120 min.....	68
Figure V.12 : Influence de la température sur le rendement de décoloration de VG.....	69
Figure V.13 : Influence de la vitesse d'agitation sur la cinétique d'adsorption du Violet de Gentiane.....	71
Figure V.14 : Influence de la vitesse d'agitation sur le rendement de décoloration du VG sur la sciure de bois.....	71
Figure V.15 : Application du modèle de pseudo premier ordre pour l'adsorption du cristal violet par la sciure de bois.....	72
Figure V.16 : Application du modèle de pseudo - seconde ordre pour l'adsorption du cristal violet par la sciure de bois.....	74

# LISTE DES FIGURES

**Figure V.17 : Isotherme d'adsorption de VG sur la sciure de bois.....75**

**Figure V.18 : Isotherme d'adsorption de Freundlich (VG dans une solution aqueuse) sur la sciure de bois.....76**

**Figure V.19 : Isotherme d'adsorption de Langmuir (VG dans une solution aqueuse) sur la sciure de bois.....77**

# LISTE DES TABLEAUX

## CHAPITRE I : L'EAU : POLLUTION ET TRAITEMENT

Tableau I.1 : Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable.....	10
Tableau I.2 : Les différents paramètres physico- chimiques.....	10
Tableau I.3 : Paramètres avec valeurs limites.....	11

## CHAPITRE II : LES COLORANTS

Tableau II.1 : Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité.....	17
Tableau II.2 : Taux de fixation sur textile pour les différentes classes de colorants Croissante .....	26
Tableau II.3 : avantages et inconvénients des techniques de traitements des colorants.....	30

## CHAPITRE III : LE PHENOMENE D'ADSORPTION

Tableau III.1 : La différence entre l'adsorption physique et l'adsorption Chimique.....	35
--	----

## CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

Tableau IV.1 : Verreries, instruments et Produits chimiques.....	46
Tableau IV.2 : Propriétés du Violet de Gentiane.....	49



# LISTE DES TABLEAUX

## CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION

<b>Tableau V.1 : résultat d'étude granulométrique.....</b>	<b>58</b>
<b>Tableau V.2 : les différentes caractéristiques de notre sciure de bois.....</b>	<b>61</b>
<b>Tableau V.3 : Valeurs d'absorbance = f (C) à <math>\lambda_{max} = 590</math> nm pour le violet de gentiane.....</b>	<b>62</b>
<b>Tableau V.4 : Rendement de dégradation du VG par le procédé d'adsorption en fonction de concentration à t=180min.....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau V.5 : Rendement de dégradation du VG par le procédé d'adsorption en fonction de concentration à t=60min (température).....</b>	<b>70</b>
<b>Tableau V.6 : Valeurs de certains paramètres cinétiques obtenues pour le premier pseudo.....</b>	<b>73</b>
<b>Tableau V.7 : Valeurs de certains paramètres cinétiques obtenues pour le deuxième pseudo.....</b>	<b>74</b>
<b>Tableau V.8 : Paramètres équationnels du modèle de Freundlich.....</b>	<b>76</b>
<b>Tableau V.9 : Paramètres équationnels du modèle de Langmuir.....</b>	<b>77</b>

# LISTE DES SYMBOLES

<b>A</b>	absorbance
<b>A<sub>0</sub></b>	absorbance a l'instant $t = 0$
<b>C</b>	Concentration massique du composé dosé ( <b>g/L</b> ).
<b>C<sub>0</sub></b>	concentration initial de l'adsorbat dans la phase liquide ( <b>mg/l</b> ).
<b>C<sub>e</sub></b>	concentration de l'adsorbat dans la phase liquide à l'équilibre ( <b>mg/l</b> ).
<b>C<sub>eq</sub></b>	la concentration du soluté à l'équilibre dans la solution ( <b>mol.L<sup>-1</sup></b> )
<b>C<sub>1</sub></b>	concentration de solution mère
<b>C<sub>2</sub></b>	concentration des solutions filles connus
<b>Cm</b>	Centimètre
<b>I<sub>0</sub></b>	Intensité initiale de la lumière traversée.
<b>I</b>	Intensité du de la lumière transmise.
<b>g</b>	Gramme
<b>K</b>	Coefficient spécifique d'absorption massique dépendant du composé et de la longueur d'onde considérée ( <b>L.cm<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup></b> ).
<b>k</b>	Constante cinétique de la réaction
<b>K<sub>L</sub></b>	La constante de Langmuir ( <b>L.mmol<sup>-1</sup></b> ).
<b>Kf et n</b>	Des constantes de Freundlich.
<b>L</b>	Litre
<b>M</b>	Masse molaire ( <b>g.mol<sup>-1</sup></b> )
<b>m</b>	Masse de l'adsorbant ( <b>g</b> ).

# LISTE DES SYMBOLES

<b>mg</b>	Milligramme
<b>ml</b>	Millilitre
<b>mol</b>	Mole
<b>n</b>	Ordre global de la réaction
<b>1/n</b>	L'affinité du soluté pour l'adsorbant
<b>nm</b>	Nanomètre
<b>Q<sub>e</sub></b>	Quantité du métal adsorbée par unité de masse de l'adsorbant ( <b>mg/g</b> ) .
<b>Q<sub>eq</sub></b>	La quantité de soluté adsorbé à l'équilibre ( <b>mol.g<sup>-1</sup></b> ).
<b>Q<sub>max</sub></b>	La capacité maximale d'adsorption ( <b>mmol.g<sup>-1</sup></b> ).
<b>R<sup>2</sup></b>	Coefficient de corrélation
<b>T</b>	Température
<b>t</b>	Temps de traitement.
<b>tr/min</b>	tour par minute
<b>V</b>	Volume de la solution ( <b>l</b> )
<b>V<sub>1</sub></b>	Volume à prélever de la solution mère pour préparer les solution filles de <b>C<sub>2</sub></b> connus.
<b>V<sub>2</sub></b>	Volume de solution fille
<b>ε</b>	Coefficient spécifique d'absorbance molaire ( <b>L.cm<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup></b> )

# LISTE DES ABREVIATIONS

<b>Ag</b>	Le plomb l'argent.
<b>Al</b>	Aluminium.
<b>Ca</b>	Calcium.
<b>Cd</b>	Cadmium.
<b>Cr</b>	Chrome.
<b>Cu</b>	Cuivre.
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demande biologique en oxygène mesurée sur une période de 5 jours.
<b>DCO</b>	Demande chimique en oxygène.
<b>Fe</b>	Fer.
<b>HCl</b>	Acide Chlorhydrique.
<b>Hg</b>	Mercure.
<b>K</b>	Potassium.
<b>MES</b>	Matière en suspension.
<b>Mg</b>	Magnésium.
<b>Na</b>	Sodium.
<b>NaOH</b>	Hydroxyde de sodium.
<b>Ni</b>	Nickel.
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène.
<b>PHpzc</b>	pH de point de charge zéro
<b>VG</b>	Violet de Gentiane.
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de silicium.
<b>Zn</b>	Le zinc.

# **Introduction** **générale**

# Introduction générale

## Introduction générale

L'économie de l'eau pour sauver la planète et pour faire l'avenir d'humanité est ce que nous avons besoin maintenant. Avec la croissance de l'humanité, de la science et de la technologie, notre monde atteint de nouveaux horizons mais le coût que nous payerons dans le futur proche va sûrement être trop haut. Parmi les conséquences de cette croissance rapide est le problème de pollution. Sans compter d'autres besoins, la demande de l'eau a augmenté énormément avec la consommation de l'agricole, de l'industriel et des secteurs domestiques qui consomment 70, 22 et 8% de l'eau douce disponible [61], respectivement et de ceci a eu comme conséquence la génération de grandes quantités d'eau usagées contenant un certain nombre de polluants. L'un des importants polluants, ce sont les colorants, une fois ils dissous dans l'eau, ils seront parfois difficile à traiter car les colorants ont une origine synthétique et une structure moléculaire complexe qui les rend plus stables et difficiles à être biodégradé donc peuvent constituer des facteurs de risques pour notre santé et de nuisances pour notre environnement, donc il est nécessaire de limiter la plus possible ces polluants en mettant en place une moyenne de traitement adaptée comme une unité de décoloration.

Il existe plusieurs méthodes : physique, chimique et biologique pour traiter et décolorer des effluents pollués tel que la coagulation et la floculation, la biodégradation, la filtration membranaire, l'oxydation chimique, l'ozonation, échange d'ions, les méthodes électrochimiques et l'adsorption ... .

La technique de l'adsorption est la méthode la plus favorable pour l'élimination des colorants est devenue une méthode analytique de choix, très efficace et simple dans son utilisation. Le principe du traitement par adsorption est de piéger les colorants par un matériau solide appelé adsorbant. Il existe, dans la littérature, plusieurs matériaux solides (argiles, zéolites, alumines activées, boue, biomasses, résidus agricoles, sous-produits industriels et charbon actif...) pouvant être utilisés dans des procédés de décoloration des eaux.

# Introduction générale

Dans le présent travail, nous sommes principalement intéressés à l'étude de l'adsorption du colorant violet de gentiane sur la sciure de bois, qui est un adsorbant naturel de grande disponibilité. Différents paramètres expérimentaux ont été analysés : pH, masse d'adsorbant, concentration initiale en colorant, température, vitesse d'agitation.....

Ce manuscrit est organisé en deux parties principales la première théorique et la seconde expérimentale.

➤ La première partie théorique est subdivisée en trois chapitres :

**Le premier chapitre :** nous avons présenté des généralités sur la pollution, les différents types de polluants organiques et leurs effets néfastes sur l'environnement et sur la santé humaine.

**Le deuxième chapitre :** une synthèse bibliographique qui rassemble des données essentielles sur les colorants synthétiques et le colorant violet de gentiane et ses propriétés physico-chimiques, son impact sur l'environnement, la santé et les différentes techniques de son traitement.

**Le troisième chapitre :** consacré sur quelques généralités de l'adsorption pour mieux définir l'importance de ce processus, expliquer sa cinétique, ses caractéristiques, les différents paramètres influant sur l'adsorption, les classes et les modèles les plus utilisés pour la description de ce phénomène.

➤ La seconde partie expérimentale est subdivisée en deux chapitres :

**Le premier chapitre :** Dans ce chapitre, nous avons présenté notre colorant étudié, les réactifs et le matériel utilisé, ainsi que les méthodes expérimentaux et analytiques, propres à chaque technique d'élimination de colorant.

**Le deuxième chapitre :** est consacré aux discussions des résultats obtenus durant tous nos essais dans le laboratoire pour l'élimination du violet de gentiane par le procédé d'adsorption.

**Enfin,** on a terminé notre étude par une conclusion générale qui résume les principaux résultats de ce travail de recherche.

# CHAPITRE1:

## L'EAU: POLLUTION ET TRAITEMENT



## **I.1 Introduction**

Le traitement des eaux usées se fait en plusieurs étapes. Ce traitement a pour objectif de débarrasser l'eau de certaines matières organiques, matières solides, nutriments, organismes pathogènes et autres polluants, ou d'en réduire la quantité, avant d'être rejetées dans l'environnement ou réutilisée.

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Selon le cas, elles sont naturellement riches en matière en suspension et en matière organique naturelles, acides, peu minéralisées, elles sont également vulnérables aux pollutions. De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, minéralisation de l'acidité. L'eau de surface peut aussi être filtrée sur du charbon actif. L'ozonisation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants, les germes, les mauvais goûts, les couleurs et les odeurs [59].

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles et les eaux souterraines. Elle a pour origine principale, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels [34].

## **I.2 Pollution des eaux**

### **I.2.1 Pollution naturelle**

La teneur de l'eau en substances indésirables n'est pas toujours le fait de l'activité humaine. Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, en arsenic, etc. Des irrptions volcaniques, des épanchements sous marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions [62].

**I.2.2 Pollution industrielle**

Si la pollution domestique des ressources est relativement constante, les rejets industriels sont, au contraire, caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel [62]. Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses :

- 1) des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...).
- 2) des hydrocarbures (industries pétrolières, transports).
- 3) des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- 4) des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...).
- 5) des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- 6) des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Parmi les industries considérées traditionnellement comme rejetant des matières particulièrement polluantes pour l'eau, on citera, notamment, les industries agro-alimentaires, papetière, la chimie, les traitements de surface, l'industrie du cuir, etc. [26].

**I.3. Les formes de pollution de l'eau****I.3.1. Pollution insoluble :**

C'est un agrégat de matière qui se retrouve sous forme particulaire. Les particules solides qui peuvent, soit flotter, soit sédimenter en fonction de leurs densités [60].

**I.3.2. Pollution soluble :**

Elle est dissoute dans l'eau et se trouve donc souvent sous forme d'unité chimique simple, la molécule, ou de macromolécules comme les protéines, les colloïdes... qui «flottent » dans l'eau mais que l'on ne voit pas (la pollution minérale, la pollution organique).

**a) Pollution minérale :**

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Les polluants minéraux se sont principalement (les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs).

**❖ Les métaux lourds :**

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), Proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique [53].

**❖ Les éléments minéraux nutritifs :** (Nitrates et phosphates)

Provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [60].

**b) La pollution organique :**

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestiques (graisses,...etc.). La première conséquence de cette pollution est la consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

**❖ Les détergents :**

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont:

- 1) L'apparition de goût de savon.
- 2) La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- 3) Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

**❖ Les pesticides :**

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.
- Rupture de l'équilibre naturel.

❖ **Les hydrocarbures :**

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [1].

**I.3.3. Pollution thermique :**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution [43].

**I.3.4. Pollution microbiologique :**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [15].

❖ **Les virus :**

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation [28]. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10<sup>3</sup> et 10<sup>4</sup> particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont

ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A [7].

❖ **Les bactéries :**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$  [7]. Les eaux usées urbaines contiennent environ 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> bactéries/100 ml dont 10<sup>5</sup> proteus et entérobactéries, 10<sup>3</sup> à 10<sup>4</sup> streptocoques et 10<sup>2</sup> à 10<sup>3</sup> clostridium. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants [39].

❖ **Les protozoaires:**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées [71]. Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer Entamoebahistolytica, responsable de la dysenterie amibienne et giardialambliia [7].

#### **I.4. Origine des pollutions des eaux**

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole. L'origine naturelle implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol. L'origine domestique concerne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine, ...etc.), les eaux des vannes (WC...etc.), ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces,...etc.

Quant à l'origine agricole et industrielle, elle concerne par exemple les eaux surchargées par des produits issus de l'épandage (engrais, pesticides) ou encore les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique, et de manière plus générale, par des produits chimiques tels que les métaux lourds, les hydrocarbures...etc. [3].

**I.4.1. Eaux domestiques :**

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales). Ces eaux contiennent des matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.), et des matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses [88].

**a) Eaux ménagères :**

Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Les eaux des cuisines contiennent des matières insolubles (terre, débris divers), des matières extraites des aliments (organiques ou minérales) ainsi que les graisses provenant de la cuisson, par exemple : les eaux des salles de bains, les eaux des machines à lessiver qui renferment des savons et des détergents et des eaux de lavages des locaux qui sont riches en particules solides (Terre, sable,...etc.) Et surtout en détergents et désinfectants (eaux de javel, produit de base de chlore Ou d'ammoniaque,...) [16].

**b) Eaux Vannes :**

Il s'agit des rejets de toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et des germes fécaux [11].

**I.4.2. Les eaux pluviales :**

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de La terre, des limons, des déchets végétaux, etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents...etc. [31].

**I.4.3. Les eaux usées industrielles :**

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux ont une grande variété et peuvent être toxiques pour la vie aquatique, ou pour l'homme. Les eaux résiduaires sont celles qui ont été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications. Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, ou le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux [35].

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement [15], ils sont directement rejetés dans le réseau domestique. - ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique. Ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

**I.4.4 Eaux agricoles :**

Les eaux agricoles sont particulièrement chargées en nitrates et phosphates qui provoquent l'eutrophisation des cours d'eau entraînant la prolifération des algues qui, lors de leur putréfaction, consomment l'oxygène dissous dans l'eau ce qui va perturber l'autoépuration [71].

**I.5. Les Normes et qualités****I.5.1. Normes Microbiologiques :**

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé est l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales suivantes :

*Tableau (I.1): Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable[16].*

Groupe de Paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres bactériologiques	Germes totaux à 22°C	Germe/ml	100
	Coliformes fécaux	Germe/100ml	0
	Streptocoques fécaux	Germe/100ml	0
	Clostridium-sulfito-réducteurs	Germe/100ml	0

### I.5.2. NORMES PHYSICO–CHIMIQUE DE L'EAU POTABLE

L'Algérie s'est basée sur les normes internationales pour établir ses propres normes, il s'agit au fait de combinaison de différentes normes qui existent sur le plan international.

*Tableau (I.2) : Les différents paramètres physico-chimiques [66].*

GRUPE DE PARAMETRE	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	pH	Unité PH	$\geq 6.5$ et $\leq 9.5$
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Chlorures	mg/l	500
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
Sulfates	mg/l	400	



*Tableau (I.3) : Paramètres avec valeurs limites [51].*

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres Chimiques	Aluminium	mg/l	0.2
	Ammonium	mg/l	0.5
	Baryum	mg/l	0.7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0.3
	Fluorures	mg/l	1.5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0.2
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0.5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	(H.P.A) totaux	µg/l	0.2
	Phénols	µg/l	0.5
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0.5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
Chlorite	mg/l	0.07	
Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/l	100	
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Becquerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0.1

**I.6. Importance de traitement des eaux**

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives) [45].

**I.7 Procédés d'épuration des eaux usées****a) Traitement préliminaire :**

Enlèvement des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute [40]. En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion [31].

**❖ Dégrillage :**

Le dégrillage et le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques, etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage).

**❖ Dessablage :**

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, sables et autres particules minérales de diamètres supérieures à 0,2 mm contenus dans les eaux usées, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, sa dégradation provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau [29].

**❖ Déshuilage :**

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations [18].

**b) Traitement primaire :**

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants [40]. La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système. À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO5 supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires [19].

**c) Traitement secondaire (traitement biologique) :**

Enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires [40]. Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées [31]. La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène). la voie anaérobie : si les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO<sub>2</sub>, méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...), la voie aérobie : si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO<sub>2</sub> et de biomasse [29]. L'épuration biologique des eaux usées peut être mise en œuvre dans les microorganismes se développent en suspension dans l'eau (boues activées), ou encore dans réacteurs à biomasse fixée dans lesquelles les micro-organismes se développent sur un support grossier ou sur garnissage plastique (lit bactériens), sur disque (disques biologiques).

**d) Traitement tertiaire :**

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable [36].

**I.7.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV :**

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s).

**❖ Traitement par voie physico-chimique :**

Le traitement tertiaire inclut un ou plusieurs des processus suivants: la désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes), la neutralisation des métaux en solution dans l'eau : en faisant varier le pH de l'eau dans certaines plages, on obtient une décantation de ces polluants.

**❖ Traitement des odeurs :**

Les premières phases du traitement, le dégrillage, le dessablage/déshuilage et la phase anaérobie du traitement biologique sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquerait des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air est collecté et traité. Il passe par trois tours de lavage : une d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ), une de Javel et une de soude [6].

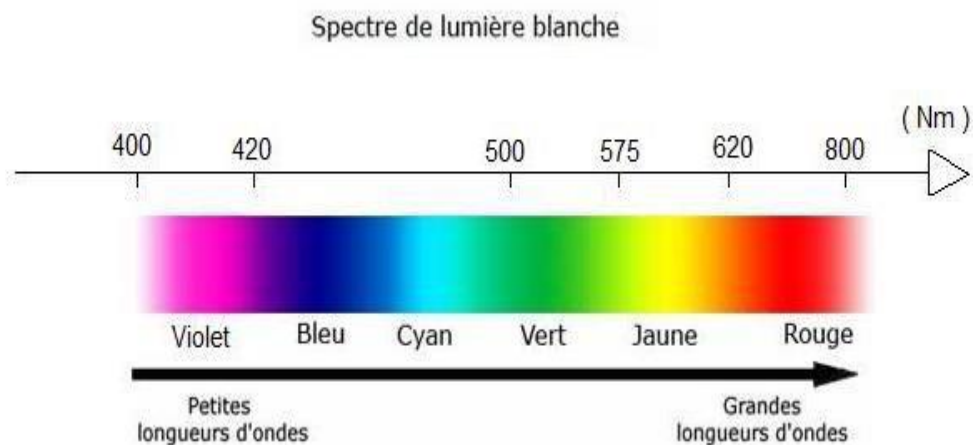
# CHAPITRE 2: LES COLORANTS

### II.1 Introduction

La contamination des ressources en eau, principalement au niveau de la qualité, est un problème qui se pose avec acuité de nos jours. Elle est le résultat de l'utilisation massive de polluants organiques et minéraux d'origine agricole, urbaine et industrielle. Ainsi, les colorants synthétiques employés dans l'industrie textile, représentent ce type de contaminants. Dans ces conditions, la contamination est essentiellement due à leurs rejets dans les rivières. De ce fait, ils peuvent nuire tant à la faune qu'à la flore. [70]

Un colorant est une substance ayant la propriété d'absorber une partie des rayonnements lumineux dans le spectre visible (entre 380 et 750 nm).

La couleur est donnée par la fraction de lumière non absorbée par le colorant (figure II.1).

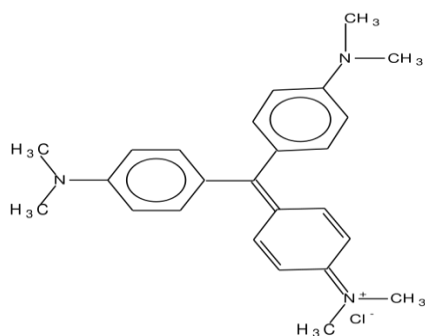


**Figure II.1 :** Domaines d'absorption de la lumière visible.

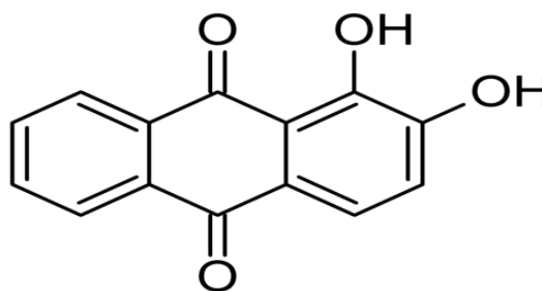
On sait que la couleur résulte d'une part, de l'interaction entre le rayonnement du spectre visible et de la matière et d'autre part, elle est le complément de la radiation absorbée (c'est-à dire que la couleur observée résulte de la superposition des radiations non absorbées). Ceci se traduit par des transitions électroniques des orbitales moléculaires de l'état fondamental vers celles de l'état excité. Il est connu également que les substances colorées doivent cette coloration à une conjugaison très étendue à plusieurs instaurations qui contribuent hautement à sont l'intensité appelées : chromophores. Des exemples typiques les illustrant sont :  $C=C$ ,  $C=O$ ,  $N=N$ ,  $N=O$ ,  $C=S$  ainsi que les cycles aromatiques. Ce qui donc, confère aux colorants, une structure assez complexe. De plus, ces chromophores possèdent souvent des auxochromes comme  $-OH$ ,  $-NH_2$  et des halogènes.

Ils contribuent ainsi à augmenter l'intensité de l'absorption, donc, de la couleur en participant à l'extension de la conjugaison par l'intermédiaire de leur doublet libre, sans pour autant qu'ils absorbent dans le domaine de la longueur d'onde du substrat.

Des exemples de colorants sont montrés dans **les figures (II.2) et (II.3)**.



**Figure II.2:** Formule semi-développée  
De violet de gentiane.



**Figure II.3 :** structure de colorante  
Alizarine.

**Tableau II.1 :** Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité Croissante [27].

<i>groupes Chromophores</i>	<i>groupes Auxochromes</i>
<b>Azo (-N=N-)</b>	<b>(Amino -NH<sub>2</sub>)</b>
<b>Nitroso (-N=O ou -N-OH)</b>	<b>(Methylamino -NHCH<sub>3</sub>)</b>
<b>Carbonyle (&gt;C=O)</b>	<b>(Dimethylamino -N (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)</b>
<b>Vinyl (-C=C-)</b>	<b>Hydroxyl (-HO)</b>
<b>Nitro (-NO<sub>2</sub> OU =NO-OH)</b>	<b>Alkoxy (-OR)</b>
<b>thiocarbonyle (&gt;C=S)</b>	<b>Iodi (I-)</b>
<b>Methine (-CH=, -CR=)</b>	<b>Bromo (Br-)</b>
<b>Azomethine (-CH=NH)</b>	<b>Chloro (Cl-)</b>



## II.2 Origine des colorants

Depuis le début de l'humanité, les colorants ont été appliqués dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne pour la peinture et la teinture du papier, de la peau, des textiles et des aliments etc. Jusqu'à la moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, les colorants appliqués étaient d'origine naturelle. Ces colorants sont tous des composés aromatiques [94] d'origine végétale, extraits des plantes, des arbres, ou bien d'origine animale, extraits des insectes comme le kermès ou des mollusques comme la pourpre. ... Dans leur ensemble, ils sont obtenus à partir de sources végétales.

## II.3 Classification des colorants

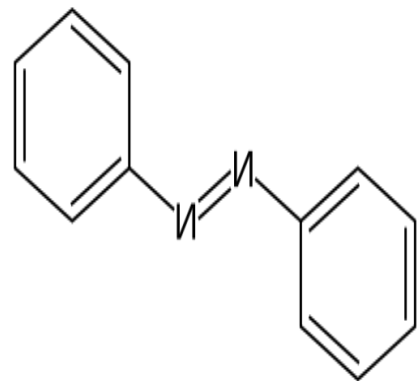
Les colorants présentent une diverse structure considérable et ils sont classifiés de plusieurs manières, classification selon leur constitution chimique, tinctoriale et technique [5] :

### II.3.1. Classification selon la constitution chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupement chromophore.

- **les colorants azoïques**

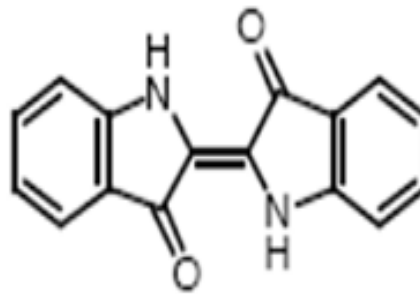
Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-) reliant deux noyaux benzéniques. Cette catégorie de colorant est actuellement la plus répandue sur le plan de l'application, puisqu'ils représentent plus de 50% de la production mondiale de matières colorantes [30,14].



**Figure II.4 :** Exemple de colorant Azoïque.

- **les colorants indigoïdes**

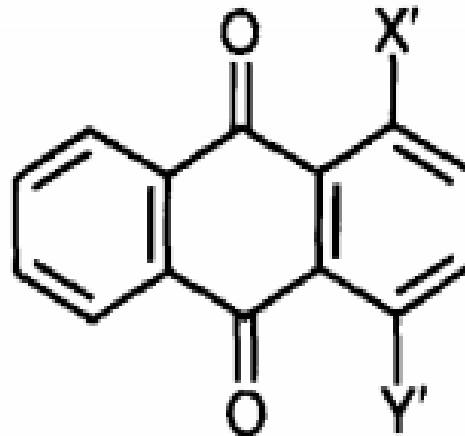
Les colorants indigoïdes sont utilisés comme colorant en textile, comme additifs en produits pharmaceutiques, la confiserie, ainsi que dans des diagnostics médicaux [85,63].



**Figure II.5 :** structure de colorant indigoïdes

- **les colorants anthraquinoniques**

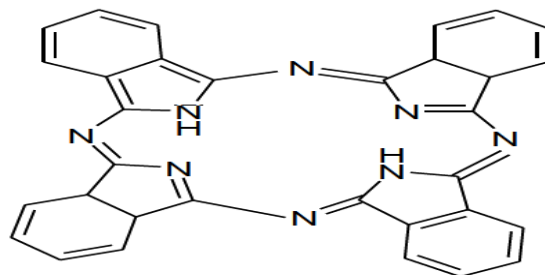
Toutefois, une teinture uniforme est obtenue plus facilement avec les anthraquinoniques car ils ont une taille moléculaire plus faible. Par conséquent, ce type de colorants est plus adapté à la teinture en nuances claires alors que les colorants azoïques, qui ont une taille moléculaire plus importante et qui sont moins chers, conviennent mieux pour l'obtention de nuances foncées [76].



**Figure II.6 :** Structure d'anthraquinoniques

- **les colorants phtalocyanines**

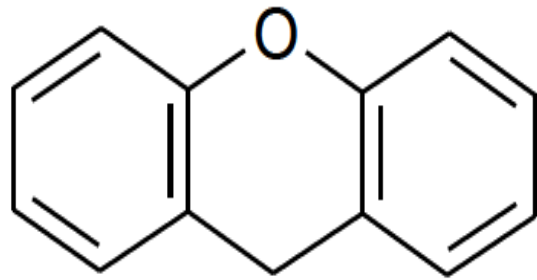
Une structure complexe possédant un atome métallique central. Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.) [86].



**Figure II.7 :** Structure de la phtalocyanine

- **les colorants xanthènes**

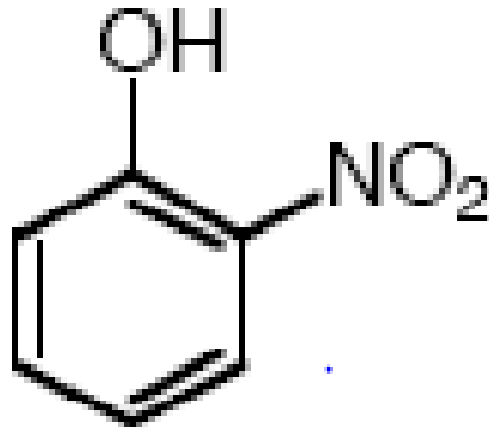
Les xanthènes sont des composés organiques tricycliques. Ils sont constitués d'un cycle de pyrane encadré par deux cycles de benzène. Les colorants de cette famille sont caractérisés par une intense fluorescence. Ils sont utilisés comme colorants alimentaire, cosmétique, textile et pour l'impression [65]



*Figure. II .8 : structure du xanthène*

- **les colorants nitrés et nitrésés**

Forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés , du fait de leur prix très modéré lié à la simplicité de leur structure moléculaire caractérisée par la présence d'un groupe nitro (-NO<sub>2</sub>) en position



ortho d'un groupement électro-donneur (Hydroxyle ou groupes aminés) [13].

*Figure II.9 : Exemple de colorant nitré*

### II.3.2 Classification tinctoriale

La classification tinctoriale intéresse le teinturier. Les éléments clés sont la solubilité du Colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la nature de la Fixation. On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les Auxochromes [86]

## a) Les colorants acides ou anioniques

Solubles dans l'eau grâce à leurs groupements Sulfonates ou carboxylates, ils sont ainsi dénommés. Parce qu'ils permettent de teindre les fibres animales (Laine et soie) et quelques fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) en bain légèrement acide. [78].

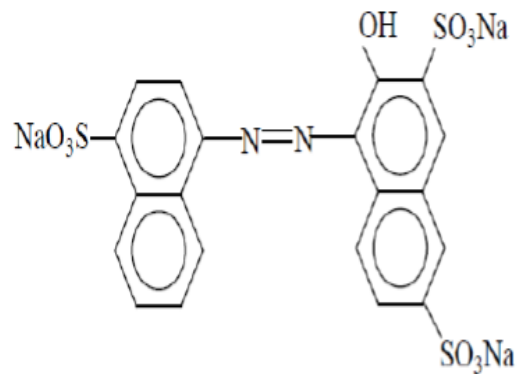


Figure II.10 : structure de Colorant acide

## b) Les colorants basiques ou cationiques

Sont des sels d'amines organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Les liaisons se font entre les sites cationiques des colorants et les sites anioniques des fibres.

En phase de disparaître dans la teinture de la Laine et de la soie, ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur les quelles ils permettent des nuances très vives et résistantes [82].

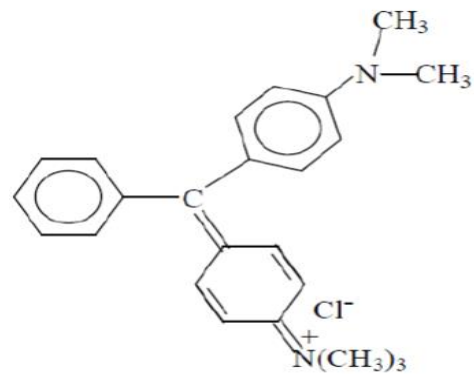


Figure II.11: structure de Colorant basique

## c) Les colorants de cuve

Les colorants de cuve sont insolubles et doivent être transformés en leuco dérivés par réduction alcaline. La teinture termine par la réoxydation in situ du colorant sous sa forme insoluble initiale. Réputés pour leur bonne résistance aux agents de dégradation, les colorants de cuve sont encore utilisés, à l'image de l'indigo pour la teinture des articles jean ou denim [13].

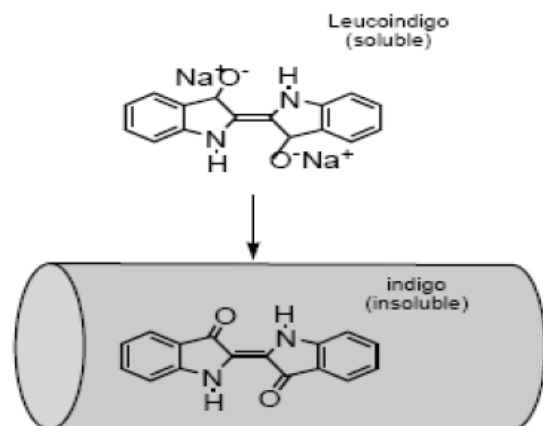


Figure II.12 : Exemple de Colorant de cuve

### d) Les colorants directs

Ce sont des colorants à caractère anioniques; ils sont solubles dans l'eau et utilisés en solution aqueuse.

La solubilité de ces colorants dans l'eau est réduite par l'addition des sels neutres de métaux Alcalins (sulfate de sodium, chlorure de Sodium etc.) sont utilisés à la teinture des tissus de doublures, des fils de laine, des tapis et pour beaucoup d'articles à bon marché [47].

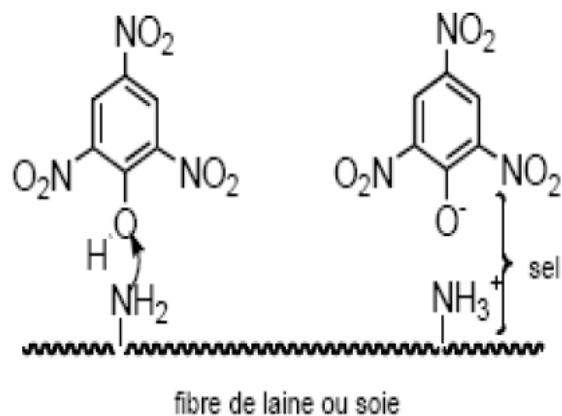


Figure II.13 : structure de Colorant direct.

### e) Les colorants à mordants [38]

Les colorants à mordants contiennent généralement un ligand fonctionnel capable de réagir fortement avec un sel d'aluminium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de nickel ou de fer pour donner différents complexes colorés avec le textile

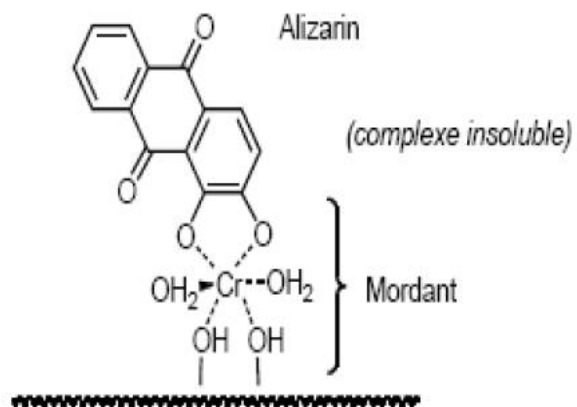


Figure II.14 : Exemple de Colorant à mordants.

### f) Les colorants dispersés

Les colorants dispersés (ou dispersifs) donnent des couleurs stables à la lumière, aux acides, au formaldéhyde et aux actions thermiques. Ils sont non-ioniques, insolubles dans l'eau et sont utilisés pour la coloration sous forme de dispersion aqueuse. Pratiquement insolubles dans l'eau, ils sont par contre solubles dans la phase organique des fibres dépourvues de groupement acide ou basique (fibres synthétiques telles que polyester, Polyamide, poly acrylonitrile...). Ils sont importants pour la teinture de l'acétate de cellulose et des fibres synthétiques [47].

### II.3.3 classification technique

#### •les colorants naturels

Ils sont très répandus, surtout dans les plantes (bois, racines, graines, fleurs et fruits) et même dans les micro-organismes et le corps des animaux. On les trouve à l'état libre ou liés à des glucides ou des protéines, exemple : garance, cochenille, indigo, pourpre.

Aujourd'hui, l'importance économique des colorants organiques naturels a beaucoup diminué. Du fait de leur cherté, on ne les utilise dans l'industrie textile, du cuir et du papier que pour des traitements spéciaux. Ils restent, en revanche très utilisés dans les produits alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques soumis à des réglementaires plus stricte.

#### •les colorants synthétiques

Les colorants synthétiques dominent aujourd'hui le marché surtout que leurs propriétés peuvent être précisément adaptées à leur utilisation. Tous ces colorants sont synthétisés principalement à partir des produits pétroliers, notamment du benzène et de ses dérivés (toluène, naphthalène, xylène et anthracène) [83], Ils sont de plus en plus utilisés dans les industries de coloration et des textiles grâce à leur synthèse assez facile, à leur production rapide et à la variété de leurs couleurs comparées aux colorants naturels [44].

La dénomination des colorants commerciaux est loin de présenter la rigueur de celle des composés chimiques parce que, d'une part ce ne sont généralement pas des produits purs et que, d'autre part, les fabricants préfèrent très souvent ne pas en divulguer la composition exacte. Cela a conduit, sous une inspiration poétique, à baptiser les premiers colorants de noms de plantes (mauvéine, fushine, garance, etc.) puis de noms de minerais (vert malachite, auramine, etc.). Par la suite, ils furent désignés selon la constitution chimique du composé de base (bleu de méthylène, noir d'aniline, vert naphthalène, etc.).

Actuellement, les fabricants de matières colorantes déposent des marques protégées qui ne donnent aucune indication sur la structure, mais caractérisent la nuance et les procédés d'application. Ainsi, chaque colorant est désigné par sa couleur, sa marque commerciale et un code qui permet d'insister sur une nuance (par exemple : R = red ; Y = Yalow ou G= green; B= bleu ; 2B = more Blue, etc.) ou une qualité (L =résistant à la lumière). La production totale mondiale de colorants est estimée à 800millions tonnes/an [95].

### II.4 Application des colorants

Les colorants présentent de nombreuses applications dans différents domaines, dont voici quelques unes essentielles [92]:

- a) L'industrie de matière plastique (pigment).
- b) L'industrie du bâtiment : peintures (pigment).
- c) L'industrie pharmaceutique (colorant).
- d) L'industrie des cosmétiques.
- e) L'industrie agroalimentaire (colorants alimentaires).
- f) L'imprimerie (papier, encre).

### II.5 Aspect toxicologique et impact environnemental

Les colorants sont des composés difficilement biodégradables par les microorganismes, ils sont toxiques ou nocifs pour l'homme et les animaux.

#### a) Toxicité sur la santé humaine

Plusieurs travaux de recherche sur les effets toxiques des colorants sur la santé humaine ont été développés [2]. En effet, des chercheurs [32] ont montré que les colorants aminés sont souvent aptes à provoquer des irritations de la peau et des dermites. Des effets similaires avec production d'eczéma et d'ulcération ont été observés chez les ouvriers d'usine de fabrication des colorants de la série du triphénylméthane [2]. Des réactions allergiques, asthme quelquefois et surtout des dermites eczémateuses ont été observés avec divers colorants aminés azoïques, anthraquinoniques, ainsi qu'avec certains colorants du groupe des naphthalènes (chélite de rouge) [32].

Les colorants de synthèse à base d'amines entraînent des risques cancérigènes, des tumeurs urinaires et plus spécialement les tumeurs bénignes et malignes de la vessie [32]. En 1913, pour la première fois, on s'est rendu compte qu'il y avait une relation entre la production d'aniline et l'apparition de cancers de la vessie : ces maladies ont particulièrement touché les ouvriers allemands [17] D'autres recherches [46] ont signalé que la tartrazine développe un certain nombre de réactions adverses chez certains individus

comme le purit, l'oedème, l'urticaire, l'asthme et la rhinite.

Les colorants azoïques sont aussi responsables d'apparition de Lépatomes chez l'homme. Les colorants métallifères sont parmi les substances qui représentent de grands risques pour la santé de l'homme. Ils peuvent également causer des dégâts sur les réseaux d'assainissement et des perturbations des traitements biologiques dans les stations d'épuration à cause de leur toxicité élevée [67]. L'utilisation des colorants à base d'arsenic tels que le vert de Scheele (arsénite de cuivre), vert de Schweinfurt (acétoarsénite de cuivre) provoquent des troubles digestifs : digestion pénible, nausées, diarrhée et peuvent être à l'origine des irritations de peau, des muqueuses oculaires et pulmonaires et surtout de cancer [32]. La granulomatosse pulmonaire est signalée chez les femmes utilisant des laques colorées et parfumées plusieurs fois par jour pendant des années [32].

### **b) Toxicité des milieux aquatiques par les rejets industriels**

Un certain nombre de colorants présente un caractère toxique sur le milieu aquatique provoquant la destruction directe des communautés aquatiques [8]. Les rejets des usines de teinturerie et de textile sont à l'origine de diverses pollutions telles que : l'augmentation de la DBO5 et la DCO, diminuant la capacité de ré aération des cours d'eau et retardant l'activité de photosynthèse. [74]

### **c) Impacts Environnementaux**

Beaucoup de colorants sont visibles dans l'eau même à de très faibles concentrations ( $< 1 \text{ mg L}^{-1}$ ). Ainsi, ils contribuent aux problèmes de pollution liés à la génération d'une quantité considérable d'eau usée contenant des colorants résiduels [95]. Le rejet de ces eaux résiduaires dans l'écosystème est une source dramatique de pollution, d'eutrophisation et de perturbation non esthétique dans la vie aquatique et par conséquent présente un danger potentiel de bioaccumulation qui peut affecter l'homme par transport à travers la chaîne alimentaire.



**II.6 Traitement des colorants**

Des quantités plus ou moins importantes de colorants sont rejetées dans l'environnement Ceci est dû en grande partie au degré de fixation des colorants aux fibres cellulosiques Le traitement des rejets textiles, compte tenu de leur hétérogénéité de composition conduira toujours à la conception d'une chaîne de traitement assurant l'élimination des différents polluants par étapes successives. La première étape consiste à éliminer la pollution insoluble par l'intermédiaire de prétraitements (dégrillage, dessablage,déshuilag) et/ ou de traitements physiques ou physicochimiques assurant une séparation (solide/liquide). Les techniques de dépollution intervenant le plus couramment en deuxième étape dans les industries textiles [12,55] se divisent en deux types :

- ✓ Physico-chimique
- ✓ Biologique

*Tableau II.2 : Taux de fixation sur textile pour les différentes classes de colorants [87,10].*

Classe de colorant	Fixation (%)	Fibre utilisé
Acide	80-93	Laine, nylon
Azoïque	90-95	Cellulose
Basique	97-98	Acrylique
De cuve	80-95	Cellulose
Direct	70-95	Cellulose
Dispersé	80-92	Synthétique
Réactif	50-80	Cellulose
Soufré	60-70	Cellulose

**II.6.1 Procédés physico- chimiques**

**II.6.1.1 Adsorption**

L'adsorption est un procédé de transfert de matière entre une phase liquide (ou gazeuse) chargée en composés organiques ou inorganiques et une phase solide, l'adsorbant. Pendant des décennies, les charbons actifs commerciaux ont été les principaux, voire les seuls

adsorbants utilisés dans les filières de traitement d'eaux. En effet, l'adsorption sur charbons actifs présente de nombreux avantages : elle permet l'élimination d'une large gamme de polluants, dont différents types de colorants, mais aussi d'autres polluants organiques et inorganiques, tels que les phénols, les pesticides, les substances humiques, les détergents, ainsi que les composés responsables du goût et de l'odeur. A l'inverse de la précipitation, l'adsorption est plutôt efficace dans le domaine des faibles concentrations [81].

### **II.6.1.2 coagulation - floculation**

Cette technique de traitement physico-chimique est utilisée pour enlever davantage la DCO et la couleur avant un traitement biologique. Ce procédé est basé sur l'addition d'un coagulant qui avec les polluants organiques forme des floes. Ces floes sont ensuite éliminés par décantation et filtration, [22, 73, 90].

### **II.6.1.3 filtration sur membranes**

Les procédés membranaires sont des techniques de séparation par perméation à travers une membrane, sous l'action d'un gradient de pression. La séparation se fait en fonction des tailles moléculaires des composés, mais aussi de leur forme, leur structure, leur polarisabilité, leur solubilité, de la présence de Co-solutés, du matériau et de la configuration de la membrane, des paramètres opératoires, des phénomènes de colmatage, etc... Les techniques membranaires regroupent la microfiltration, l'ultrafiltration, la nano filtration et l'osmose inverse. Parmi eux, l'ultrafiltration et nano filtration [84,61] sont des techniques efficaces pour l'élimination de toutes classes des colorants.

### II.6.1.4 les POAs

Les POA regroupent des méthodes chimiques, photochimiques ou électrochimiques. Le développement de ces méthodes est en plein essor depuis environ trois décennies. Ces méthodes de traitement consistent à dégrader les molécules de colorants en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O au moyen du rayonnement UV en présence d'hydrogène peroxyde [77].

#### II.6.1.4.1 Procédé d'oxydation avancée chimique : réaction de Fenton

La possibilité d'utilisation du réactif de Fenton dans le domaine de l'environnement, en particulier dans le traitement des eaux usées, a été abordée durant les deux dernières décennies. Le réactif de Fenton n'est autre que le peroxyde d'hydrogène activé au moyen d'un sel ferreux et constitue un agent oxydant adapté au traitement d'effluents contenant des colorants résistants à la biodégradation ou toxiques vis-à-vis des microorganismes [64].

#### II.6.1.4.2 Procédés d'oxydation avancée électrochimique

Traitement des effluents colorés par électrochimie semble être plus intéressant, dans la mesure où le procédé dans ce cas fait preuve d'une bonne efficacité technique et économique. En effet, les effluents recueillis en sortie ne présentent généralement aucun danger pour les organismes vivants et la mise en œuvre de ce procédé nécessite très peu ou pas du tout de réactifs chimiques [61].

#### II.6.1.4.3 Procédés d'oxydation avancée photochimique

La photo dégradation des colorants peut avoir lieu en présence ou non de catalyseurs et/ou d'agents oxydants, tels que le peroxyde d'hydrogène, ou l'ozone. La réaction peut conduire à la minéralisation complète de la molécule polluante. Ce phénomène est dû en particulier à l'action des radicaux hydroxyles [77].

### II.6.2 Procédés biologiques

La présence dans les eaux ou dans le sol, les polluants organiques sont toujours existée. Leurs éliminations par des microorganismes constituent le moyen biologique que la nature a utilisé pour l'épuration des milieux naturels. Ces procédés biologiques se produisent selon deux modes: traitements en aérobie; ils sont effectués en présence d'O<sub>2</sub> et traitement en anaérobie; dans ce cas les microorganismes dégradent la matière organique en absence d'O<sub>2</sub> [96].

### II.6.2 .1.Traitement aérobie

Des réacteurs dits à lits bactériens sont utilisés pour cet effet. Ils sont constitués d'une unité de boue activée où les polluants sont décomposés par des bactéries aérobies et autres microorganismes. Après épuration, la boue est séparée des eaux usées par sédimentation dans un décanteur, une partie est recyclée et le surplus est évacué après pressage ou centrifugation. Ce procédé est resté longtemps un moyen pour dégrader un grand nombre de polluants organiques Il s'est avéré efficace pour une certaine catégorie de rejets textiles [80]. Notons cependant que des colorants tels que les azoïques, les colorants acides et les colorants réactifs se sont révélés persistants à ce mode de traitement [68,48]. La décoloration observée dans ces cas est attribuée à l'adsorption de ces polluants sur la boue activée et non à leur dégradation.

### II.6.2.2.Traitement anaérobie.

En absence de l'oxygène, la digestion anaérobie des composés organiques conduit à la formation du dioxyde de carbone, du méthane et de l'eau. Ce procédé présente une efficacité importante dans le traitement des effluents très chargés caractérisés par une DCO relativement élevée. Ce procédé utilisé dans les stations d'épuration des eaux permet de produire des quantités importantes en méthane. Ce dernier est utilisé comme source d'énergie notamment pour le chauffage ou pour l'éclairage.Des études ont montré que la réduction voire la disparition de la couleur n'est pas accompagnée de la minéralisation des colorants.

La formation de composés intermédiaires plus toxiques, notamment des amines a été signalée dans la littérature [91,21] ont estimé la réduction de coloration par les procédés biologiques à seulement 10-20 %. Cette constatation laisse présager d'autres techniques qui permettraient d'abaisser le degré de rétractabilité de la charge polluante en association avec les méthodes biologiques [89].

Tableau II.3:avantages et inconvénients des techniques de traitements des colorants [97].

Technologie	Exemples	Avantages	Inconvénients
<b>Coagulation / Flocculation</b>	Chaux, FeCl <sub>3</sub> , Poly électrolytes.	Équipement simple -Décoloration relativement rapide.  -Réduction significative de la DCO	-Formation de boues -Fonctionnement onéreux -Coagulants non réutilisables -Réduction spécifique de la couleur
<b>Filtration sur membranes</b>	Osmose inverse,  Nanofiltration,  Microfiltration,  Ultrafiltration.	Utilisation simple et rapide -Pas d'addition de produits chimiques -Faible consommation Energétique	Investissement important -Sélectif -Encrassement rapide des membranes
<b>Adsorption</b>	Carbone activé,  Sciure de bois,	-Réduction efficace de la couleur -Technologie simple -Faible coût d'utilisation Pour certains adsorbants.	-Lent et limité en volume -Sélectif -Formation de boue
<b>Oxydation Chimique</b>	Ozone  Réactif de Fenton  Chloration	-Traitement de gros Volumes -Diminution nette de la coloration -Décoloration rapide et efficace -Opération simple	-Efficacité limitée pour certain Colorants -Produits d'oxydation inconnus -Formation de sous produits de chloration
<b>Réduction Chimique</b>	Chlorure d'étain,  Hydrosulphite	-Décoloration efficace des azoïques	-Formation d'amines aromatiques -Dégradation incomplète
<b>Procédés Biologiques</b>	Aérobie    Anaérobie	-Approprié pour les colorants insolubles    -Décolore la plupart des colorants	-Spécifique à certains colorants -Décoloration variable -Grandes quantités de boue générées -Besoins énergétiques importants -Beaucoup de produits toxiques non dégradés

### II.7 Généralités sur le colorant utilisé dans notre étude (le violet de gentiane)

Les violettes de méthyle sont des mélanges de pararosanilines de tétraméthyle, de pentaméthyle et d'hexaméthyle (cette dernière est également connue sous le nom de cristal violet ou violet de méthyle 10B). Pour cette raison, la nuance particulière diffère en fonction de la quantité de chaque cadeau. Plus les colorants sont méthylés, plus l'échantillon sera bleu foncé. Le violet de méthyle 6B est habituellement plus foncé que le violet de méthyle 2B, et le violet de méthyle 10B est habituellement encore plus foncé. Leur utilisation la plus commune est dans la coloration de Gram pour la démonstration et la classification primaire des bactéries. Les violettes méthyliques sont métachromatiques et sont parfois utilisées pour démontrer l'amyloïde.

Le nom de *violet de gentiane* est souvent utilisé pour les colorants dans ce groupe général, mais il ne peut pas être invoqué pour une cohérence dans l'identification. Il est préférable d'éviter complètement le nom. [75]

# CHAPITRE 3: phénomène d'adsorption

**III.1 Introduction**

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies les plus importantes. Elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques, chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

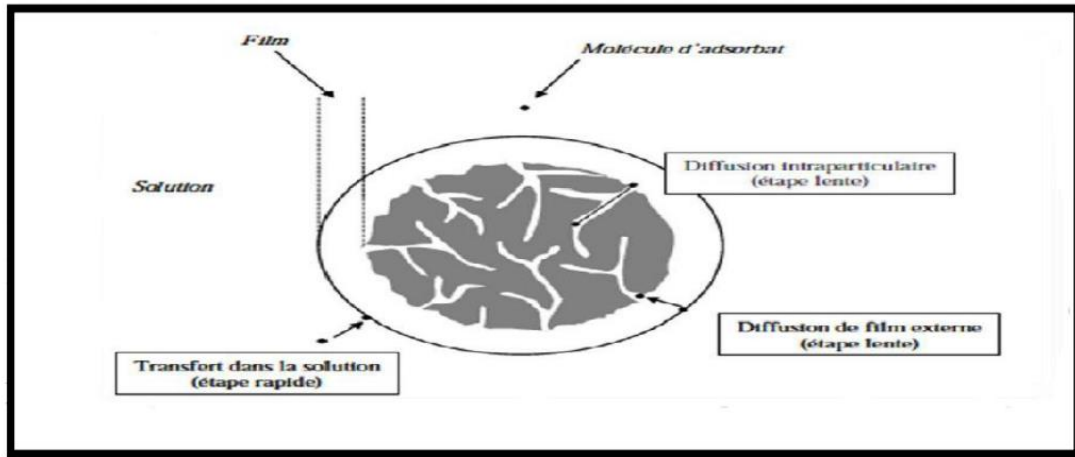
L'adsorption est un phénomène d'interface (phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide) qui peut se manifester entre un solide et un gaz, ou entre un solide et un liquide. Celui-ci, est général pour toutes les surfaces. Aux interfaces, les attractions intermoléculaires ne sont pas compensées dans toutes les directions et ils subsistent par des forces résiduelles dirigées vers l'extérieur. Ces forces représentent une énergie superficielle par unité de surface, comparable à la tension superficielle des liquides. Ces dernières, sont neutralisées lorsque des particules mobiles (un gaz ou un soluté) se fixent en surface, on dit qu'elles s'adsorbent [93]. Cette adsorption se produit spontanément et s'accompagne d'une diminution de l'énergie libre du système, c'est un phénomène toujours exothermique.

**III.2 définition et principe**

L'adsorption est un procédé de traitement, bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air. Au cours de ce processus les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de fixer à leurs surfaces des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière plus ou moins réversible.

Au cours de ce processus, il y aura donc un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide. Le solide acquiert alors des propriétés superficielles (hydrophobie ou hydrophilie) susceptibles de modifier l'état d'équilibre du milieu (dispersion, floculation) [24]





*Figure III -1 : Les étapes de l'adsorption.*

➤ L'adsorption est caractérisée par quatre étapes principales :

**1ère étape:** Transfert de l'adsorbat de la phase liquide vers la couche limite du film liquide liée à la particule solide (par convection ou diffusion). **Etape très rapide.**

**2ème étape:** Transfert de l'adsorbat à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant. **Etape rapide.**

**3ème étape :** Diffusion à l'intérieur de la particule d'adsorbant selon deux voies, sous l'influence du gradient de concentration. **Etape lente.**

**3a :** Sous l'état adsorbé, par diffusion de surface.

**3b :** A l'état libre, par diffusion de pores.

**4ème étape :** Adsorption dans un micropore. **Etape très rapide.**

### III.3 Type d'adsorption

- **Adsorption physique (ou physisorption) :**

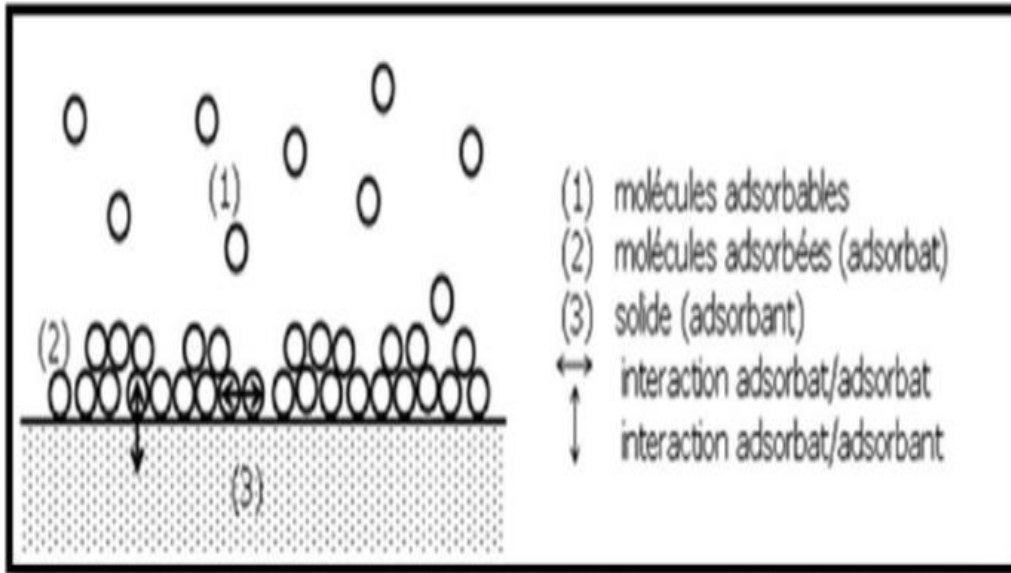
C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de, Van der Waals.

Ce type d'adsorption se caractérise par :

- ✓ La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide.
- ✓ Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé;
- ✓ Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité [52].

- ✓ Les valeurs d'enthalpie d'adsorption se situent souvent autour de 10 kJ/mol [41].

Ce phénomène consiste essentiellement en la condensation de molécules sur la surface du solide est favorisé par un abaissement de la température [57].



*Figure III.2 : Schéma de l'adsorption physique [42].*

- **l'Adsorption chimique (ou chimisorption) :**

C'est une adsorption de type chimique, qui résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert d'électrons; il y a donc des ruptures et des créations de liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant.

La chimisorption se caractérise par :

- Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide ;
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température;
- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique ;
- La non-réversibilité ;
- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats.

Le Tableau suivant résume les principales différences entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique :

*Tableau III.1 : La différence entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique*

propriété	Adsorption physique	Adsorption chimique
<b>Chaleur d'adsorption</b>	Environ 5 kcal/mole	Environ 10kcal/mole
<b>Température de processus</b>	Relativement basse	Plus élevée
<b>Liaison entre gaz-solide</b>	Physique	Chimique
<b>Spécialité cristallographique</b>	Processus non spécifique	Processus non spécifique
<b>Désorption</b>	Facile	Difficile
<b>La distance entre les molécules et la surface du solide</b>	Grand	Petite
<b>La vitesse d'adsorption</b>	Rapide	Lente
<b>Les énergies de liaisons</b>	0 et 40kj/mole	40kj/mole
<b>Prise de saturation</b>	Phénomène multicouche	Phénomène monocouche

**III.5 les facteurs influençant le phénomène d'adsorption :**

Plusieurs paramètres influencent sur l'adsorption dont les plus importants sont :

**a) Les paramètres physico-chimiques du milieu :****✓ La température :**

La quantité adsorbée à l'équilibre augmente avec l'augmentation de température. De plus, l'adsorption libère une chaleur d'adsorption comme toute réaction exothermique, elle est donc favorisée par les basses températures.

**✓ Le pH :**

L'adsorption est maximale au point isoélectrique. En ce point, les liaisons de l'adsorbat avec l'eau sont faibles.

**✓ La présence d'interférents :**

La compétition entre plusieurs espèces, pour occuper les sites actifs présents sur la surface d'adsorbant. Elle cause la réduction de la quantité adsorbée.

**b) Facteurs caractérisant l'adsorbat :**

Toutes les substances ne sont pas adsorbables au même titre. La capacité de rétention d'un polluant est fonction de:

- ✓ L'énergie de liaison de la substance à adsorber.
- ✓ La structure et la taille des molécules : un haut poids moléculaire réduit la diffusion et par conséquent la fixation de l'adsorbat.
- ✓ Sa solubilité: moins une substance est soluble, mieux elle est adsorbée.
- ✓ Sa concentration.

**c) Facteurs caractérisant l'adsorbant :**

Un solide adsorbant est caractérisé par des propriétés physicochimiques, mécaniques et géométriques. Les plus importantes sont les propriétés géométriques.

**✓ La surface spécifique:**

La surface spécifique est une mesure essentielle de la capacité de sorption de l'adsorbant. Elle désigne la surface accessible rapportée à l'unité des poids d'adsorbant. Une surface spécifique est d'autant plus grande, si l'adsorbant est plus divisé.

✓ **La structure de l'adsorbant :**

L'adsorption d'une substance croit avec la diminution de la taille des particules et les dimensions des pores de l'adsorbant. Mais, si le diamètre des pores est inférieur au diamètre des molécules, l'adsorption de ce composé sera négative, même si la surface de l'adsorbant a une grande affinité pour le composé.

La distribution des tailles des pores joue un rôle important dans la cinétique globale du Processus d'adsorption.

✓ **La polarité :**

Les solides polaires adsorbent préférentiellement les corps polaires, et les solides apolaires adsorbent les corps apolaires. L'affinité pour les substrats croit avec la masse moléculaire de l'adsorbat. L'adsorption est plus intense pour les corps qui ont relativement plus d'affinité pour le soluté que pour le solvant [20, 24].

### III.6 les différents adsorbants

➤ **Les Adsorbants minéraux**

Les adsorbants minéraux peuvent exister à l'état naturel ou synthétisés. On peut citer le gel de silice, l'argile, le charbon actif, les bentonites, la zéolithe, l'alumine activée.

➤ **Les bio-adsorbants**

L'idée d'utiliser des substances naturelles appelées bio-adsorbants (bioproduits, bio polymères) pour le traitement des eaux n'est pas nouvelle puisqu'elle est utilisée en Inde, en Afrique et en Chine pour clarifier l'eau depuis plus de 2000 ans.

Ces ressources présentent de nombreuses avantages et des propriétés intéressantes. Elles sont abondantes, renouvelables, biodégradables et peu coûteuses. D'un point de vue chimique, elles contiennent des chaînes macromoléculaires porteuses de nombreuses fonctions chimiques très réactives.

**Les propriétés physico-chimique et biologique des bio-adsorbants :**

- Non toxique.
- Biocompatibilité.
- Biodégradabilité.
- Polyfonctionnalité.
- Grande réactivité chimique (présence de nombreux sites chimique).

- Versatilité.
- Propriété d'adhésion.
- Propriété filmogènes.

### III.7 les modèles d'adsorption

#### a) Le modèle de Langmuir :

L'équation de Langmuir est fondée sur les hypothèses suivantes [57] :

- L'adsorption a lieu sur des sites spécifiques de l'adsorbant.
- Tous les sites d'adsorption de l'adsorbant sont indépendants et énergétiquement équivalents.
- Il n'y a pas d'interaction entre les molécules adsorbées sur des sites voisins.
- La surface de l'adsorbant est homogène.
- Une seule molécule s'adsorbe sur chaque site, formant ainsi une monocouche.
- L'adsorbant a une capacité finie vis-à-vis de l'adsorbat.

L'équation de Langmuir s'écrit :

$$Q_{eq} = \frac{Q_{max} K_L C_{eq}}{1 + K_L C_{eq}}$$

**Avec :**

$Q_{eq}$  : est la quantité de soluté adsorbé à l'équilibre (mmol.g-1).

$Q_{max}$  : la capacité maximale d'adsorption (mmol.g-1).

$K_L$  : la constante de Langmuir (L.mmol-1).

$C_{eq}$  : la concentration du soluté à l'équilibre dans la solution (mmol.L-1)

La forme linéaire de l'équation de Langmuir est :

$$\frac{C_{eq}}{Q_{eq}} = \frac{C_{eq}}{Q_{max}} + \frac{1}{K_L Q_{max}}$$

En traçant  $\frac{C_{eq}}{Q_{eq}}$  en fonction de  $(C_{eq})$  on obtient une droite de pente  $\frac{1}{Q_{eq}}$  et d'ordonnée à l'origine  $\frac{1}{C_{eq} Q_{eq}}$ ; cela permet la détermination des deux paramètres d'équilibre l'équation  $Q_{max}$  et  $K_L$ .

### b) Le modèle de Freundlich

Isotherme de Freundlich Zeldovitch [52] et Freundlich [41] considèrent qu'il y a différents types de sites d'adsorption d'énergie différente, mais de même entropie, distribués selon une loi exponentielle en fonction de la chaleur d'adsorption  $Q$ .

La densité de sites décroît exponentiellement

Le modèle de Freundlich se présente sous la forme :

$$q_e = K_f (C_e)^{1/n_f}$$

Avec :

$q_e$  : Quantité adsorbée par gramme du solide (mg/g).

$C_e$  : Concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption (mg/l).

$K_f$  et  $1/n_f$  : constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis à-vis d'un soluté donné.

La transformée linéaire permettant de vérifier la validité de cette équation est obtenue par passage en échelle logarithmique :

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n_f} \ln C_e$$

En traçant  $\ln q_e$  en fonction de  $\ln C_e$ , on obtient une droite de pente  $1/n_f$  et d'ordonnée à l'origine  $\ln K_f$ ; cela permet la détermination des deux paramètres d'équilibre de l'équation  $n_f$  et  $K_f$ .

### c) La théorie de Brunauer, Emmett et Teller (BET) :

Ce modèle admet la formation de multicouches d'adsorbât, une distribution homogène des sites sur la surface de l'adsorbant et l'existence d'une énergie d'adsorption qui retient la première couche de molécules adsorbées et une deuxième énergie qui retient les couches suivantes. Le modèle rend compte aussi du phénomène

de saturation et fait intervenir la solubilité du solide dans le solvant, sous la forme de concentration  $C_s$  de saturation.

L'isotherme de **BET** est représentée par l'équation suivante [56]:

$$\frac{q}{q_m} = \frac{K_B \left(\frac{C}{C_0}\right)}{\left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \left[1 + (K_B - 1) \frac{C}{C_0}\right]}$$

Avec

**C** : concentration au temps t (mg/L).

**C<sub>0</sub>** : Concentration initiale (mg/L).

**q<sub>t</sub>** : Capacité adsorbée au temps t en (mg/g).

**q<sub>m</sub>** : Capacité de rétention mono moléculaire en (mg/g).

**K<sub>B</sub>** : Constante de B.E.T.

La linéarisation et la représentation graphique de l'équation précédente  $\frac{C}{q_e(C_0 - C)}$  en fonction de  $\frac{C}{C_0}$  permettent de déterminer le **K<sub>B</sub>** et **q<sub>m</sub>**.

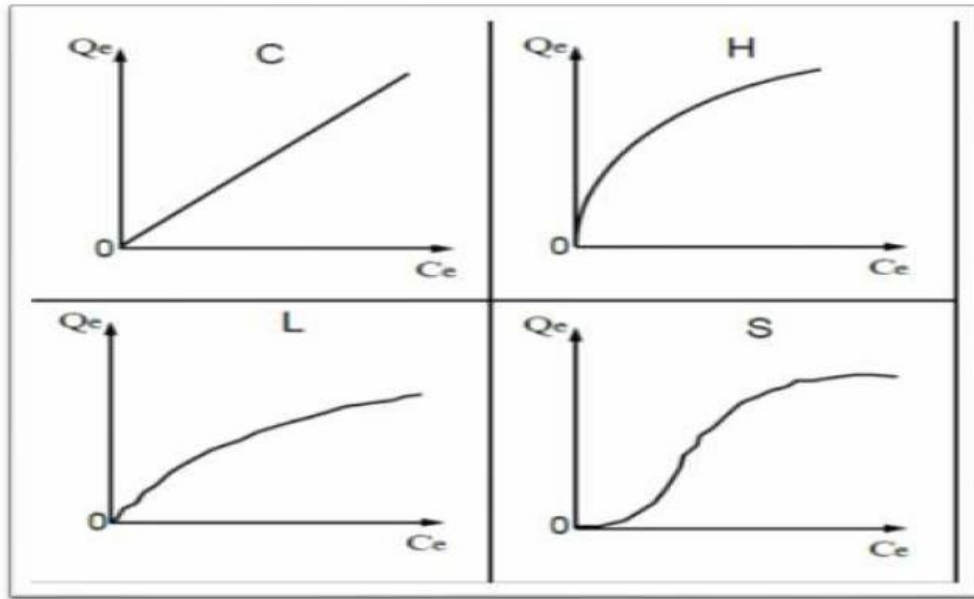
$$\frac{C}{q_e(q_e - C)} = \frac{1}{q_m K_B} + \frac{K_B - 1}{q_m K_B} \left(\frac{C}{C_0}\right)$$

### III.8 Les isothermes d'adsorption :

L'allure de l'isotherme varie selon le couple adsorbat - adsorbant étudié. Les Isothermes d'adsorption ont été classées par **GILE et COLL** en quatre types principaux (**Figure III.3**) :

- ✓ Les isothermes de Types **S** s'obtiennent lorsque les molécules du soluté ne s'accrochent au solide que par l'intermédiaire d'un seul groupement.
- ✓ Les isothermes de type **L** (dites de Langmuir) se rencontrent dans le cas où l'adsorption du solvant est faible et lorsque les molécules de l'adsorbat sont orientées à plat.
- ✓ Les isothermes de type **H** (haute affinité) s'obtiennent lorsqu'il y a chimisorption du soluté indiquant une forte affinité entre l'adsorbat et l'adsorbant.
- ✓ Les isothermes de type **C** s'observent lorsqu'il y a compétition entre le solvant et le soluté pour occuper les sites de l'adsorbant [20].





*Figure III.3 : typologie des isothermes.*

### III.9 La cinétique d'adsorption

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

La cinétique fournit des informations relatives au mécanisme d'adsorption et sur le mode de transfert des solutés de la phase liquide à la phase solide. A l'instar des équilibres d'adsorption, la cinétique d'adsorption d'un matériau peut être modélisée. A cet effet, la littérature rapporte un certain nombre de modèles, tels que :

- **Le modèle du premier ordre, le modèle cinétique d'ordre deux**

**Cas général :**

Colorant  $\longrightarrow$  sous produits du colorant

$$\frac{-d[\text{colorant}]}{dt} = K [\text{Colorant}]$$

**Avec :**

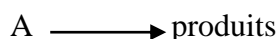
**n** : ordre global de la réaction

**k** : constante cinétique de la réaction.

**t** : temps de traitement.

**[Colorant]** : concentration du colorant à l'instant t.

## a) Réaction du premier ordre par rapport à A :



$$\left\{ \begin{array}{l} V = -\left(\frac{d[A]}{dt}\right) \\ V = K[A]^1 \end{array} \right\} \quad k[A] = -\left(\frac{d[A]}{dt}\right)$$

Séparons les variables [A] et t :

$$\frac{d[A]}{[A]} = -K dt$$

Intégrons entre 0 et t :

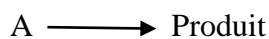
$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{[A]}{[A]_0} = K \int_0^t dt$$

$$\text{Ln}[A] - \text{Ln}[A]_0 = -kt$$

$$\frac{\text{Ln}[A]}{\text{Ln}[A]_0} = -Kt$$

- La représentation graphique de la variation de  $\frac{\text{Ln}[A]}{\text{Ln}[A]_0} = f(t)$  permettra de calculer la constante cinétique du 1er ordre.
- La constante **K** est déduite de la pente, et son unité est : [**Temps**<sup>-1</sup>]
- Pour une réaction d'ordre 1, le temps de demi-réaction est indépendant de la concentration initiale : **t<sub>1/2</sub> = ln2 / K**.

## b) Réaction du deuxième ordre par rapport à A :



$$\left. \begin{array}{l} V = \frac{d[A]}{dt} \\ V = K[A]^2 \end{array} \right\} \quad K[A]^2 = -\left(\frac{d[A]}{dt}\right)$$

Séparons les variables [A] et t

$$\frac{d[A]}{[A]^2} = -K dt$$

Intégrons entre 0 et t :

$$\int_{[A]^2}^{[A]} = K \int_0^t dt$$

$$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + Kt$$

- La représentation graphique de la variation de  $\frac{1}{[A]} = (t)$  permettra de calculer la constante cinétique d'ordre deux.
- La constante **K** est déduite de la pente et son unité est : **(concentration)<sup>-1</sup> (Temps)<sup>-1</sup>**.
- Pour une réaction d'ordre 2, le temps de demi-réaction est inversement proportionnel à la concentration initiale :  $t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$
- L'analyse des coefficients de régression (**R<sup>2</sup>**) relatifs aux modèles cinétique du **1er** et **2<sup>nd</sup>** ordres nous permet de sélectionner le modèle cinétique le plus proche de nos expériences.

A titre d'exemple, nous comparons, dans notre étude, les coefficients **R<sup>2</sup>** obtenus pour les modèles de 1er et 2nd ordre dans les cas de traitement des colorants.

### III.10 Application de l'adsorption :

L'adsorption s'avère comme un traitement efficace à l'industrie. En pratique, elle est utilisée dans les cas suivants [25] :

- ✓ Séchage ;
- ✓ Traitement des huiles ;
- ✓ Traitement des gaz ;
- ✓ Industrie textile ;
- ✓ Décoloration et traitement des eaux.

### III.11 Généralités sur l'adsorbant utilisé dans notre étude (la sciure de bois)

Le bois est un matériau composite naturel composé de fibres de structure complexe. Ces fibres sont constituées de micro-fibrilles de cellulose de structure cristalline et fibreuse, enrobées de deux types de polymères amorphes : la lignine et

les hémicelluloses [69]. Le bois contient également une petite quantité (de 2 à 5% en masse, dans le cas particulier des résineux) de composés organiques de plus faible masse moléculaire et de structures très variées. Ces composés, principalement des sels minéraux et les résines, sont désignés en tant qu'extractibles du bois.

Généralement, le bois est un matériau de construction dont la transformation industrielle génère des sous-produits et des sciures qui peuvent être valorisés pour d'autres usages, tel que la valorisation énergétique comme combustible et comme adsorbant propre, naturel et à faible coût. Les propriétés structurales du bois et la présence de cavité longitudinale est d'un intérêt dans le traitement des eaux usées, par fixation de divers éléments indésirables sur les parois du matériau.

Les sciures de bois, naturelles ou traitées chimiquement, provenant de différentes espèces d'arbres ont fait l'objet de plusieurs travaux portant sur leur capacité de fixation de divers polluants présents dans les eaux usées.

La sciure de bois est récupérée en général dans les rejets des menuiseries dans l'industrie de fabrication de meubles de maisons ou ébénisterie. Elle est composée essentiellement de cellulose, de polysaccharides et de lignine. [72] ont utilisé la sciure de bois dans l'élimination de colorants en solution aqueuse et ont montré qu'elle pourrait être utilisée en tant qu'adsorbant économique et efficace. À noter tout de même que la sciure de bois contient des groupements fonctionnels tels que les hydroxyles des alcools, et des acides carboxyliques [37].

Cependant, la valorisation de la sciure de bois comme support filtrant ou adsorbant dans l'épuration des eaux usées, nécessite une connaissance de structure et de texture du matériau [23]. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés, à l'importance économique et environnementale de la valorisation des sciures de bois

dans le traitement des eaux, et leur utilisation comme un bio- adsorbant dans l'élimination d'un polluant organique (un colorant textile).

# CHAPITRE 4:

## Matériel et méthodes

### IV.1 Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter toutes les techniques et la méthodologie de travail suivie au laboratoire afin d'étudier l'influence des paramètres physico-chimiques (concentration initiale, la masse de l'adsorbant, le pH de la solution...) de l'adsorption d'un polluant organique, le cristal violet, sur un adsorbant issu de la chimie verte, la sciure de bois.

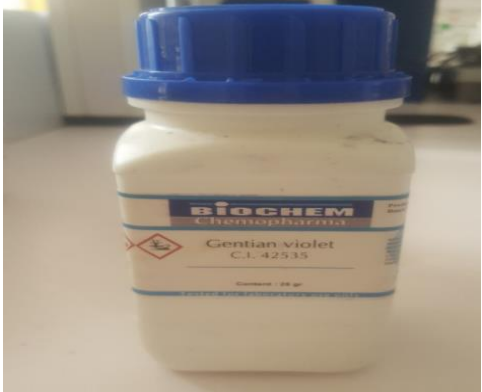

### IV.2 Matériel utilisé

Dans ce qui suit, nous citons l'appareillage utilisé durant nos expériences au laboratoire.

*Tableau IV.1 : différentes appareillages*

Appareillages
<ul style="list-style-type: none"><li>• *Etuve de marque Mammert 5 à 300°C V=53l.</li><li>• *Balance analytique <b>de marque Kern ABS 220-4N (max 220g/précision0.1mg).</b></li><li>•</li><li>• *Plaque chauffante <b>de marque VELP ARE.</b></li><li>• *Spectrophotomètre UV visible <b>de marque Shimadzu UV -1280</b></li><li>• *Jar test <b>de marque wise stir.</b></li><li>• *Bain-marie de <b>marque Memmert.</b></li><li>• *PH-mètre <b>de marque Adwa AD 1030.</b></li><li>• *Spectre Infrarouge de <b>marque FT/IR-4200.</b></li><li>• *Four de <b>marque Nabertherm P330 30-3000 degrés.</b></li><li>• *centrifugeuse de <b>marque ROTOFIX 32 A.</b></li><li>• *Agitateur magnétique de <b>marque VELP ARE</b></li><li>• *Thermomètre.</li><li>• *Agitateur mécanique.</li></ul>

## IV.3 Réactifs et produits

<b>Produits et réactifs</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Acide Chlorhydrique (HCl), de pureté 35-38% et de masse molaire égale à <math>36.45 \text{ g.mol}^{-1}</math>, de marque <b>Biochem Chemopharma</b>.</li><li>• Hydroxyde de Sodium (NaOH), de masse molaire égale à <math>40 \text{ g.mol}^{-1}</math>, de marque <b>Biochem Chemopharma</b></li><li>• Nitrate de Potassium (<math>\text{KNO}_3</math> 0,01 M).</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Le colorant Violet de Gentiane de marque <b>Biochem Chemopharma</b></li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• La sciure de bois</li></ul>	

## IV.4 Présentation du colorant

Le choix du colorant utilisé dans notre étude repose sur trois critères :

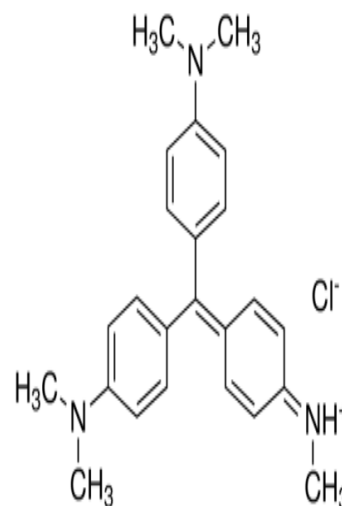
- ✓ La solubilité dans l'eau,
- ✓ La pollution,
- ✓ La toxicité et leur effet sur la santé humaine et l'environnement.



Le nom de « violet de gentiane » a été utilisé à l'origine pour un mélange de colorants Pararosaniline, également connu sous les noms de : violet de méthyle 10B, mais il est maintenant souvent considéré comme un synonyme de cristal violet. Son nom fait référence à sa couleur, et semblable à celle des pétales d'une fleur de gentiane. Est un colorant triphénylméthane du groupe des rosanilines.



**Figure IV.1 :** Colorant violet de  
*Gentiane poudre*



**Figure IV.2 :** structure chimique de  
*violet de gentiane*

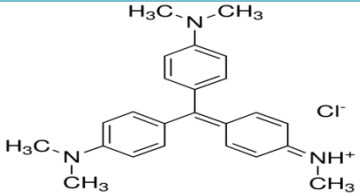
#### ❖ Applications :

Il est utilisé :

- Dans la fabrication des peintures et encres d'imprimerie;[90].
- Comme teinture pourpre dans l'industrie textile pour la teinture du coton et de la soie.
- Comme colorant histologique dans le procédé de classification des bactéries de Gram.
- Comme un agent bactériostatique, dans les médicaments destinés aux animaux.
- Comme un désinfectant de la peau externe chez l'homme.
- Comme additif pour l'alimentation des volailles pour empêcher la propagation des moisissures, des parasites intestinaux et les champignons [91]

## ❖ Propriétés :

Tableau IV.2 : Propriétés du Violet de Gentiane.

Nom	Violet de gentiane
Synonyme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Methyl violet 2B, Basic Violet 1</li> </ul>
Nom Chimique	N-(4-(bis (4-biméthylamino) phényl) méthylène) cyclohexa-2,5-dien-1-ylidène) méthaniminium chloride
Structure	
Numéro Couleur Index	42535
Formule chimique	C <sub>24</sub> H <sub>28</sub> N <sub>3</sub> Cl
Poids moléculaire (g/mol)	392.959
Apparence	Poudre verte à vert foncé
Point de fusion	137 ° C
solubilité	Soluble dans l'eau, l'éthanol, insoluble dans le xylène
λ <sub>Max</sub> (nm)	590

**❖ Toxicité:**

- Cancérogène
- une molécule récalcitrante puisqu'elle est peu métabolisé par les microbes
- causer la conjonctive et des lésions permanentes de la cornée ; car le produit est cationique
- conduire à des échecs respiratoires et rénaux
- causer une irritation de la peau et une irritation du tube digestif
- provoquer des malformations physiques dans l'embryon en développement (téatogenèse) (exposition pendant des périodes prolongées)
- provoquer aussi des nausées, des maux de tête, des vomissements et saignement de nez [92]
- peut être tumorigène et mutagène.

**IV.5. Préparation de l'adsorbant (la sciure de bois)**

La sciure de bois utilisée dans cette étude est obtenue à partir d'une scierie, elle se présente sous forme de copeaux ondulés et de longueurs variables.

La préparation se repose sur les étapes suivantes :

- un lavage répéter à l'eau distillée
- séchage à l'étuve à 60 C° pendant 24h
- un broyage mécanique
- Un tamisage



**Figure IV.3 :** sciure de bois en copeaux

**Figure IV.4** sciure de bois en poudre

## IV.6.Caractéristiques

### IV.6.1.Caractéristiques physico-chimiques de biosorbant

#### a) Etude granulométrique :

L'analyse granulométrique des particules de sciures de bois consiste à déterminer les tailles et les proportions respectives des particules d'un échantillon. La méthode consiste à séparer les particules selon la taille en utilisant un tamis électrique constitué de plusieurs tamis superposés de différents diamètres (essai de granulométrie) [93].



*Figure IV.5 : tamis électrique à différents diamètres*

Après homogénéisation de la sciure, un échantillon de **50 g** ( $P_0$ ) est placé dans le tamis ; Le refus obtenu est collecté et pesé ( $P$ ) et le taux de refus  $Q(\%)$  est calculé par la relation suivante :

$$Q(\%) = \left( \frac{P}{P_0} \right) * 100$$

#### b) Taux d'humidité :

Pour déterminer le taux d'humidité sec de la sciure de bois, une masse ( $m_0=5$  g) de sciure est introduite dans un creuset, L'échantillon est placé dans une étuve à  $105^\circ\text{C}$ , et on pèse la masse en fonction de temps (chaque 10 min) jusqu'à ce que le poids de l'échantillon demeure constant ( $m_f$ ).

Le taux d'humidité en pourcentage massique est donné par la relation suivante :

$$H(\%) = ((m_0 - m_f) / m_0) * 100$$

**C) Le taux de cendre :** c'est la partie inorganique et inutilisable, présente dans la sciure de bois.

Un échantillon de 0.5g de la sciure de bois est séché dans une étuve à 60°C pendant 24 heures puis placé dans un creuset en céramique. Ce dernier est introduit dans un four réglé à 650°C est maintenu pendant 3 heures à cette température. Après refroidissement à température ambiante on pèse à nouveau le creuset.

Le taux de cendre (% C) est calculé comme suit :

- Par rapport à la matière sèche :  $(\%C) = (m_3/m_2) * 100$  [g de MS]
- Par rapport à la matière organique :  $(\%MO) = ((m_2 - m_3)/m_2) * 100$  [g de MO]

**D) La densité :**

Dans une fiole de 10 ml déjà pesée ( $m_0$ ), on introduit jusqu'à trait de jauge la sciure de bois et on la repese ( $m$ )

$(m - m_0)$  est la masse de la sciure de bois et on calcule la densité en fonction de masse volumique par la relation :

$$\text{Densité} = \text{Masse/volume}$$

$$D = (m - m_0) / V$$

**E) Mesure de pH :**

Une masse de 5 g de l'adsorbant est mise dans une fiole avec bouchon et un volume de l'eau distillée est ajouté de façon à mouiller totalement le solide et le mélange est laissé reposer pendant 24h

**F) pH de point de charge zéro :**

Le pH<sub>pzc</sub> ou pH du point de charge zéro ou nulle, correspond à la valeur de pH pour la quelle, la charge nette de la surface des adsorbants est nulle. C'est un paramètre très important dans les phénomènes d'adsorption, Une façon simple pour déterminer le pH<sub>pzc</sub> est de placer 20ml de solution de KNO<sub>3</sub> dans des béchers et ajuster le pH de

chacun (valeurs comprises entre 2 et 12) par addition de solution de NaOH ou HCl (0.1M) et par la suite on ajoute 0.1g de sciure de bois.

Les mélanges doivent être maintenus en agitation pendant 24 h et le pH final est déterminé.

On trace le graphe  $(\text{pHi} - \text{pHf}) = f(\text{pHi})$  l'intersection de la courbe avec l'axe qui passe par le zéro donne le point isoélectrique.

#### **IV.6.2. Caractéristique structurales :**

Afin de préciser plus amplement la structure de notre adsorbant (la sciure de bois), une analyse spectroscopique à infrarouge a été réalisée.

#### **❖ Spectroscopie Infrarouge :**

La spectroscopie infrarouge est l'une des méthodes les plus efficaces et répondues pour l'identification des molécules organiques et inorganiques à partir de leurs propriétés vibrationnelles. En effet, le rayonnement infrarouge excite les atomes, lesquelles subissent des vibrations selon divers modes qui sont : déformation, élongation symétrique ou non symétriques.

Dans notre étude, on a appliqué cette analyse pour identifier les groupements fonctionnels de la sciure de bois et Le spectre infrarouge IRTF de la sciure de bois est représenté dans le chapitre suivant des résultats et discussions.

#### **IV.7. Procédure expérimentale suivie au laboratoire durant nos essais d'adsorption :**

##### **A) Préparation des solutions de colorant VG :**

Pour réaliser les différentes expériences d'adsorption de colorant VG sur notre bio-adsorbant, nous avons préparé une solution mère de concentration de 50 mg/L de colorant Violet de gentiane par dissolution de 50 mg de colorant dans un volume précis de 1 L d'eau distillée. Pour préparer des solutions de concentrations désirées, la solution mère est diluée dans des volumes connus d'eau distillée.



*Figure IV.6 : Solution mère de VG*

**B) L'analyse spectrophotométrie UV-Visible :**

L'analyse spectrophotométrie UV-Visible est fondée sur l'étude du changement d'absorption de la lumière par le milieu (solution), en fonction de la variation de la concentration de l'élément. Le principe d'analyse est basé sur la loi de Beer Lambert.



*Figure IV.7 : Spectrophotomètre UV visible*

**C) Détermination de la longueur d'onde d'adsorption maximale ( $\lambda_{\max}$ ) :**

La longueur d'onde maximale d'adsorption ( $\lambda_{\max}$ ), a été déterminée par l'établissement du spectre visible d'un échantillon d'une solution de concentration de 50 mg/L en colorant.

**D) La courbe d'étalonnage et loi de Beer-Lambert**

Pour établir la courbe d'étalonnage, nous avons mesuré à la longueur d'onde maximale ( $\lambda_{\max}$ ), les absorbances des échantillons des solutions de colorant de différentes concentrations, préparées à partir de la solution mère,

**E) La Cinétique d'adsorption du colorant Violet de gentiane**

Pour estimer le temps d'équilibre de l'interaction entre le colorant VG et l'adsorbant, la sciure de bois, nous avons procédé comme suit : une masse de 1 g d'adsorbant est mise en contact avec 200 ml d'une solution de colorant à 20 mg/L. Les expériences d'adsorption ont été suivies pendant plus de 180 minutes. Une vitesse d'agitation de 150 tours/min a été choisie pour toutes les expériences. Pour déterminer la quantité de colorant retenue en fonction du temps, on a dosé par spectrophotométrie visible la solution après l'interaction avec l'adsorbant. Pour ce fait, le mélange adsorbant/solution de colorant est centrifugé à 3000 tr/min pendant 10 minutes. Le surnageant est récupéré et son absorbance est mesurée à la longueur d'onde d'absorption maximale.

**F) Effet de la concentration initiale en colorant sur l'adsorption :**

Pour démontrer l'effet de la concentration en colorant sur l'adsorption, des expériences ont été effectuées à différentes concentrations en colorant en agitant à une vitesse de 150 tr/min, 200 ml de solutions de colorant VG sont mis en contact avec 1 g d'adsorbant. Les temps de prélèvement sont chaque 5 mn pendant 150 mn. Les essais sont effectués à Température ambiante.

**G) Effet de la masse d'adsorbant :**

Même méthode procédée dans l'essai de l'effet de  $C_i$ , sauf qu'on a varié la masse de la sciure de bois mis en contact avec 200 ml de solution de colorant de VG de concentration optimale trouvée 20 mg/l.



**H) Influence du pH :**

200 mL d'une solution de violet de gentiane (20 mg/L) est mis en contact avec la masse optimale d'adsorbant (1g). Le pH des solutions de colorant a varié entre 4 et 10 en utilisant une solution de soude NaOH à (0,1M ou 1M) ou une solution d'acide HCl (0.1M ou 1M) pour ajuster les pH voulus.

**I) Effet de la température :**

Après l'optimisation de la concentration initiale en colorant, le pH du milieu et la masse d'adsorbant utilisé, nous avons testé l'adsorption à 10, 20, 30, 40, et 60 °C pour voir leur influence de l'adsorption du violet de gentiane sur notre adsorbant.

**J) Effet de la vitesse d'agitation :**

Pour déterminer la vitesse d'agitation optimale on a mis en contact 200 ml de la solution de violet de gentiane de  $C_i = 20\text{mg/l}$  avec 1g de la sciure de bois à différentes vitesses d'agitation (50, 100, 150, 200 et 250 tr/ min).

**K) Calcul des quantités adsorbées :**

Un calcul relativement simple permet d'obtenir les quantités de produit fixé.

La quantité de produit adsorbée exprimée en mg de soluté par gramme de solide adsorbant est donnée par la relation suivante :

$$Q_t = \frac{(c_i - c_t) \times v}{m}$$

**Avec :**

$Q_t$  : quantité de polluant par unité de masse de l'adsorbant (mg.g-1)

$c_i$  : concentration initiale (mg.L-1)

$c_t$  : concentrations à l'équilibre (mg.L-1)

$V$  : volume de l'adsorbat (L)

$m$  : masse de l'adsorbant (g)

L'isotherme d'adsorption du produit considéré, est obtenue en traçant la courbe présentant l'évolution de ( $q_e$ ) en fonction de ( $C_e$ ) [94].

Le taux de fixation (adsorption) du colorant sur l'adsorbant est calculé par la formule suivante :

$$R(\%) = \frac{(c_i - c_t)}{c_i} \times 100$$

**Avec :**

R% : Le taux de fixation du colorant sur le matériau.

C<sub>0</sub> : Concentration initiale. (mg.L<sup>-1</sup>)

C<sub>t</sub> : Concentration de colorant après fixation au temps t. ( mg.L<sup>-1</sup>)

# CHAPITRE 5:

## Résultats et discussion

### Résultats et discussions

Dans ce chapitre nous allons présenter toutes les résultats de nos expériences réalisées au laboratoire.

#### V-1. La caractérisation de la sciure de bois :

##### V-1. 1. Etude granulométrique :

*Tableau V.1 : résultat d'étude granulométrique.*

Diamètre de tamis	1mm	0.250 mm	0.125mm	0.08mm	0.063mm
P (refus) (g)	0	40.807	5.656	2.8889	0.323
Q (%)	0	81.614	11.312	5.778	0.646

**P** : le refus de chaque tamis.

**Q** : le pourcentage de refus

##### V.1.2. Taux d'humidité :

$$H (\%) = \left( \frac{m_0 - m_f}{m_0} \right) * 100$$

$$H (\%) = \left( \frac{5 - 4.635}{5} \right) * 100 = 7.32\%$$

**Avec:**

**H (%)** : taux d'humidité

**m<sub>0</sub>** : la masse initiale de la sciure de bois (5g)

**m<sub>f</sub>** : la masse finale de la sciure de bois

##### V.1. 3. Le taux de cendre :

- Par rapport à la matière sèche :  $(\%C) = \left( \frac{m_3}{m_2} \right) * 100$  [g de MS]

$$(\%C) = (0.001/0.454) * 100 \quad (C\%) = 0.220\%$$

- Par rapport à la matière organique :  $(\%MO) = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_2}\right) * 100$  [g de MO]

$$(\%MO) = \left(\frac{0.454 - 0.001}{0.454}\right) * 100$$

$$(\%MO) = 99.779\%$$

$m_2$  : la masse de la sciure de bois après 24 h dans l'étuve

$m_3$  : la masse de la sciure de bois après 24 h dans le four

#### V.1. 4. La densité :

$$D = \frac{(m - m_0)}{v} = \frac{(19.254 - 16.907)}{10} = 0.2347$$

Avec :

$m$  : la masse de la sciure de bois avec la fiole.

$m_0$  : la masse de la fiole vide.

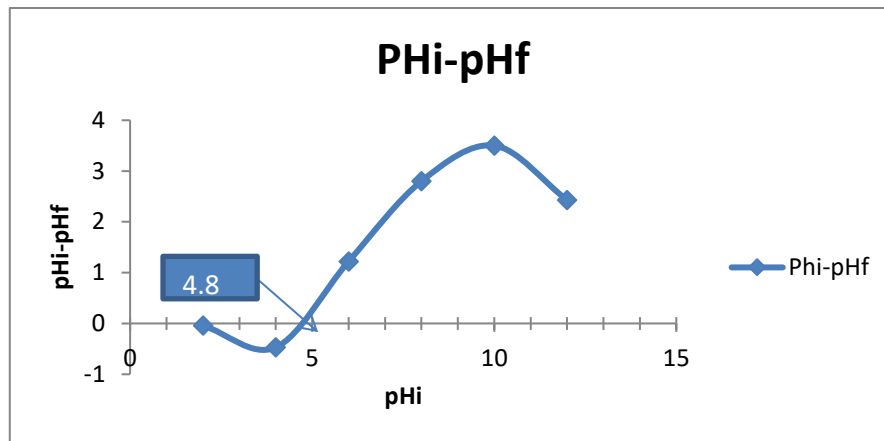
$V$  : le volume de la fiole.

#### V.1. 5. Mesure de pH :

Le pH de la solution surnageant de sciure de bois est mesuré : **pH= 4.89**

#### V.1. 6. pH de point de charge zéro :

Pour élucider le rôle de la charge nette portée par la surface de l'adsorbant dans la fixation du colorant, nous avons procédé à la détermination du point de charge zéro ou  $pH_{PZC}$ . Celui-ci correspond à la valeur de pH du milieu pour laquelle la résultante des charges positives et négatives de la surface est nulle.



**Figure V.1** : le point de charge zéro ( $pH_{PZC}$ ) de la sciure de bois.

Le  $pH_{PZC}$  est très important dans les phénomènes d'adsorption, surtout lorsque les forces électrostatiques sont impliquées dans les mécanismes, ce qui est le cas avec les biomasses.

Pour étudier la nature électrostatique de la surface de la sciure de bois, nous avons tracé l'évolution de la variation du pH ( $pH_i - pH_f$ ) en fonction du pH initial ajusté. Le point d'intersection entre la courbe obtenue et l'axe des abscisses correspond au point PZC de notre support adsorbant

La figure V.1 montre que le  $pH_{PZC}$  de la sciure de bois est égal à 4.8, indique une surface des particules de la poudre de sciure de bois de caractère acide.

- La charge globale de la surface est positive pour les solutions de pH inférieur à cette valeur (4.8)
- La charge globale de la surface est négative lorsque les pH des solutions sont supérieurs à  $pH_{PZC}$  (4.8) ; l'attraction des cations est favorisée.

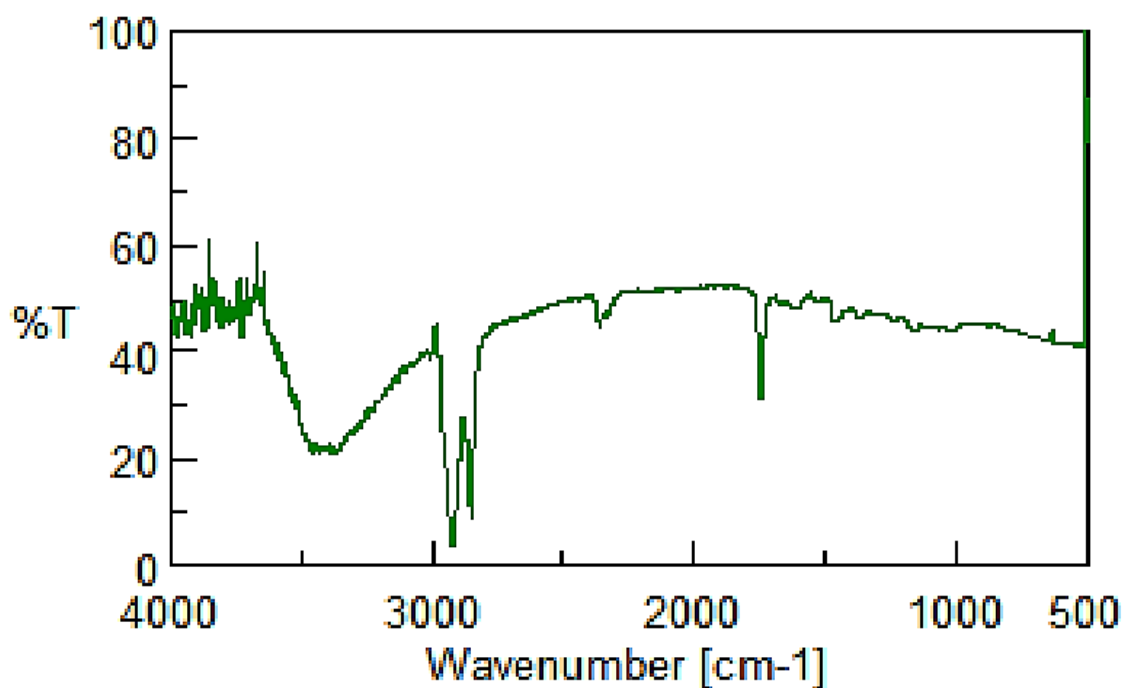
L'ensemble des différentes caractéristiques de notre adsorbant sont regroupées dans le tableau qui suit :

*Tableau V.2 : les différentes caractéristiques de notre sciure de bois.*

paramètre	pH	pH <sub>PZc</sub>	Densité	Taux d'humidité (%)	Taux de cendre (%)
caractéristique de sciure de bois	4.84	4.8	0.2347	7.32	0.220 MS

### V.1. 6. Le spectre Infrarouge IRTF :

Le spectre infrarouge IRTF de la sciure de bois montre des bandes d'absorption liées aux liaisons suivantes : H<sub>2</sub>O adsorbée (1 628•cm<sup>-1</sup>), COOH (3 300, 1 000-1 200•cm<sup>-1</sup>), -OH (3 410•cm<sup>-1</sup>), C-H (2 900•cm<sup>-1</sup>).



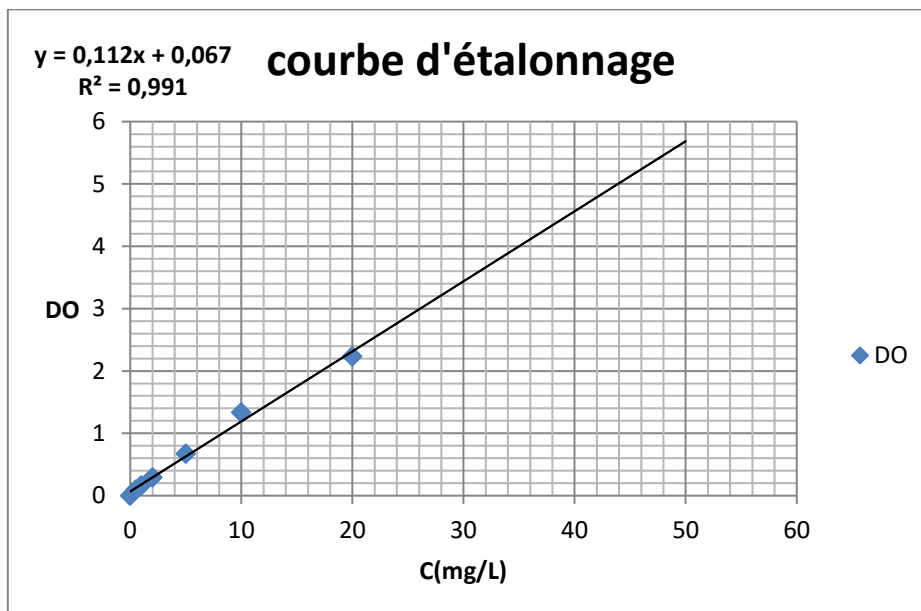
**Figure V.2 :** Le Spectre infra rouge de la sciure de bois.

### V.2. La courbe d'étalonnage et loi de Beer-Lambert :

Pour établir la courbe d'étalonnage, le domaine des concentrations en colorants variait entre **0.5** et **20 mg/L** pour le violet de gentiane, des valeurs absorbance en fonction de la Concentration sont présentés respectivement sur le **Tableau IV.3** et sur la **Figure IV.9**

**Tableau V.3:** Valeurs d'absorbance =  $f(C)$  à  $\lambda_{max} = 590 \text{ nm}$  pour le violet de gentiane.

$C_2$ (mg/L)	0.5	1	2	5	10	20
Absorbance	0.1	0.164	0.292	0.673	1.337	2.232



**Figure V.3 :** Courbe d'étalonnage du spectrophotomètre de Violet de Gentiane.

La courbe d'étalonnage :  $\text{Abs} = 0,112C + 0,067$        $R^2 = 0,991$

Pour avoir la nouvelle concentration  $C$  (mg/l) on divise l'absorbance sur la pente de la courbe d'étalonnage

$$a=0.112 \qquad C= \text{abs}/0.112$$

La courbe est linéaire sur l'intervalle de concentration choisis, donc la loi de Beer-Lambert est vérifiée dans ce domaine de concentration.



V.3. Influence des paramètres physico-chimiques sur l'adsorption :

V.3.1. Influence de la concentration initiale en colorant sur l'adsorption :

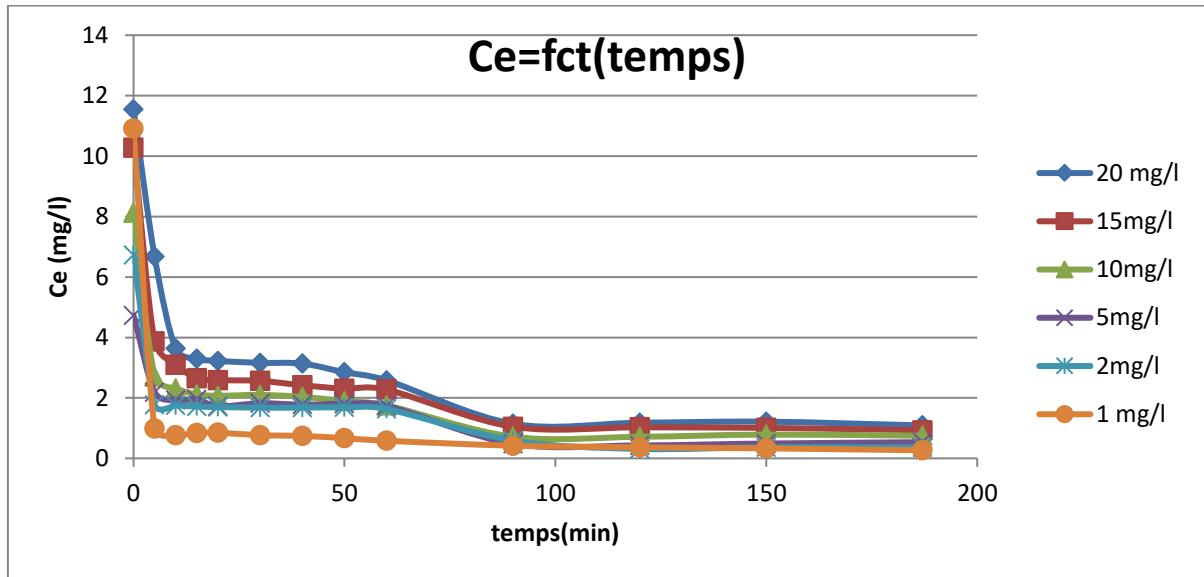


Figure V.4 : Evolution de la cinétique de décoloration en fonction de la charge en Colorants.

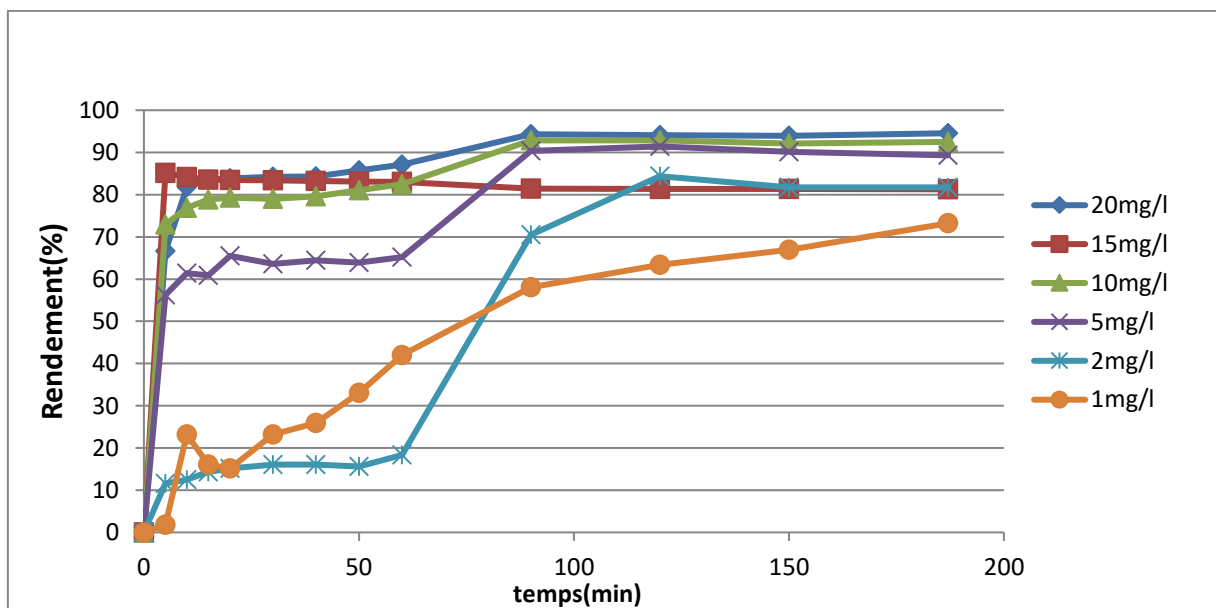


Figure V.5 : Influence de la charge en colorant sur le rendement de décoloration

La (Figure V.4) représente l'évolution de taux d'élimination de VG pour chaque concentration par rapport au temps.

Après avoir fixé la masse de l'adsorbant à 1g, et faire varier la concentration en VG de 1 à 20mg/l. Les solutions ont été agitées pendant un temps de contact de 180 min dans un volume de solution de 200ml et a une température 24°C

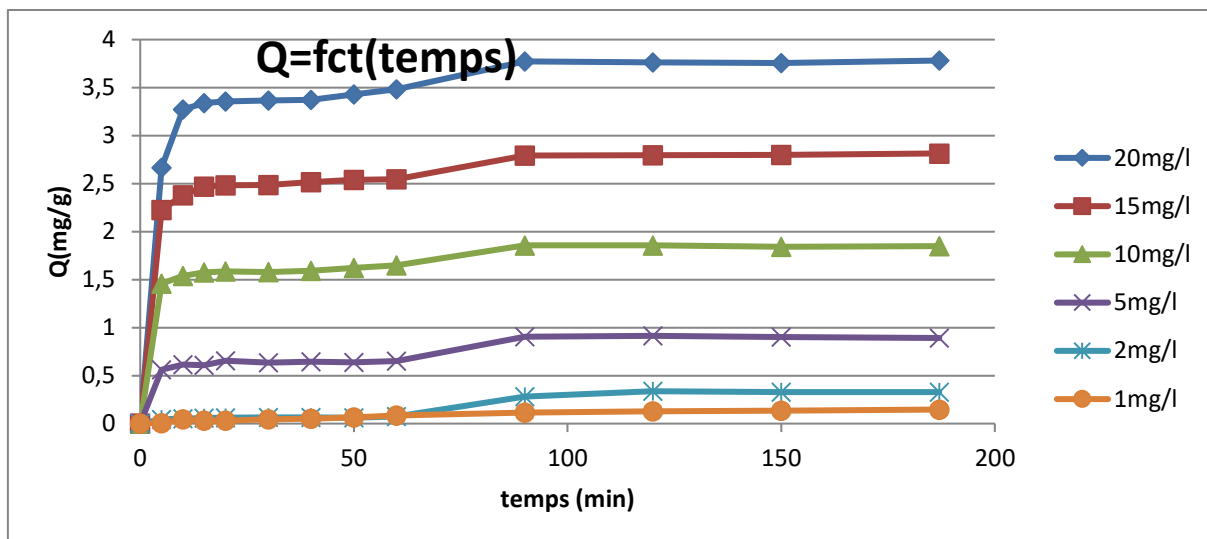
Des prélèvements d'échantillons sont effectués à des intervalles de temps prédéfinis (**5min, 10, 15, 20 .....150min et 24 h**). Ces échantillons sont centrifugés puis analysés par le Spectrophotomètre UV visible pour déterminer la concentration en VG dans le filtrat.

D'après cette figure (Figure V.4) on confirme que le taux d'élimination de VG augmente avec la charge du polluant confirmant ainsi la forte affinité existante entre le couple adsorbat-adsorbant. Ceci peut être expliqué par l'augmentation des sites d'adsorption disponibles qui est directement liée à l'augmentation de la quantité de sciure introduite.

**Tableau V.4 :** Rendement de dégradation du VG par le procédé d'adsorption en fonction de concentration à  $t=150\text{min}$  (Concentration).

[VG] mg /L	Rendement(%)
1	73.21
2	81.69
5	89.28
10	92.5
15	93.23
20	94.55

Selon les résultats présentés sur le (Tableau V.4) nous pouvons constater que le rendement augmente avec l'augmentation de la teneur initiale en VG. Et atteint son maximum à 20mg/L où il sera optimal (94.55%).



**Figure V.6 :** Influence de la charge en colorant sur la capacité d'adsorption  $Q_t$ .

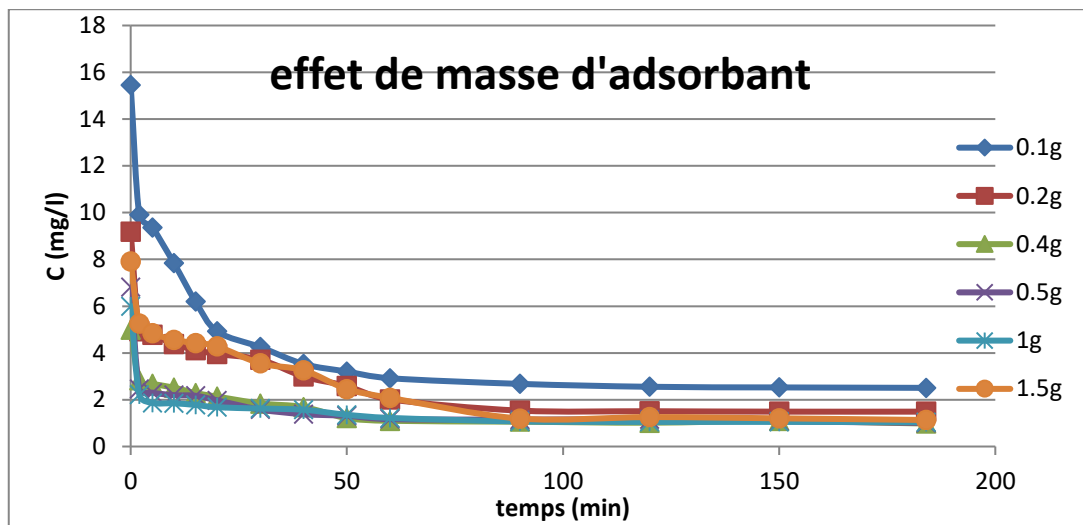
Dans la (Figure V.5) On remarque une légère augmentation de la quantité de VG adsorbé, puis un étalement avec une saturation après 90 min. Cette augmentation est due à l'adsorption du violet de gentiane sur la surface des particules de l'adsorbant (la sciure de bois).

Cette première phase constitue l'essentiel du phénomène d'adsorption car la cinétique de fixation est limitée par la faible concentration résiduelle en colorant, cette dernière favorise l'occupation des sites profonds d'adsorption donc une diffusion de l'adsorbât au sein des micropores de l'adsorbant.

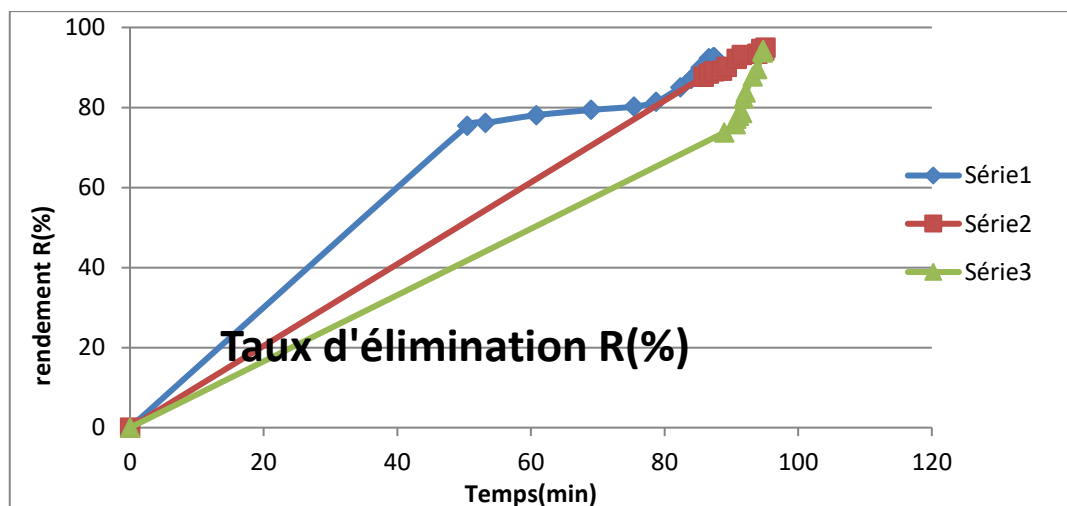
Après cette phase on observe un palier de saturation. Généralement, l'ensemble de ces résultats nous ont révélé que l'équilibre s'établit au bout de 90 minutes pour toute les concentrations des solutions de VG à 20, 15, 10, 5, 2 et 1 mg. L-1.

### 3.2. Influence de la masse d'adsorbant :

Dans ce qui suit, nous intéressons à étudier l'effet de la charge en sciure de bois sur la cinétique de la décoloration en violet de gentiane. Pour cela nous avons appliqué les conditions opératoires suivantes :  $m$  (la sciure) = 0.1 ; 0.2 ; 0.4 ; 0.5 et 1 et 1.5 g, la concentration en Violet de gentiane 20 mg/L, Température 24°C, Volume réactionnel 200 ml. Il est juste à rappeler que la gamme des teneurs en sciure de bois étudiée a été choisie en tenant compte de la bibliographie.



**Figure V.7 :** Influence de la teneur en sciure de bois sur les cinétiques de décoloration.

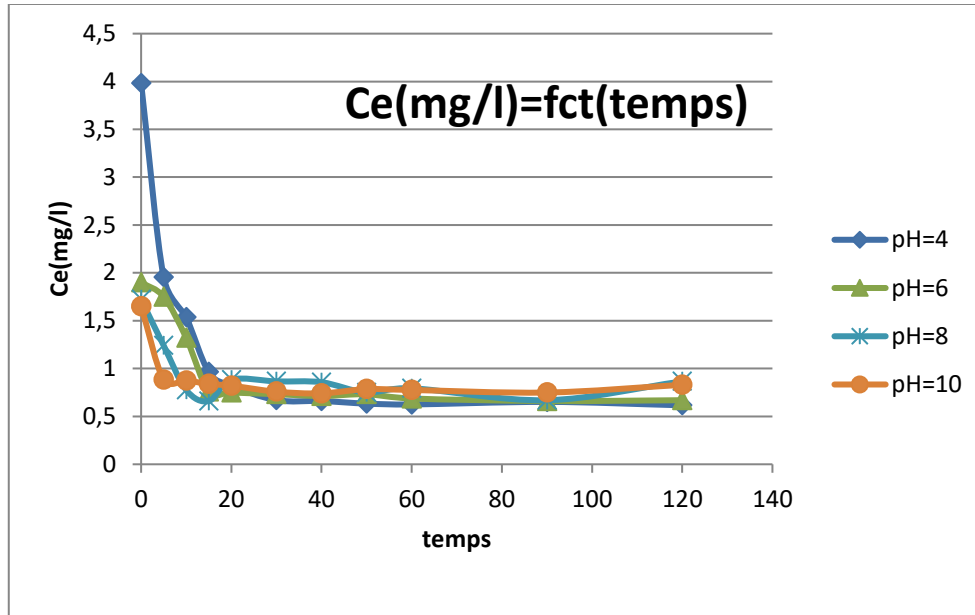


**Figure V.8 :** Influence de la teneur en sciure de bois sur les rendements de décoloration des solutions de violet de gentiane.

Les résultats obtenus sont représentés sur les figures (Figure V.6) et (Figure V.7) **affirment** que quelques minutes suffisent et ce pour les différentes teneurs pour obtenir des rendements de décoloration assez appréciables et qu'au bout de 60 minutes de traitement des rendements de près ou dépassant les 90 %. Quoique, toutefois, on observe que les valeurs des rendements obtenus à la fin des essais se rapprochent. la cinétique pour l'essai correspondant à une teneur en sciure de bois de 1 g.

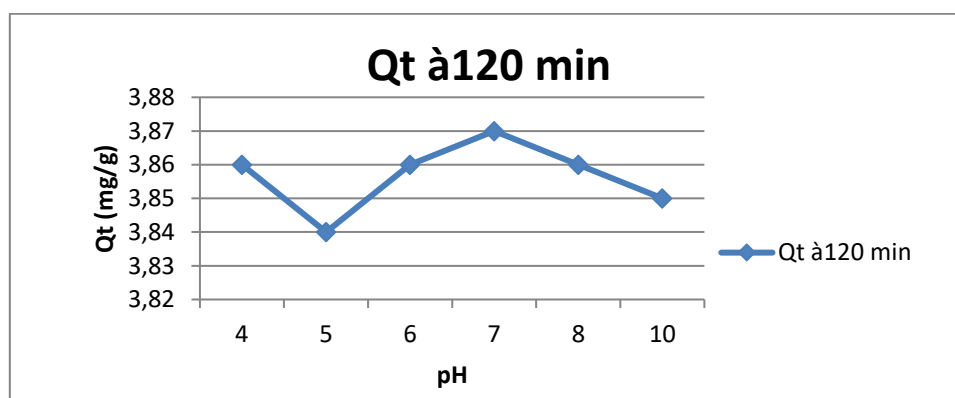
### V.3.3. Influence du pH :

L'influence du pH initial des solutions sur l'adsorption a été étudiée dans l'intervalle de pH 4 à pH 10

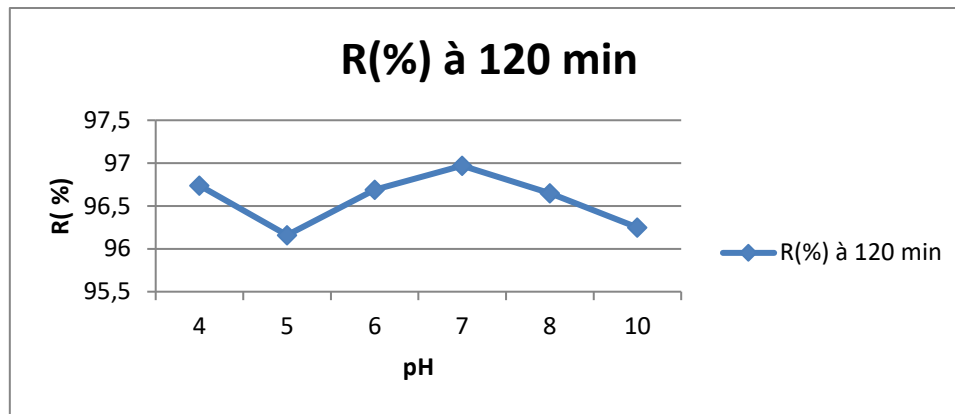


**Figure .V. 9 :** Influence du pH sur la cinétique d'adsorption du VG sur sciure de bois.

Le pH constitue un des paramètres qui a une influence sur l'adsorption d'une façon générale, il est ajusté au moyen des solutions NaOH et HCl de concentration 0.1M. La quantité du colorant adsorbé à 120 min par un gramme de sciure en fonction du pH est représentée dans la (Figure V.9).



**Figure V.10 :** capacité d'adsorption de VG à 120 min en fonction de pH.



*Figure .V.11: taux de rétention de colorant cristal violet à 120 min.*

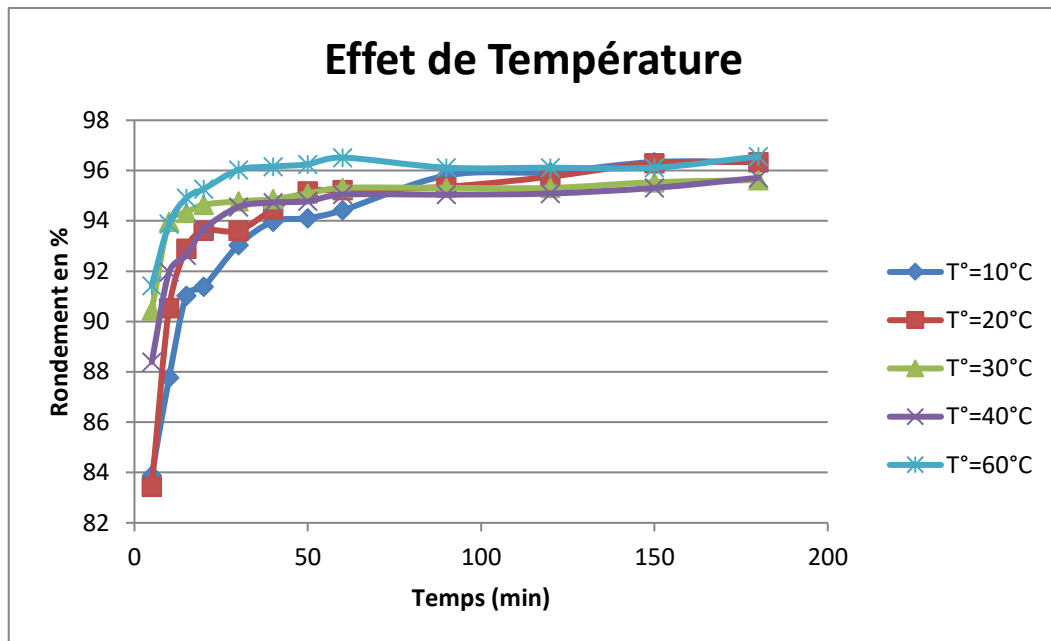
La (figure V.9) montre qu'à un pH= 5, la capacité d'adsorption du VG sur la sciure est faible (3.84mg/g). En augmentant le pH, la capacité d'adsorption du VG augmente et atteint son maximum (3.87 mg/g) à un pH =7 avec un rendement d'élimination de 97% (Figure .V.10). Mais à partir d'un pH 8, la capacité d'adsorption diminue.

Comme le colorant utilisé est basique, sa dissolution dans l'eau fait libérer des ions colorés de charge positive (cations). La sciure de bois contient des groupements polaires tels que les hydroxyles et les carboxyles. Aussi, la charge électrique du bioadsorbant dépend du pH du milieu, du fait de l'ionisation de ces groupements fonctionnels de surface. On remarque que la rétention du colorant sur un bioadsorbant augmente avec l'augmentation de la charge négative de la surface.

#### **V.3.4. Influence de la température :**

L'étude de l'influence de la température sur la quantité de VG adsorbée a été réalisée à différentes températures (10, 20, 30, 40 et 60°C), par la mise en contact de 200 mL de solution colorante de concentration initiale de 20mg/L, avec une masse d'adsorbant de 1g. L'expérience est réalisée dans un bain marin où la vitesse d'agitation du mélange a été maintenue à 150tr/min. et une température constante.

Sur la (Figure V.11), nous avons représenté le taux d'élimination de colorant VG en fonction de la température du milieu réactionnel.



*Figure V.12 : Influence de la température sur le rendement de décoloration de VG.*

L'augmentation de la quantité du colorant VG adsorbée avec l'accroissement de la température indique que l'adsorption est de nature endothermique. L'augmentation de la température, accroît la mobilité des molécules de colorant et produit un élargissement des pores dans la structure interne de l'adsorbant. Ceci permet aux adsorbats de pénétrer plus loin dans les pores.

Par conséquent, la capacité d'adsorption devrait dépendre en grande partie de l'interaction chimique entre les groupements fonctionnels à la surface adsorbante et les molécules adsorbées, qui devraient augmenter avec l'augmentation de la température. Cela peut être expliqué par une augmentation de la vitesse de diffusion de l'adsorbat à travers les pores, puisque la diffusion est un processus endothermique.

*Tableau V.5 : Rendement de dégradation du VG par le procédé d'adsorption en fonction de concentration à t=60min (température)*

Température (°C)	Rendement(%)
10	93.22
20	94
30	94.63
40	95.07
60	97.7

### V.3.5. Influence de la vitesse d'agitation

La vitesse d'agitation est un paramètre très important dans tout processus d'adsorption. L'agitation a pour rôle d'homogénéiser la solution et de réduire l'épaisseur de la couche limite qui entoure les grains d'adsorbant, et d'accélérer la diffusion des particules du colorant de la solution vers la phase solide.

Afin de déterminer la vitesse d'agitation optimale, on utilise un jar test qui nous permet de tester une gamme de vitesses d'agitation comprises entre 50 et 250 tr/min.

Les résultats de cette étude sont regroupés sur la (Figure V.12) qui illustre l'évolution de la quantité adsorbée du colorant par la sciure de bois en fonction du temps pour différentes vitesses d'agitation.

Cette figure révèle que la quantité de colorant adsorbée reste inchangée au-delà d'une Vitesse d'agitation de 150 tr/min. Les faibles quantités observées pour des vitesses d'agitation de 50 et 100 tr/min sont dues à une dispersion incomplète des particules de l'adsorbant ce qui a pour conséquence une agglomération des particules de l'adsorbant et donc une diminution de la surface de contact entre l'adsorbant et l'adsorbat induisant une augmentation de la résistance au transfert de matière à l'intérieur du film d'interface liquide-solide.



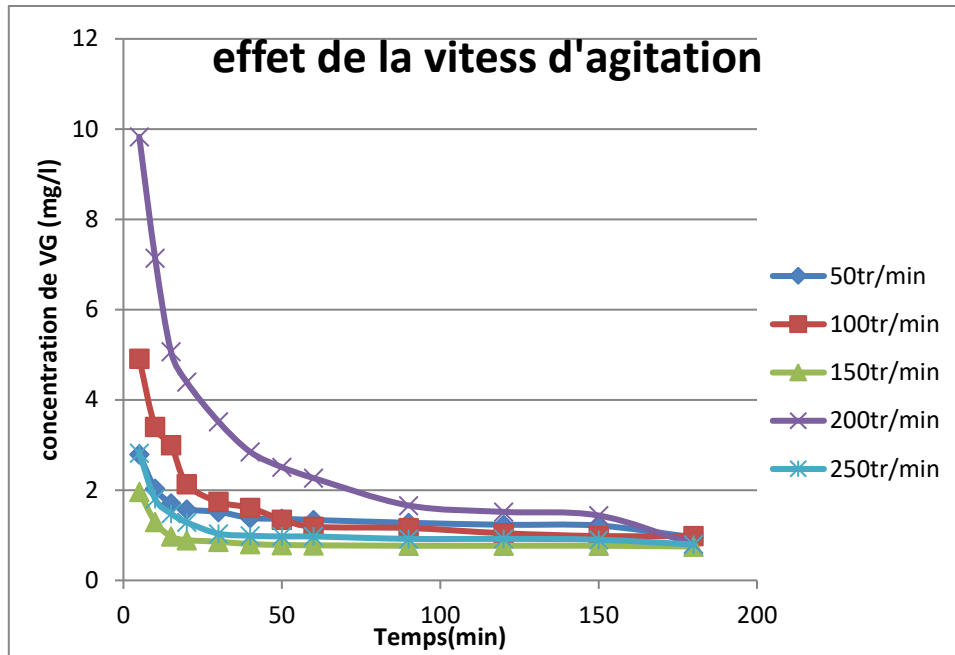


Figure V.13 : Influence de la vitesse d'agitation sur la cinétique d'adsorption du Violet de Gentiane.

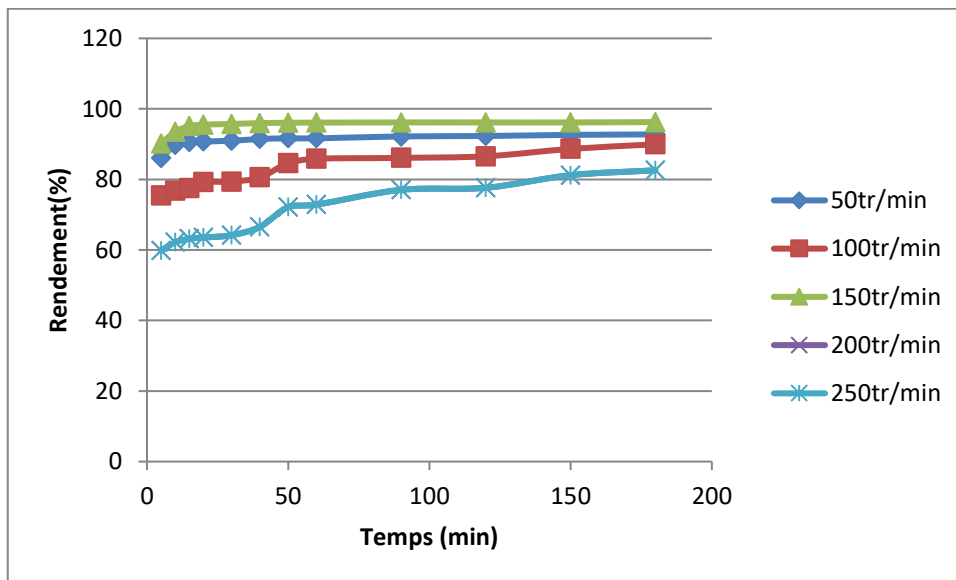


Figure V.14 : Influence de la vitesse d'agitation sur le rendement de décoloration VG sur la sciure de bois.

#### V.4. La cinétique d'adsorption :

L'ordre de la réaction est un paramètre très important dans la détermination des mécanismes réactionnels. Les ordres concernant l'adsorption sur les biomasses les plus cités dans la littérature sont :

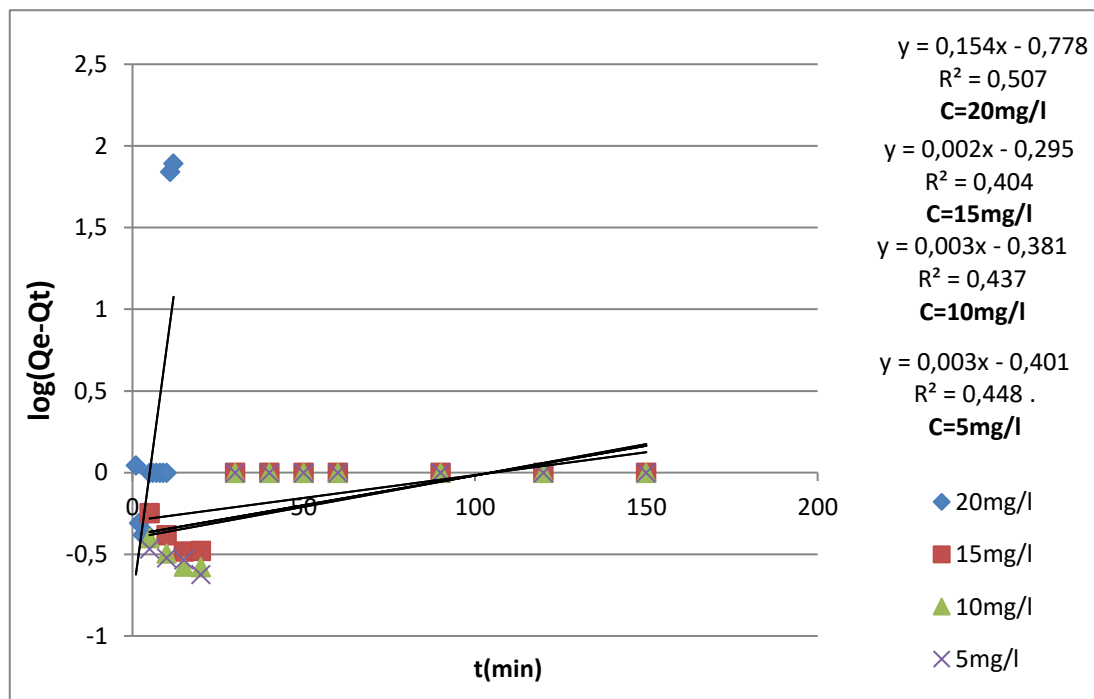
##### V.4.1. Le pseudo-premier ordre exprimé par l'équation de Lagergren

$$dQ_t/dt = k_1*(Q_e - Q_t) ;$$

Après intégration entre  $t = 0$  et  $t$ , d'une part, et  $q_t = 0$ , l'équation devient :

$$\text{Log} (Q_e - Q_t) = \log(Q_e) - (k_1/2.303)*t$$

Le tracé de  $\log(Q_e - Q_t)$  en fonction de  $t$  donne la droite avec la pente égale à  $-k_1/2,303$ , et l'ordonnée à l'origine égale à  $\log(Q_e)$ .



*Figure V.15 : Application du modèle de pseudo premier ordre pour l'adsorption du cristal violet par la sciure de bois.*

Les valeurs de  $R^2$  ont été trouvées faibles et comprises entre 0,404 et 0,507. Le calcul de  $Q_e$  pour les quartes concentrations montre que les quantités de colorant adsorbées sont

plutôt faibles par rapport aux quantités expérimentales. donc, l'adsorption du cristal violet n'exprime pas un processus de diffusion contrôlée puisqu'il ne suit pas l'équation du pseudo-premier ordre, donnée par Lagergren

**Tableau V.6 :** Valeurs de certains paramètres cinétiques obtenues pour le premier pseudo.

cinétique de premier ordre		
C de VG (mg/l)	R <sup>2</sup>	K <sub>1</sub>
20	0.507	-0.197
15	0.404	-0.006
10	0.437	-0.007
5	0.448	-0.007

#### V.4.2. Le pseudo-second ordre :

Exprimé par l'équation :

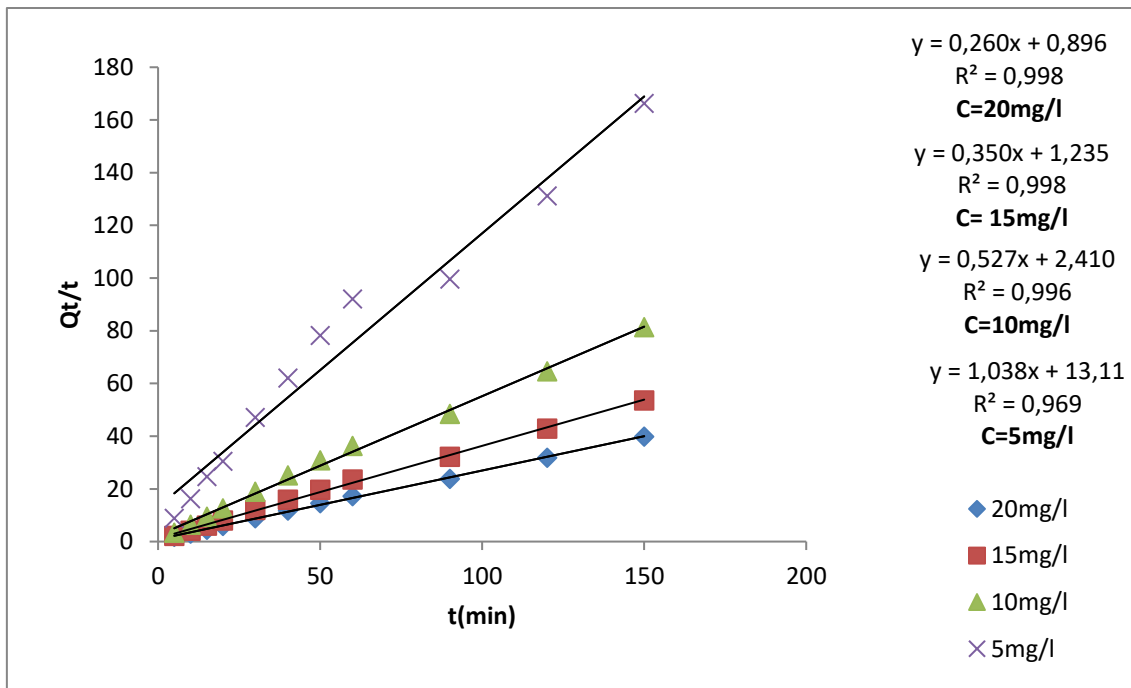
$$\frac{dQ(t)}{dt} = K_2 * (Q_e - Q_t)^2$$

Après intégration entre  $t = 0$  et  $t$ , d'une part, et  $Q_t = 0$  et  $Q_t$ , on obtient la forme linéaire

$$\frac{t}{Q} = \frac{1}{K_2 Q_e^2} (1/Q_e) * t$$

Les valeurs de  $R^2$  sont très élevées et sont comprises entre 0,969, 0,996, 0,998 et dépassent de loin celles obtenues avec le modèle du pseudo-premier ordre (figure V. 14).

Les quantités fixées à l'équilibre  $Q_e$  sont trouvés très proches des valeurs retrouvées expérimentalement. Ces deux dernières observations nous amènent à penser que le processus d'adsorption suit le modèle de pseudo-second ordre.



*Figure V. 16 : Application du modèle de pseudo seconde ordre pour l'adsorption du cristal violet par la sciure de bois.*

*Tableau V.7 : Valeurs de certains paramètres cinétiques obtenues pour le deuxième pseudo.*

cinétique de second ordre		
C de VG (mg/l)	R <sup>2</sup>	K <sub>2</sub>
20	0.998	0.075
15	0.998	0.099
10	0.996	0.115
5	0.969	0.082

**V.5. Modélisation d'adsorption :**

L'adsorption de nature physique ou chimique, peut être définie comme un phénomène de concentration de molécules d'une phase fluide à la surface d'un solide, la cinétique d'adsorption peut être modélisé par des relations mathématiques [79]

La quantité d'impuretés adsorbée est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$X = (C_0 - C_e) \cdot V$$

Les équations de Freundlich et de Langmuir sont utilisées sous leur forme linéarisée pour l'exploitation des isothermes d'adsorption [9] :

$$X/m = K \cdot C_e^{1/n}$$

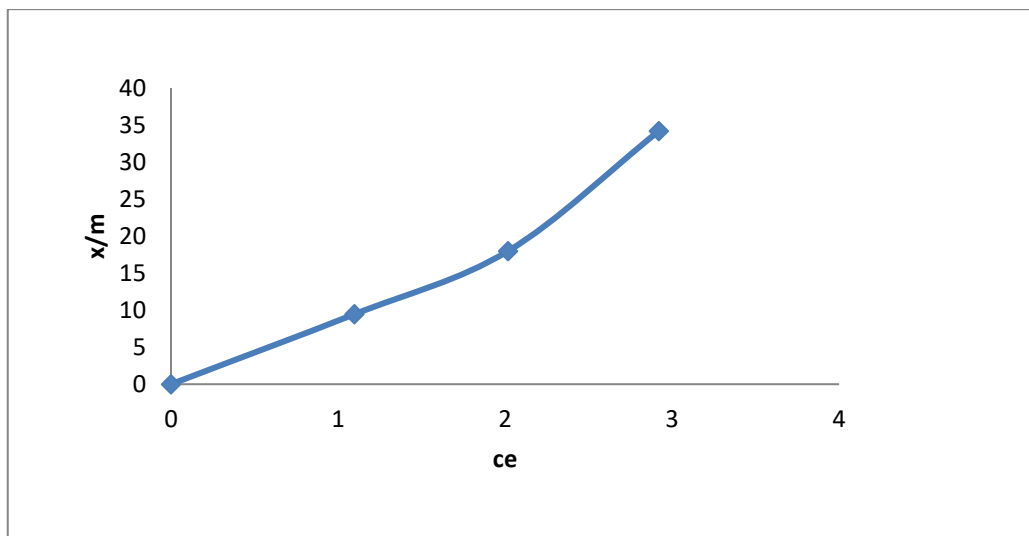
$$X/m = a \cdot b \cdot C_e / (1 + a \cdot C_e)$$

**K** et **n** : sont des constantes caractéristiques de l'efficacité de l'adsorbant.

**X/m** : la capacité d'adsorption par unité de masse d'adsorbant (mg/g).

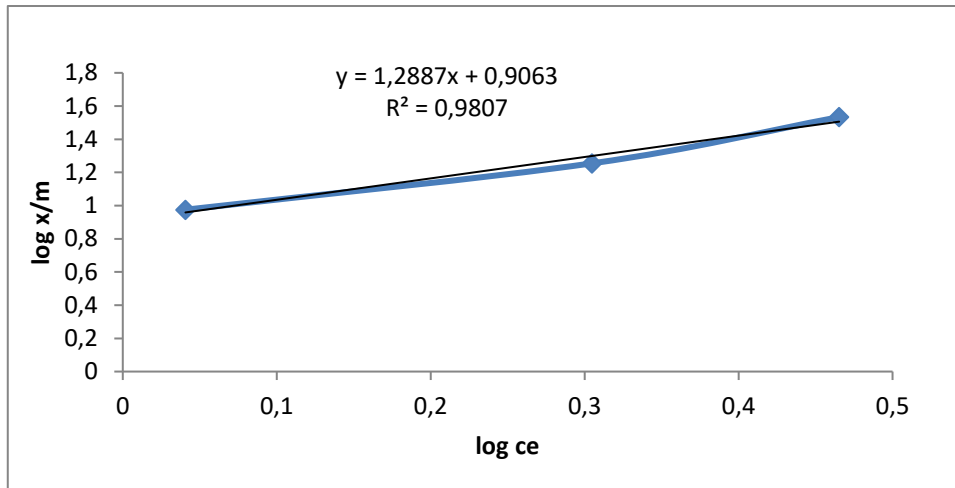
**a** : est une constante d'équilibre thermodynamique (l/mg)

**b** : la capacité maximale d'adsorption (mg/g).



*Figure V.17 : Isotherme d'adsorption de VG sur la sciure de bois.*

La (figure V.16) montre que l'isotherme obtenue d'adsorption de VG sur la sciure de bois est de type « S » selon la classification de Giles et Coll.



**Figure V.18 :** Isotherme d’adsorption de Freundlich (VG dans une solution aqueuse) sur la sciure de bois.

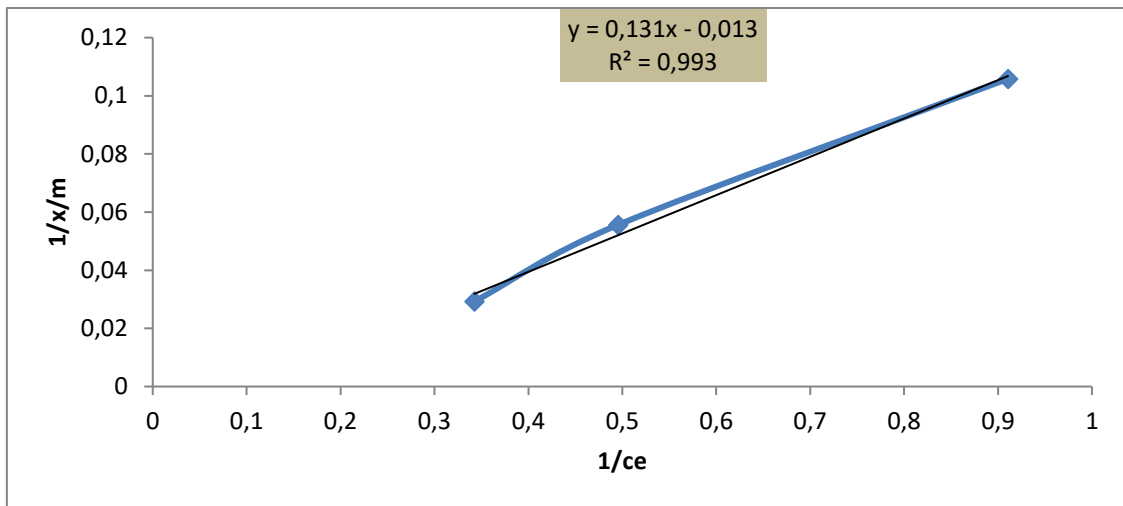
L’application de l’équation de Freundlich permet d’obtenir les résultats suivants :

**Tableau V.8 :** Paramètres équationnels du modèle de Freundlich.

Freundlich		
$K_f$	$1/n$	$R^2$
8.053	1.288	0.98

Nous obtenons l’équation suivante :

$$X/M = 8.053 * C_e^{1.288}$$



**Figure V.19 :** Isotherme d'adsorption de Langmuir (VG dans une solution aqueuse) sur la sciure de bois

L'application de l'équation de Langmuir permet d'obtenir les résultats suivants :

**Tableau V.9 :** Paramètres équationnels du modèle de Langmuir :

Langmuir			
$k_l$	$q_m$	$R^2$	$R_L$
0.099	76.923	0.993	0.98

Nous obtenons l'équation suivante :

$$X/M = 1,7 \cdot 10^{-3} C_e / (1 + 0,131 C_e)$$

La comparaison des deux coefficients de corrélation montre que le modèle de Langmuir répond mieux que le modèle de Freundlich.

$$R^2 \text{ de Freundlich} < R^2 \text{ de Langmuir}$$

# Conclusion



## CONCLUSION

Les colorants sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que les teintures du textile, du papier, du cuir et dans les industries alimentaires et cosmétiques. Les colorants ont la réputation d'être des substances toxiques et persistantes dans l'environnement, ils nécessitent des techniques physico-chimiques pour les dégrader et la mise au point des procédés de dépollution efficaces vise à réduire le pouvoir toxique des polluants.

L'élimination de la pollution organique par le traitement conventionnel n'est pas suffisante, Notamment pour les eaux contaminées par des composés organiques.

Les procédés utilisant l'adsorption ont constitué alors souvent une technique de choix, complémentaire à la filière de base. Par le traitement d'adsorption, les molécules organiques dissoutes sont éliminées d'une eau sans être modifiées.

L'objectif de notre travail était d'étudier les possibilités d'utiliser les propriétés spécifiques d'adsorption de la sciure de bois en étudiant l'influence de certains paramètres tels que la concentration initiale du soluté, la masse de l'adsorbant, le pH de la solution et la température et la vitesse d'agitation sur la rétention de violet de gentiane (VG)

A travers tous les résultats obtenus, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- La sciure de bois dans cette étude est un adsorbant efficace pour la rétention et l'élimination de colorant (VG) à partir des solutions aqueuses.
- Le taux d'élimination du VG augmente avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant dans la solution aqueuse.
- La cinétique d'adsorption du violet de gentiane sur la sciure de bois suit le modèle du pseudo-deuxième ordre.
- L'adsorption de violet de gentiane sur la sciure de bois répond mieux au modèle de Langmuir car son coefficient est le plus grand.

Comme perspectives nous préconisons l'étude dynamique sur colonne, de même l'étude de décoloration simultanée de plusieurs colorants et aussi l'activation chimique par un agent activant (acide ou basique) de la sciure de bois pourra nous donner des meilleurs rendements d'élimination.

## Références bibliographiques :

- 1) **ABDELKADER G.**, «Epuration biologique des eaux usées urbaines» office des publications universitaire, Alger (1984).
- 2) **ABOUZAID A.**, « Etude de différents traitements des effluents de l'industrie textile». Thèse de Doctorat, Université Chouaib Doukkali, Maroc, (2001).
- 3) **Afir D et Mezaoua**, « Application et dimensionnement d'un procédé de coagulation floculation pour le traitement des eaux résiduaires de la papeterie de Baba Ali », mémoire d'ingénieur, école nationale de polytechnique. (1984).
- 4) **Ahmad, Anees, Mohd Rafatullah, Othman Sulaiman et Bazlul Mobin Siddique.** « Removal of Cu(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions by adsorption on sawdust of Meranti wood ». Desalination, vol. 247, no 1-3, p. 636-646. (2009).
- 5) **A.K. Kushwaha, N. Gupta, M.C. Chattopadhyaya.** Removal of cationic methylene blue and malachite green dyes from aqueous solution by waste materials of Daucus carota. Journal of Saudi Chemical Society (2011).
- 6) **Allouche F, Lamri.D, .et Zahf, F**, « Surveillance de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbes », mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en biologie, Université de sidi bel Abbes. (1999).
- 7) **Asano T**, Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475p. (1998).
- 8) **ASFLOUR H.M., NASAR M.M., PINTO N.G.**, «Effect of salt on the mechanism of adsorption of aromatics on activated carbon». Langmuir, 15, 5997-6003. (1985).
- 9) **AYELE. J, FABRE. B, MAZET. M.**, Revue des Sciences de l'eau, 6, 381-394. (1993).
- 10) **AZBAR N, YONAR T, KESTIOGLU K**, Chemosphere, 55 (2004).
- 11) **BAGHDAD. M, CHADOULI. M**, Contribution à l'étude de la qualité des eaux épurées de la station de traitement des eaux, Mémoire de fin de stage, Alger, (2010),

- 12) BARCLAYS , BUCKLEYC. ,** Waste minimization guide for the textile industry, Step towards cleaner production, The pollution research group, University of Natal durban, South Africa, Water Research Commission, **1 (2000).**
- 13) BARKA N.,** L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photo catalytique sur TiO<sub>2</sub> supporté. Thèse Université Ibn zohr Agadir, N°65, **(2008).**
- 14) BAUER C. , Jacques P. ,Kalt A., Photoche J. . Photobiol. A:** chem. 140 .87–92. **(2001).**
- 15) Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A,** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p. **(2004),**
- 16) BERNE. F,** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition, TECHNIP, **(1972),**
- 17) BLIEFERT C., PERRAUD R,** «Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets». Editions de Boeck, Bruxelles, 10, **(2004).**
- 18) Bonnin J,** « Hydraulique urbain », 5ème édition Eyrole Paris, 228p. **(1977),**
- 19) Bontaux j,** « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle », 2eme édition Lavoisier technique et documentation, 225p. **(1994),**
- 20) BOUCIF. A, ALLAM,** Etude de la Co-adsorption de deux pesticides (Durion et Metribuzine) sur un charbon actif en poudre, mémoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle, école nationale supérieure polytechnique, **(2008).**
- 21) CARLIELL C. M., BARCLAY S. J., NAIDOO N.,** Water SA 21(1) **(1995).**
- 22) CARMEN Z., DANIELA, S.,** Textile Organic Dyes Characteristics, Polluting Effects and separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents. A Critical Overview, Organic; Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention Environmental and Analytical. Update, Edition Dr.Tomasz Puzyn,**(2012).**
- 23) Cases J. M, Villieras F., Michot L.,** Académie des Sciences. Paris. Sciences de la Terre et des Planètes/Earth and Planetary Sciences. 331 .763 - 773. **(2000).**
- 24) Centre international de recherche pour le cancer.** Overall evaluations of cancirogenecity to humain. **(2002).**

- 25) **Chouat M. laboubi F.** Etude de l'adsorption du bleu méthylène par charbon actif, Mémoire de Master, Université Mohamed Khaider-Biskra, Juin (2013).
- 26) **COLAS R.** La pollution des eaux, coll.« Que sais-je ? » P U F, Paris 4eme édition, (1977).
- 27) **COURILLEU V., VALETTE C.,** Chimie des couleurs et des odeurs, Nantes, culture et technique (1999).
- 28) **Cshapf,** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, 22p (1995).
- 29) **Degrémont Mémento,** « technique de l'eau ». Paris : Dégriment. (1972),
- 30) **DEPA (Danish Environmental Protection Agency),** Survey of azocolorants in Denmark, Toxicity and fate of azo dyes, (2000).
- 31) **Desjardins R,** Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique (1997).
- 32) **DESOILLE H., SCHERRER J., TRUHAUTER R.,** «Précis de médecine du travail». 5ème Edition Masson, 838-845, (1987).
- 33) **Djab M,** "Modification de la bentonite par des sels de Bis imidazolium – Applications à l'adsorption d'un colorant textile (Orange Télon) ", Mémoire de Master, Université de Tlemcen, 28, (2012).
- 34) **ECKENFELDER.WW** – Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, technique et documentation, LAVOISIERR Paris, Edition (1982)
- 35) **Edline F,** L'épuration biologique des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, Paris, 306p. (1979).
- 36) **Edline F,** L'épuration physico-chimique des eaux.3eme édition. Ed. CEBEDOC, (1996).
- 37) **ELBARIJI S., M. ELAMINE, H. ELJAZOULI, H. KABLI, A. LACHERAI et A. ALBOURINE** .Traitement et valorisation des sous-produits du bois. Application à l'élimination des colorants industriels. C.R. Chimie, 9, 1314-1321. (2006).
- 38) **ERRAIS E.,** Réactivité de surface d'argiles naturelles étude de l'adsorption de colorants anioniques. Thèse Université de Strasbourg, France, (2011).

- 39) Faby J.A., Brissaud F**, L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office (1997).
- 40) FAO.**, L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p. (2003).
- 41) FREUNDLICH d'après d'après J. FRIPIA T, J. CHAUSSIDON et A. JELLI** Chimie physique des phénomènes de surface, editeurs MASSON et Cie, (1971).
- 42) FREUNDLICH H**, An adsorption in solutions, Phys.Chem ,(1906).
- 43) Galaf F et S. Ghanna M**, « Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site Web sur la pollution du milieu marin ». Mémoire d'ingénieur d'état. Université. (2003).
- 44) GRIFFITHS J**. Developments in the light absorption properties of dyes—color and photochemical reaction. In: Developments in the Chemistry and Technology of Organic Dyes. Society of Chemistry Industry, Oxford, pp 1-30. (1984).
- 45) Hamsa D**, « Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbains», mémoire de fin d'étude de Magistère en Ecologie et Environnement Université de Constantine. (2006).
- 46) HANSSER L.**, «Tartrazine on trial». Fd. Chem. Toxicol. 22, 1019-1026. (1984).
- 47) HEDYATULLAH M.**. Les colorants synthétiques. 4ème trimestre, 1ère édition, (1976).
- 48) HITZ H. R. , HUBER W. , Reed R. H. , J. Soc. Dyers and colorists** 94(2),(1978).
- 49) Javadi, Nasrin**. « Étude expérimentale de l'initiation de la rupture des digues en enrochement par surverse ». Mémoire de maîtrise en sciences appliquées. Canada, École polytechnique de Montréal, 117 p. (2012).
- 50) JOLY N**. Synthèse et caractérisation de nouveaux films plastiques obtenus par acylation et réticulation de la cellulose. Thèse de Doctorat, Univ. Limoges, France, 215 p. (2003).
- 51) JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE** N° 34 page N°5 année (2011).
- 52) J. ZELDOVITCH d'après J. FRIPIA T, J. CHAUSSIDON et A. JELLI** Chimie physique des phénomènes de surface, editeurs MASSON et Cie, (1971).

- 53) KECK G. ET VERNUS E**, « Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'Ingénieur, Paris, (2000).
- 54) Kumar S., P. Ramalingam, S. Dinesh Kirupha, S. Murugesan, A. Vidhyadevi, T. Sivanesan, S.** Adsorption behavior of nickel(II) onto cashew nut shell: Equilibrium, thermodynamics, kinetics, mechanism and process design. Chemical Engineering Journal. 167. 122–131. (2011).
- 55) KURBUS T. SLOKAR Y. M, LE MARECHAL A. M.** Dyes Pigments 54 67–78. (2002).
- 56) Lamri N.** Elimination du colorant orange ii en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption, Mémoire de Magister, Université Mentouri- Constantine, (2010).
- 57) LANGMUIR**, The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids, Journal of the American Chemical Society 38, 2221, (1916).
- 58) Lee, R. F. & Page, D. S.,** Petroleum Hydrocarbons and their effects in subtidal regions after oil spills. Marine Pollution Bulletin, 34(11): 928-940. (1997).
- 59) Les énergies :** l'eau source et facteur de vie paris. Agence de coopération culturelle et technique. (1980).
- 60) MAYET J**, La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, 2ème Edition, Paris, (1994),
- 61) M. Auta, B.H. Hameed .**Chitosan–clay composite as highly effective and low-cost adsorbent for batch and fixed-bed adsorption of methylene blue. Chemical Engineering Journal 237 (2014) 352–361.
- 62) M. Ghaedi, H. Hossainian, M. Montazerzohori, A. Shokrollahi, F. Shojaipour, M. Soylak, M.K. Purkait**, A novel acorn based adsorbent for the removal of brilliant green, Desalination 281 226–233. (2011).
- 63) MIQUEL MG.,** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et santé- rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, France, (2001).

- 64) MONCADA S. , Palmer R. M. , . Higgs E. A,** *Pharmacol. Rev.* 43 () 109–142. (1991).
- 65) M.P. Tavlieva, S. D. Genieva, V.G. Georgieva, L.T. Vlaev.** Kinetic study of brilliant green adsorption from aqueous solution onto white rice husk ash. *Journal of Colloid and Interface Science* 409 112–122. (2013).
- 66) Nestmann ER, Douglas GR, Matula TI, Grant CE, Kowbel DJ:** Mutagenic activity of rhodamine dyes and their impurities as detected by mutation induction in salmonella and DNA damage in chinese hamster ovary cells. *Cancer research* .39:4412-4417. (1979).
- 67) Normes algériennes du ministre des ressources en eau,** (2011).
- 68) NORSETH T.,** «The carcinogenicity of chromium». *Environ. Health prespect*, 15, 255-270. (1981).
- 69) PAGGA U, TAEGER K.,** *Wat. Res.* 28(5) (1994).
- 70) Panshin A. J., De Zeeuw C.,** 4th ed. McGraw-Hill. New York. (1980).
- 71) P. Arnauld.** *Cours de chimie organique.* 15<sup>ème</sup> edition. Dunod éditeur (1990).
- 72) PAUL. R,** *Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Épuration, utilisation,* Société d'Éditions techniques, (1998).
- 73) PEKKUZ H., İ. UZUN et F. GÜZEL .**Kinetics and thermodynamics of the adsorption of some dyestuffs from aqueous solution by poplar sawdust. *Bioresour. Technol.*, 99, (2009) .(2017). (2008).
- 74) PEREIRA L., ALVES, M.,** *Dyes: Environmental Impact and Remediation, Environmental Protection Strategies for Sustainable Development, Strategies for Sustainability,* Chapter 4, Springer Science Business Media B.V.(2012).
- 75) POOTS V.J.P., MCKAY G., HEAL J.J.,** «Removal of acid dye from effluent natural an adsorbent II». *J. Water Wood Research.*10, 926-935. (1978).
- 76) R. D. Lillie.** *Les taches biologiques de Conn Williams & Wilkins,* Baltimore, MD., USA Catalogue chimique Aldrich, Aldrich Chemical Company, Milwaukee, WI, États-Unis. (1992).

- 77) Ri v lin J., The Dyeing of Textile Fibers: Theory and Practice, (1992).**
- 78) R. Kumar , M.A. Barakat.** Decolourization of hazardous brilliant green from aqueous solution using binary oxidized cactus fruit peel. Chemical Engineering Journal 226 -377-383. **(2013).**
- 79) SALLEH M A M., MAHMOUD D K., KARIM W A., IDRIS A.,** Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review, Desalination, Vol 280, **(2011).**
- 80) SAMANNI.L-Vaute, J.L.FANLO et al.** Elimination de l'ammoniac sur divers adsorbants (charbons actifs, tourbe et boues de station d'épuration). J, Pollution atmosphérique, **(1993).**
- 81) SANI R. K., BANERJEE U.C.,** Enzyme and microbial Tech. 24 **(1999).**
- 82) S. Hazourli, M. Ziati, A. Hazourli, M. Cherifi.** Valorisation d'un résidu naturel ligno cellulosique en charbon actif -exemple des noyaux de dattes- Revue des Energies Renouvelables ICRESD-07 Tlemcen 187-192. **(2007).**
- 83) SHORE J.,** Colorant and auxiliaries, organic chemistry and application properties. 1-colorants. BTTG-Shirley, Society of dyers and colourists, Manchester, Angleterre. **(1990).**
- 84) SIMONT G.** Guide des techniques de l'ennoblissement textile. edition industrie textile **(1982).**
- 85) S. Sahnoun.** Synthèses, caractérisation et application des argiles organophiles, Thèse de Magister, Université du Sétif **(2011).**
- 86) STOLTE M. , Vieth M. ,** Acta Endosc. 31 (2) 125–130, **(2001).**
- 87) (UMLV)** Université de Marne-la-Vallée, Zawlotzki Guivarch, Elodie – **(2004).**
- 88) U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY,** Manual Best management practices for pollution prevention in the textile industry, EPA/625/R 96/004, Septembre **(1996).**
- 89) Vaillant J.R.** Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, 413p. **(1974).**



- 90) VENCESLAU M. C., TOM S. , SIMON J. J. , Environ. Technol. 15 (1994).**
- 91) WANG Z. , XUE M. , HUANG K. , LIU Z, Textile Dyeing Wastewater Treatment. Advances .in Treating Textile Effluent, Edition Prof. Peter Hauser, InTech 91-116. (2011).**
- 92) WEBER E., WOLFE N. L. , Environ. Toxicol. Techn. 6, (1987).**
- 93) WINNACKER K., L. Küchler, «Traité de Chimie appliquée», Tome 7 : Chimie organique, 3ème partie, Editions Eyrolles, Paris 5e, 165-166, (1968).**
- 94) WUTHIER P, Raffinage et génie chimique, Édition Technip. Paris, (1972).**
- 95) Zhenwang, L., Zhenlu, C., Jianyan L. The PT dye molecular structure and its chromophoric luminescences mechanism. 166. 15th World Conference on Non-Destructive Testing, October, pp. 15-21. (2000).**
- 96) ZOLLINGER H.. Color Chemistry – syntheses, proprieties and applications of organic dyes and pigments. VCH Publications, New York, N.Y (1991).**
- 97) ZHENHU H., HUI C., FENG J., SHOUJUN Y., Removal of Congo Red from aqueous solution by cattail root, Journal of Hazardous Materials, Vol 173, (2010).**
- 98) ZAWLOTSKI G V., Traitement des polluants organiques en milieu aqueux par procédé électrochimique d’oxydation avancée “Electro-Fenton”. Application à la minéralisation des colorants synthétiques, Thèse de Doctorat, Université de Marne-La-Vallée, (2004).**

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'adsorption du violet de gentiane (VG) (colorant basique utilisé dans la teinture du coton et de la soie) sur la sciure de bois.

Les essais d'adsorption ont montré que l'équilibre s'établit au bout de 60 minutes. Différents paramètres expérimentaux ont été analysés : pH, masse d'adsorbant et concentration initiale en colorant, température ainsi que l'effet de la vitesse d'agitation. Les résultats expérimentaux ont montré que l'adsorption du colorant violet de gentiane dépend de tous ces paramètres physico-chimiques.

La capacité d'adsorption a été déterminée en utilisant les isothermes de Langmuir et Freundlich. La capacité maximale d'adsorption de la sciure de bois est de 76.723 (mg/g).

La cinétique d'adsorption du violet de gentiane a été étudiée en utilisant les équations du pseudo-premier-ordre et pseudo-second-ordre. L'adsorption du colorant violet de gentiane sur la sciure de bois peut être décrite par une cinétique du pseudo-second-ordre. Les résultats ont indiqué que le pseudo second ordre est la meilleure corrélation pour les données d'adsorption.

## Abstract

This work is mainly concerned with the study of the adsorption of gentian violet (VG) (a basic dye used in the dyeing of cotton and silk) on wooden sawdust.

Adsorption tests showed that equilibrium was established after 60 minutes. Various experimental parameters were analyzed: pH, adsorbent mass and initial dye concentration, the temperature as well as the effect of the agitation rate. The experimental results indicate that the adsorption of the gentian violet dye depends on these physicochemical parameters as a whole.

The adsorption capacity was determined by using the Langmuir and Freundlich isotherms. The maximum adsorption capacity of the wooden sawdust is 76,723 (mg / g).

The adsorption kinetics of gentian violet was studied using the pseudo-first-order and pseudo-second-order equations. THE gentian violet dye's absorption on wooden sawdust may be described by pseudo-second-order kinetics. The findings indicated that pseudo-second-order is the best correlation for adsorption data.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة امتزاز البلوري البنفسجي (الصبغة الأساسية المستخدمة في صباغة القطن والحريز) على نشارة الخشب.

اضهرت إختبارات الإمتزاز أن التوازن قد تم بعد 60 دقيقة وقد تم تحليل مختلف الإعدادات التجريبية: درجة الحموضة ، كتلة الماصة والتركيز الصبغ الأولي ، ودرجة الحرارة وكذلك تأثير سرعة التحريك. أظهرت النتائج التجريبية أن امتزاز صبغة البلوري البنفسجي يعتمد على كل هذه المعايير الفيزيائية

تم تحديد قدرة الامتزاز باستخدام متساوي الحرارة من لانقموير و فراندليش. قدرة الامتصاص القصوى لنشارة الخشب هي 76.9231 مغ\*غ<sup>-1</sup>. تم دراسة حركية امتزاز البلوري البنفسجي باستخدام معادلات من الدرجة الاولى والثانية

النتائج تشير الى ان المعادلة من الدرجة الثانية افضل ارتباطا مع بيانات الامتزاز.

