

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGIA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES

MEMOIRE Maser Academique

Domaine :Science et Technologie

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Sciences et génie de l'environnement

Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Présenté par :

Khaoula Sehalia & Fatma Talbi

N° d'Ordre : ..... Série : .....

Thème

*Etude d'adsorption du Rouge Congo en phase  
aqueuse sur les feuilles de palmier*

*Soutenu publiquement*

*Le : 06 /07/2019*

*Devant le jury :*

---

Dr. Selami Mohamed Hassen	UKM- Ouargla	Président
Dr. Izza Hidia	UKM- Ouargla	Examinatrice
Dr. Benabdsselam Soulef	UKM- Ouargla	Encadreur

---

*L'année Universitaire : 2018 / 2019*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciement

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre dieu, notre créateur, pour le courage et la patience qu'il nous donné pour accomplir ce travail.*

*Nous remercions notre encadreur **Dr. Soulaf Benabdesselam** pour ses orientations et conseils. Nous tenons à notifier un remerciement*

*Spécial à tous mes professeurs qui ont contribué à notre formation de Master.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements au Membres de jury qui ont accepté de jury ce modeste travail.*

*Nous tenons aussi à remercier nos enseignants de département de Génie des procédés pour la formation que nous avons reçue.*

*Le travail présenté dans ce manuscrit a été réalisé au laboratoire de génie de l'eau et l'environnement en milieu saharien de l'université de Kasdi Merbah Ouargla, c'est pourquoi je tiens à remercier son directeur **Pr. Messaidfa Amar**, de m'avoir accueillie au sein de ce laboratoire, et **Asma Ayachi Omar** responsable de laboratoire.*

*Nos derniers remerciements et qui ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.*

*Sehailia & Talbi*



# Dédicace

*Tout d'abord, Je dédie ce mémoire à la mémoire de mon père.*

*J'espère que, de là où il est, il apprécie ce geste comme preuve de reconnaissance de la part de sa fille qui a réalisé ce que son père souhaitait, et qu'il y est arrivé.*

*Puisse Dieu, le tout puissant, lui accorder le paradis !*

*Je dédie également ce mémoire à ma chère mère & à ma grande mère.*

*À toute la famille **Sehailia**, ainsi que la famille **Gehzal**.*

*À mes frères et je nomme personnellement : Mohamed, Salah dinne, Chekh et  
Ishak.*

*À tous mes oncles et tantes.*

*À mes amis(e) : Kaouther, Fatma, Manel, Waffa, Sarah, Wissem, Abdelouadoud.*

*Enfin, je saisis aussi cette occasion pour prononcer un mot de gratitude à notre encadreur, Madame **Soulaf Ben Abdeslam** qui a contribué d'une manière ou d'une autre à l'élaboration de ce travail et à l'ensemble de mes professeurs et collègues qui ont contribué à la mise à pieds de ce travail.*

***Sehailia Khaoula***



# Dédicace

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,*

*L'amour, le respect, la reconnaissance...*

*Aussi, c'est tout simplement que :*

*Je remercie dieu tout puissant de m'avoir donné la force de résister et d'arriver au terme de ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À la mémoire de mon cher père qui est toujours présent dans mon cœur.*

*À la source de tendresse et mon bonheur ma chère mère Comme preuve de ma gratitude qui m'a beaucoup soutenu.*

*À mes chers frères « mioud, laid, djilani, Mohamed laid, hamza, bachir » et sœurs en particulier la petite Halima, pour leurs soutiens et encouragements.*

*Aux enfants de mes frères, chacun en son nom et en particulier, aux jeunes pousses « Assia, Ahmed, Mohamed hasan, Eines, Amira, Selwa, Raihana ».*

*À tous les membres de ma famille ; **Talbi et ben hamouda.***

*À tous mes amis en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble « Nesrine, Yousra , Mouchira , Oum elkhir ».*

*Surtout ma bien-aimée et ma soeur, qui a pris part à ce travail et à tout ce que nous avons passé Khaoula.*

*Et enfin à toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment Je vous souhaite à tous une vie pleine de bonheur et de succès et que dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*Fatma Talli*



## *Liste des tableaux*

## Liste des tableaux

N°	Tableaux	Page
<i>Chapitre I : Généralités sur les eaux colorées</i>		
I.1.1	Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante	4
I.1.2	Classification des colorants synthétiques	7
I.1.3	Propriété chimique du Rouge Congo	12
I.1.4	Propriétés physiques du Rouge Congo	12
I.2.1	Caractéristiques des deux types d'adsorption	17
<i>Chapitre II : Matériels et méthodes</i>		
II.1	Propriétés et rôle des produits et les matériels	25
<i>Chapitre III : Résultat et discussion</i>		
III.1	Les valeurs des densités optiques correspondantes aux différentes concentrations	33
III.2	Les paramètres équationnels de modèle de Langmuir	37
III.3	Paramètres du modèle de Langmuir et les coefficients de corrélation	38
III.4	Paramètres du modèle de Freundlich	39
III.5	Paramètres du modèle de pseudo-premier ordre	40
III.6	Paramètres du modèle de pseudo- second ordre	41
III.7	Les valeurs de pH de chaque bécher	43
III.8	Démontre les meilleures valeurs permettant d'obtenir un bon rendement	44



*Liste des figures*



## Liste des figures

N°	Figures	Page
<i>Chapitre I : Généralités sur les eaux colorées</i>		
I.1.1	Rubiainctoria	5
I.1.2	Réséda lutéola	5
I.1.3	Ingoférainctoria	5
I.1.4	Cochenille	5
I.1.5	Molusque Murex Brandaris	5
I.1.6	Structure chimique des colorants à mordants	6
I.1.7	Structure de rouge Congo (formule chimique : $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ )	11
I.2.1	Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain	17
I.2.2	Classification des isothermes d'adsorption selon Giles et al	19
<i>Chapitre II : Matériels et méthodes</i>		
II.1	Lavage de déchet (FP)	26
II.2	Séchage de déchet (FP)	26
II.3	Déchet des feuilles de palmier	26
II.4	La solution de mère avec les solutions filles	27
II.5	Test d'effet de quantité de FP sur la biosorption	28
II.6	Test d'effet de concentration de solution de RC sur la biosorption	28
II.7	Test d'effet de PH de solution de RC sur la biosorption	29
II.8	Test d'effet de la température de solution de RC sur la biosorption	29
<i>Chapitre III : Résultat et discussion</i>		
III.1	La courbe étalonnage du colorant Rouge Congo	33
III.2	Variation de la quantité adsorbée du RC en fonction du temps et à différentes masses de FP	34
III.3	Variation de la quantité adsorbée du RC en fonction du temps et à différentes concentrations initiales de RC	34
III.4	Variation de la quantité adsorbée du RC en fonction du temps et à différents pH de solutions	35

<b>III.5</b>	<b>Variation de la quantité adsorbée du RC en fonction du temps et à différentes températures de solutions</b>	<b>36</b>
<b>III.6</b>	<b>Modélisation d'isotherme d'adsorption par l'équation de Langmuir</b>	<b>37</b>
<b>III.7</b>	<b>Modélisation de l'isotherme d'adsorption par l'équation de Freundlich.</b>	<b>38</b>
<b>III.8</b>	<b>Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo-premier ordre.</b>	<b>40</b>
<b>III.9</b>	<b>Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo-second ordre</b>	<b>40</b>
<b>III.10</b>	<b>Rendement d'adsorption en fonction de la quantité de FP</b>	<b>42</b>
<b>III.11</b>	<b>Rendement d'adsorption en fonction de la concentration initiale de RC</b>	<b>42</b>
<b>III.12</b>	<b>Rendement d'adsorption en fonction de pH</b>	<b>43</b>
<b>III.13</b>	<b>Rendement d'adsorption en fonction de la température</b>	<b>44</b>

## *Liste des abréviations*

Liste des abréviations

<b>AGFA</b>	<b>Société utilisée pour la coloration des textiles</b>
<b>DCO</b>	<b>La demande chimique en oxygène</b>
<b>FP</b>	<b>Feuilles de palme</b>
<b>IR</b>	<b>Infrarouge</b>
<b>POAs</b>	<b>Les procédés d'oxydation avancée</b>
<b>pH</b>	<b>Le potentiel hydrogène</b>
<b>RC</b>	<b>Rouge Congo</b>
<b>Al</b>	<b>Aluminium</b>
<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	<b>Le sulfate d'aluminium</b>
<b>Ba</b>	<b>Baryum</b>
<b>Ca</b>	<b>Calcium</b>
<b>Cd</b>	<b>Cadmium</b>
<b>Cl<sub>2</sub></b>	<b>Le dichlore</b>
<b>CO</b>	<b>Le monoxyde de carbone</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Dioxyde de carbone</b>
<b>Cr</b>	<b>Chrome</b>
<b>Cu</b>	<b>Cuivre</b>
<b>Fr</b>	<b>Fer</b>
<b>FeCl<sub>3</sub></b>	<b>Le chlorure ferrique</b>
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	<b>Le sulfate ferreux</b>
<b>Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	<b>Le sulfate ferrique</b>
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>Le peroxyde d'hydrogène</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>L'eau</b>
<b>Mo</b>	<b>Le molybdène</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>Dioxygène</b>
<b>O<sub>3</sub></b>	<b>L'ozone</b>
<b>Pb</b>	<b>Le plomb</b>
<b>Ti</b>	<b>Titane</b>
<b>Zn</b>	<b>Zinc</b>

Symboles	Grandeur	Unités
$C_0$	La concentration initiale (à $t=0$ ) de RC dans la phase liquide	mg/l
$C_t$	La concentration de FP à l'instant $t$ dans la phase liquide.	mg/l
$C_e$	La concentration de RC dans la phase aqueuse à l'équilibre	mg/l
$Q_t$ :	Quantité adsorbée à l'instant $t$	mg/g
$Q_e$	Quantité adsorbée à l'équilibre	mg/g
$Q_{max}$	Quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité	mg/g
$V$	Volume de la solution	L
$W$	Masse de biosorbant sec	g
$h$	La vitesse initiale de sorption	mg/g min
$t$	Temps	min
$b$	Constante de Langmuir	L/ mg
$K_L$	Constante de Langmuir caractéristique	l/mg
$K_1$	Constante de vitesse d'adsorption de pseudo-premier ordre	l/min
$K_2$	Constante de vitesse d'adsorption de pseudo- second ordre	g/ mg min
$K_F$	Un paramètre lié essentiellement à la capacité d'adsorption maximale.	
$n$	Un paramètre lié au coefficient des énergies d'interactions avec le taux de recouvrement.	
$Y$	L'absorbance (A) à l'instant $t$ .	
$X$	La concentration résiduelle de RC à l'instant $t$ .	

# *Table des matières*

## Table des matières

N°	Le titre	Page
	<b>Remerciement</b>	
	<b>Dédicace</b>	
	<b>Liste des tableaux</b>	<b>I</b>
	<b>Liste des figures</b>	<b>II</b>
	<b>Liste des abréviations</b>	<b>IV</b>
	<b>Table des matières</b>	<b>VI</b>
	<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b><i>Chapitre I : Généralités sur les eaux colorées</i></b>		
	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b><i>Partie 1 : Généralités sur les eaux colorées</i></b>		
<b>I.1.1</b>	<b>Généralités sur les eaux colorées</b>	<b>4</b>
<b>I.1.2</b>	<b>Définition des colorants</b>	<b>4</b>
<b>I.1.3</b>	<b>L'origine et les classifications de colorant</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.1</b>	<b>Les colorants naturels</b>	<b>6</b>
<b>I.1.3.1.a</b>	<b>I. Les colorants à mordants</b>	<b>6</b>
<b>I.1.3.1.b</b>	<b>Les colorants de cuve</b>	<b>6</b>
<b>I.1.3.2</b>	<b>Les colorants synthétiques</b>	<b>7</b>
<b>I.1.4</b>	<b>L'impact de les colorant sur l'eaux</b>	<b>9</b>
<b>I.1.5</b>	<b>Impact des colorants sur l'environnement et la santé</b>	<b>9</b>
<b>I.1.5.1</b>	<b>Impacts environnementaux</b>	<b>9</b>
<b>I.1.5.2</b>	<b>Les impacts dangereux sur la santé</b>	<b>10</b>
<b>I.1.6</b>	<b>Utilisation et application des colorants</b>	<b>10</b>
<b>I.1.7</b>	<b>Le Rouge Congo</b>	<b>10</b>
<b>I.1.7.1</b>	<b>Les colorants directs (ou substantifs)</b>	<b>10</b>
<b>I.1.7.2</b>	<b>Historique</b>	<b>11</b>
<b>I.1.7.3</b>	<b>Définition de Rouge Congo</b>	<b>11</b>
<b>I.1.7.4</b>	<b>Structure du Rouge Congo</b>	<b>11</b>
<b>I.1.7.5</b>	<b>Les Propriétés physique et chimique du Rouge Congo</b>	<b>12</b>

I.1.7.6	Utilisation	12
I.1.7.7	Toxicité	12
I.1.8	Procédés de traitement des effluents textiles	13
I.1.8.1	Les méthodes chimiques	13
I.1.8.1.1	Les procédés classiques d'oxydation chimique	13
I.1.8.1.2	Les procédés d'oxydation avancée « POAs »	13
I.1.8.2	Les méthodes physiques	13
I.1.8.2.1	Filtration membranaire	13
I.1.8.2.2	Coagulation/floculation	14
I.1.8.2.3	Adsorption sur charbon actif ou (l'autres matériaux)	14
I.1.8.3	Méthode biologique	14
I.1.8.3.1	Traitement aérobie	14
I.1.8.3.2	Traitement anaérobie	15
<i>Partie 2 : Généralités d'adsorptions</i>		
I.2.1	Définition de l'adsorption	16
I.2.2	Types d'adsorption	16
I.2.2.1	Adsorption physique (physisorption)	16
I.2.2.2	Adsorption chimique (Chimisorption)	16
I.2.3	Mécanisme d'adsorption	17
I.2.4	Facteurs influençant l'adsorption	18
I.2.4.1	Surface spécifique	18
I.2.4.2	Le pH	18
I.2.4.3	La Température	18
I.2.4.4	La Masse de l'adsorbant	18
I.2.5	Isothermes d'adsorptions	19
I.2.5.1	Définition de l'isotherme	19
I.2.5.2	Classification des isothermes d'adsorption	19
I.2.5.2.a	Classe S	20
I.2.5.2.b	Classe L	20
I.2.5.2.c	Classe H	20
I.2.5.2.d	Classe C	20



<b>I.2.5.3</b>	<b>Modèles d'isothermes d'adsorption</b>	<b>20</b>
<b>I.2.5.3.1</b>	<b>Modèle de Langmuir</b>	<b>20</b>
<b>I.2.5.3.2</b>	<b>Modèle de Freundlich</b>	<b>21</b>
<b>I.2.6</b>	<b>La cinétique d'adsorption</b>	<b>22</b>
<b>I.2.6.1</b>	<b>Modèles cinétiques</b>	<b>22</b>
<b>I.2.6.1.a</b>	<b>Modèle de pseudo premier ordre</b>	<b>22</b>
<b>I.2.6.1.b</b>	<b>Modèle du pseudo-second ordre</b>	<b>22</b>
<b><i>Chapitre II : Matériels et méthodes</i></b>		
<b>II.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>24</b>
<b>II.2</b>	<b>Produits et matériels</b>	<b>25</b>
<b>II.3</b>	<b>Préparation de l'adsorbat</b>	<b>26</b>
<b>II.4</b>	<b>Préparation de solution mère</b>	<b>26</b>
<b>II.5</b>	<b>Méthode d'analyse</b>	<b>27</b>
<b>II.6</b>	<b>Etude de cinétique d'adsorption de Rouge Congo sur les feuilles de palmier</b>	<b>27</b>
<b>II.6.1</b>	<b>Effet de la quantité des feuilles de palmier</b>	<b>27</b>
<b>II.6.2</b>	<b>Effet de la concentration de colorant</b>	<b>28</b>
<b>II.6.3</b>	<b>Effet de pH sur l'adsorption du RC</b>	<b>28</b>
<b>II.6.4</b>	<b>Effet de la Température sur l'adsorption du RC</b>	<b>29</b>
<b>II.7</b>	<b>Formules de calcul</b>	<b>29</b>
<b>II.8</b>	<b>Modèles d'isothermes d'adsorption</b>	<b>30</b>
<b>II.8.1</b>	<b>Modèle de Langmuir</b>	<b>30</b>
<b>II.8.2</b>	<b>Modèle de Freundlich</b>	<b>31</b>
<b>II.9</b>	<b>Modélisation de la cinétique d'adsorption</b>	<b>31</b>
<b>II.9.1</b>	<b>Modèle de Lagergren (pseudo premier ordre)</b>	<b>31</b>
<b>II.9.2</b>	<b>Modèle de Blanchard (pseudo second ordre)</b>	<b>32</b>
<b><i>Chapitre III : Résultat et discussion</i></b>		
<b>III.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>33</b>
<b>III.2</b>	<b>La Courbe d'étalonnage</b>	<b>33</b>
<b>III.3</b>	<b>Effet de quelque paramètre sur la capacité d'adsorption</b>	<b>33</b>
<b>III.3.1</b>	<b>L'effet de la quantité des feuilles de palmier</b>	<b>33</b>
<b>III.3.2</b>	<b>L'effet de concentration</b>	<b>34</b>

<b>III.3.3</b>	<b>L'effet de pH</b>	<b>35</b>
<b>III.3.4</b>	<b>L'effet de la température</b>	<b>36</b>
<b>III.4</b>	<b>Modélisation des équilibres des isothermes l'adsorption</b>	<b>36</b>
<b>III.4.1</b>	<b>Modèle de Langmuir</b>	<b>37</b>
<b>III.4.2</b>	<b>Modèle de Freundlich</b>	<b>38</b>
<b>III.5</b>	<b>Modélisation de la cinétique d'adsorption</b>	<b>39</b>
<b>III.5.1</b>	<b>Modèle cinétique de premier ordre</b>	<b>39</b>
<b>III.5.2</b>	<b>Modèle pseudo-second ordre</b>	<b>40</b>
<b>III.6</b>	<b>Calcul du rendement d'adsorption</b>	<b>41</b>
<b>III.6.1</b>	<b>Effet de la quantité de déchet</b>	<b>41</b>
<b>III.6.2</b>	<b>Effet de la concentration</b>	<b>42</b>
<b>III.6.3</b>	<b>Effet de pH</b>	<b>43</b>
<b>III.6.4</b>	<b>Effet de température</b>	<b>43</b>
	<b>Conclusion générale</b>	<b>45</b>
	<b>Références bibliographiques</b>	
	<b>Résumé</b>	

# *Introduction Générale*

## **Introduction générale**

Aujourd'hui plus que jamais, nous pouvons être sûrs que l'activité humaine et le mode de vie moderne sont responsables de l'aggravation de la pollution environnementale. Les sources de pollution sont de plus en plus nombreuses et diverses (industrie, automobile, pétrole, agriculture, rejets plastiques, produits de consommation, ...). Ces polluants comprennent les colorants[1] .

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 et des vêtements, etc. Ces colorants peuvent contenir des groupements fonctionnels, naturels ou bien provenant de réactions chimiques ou de synthèse. Ces derniers présentent de nombreuses applications dans différents domaines comme par exemples la teinture et impression sur fibre et tissus de tous genres, les colorations des denrées alimentaires, les colorants pour les emplois médicaux et cosmétiques. Pour leurs majorités, ces colorants sont des composés difficilement biodégradables, ils sont reconnus, toxiques ou nocifs pour l'homme et les animaux [2].

La réduction voire l'élimination de ces colorants est donc nécessaire étant donné la toxicité avérée de certains d'entre eux. Des méthodes de traitements opérationnels à l'échelle de laboratoire et industriels existent déjà, elles incluent des procédés physicochimiques (adsorption, filtration membranaire, méthodes de séparations solide-liquide : précipitation, coagulation, floculation et décantation) chimiques (résine échangeuse d'ions, oxydation par : oxygène, ozone, ...) et biologiques (traitement aérobie et anaérobie). Dans cette étude, nous avons opté pour le procédé d'adsorption qui est considéré comme l'une des techniques de traitement les plus utilisées pour enlever de l'eau les composés organiques et ions métalliques en général[3] . S'est avéré la meilleure technique de traitement des effluents industriels en raison du coût, de la simplicité de conception, de la facilité d'emploi et de l'insensibilité aux substances toxiques[4] .

Dans ce travail, nous avons choisi les feuilles de palmier comme matériau absorbant à faible coût pour se débarrasser des colorants dans l'eau et le Congo rouge comme modèle de colorant polluant en raison de sa très large utilisation. Ce travail est réparti en deux grandes chapitres :

- D'un chapitre I, il est composé deux parties comme suit :
  - ✓ La première partie : initiée par quelques généralités sur les eaux colorées, l'origine et les différents types de colorants, les effets des colorants sur l'eau, la toxicité, les différentes méthodes de traitement des effluents colorés, généralités sur le Rouge Congo.
  - ✓ La deuxième partie : rassemble quelques notions de base sur le phénomène d'adsorption, les différents paramètres influençant ce phénomène et les diverses isothermes d'adsorption.
  
- Une partie expérimentale qui est subdivisée en deux chapitres :
  - ✓ Chapitre II : représente les matériels et les méthodes, les produits utilisés ainsi que le protocole expérimental.
  - ✓ Chapitre III : consiste à donner des discussions et des interprétations des résultats d'étude de la cinétique de sorption du colorant en suivant les effets de divers paramètres tels comme : la masse de biosorbant, la concentration de colorant, pH et Température sur l'adsorption. Ainsi qu'une étude de la cinétique d'adsorption : Modèle de pseudo première et pseudo-deuxième ordre et les isothermes d'adsorption modèles : de Langmuir et de Freundlich.

Enfin nous terminons par une conclusion générale.

## *Chapitre I*

### *Généralités sur les eaux colorées et l'adsorption*

## **Introduction**

La partie bibliographique de ce travail est composée de deux parties :

La première partie donne un aperçu sur l'eau colorée, l'origine de la couleur, la classification des colorants, domaines d'utilisation et de la toxicité des colorants.

Nous discuterons en particulier de la couleur utilisée dans cette étude, de ses propriétés physiques et chimiques, de ses utilisations et des méthodes de traitement de l'eau colorée contaminée selon les trois processus : physique, chimique et biologique.

Dans la deuxième partie, nous étudions le procédé d'adsorption et ses types, ainsi que les caractéristiques de chaque type, la cinétique d'adsorption et ses facteurs influençant, Isothermes d'adsorptions.

*Partie 1*

*Généralités sur les eaux colorées*



### I.1.1. Généralités sur les eaux colorées :

Les eaux usées industrielles ont une composition très variable d'une industrie à l'autre. La plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants suite au contact de l'eau avec des solides, des liquides ou des gaz. Dans certaines industries (industrie alimentaire, chimique, textile, ...) on trouve une pollution dissoute, qui peut avoir un caractère biodégradable mais certaines eaux de fabrication contiennent des produits toxiques dont la présence peut masquer la valeur réelle de la pollution biodégradable. [05] à titre d'exemple, les teintures synthétiques utilisées en industries textiles qui génère une pollution très importante du milieu aqueux avec des rejets fortement contaminés par des colorants [04]. Les industries textiles rejettent des eaux usées chargées de produits chimiques divers, avec des risques variables pour l'environnement. Parmi les polluants notoires, présents dans les effluents liquides des industries textiles, les colorants ont retenu notre attention : certains de ces colorants sont extrêmement stables et peuvent demeurer inchangés dans l'environnement bien longtemps. [06]

### I.1.2. Définition des colorants :

Les matières colorantes sont un assemblage de groupes chromophores, auxochromes et de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, perylène, etc.). Ces groupements sont capables de transformer la lumière blanche dans le spectre visible (de 380 à 750 nm), en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion.

Le tableau (I.1.1), Présente les groupes chromophores et auxochromes classés par intensité décroissante [07].

**Tableau I.1.1. Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante [07].**

Groupements chromophores		Groupements auxochromes	
Azo	-N=N-	Acétyle	-COCH <sub>3</sub>
Azoxy	-N=N <sup>+</sup> -O <sup>-</sup>	Acide	-COOH
Azoamino	-N=N-NH	Acide sulfonique	-SO <sub>3</sub> H
Nitroso	-N=O	Amido	-CONH <sub>2</sub>
Carbonyle	>C=O	Amino	-NRR'
Ethenyle	>C=C<	Chloro	-Cl
Thio	>C=S	Hydroxyle	-OH
Nitro	-NO <sub>2</sub>	Méthoxyle	-OCH <sub>3</sub>
Azométhine	>C=NH	Cyano	-CN

### I.1.3. L'origine et les classifications de colorant :

Il existe deux grandes classes de colorants, en l'occurrence les colorants naturels et les colorants synthétiques.

**a. Végétale :** indigo, garance, roucon, safran, orseille, cachou, curcuma, naprum, pastel, noix de galle, gaude.... [08] (Figure I.1.1, I.1.2, I.1.3).

➤ L'indigo (colorant bleu) tiré du réséda lutéola communément appelé gaude *Rubiactinctoria* **Figure I.1.1.**

➤ La lutéoline (colorant jaune) tirée de la garance. Réséda lutéola **Figure I.1.2 [09].**

➤ L'alizarine (colorant rouge) obtenu à partir de l'indigotier *ingoféractinctoria* **Figure I.1.3.**

**b. Animale :** cochenille, kernès, pourpre, Molusque *Murex Brandaris*...[08] (Figure I.1.4, I.1.5).



Figure I.1.1. *Rubiactinctoria* [1\*]

Figure I.1.2. *Réséda lutéola* [1\*]

Figure I.1.3. *Ingoféractinctoria* [1\*]



Figure I.1.4. Cochenille [1\*]

Figure I.1.5. Molusque *Murex Brandaris* [1\*]

### I.1.3.1. Les colorants naturels :

La majorité des colorants utilisés sont d'origine végétale, extraits des plantes, des arbres ou des lichens, ou bien d'origine animale, extraits des insectes comme le kermès et la cochenille ou des mollusques comme la pourpre, ou bien encore dans les micro-organismes. On distingue deux catégories : les colorants à mordant et les colorants de cuve. [04]

#### I.1.3.1.a. Les colorants à mordants

Les colorants mordants sont les plus courants pour une première teinture, qui permettra une bonne fixation du colorant végétal.[08], ils se caractérisent par la présence dans leur molécule de groupes hydroxyles, souvent en position voisine des groupes cétoniques, ce qui permet de former des complexes insolubles avec des sels métalliques (le mordant) d'aluminium, de fer, zinc et de chrome. [04], on les appelle « colorants schromatibles ». Ci-dessus est représenté un colorant à mordant qu'est l'alizarine et le complexe insoluble formé avec les fibres du tissu.[08]

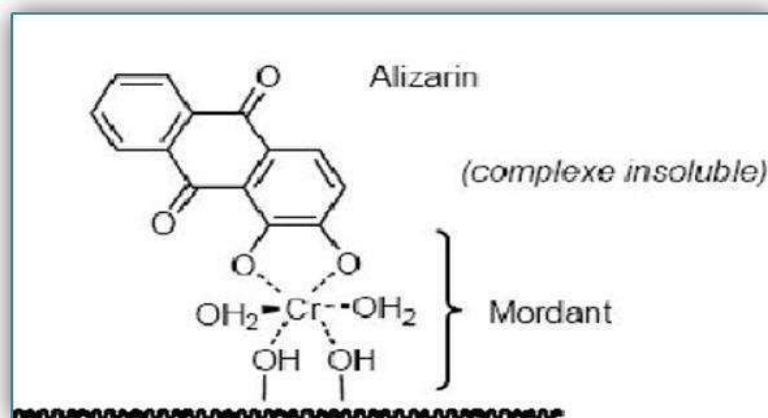


Figure I.1.6. Structure chimique des colorants à mordants [10].

#### I.1.3.1.b. Les colorants de cuve :

Des colorants insolubles dans l'eau, il faut tout d'abord les dissoudre en réalisant une réduction du colorant dans une solution alcaline. [11], la teinture se termine par la réoxydation 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 jeans ou denim. [12]

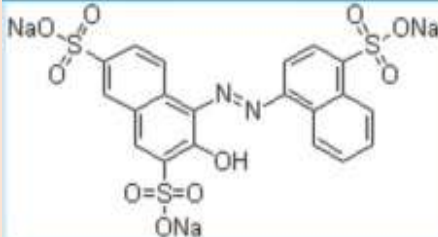
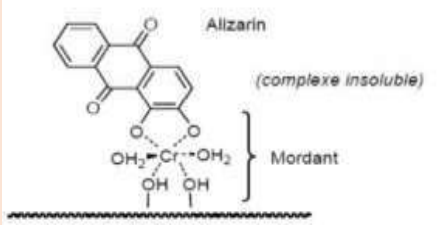
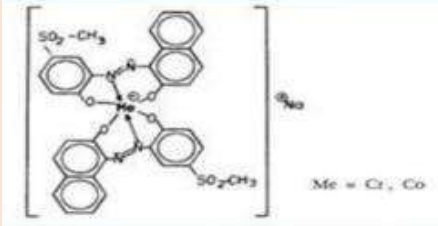
On distingue les colorants naturels suivants : (Les caroténoïdes, Les indigoïdes, Les mélanines, Les tétrapyrroliques). [04]

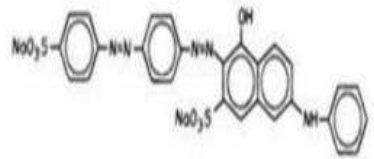
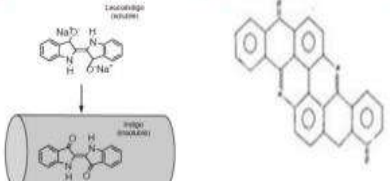
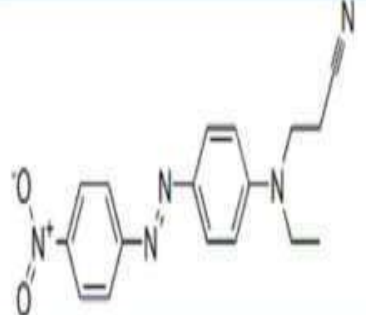
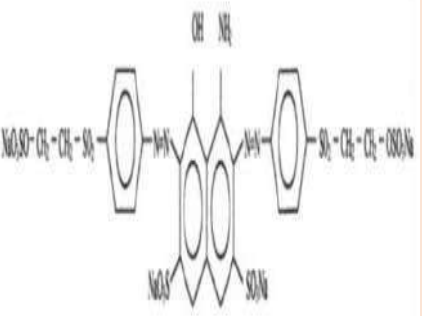
**I.1.3.2. Les colorants synthétiques :**

Ce sont des composés ayant comme matières premières des molécules telles que le benzène, issu de la distillation de la houille [11].

Les colorants d'origine synthétique sont des molécules complexes qui peuvent être de type anionique ou cationique. Ils appartiennent à une douzaine de familles chimiques différentes. La classification tinctoriale des colorants est résumée dans le tableau (I.1.2).[13]

**Tableau I.1.2. Classification des colorants synthétiques [14].**

Colorant	Application	Systèmes	Exemple
Acides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polyamide (70 à 75 %)</li> <li>- Laine (25 à 30 %)</li> <li>- Soie, fibres acryliques</li> </ul>	Azoïques	
Mordant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laine</li> <li>- Soie</li> </ul>	Azoïques avec du chrome favorisant sa fixation	 <p style="text-align: center;">Alizarin (complexe insoluble)</p> <p style="text-align: center;">Mordant</p>
Métallifères	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibres</li> <li>- Polyamides</li> </ul>	Mono-Azoïques Contenant des groupements carboxyles et aminés pour former des complexes métalliques (Cr, Co, Ni, Cu).	 <p style="text-align: center;">Me = Cr, Co</p>

<p>Directs</p>	<p>- Viscose, le lin, le jute, la soie, les fibres.  - Polyamides et le coton.</p>	<p>Azoïques, longues structures moléculaires planes qui permettent à ces molécules de s'aligner avec les macromolécules plates de cellulose.</p>	
<p>De Cuve et leurs Leuco-esters</p>	<p>-Teinture et l'impression du coton et de fibres cellulosiques.  - Polyamide et de polyester avec des fibres cellulosiques.</p>	<p>Indigoïdes et anthraquinoniques.</p>	 <p style="text-align: center;">Colorant de cuve</p> <p style="text-align: left;">Colorant leuco-esters</p>
<p>Dispersés</p>	<p>- Polyester.  - Fibres cellulosiques fibres de polyamide et d'acrylique.</p>	<p>Azoïques 50% Anthraquinoniques (25 %), + méthine, nitro et naphthoquinone. Caractéristiques : l'absence de groupes de solubilisation et un poids moléculaire faible.</p>	
<p>Réactifs</p>	<p>-Fibres cellusique, coton, lin, laine, soie et certains polyamides</p>	<p>Azotiques, ont la particularité de posséder des groupements chimiques spécifiques capables de former des liaisons covalentes avec le support textile.</p>	

#### **I.1.4. L'impact des colorants sur les eaux :**

Un milieu aquatique est dit pollué lorsqu'on note la présence dans l'eau d'agents physiques, chimiques ou biologiques issues des activités humaines, qui la rendent impropre à son utilisation par l'homme et/ou perturbent les écosystèmes aquatiques. [15]

L'une de ces activités est l'industrie textile, qui joue un rôle important dans la vie quotidienne de l'homme et notamment dans la coloration des tissus dans lesquels nous utilisons de l'eau. Ces dernières sont colorées par des couleurs, ce sont des produits chimiques.

Les colorants sont des composés difficilement biodégradables par les micro-organismes, ils sont toxiques ou nocifs pour l'homme et les animaux. [3]

#### **I.1.5. Impact des colorants sur l'environnement et la santé :**

L'utilisation des colorants peut entraîner des dangers soit sur l'environnement ou bien sur l'être humain [11].

##### **I.1.5.1. Impacts environnementaux :**

Les principales questions environnementales soulevées par les activités de l'industrie textile concernent essentiellement les rejets dans l'eau. [3]

Beaucoup de colorants sont visibles dans l'eau même à de très faibles concentrations ( $< 1 \text{ mg L}^{-1}$ ) [15].

Il existe un très grand nombre de substances chimiques parmi les produits utilisés pendant le processus, les impacts les plus importants sur l'environnement sont dus aux sels, détergents et aux acides organiques [3].

Ainsi, ils contribuent aux problèmes de pollution liés à la génération d'une quantité considérable d'eau usée contenant des colorants résiduels. Le rejet de ces eaux résiduelles 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 [15].

**I.1.5.2. Les impacts dangereux sur la santé :**

Sont dus à certaines capacités de ces colorants qui peuvent :

- Être mutagènes.
- Être génotoxiques.
- Entraîner des cancers de la thyroïde.
- Entraîner des tumeurs des glandes surrénales.
- Contenir des substances cancérigènes.
- Avoir des actions sur le système nerveux central.
- Inhibition ou déficit de certaines enzymes.
- Augmentation de la perméabilité intestinale [11].

**I.1.6. Utilisation et application des colorants :**

Les colorants sont employés aussi dans différents domaines à savoir : la coloration du papier, de cuire, des matières plastiques, vernies, peinture, encres, cosmétiques, produits alimentaires et pharmaceutiques ainsi qu'en photographie (sensibilisateurs) et en biologie (coloration des préparations microscopiques) ainsi que dans les indicateurs colorés et pH. Les autres applications concernent les produits alimentaires, le bois, la photographie.

**I.1.7. Le Rouge Congo :****I.1.7.1. Les colorants directs (ou substantifs) :**

Des colorants solubles dans l'eau présentant une grande affinité pour les fibres cellulosiques. Ces colorants contiennent ou sont capables de former des charges positives ou négatives qui sont électro-statiquement attirées par les charges des fibres. Leur affinité est due aussi à leur forme linéaire et à la coplanarité des noyaux aromatiques. Le lien entre colorant et matière à teindre est assuré par des liaisons hydrogène et des liaisons de Van der Waals.

Ainsi le rouge Congo par exemple est capable de teindre directement le coton sans la participation d'aucun mordant. En outre, ces colorants permettent d'obtenir une grande variété de coloris et sont d'une application facile [09].

### I.1.7.2. Historique :

Le rouge Congo a été découvert en 1884 par un chimiste allemand, BÖTTIGER, et il n'a guère rencontré de succès dans l'industrie car il bleussait dans les solutions acides de l'époque, utilisées pour la coloration des textiles. La firme AGFA s'y intéressa après avoir découvert que dans une solution neutre, il colorait directement le coton, sans traitement intermédiaire ni préparatoire. Ce colorant n'a aucun rapport avec l'ancien Congo belge, mais il se trouve que cette année-là correspondait à la première exploration de cette région africaine par STANLEY et son inventeur se conforma à l'usage courant de cette époque de nommer une nouvelle substance en faisant référence à un événement important [17].

### I.1.7.3. Définition de Rouge Congo :

Le rouge Congo est une molécule colorante (diazoïque). On utilise de moins en moins le rouge Congo dans l'industrie du textile car c'est un colorant toxique. Il sert désormais surtout d'indicateur de pH, c'est-à-dire d'indicateur de l'acidité d'un milieu. Sous sa forme basique, le rouge Congo est rouge. Quand le pH est compris entre 3.0 et 5.2, il devient rose. En présence d'une acidité supérieure, l'indicateur devient bleu. Le rouge Congo est très répandu également en histologie, c'est-à-dire l'étude des tissus biologiques, et en mycologie, c'est-à-dire l'étude des champignons [2\*].

### I.1.7.4. Structure du Rouge Congo :

Le rouge Congo est un colorant qui fait partie de la catégorie des polyazoïques parce qu'il possède deux chromophores (région de la molécule qui est principalement responsable de la teinte) de type azoïque, c'est-à-dire formés chacun de deux atomes d'azote doublement liés, et diversement substitués. [17]

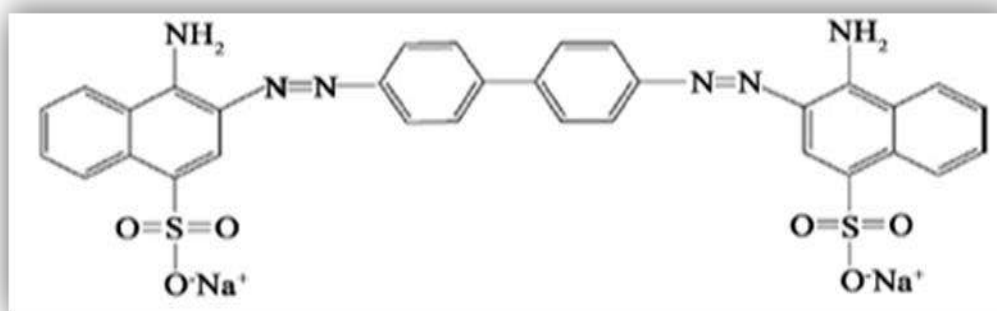


Figure I.1.7. Structure de Rouge Congo (formule chimique :  $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ ) [17].



### I.1.7.5. Les Propriétés physiques et chimiques du Rouge Congo :

Tableau I.1.3. Propriété chimique du Rouge Congo [18].

<b>Nom chimique</b>	<b>3,3'-[[[1,1'-biphényl]-4,4'-divlbis(azo)]bis(4 aminonaphtalène-1-sulfonate) de disodium</b>
<b>Nombre de C.A.E</b>	573-58-0
<b>Index de Couleur : C.I</b>	22120
<b>Synonyme</b>	Direct Red 28
<b>Formule chimique</b>	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$
<b>Poids moléculaire (g.mol<sup>-1</sup>)</b>	696.663
<b><math>\lambda</math> max (nm)</b>	407

Tableau (I.1.4). Propriétés physique du Rouge Congo [ 3\*].

Les propriétés physiques	
<b>T° fusion</b>	>360 °C.
<b>Pression</b>	760 mmHg.
<b>Solubilité</b>	25 g.l-1 dans l'eau à 20 °C très soluble dans l'alcool.

### I.1.7.6. Utilisation :

En histologie, il a été utilisé très vite avec beaucoup de succès pour la coloration des cellules éosinophiles, des dépôts pathologiques de protéines, des cellules des muqueuses gastriques, de la kératine, des os embryonnaires, du ciment des jeunes dents, des parois cellulaires d'algues filamenteuses, des polysaccharides...etc. Néanmoins il est plus connu pour son utilisation dans l'industrie du textile [17].

### I.1.7.7. Toxicité :

Il faut savoir qu'à l'état pur, le rouge Congo :

- Est toxique par contact avec la peau.
- Provoque des brûlures.
- Est toxique par ingestion et mortel à dose élevée de produit pur évidemment : le RC est létal à 1,43 g/kg de poids humain. Après contact avec la peau, laver immédiatement et abondamment avec une solution à 1 % de bicarbonate de sodium (NaHCO<sub>3</sub>) [17].

### **I.1.8. Procédés de traitement des effluents textiles :**

L'utilisation intense et irrationnelle des colorants et l'énorme risque que représente pour la qualité de l'environnement et pour la santé humaine [11] a été à l'origine de plusieurs travaux visant l'élimination de ces polluants. Des procédés biologiques, physiques et chimiques ont été développés pour éradiquer ces colorants des milieux aquatiques.

#### **I.1.8.1. Les méthodes chimiques :**

Quand les procédés physiques sont inopérants, on passe aux techniques d'oxydation chimique. Ces techniques sont le plus souvent appliquées pour des eaux non biodégradables, toxiques et de fortes concentrations. Ces procédés d'oxydation se sont révélés être très efficaces. On distingue [17] :

##### **I.1.8.1.1. Les procédés classiques d'oxydation chimique :**

Les procédés classiques d'oxydation chimique sont basés sur l'ajout d'un agent oxydant dans la solution à traiter. Les principaux agents oxydants sont :  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ .

Il a été observé que l'oxydation chimique avec l'un de ces oxydants n'est pas toujours efficace pour le traitement des polluants organiques persistants. Dans ce cas, on fait appel aux procédés d'oxydation avancée. [17]

##### **I.1.8.1.2. Les procédés d'oxydation avancée « POAs » :**

Les procédés d'oxydation avancée sont des procédés de traitement des eaux sous conditions vertes générant des radicaux fortement réactifs en quantité suffisante pour effectuer la purification de l'eau [17].

#### **I.1.8.2. Les méthodes physiques :**

Ces techniques de dépollution des eaux usées sont brièvement discutées :

##### **I.1.8.2.1. Filtration membranaire :**

La filtration sur membrane est pilotée par une pression hydraulique qui se décline en microfiltration, ultrafiltration, nano-filtration et osmose inverse [17].

Parmi les quatre types de procédés, la nanofiltration et l'osmose inverse sont les plus adaptés à la réduction partielle de la couleur et des petites molécules organiques, mais l'osmose inverse

reste la plus répandue. La nanofiltration s'applique surtout au traitement des bains de teinture de colorants réactifs en agissant comme un filtre moléculaire, tandis que la microfiltration retient les matériaux colloïdaux tels que les colorants dispersés ou de cuve grâce à une "membrane écran". L'ultrafiltration ne s'applique qu'à la réduction de la DCO et des solides en suspension et ne se montre réellement efficace qu'en combinaison avec la coagulation/floculation [15].

#### **I.1.8.2.2. Coagulation/floculation :**

Ce procédé est basé sur l'addition d'un coagulant qui va former des floes avec les polluants organiques qui sont ensuite éliminés par décantation et filtration [17].

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules en suspension et produire des floes, sont : le sulfate d'aluminium (alun)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , l'aluminate de sodium  $\text{NaAlO}_2$ , le chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , le sulfate ferreux  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , le sulfate ferrique  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Toutefois, ce procédé génère des quantités énormes de boues en fin de traitement, ce qui nécessite des investissements supplémentaires pour leur traitement en vue de valorisation [15].

#### **I.1.8.2.3. Adsorption sur charbon actif (ou d'autres matériaux) :**

Le charbon actif ou d'autres matériaux adsorbants peuvent être utilisés pour éliminer plusieurs colorants des eaux usées. Ces techniques sont non destructives et nécessitent des opérations postérieures onéreuses de régénération [17].

### **I.1.8.3. Méthodes biologiques :**

Cette méthode consiste à décomposer les polluants organiques présents dans l'eau par des microorganismes [19]. En milieu aérobie (présence d'oxygène) ou anaérobie (Absence d'oxygène), le traitement biologique est une méthode qui pourrait être nécessaire à la dégradation de composés organiques synthétiques tels que les colorants. Ce procédé peut conduire soit à une biodégradation totale avec formation de  $\text{CO}_2$  et de  $\text{H}_2\text{O}$ , soit à une biodégradation incomplète, pouvant aboutir à un composé ayant une structure différente du parent produit [20]. On distingue deux modes pour ce type de traitement [19] :

#### **I.1.8.3.1. 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 [21]. 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. La décoloration observée dans ces cas est attribuée à l'adsorption de ces polluants sur la boue activée et non à leur dégradation [22].

#### **I.1.8.3.2. Traitement anaérobie :**

À l'inverse de la biodégradation aérobie, la digestion anaérobie des composés organiques s'effectue en l'absence d'oxygène et forme du dioxyde de carbone, du méthane et de l'eau. C'est un procédé efficace pour le traitement de déchets très chargés en matières organiques et le méthane formé peut être utilisé comme énergie de chauffage. Les conditions de réduction dans la digestion anaérobie sont adaptées à la décoloration des colorants azoïques par clivage de la liaison azo entraînant une destruction subséquente chromophore, mais une minéralisation complète est impossible dans ce type de procédé. La dégradation des molécules initiales entraîne souvent la formation d'amines plus toxiques que la molécule initiale, qui finissent dans les sédiments aquifères souterraines [08].

*Partie 2*

*Généralités sur l'adsorption*

### **I.2.1. Définition de l'adsorption :**

L'adsorption est définie comme étant la fixation des molécules de solutés (contenue dans une phase liquide ou gazeuse) à la surface d'un solide par l'intermédiaire d'une liaison de type de van Der Waals ou chimique. Le processus d'adsorption se produit jusqu'à l'obtention d'un état d'équilibre auquel correspond une concentration bien déterminée du soluté [23].

### **I.2.2. Types d'adsorption :**

La nature des liaisons formées ainsi que la quantité d'énergie dégagée lors de la rétention d'une molécule à la surface d'un solide permettent de distinguer deux types d'adsorption ; adsorption physique et adsorption chimique [23].

#### **I.2.2.1. Adsorption physique (physisorption) :**

L'adsorption physique appelée également physisorption, elle est caractérisée par une faible énergie de liaison inférieure à 10 Kcal/mol, correspond aux liaisons de nature électrostatique de type Van Der Waals [24, 25]. Dans le cas d'une telle adsorption, le temps de rétention de la substance adsorbée est court et la surface adsorbante peut-être recouverte de multiples couches moléculaires de produit adsorbé [24].

#### **I.2.2.2. Adsorption chimique (Chimisorption) :**

Appelée également chimisorption, elle met en jeu une énergie élevée (supérieure à 10 Kcal/mol) et correspond aux liaisons covalentes plus permanentes entre l'adsorbant et la molécule adsorbée. Le mécanisme le plus fréquent dans ce cas est le mécanisme d'échange d'ions. Dans ce type d'adsorption, le temps de rétention est long et seule la première couche liée à la surface adsorbante est chimiquement adsorbée, les autres couches, dans le cas où elles existent, sont retenues par physisorption [26].

Les caractéristiques qui permettent de distinguer l'adsorption physique de la chimisorption sont récapitulées dans le tableau (I.2.1).

Tableau I.2.1. Caractéristiques des deux types d'adsorption [24].

Caractéristique	Adsorption physique	Adsorption chimique
Chaleur d'adsorption (Kcal.mol <sup>-1</sup> )	1 à 10	10 à 25
Vitesse de processus	En générale rapide	Appréciable
L'effet de la température sur la capacité de fixation	Diminution de la capacité d'adsorption	Complexe
Réversibilité	Réversible	Réversible et irréversible
Spécificité	Relativement non spécifique	Spécifique
La nature de la chaleur d'adsorption	Exothermique	Exothermique et endothermique
Existence d'énergie d'activation	Rarement	Oui
Ordre de grandeur de l'énergie d'activation	Rarement supérieur à quelques calories par mole	Supérieur à 20Kcal.mol <sup>-1</sup>
Nature de la couche	Mono et multicouches	Mono couche seulement
Existence de transfert d'électron	Pas de transfert d'électron bien qu'une polarisation de l'adsorbat puisse se produire	Transfert d'électron, formation de liaisons entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant.

### I.2.3. Mécanisme d'adsorption :

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant. Ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant en plusieurs étapes [27].

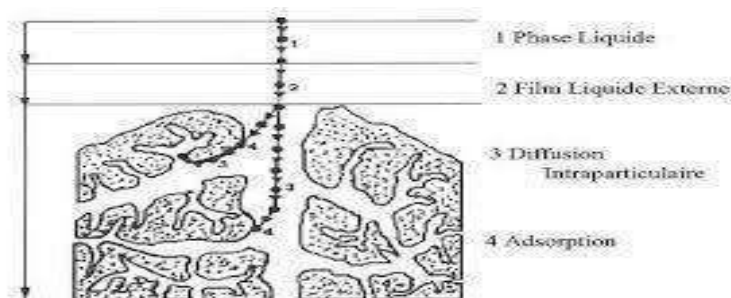


Figure I.2.1. Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain [9].

### **I.2.4. Facteurs influençant l'adsorption :**

Moins une substance est soluble dans le solvant, mieux elle est adsorbée. Il faut rompre le lien entre les solutés et l'eau pour autoriser l'adsorption. La facilité avec laquelle l'adsorbant fixe l'adsorbat, est fonction de la taille de la molécule et de sa solubilité dans l'eau. L'adsorption des composés ionisés est faible. Un haut poids moléculaire réduit la diffusion de l'étape 3 par conséquent, la fixation. Il devient évident que les substances de caractère hydrophobe, peu affines avec l'eau, sont quantitativement adsorbées [28]. L'équilibre d'adsorption entre un adsorbant et un adsorbat, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont décrits ci-après :

#### **I.2.4.1. Surface spécifique :**

Elle est définie comme étant sa surface par unité de masse (exprimée en  $m^2/g$ ), La quantité de substance adsorbée augmente avec l'accroissement de la surface absorbante, pour atteindre un effet d'adsorption important, il est nécessaire que la surface de l'adsorbant soit le plus grand possible [26].

#### **I.2.4.2. Le pH :**

L'adsorption est maximum au point isoélectrique, car les liaisons avec l'eau y sont minimums, de même une molécule neutre est mieux adsorbée qu'une autre [28].

#### **I.2.4.3. La Température :**

L'adsorption physique est généralement exothermique, d'où les résultats sont meilleurs à froid. La chimisorption par contre est endothermique. On cite par exemple une application curieuse et intéressante de l'action de la température dans l'épuration des eaux de teinturerie, pour obtenir une adsorption sélective des colorants en présence de détergents [29].

#### **I.2.4.4. La Masse de l'adsorbant :**

L'adsorption est d'autant plus grande que la masse de l'adsorbant dans la solution est importante. Du fait du coût élevé des adsorbants, le choix d'un rapport liquide-solide optimal est recommandé [30].



## I.2.5. Isothermes d'adsorptions :

### I.2.5.1. Définition de l'isotherme :

Une isotherme est une courbe montrant la variation de la quantité d'une espèce liquide ou gaz adsorbée sur une surface solide en fonction de sa concentration en solution à l'équilibre. Les expériences d'adsorption sont effectuées à une température constante [31].

### I.2.5.2. Classification des isothermes d'adsorption :

Expérimentalement, on distingue quatre classes principales nommées : **S**(Sigmoide), **L**(Langmuir), **H** (Haute affinité) et **C** (partition Constante). La Figure (II.4) : illustre la forme de chaque type d'isothermes.

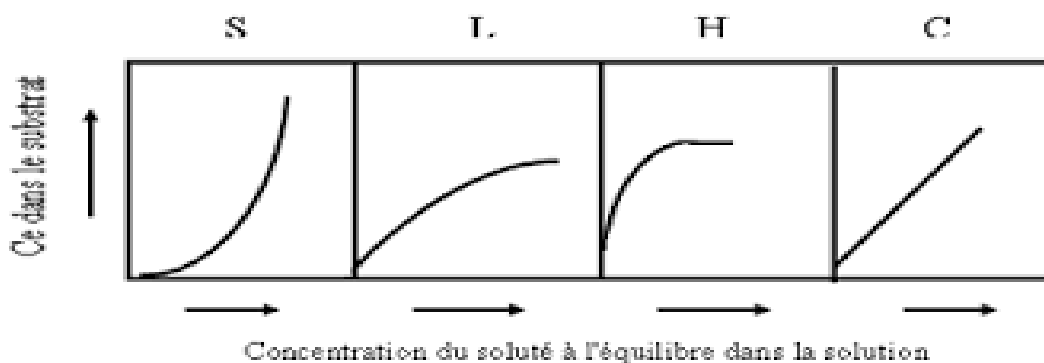


Figure I.2.2. Classification des isothermes d'adsorption selon Giles et al [4\*].

Cette classification tient compte entre autres d'un certain nombre d'hypothèses :

- Le solvant s'adsorbe sur les mêmes sites que le soluté. Ceci implique l'existence d'une compétition d'adsorption entre le solvant et le soluté ;
- Le nombre de sites susceptibles d'accueillir les molécules de soluté à la surface du solide diminue quand la quantité adsorbée augmente ;
- L'orientation des molécules à la surface. On peut citer le cas où les molécules sont adsorbées verticalement ou horizontalement sur la surface ;
- Enfin, les interactions attractives ou répulsives entre les molécules adsorbées se manifestent d'une façon notable dans le phénomène d'adsorption [4\*].

**I.2.5.2.a. Classe S :**

Les courbes de cette classe sont généralement obtenues lorsque les molécules du soluté (adsorbat) ne se fixent au solide que par l'intermédiaire d'un seul groupement. Dans ce type d'isotherme les molécules sont adsorbées verticalement, cet arrangement est favorisé lorsque le solvant rivalise avec le soluté pour l'occupation des sites d'adsorption [30].

**I.2.5.2.b. Classe L :**

Les courbes de type L dite de « Langmuir » sont les plus fréquentes. Elles sont caractérisées par une courbe concave par rapport à l'axe des concentrations. Ce type de courbes suggère que l'adsorption de la molécule de soluté se fait à plat sur la surface de l'adsorbant et la compétition entre les molécules de solvant et du soluté pour l'occupation des sites d'adsorption est faible [26].

**I.2.5.2.c. Classe H :**

La partie initiale de l'isotherme est presque verticale, la quantité adsorbée apparaît importante à concentration quasiment nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes [4\*].

**I.2.5.2.d. Classe C :**

Cette classe est caractéristique de l'adsorption des molécules d'un soluté ayant une grande affinité pour un adsorbant. Elle est rencontrée lorsqu'il y a compétition entre le solvant et le soluté pour l'occupation des sites d'adsorption et lorsque l'adsorption concerne des molécules flexibles pouvant pénétrer dans les pores pour déplacer les molécules de solvant [32].

**I.2.5.3. Modèles d'isothermes d'adsorption :**

Nous présentons dans cette partie du travail les modèles les plus fréquemment utilisées pour expliquer les phénomènes d'adsorption solide-liquide [4\*].

**I.2.5.3.1. Modèle de Langmuir :**

Le modèle de Langmuir, initialement développé pour l'adsorption en phase gazeuse, s'adapte très bien à la représentation d'isothermes de type I en phase aqueuse. Ce modèle est basé sur plusieurs hypothèses [28] :

- Les sites d'adsorption à la surface du solide sont tous énergiquement équivalents ;
- Chacun des sites ne peut fixer qu'une seule molécule ;

- L'adsorption se fait en monocouche ;
- Il n'y a pas d'interaction entre les molécules adsorbées.

Dans ces conditions, les isothermes peuvent être modélisées par l'équation (I.1).

$$Q_e = (Q_{\max} K_L C_e) / (1 + K_L C_e) \quad (\text{I.1})$$

Où :

$Q_{\max}$  : La capacité maximale d'adsorption en mg/g ;

$K_L$  : Constante de Langmuir caractéristique en l/mg.

La linéarisation de l'équation (I.2) nous donnera une droite de pente  $1/q_{\max} K_L$  et d'ordonnée à l'origine  $1/q_{\max}$ .

$$(C_e/Q_e) = (C_e/Q_{\max}) + (1/(K_L q_{\max})) \quad (\text{I.2})$$

Les caractéristiques essentielles de l'isotherme de Langmuir peuvent être exprimées par un terme sans dimension, appelé paramètre d'équilibre ou facteur de séparation ( $R_L$ ) et qui est donné par la relation suivante [33, 34] :

$$R_L = 1/(1 + K_L C_i) \quad (\text{I.3})$$

#### I.2.5.3.2. Modèle de Freundlich :

Le modèle simple et empirique de Freundlich est le plus communément utilisé. Il s'applique à de nombreux cas, notamment ceux de l'adsorption multicouche avec des interactions possibles entre les molécules adsorbées [35]. C'est un modèle empirique largement utilisé pour la représentation expérimentale de l'équilibre d'adsorption. L'isotherme se présente sous la forme :

$$Q_e = K_F C_e^{(1/n)} \quad (\text{I.4})$$

La linéarisation de cette équation en échelle logarithmique a le plus souvent la forme suivante :

$$\ln Q_e = \ln K_F + (1/n) \ln C_e \quad (\text{I.5})$$

En traçant  $\text{Ln } Q_e$  en fonction de  $\text{Ln } C_e$ , on obtient une droite de pente  $(1/n)$  et d'ordonnée à l'origine  $\text{Ln } K_F$  [35].

### **I.2.6. La cinétique d'adsorption :**

La connaissance de la cinétique d'adsorption dans des opérations fondées sur les phénomènes d'adsorption présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre optimale d'un adsorbat ainsi que pour les facteurs qu'il faut optimiser pour fabriquer ou améliorer un adsorbat conduisant à la cinétique la plus rapide possible [36].

#### **I.2.6.1. Modèles cinétiques :**

Plusieurs modèles ont été développés afin d'examiner le mécanisme du processus d'adsorption d'un liquide sur la surface d'un solide, parmi ces modèles, on retient [37] :

##### **I.2.6.1.a. Modèle de pseudo premier ordre :**

Le modèle de pseudo premier ordre a été décrit par Lagergren :

$$(dQ_t / dt) = K_1 \cdot (Q_e - Q_t) \quad (\text{I.6})$$

Où :

$Q_e$  : quantité de polluant adsorbée par un gramme de solide à l'équilibre (**mg/g**) ;

$Q_t$  : quantité de polluant adsorbée par un gramme de solide à temps  $t$  (**mg/g**) ;

$K_1$  : constante de vitesse du modèle cinétique du pseudo-premier ordre (**min<sup>-1</sup>**).

L'intégration de l'équation (II.16) pour les conditions aux limites  $t=0$  à  $t$  et de  $0$  à  $Q_t$  donne [36] :

$$\text{Ln } (Q_e - Q_t) = \text{Ln } (Q_e - K_1 \cdot t) \quad (\text{I.7})$$

##### **I.2.6.1.b. Modèle du pseudo-second ordre :**

L'expression du mécanisme du pseudo-second ordre est également très souvent utilisée :

$$(dQ_t / dt) = K_2(Q_e - Q_t)^2 \quad (\text{I.8})$$

Où  $K_2$  est la constante de vitesse du modèle cinétique du pseudo-second ordre (**mg.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>**).

L'intégration de l'équation (I.8) conduit à :

$$1/(Q_e - Q_t) = (1/Q_e) + (K_2 \cdot t) \quad (\text{I.9})$$

Des réarrangements conduisent à plusieurs autres formes linéaires suivantes [36] :

$$(t/Q_t) = [1/(K_2 \cdot (Q_e)^2)] + (1/Q_e \cdot t) \quad (\text{I.10})$$

Si cette équation est vérifiée, en traçant  $t/Q_t$  en fonction de  $t$ , nous devons obtenir une droite de pente  $1/Q_e$  et l'ordonnée à l'origine égale à  $1/k_2 q_e^2$ , la constante de vitesse de pseudo-second ordre est utilisé pour calculer la vitesse initiale de sorption  $h$  (mg/g min) en utilisant l'équation suivante [5\*]:

$$h = k_2 q_e^2 \quad (\text{I.11})$$

## *Chapitre II*

### *Matériels et méthodes*

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

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de génie de l'eau et l'environnement en milieu saharien de l'université de **KASDI MERBAH – OUARGLA**.

Le but de cette partie est :

- Etudier la cinétique d'adsorption du Rouge Congo à partir d'une solution aqueuse par un déchet organique (Les feuilles de palmier) en étudiant l'effet de quelques paramètres influençant l'adsorption : la quantité d'adsorbant, la concentration initiale de colorant, le pH et la température.
- Utiliser les deux modèles de Langmuir et Freundlich pour décrire les isothermes d'adsorption.
- Utiliser les modèles de pseudo-premier ordre et pseudo-deuxième ordre pour la description de la cinétique d'adsorption à différentes concentrations et préciser la validité de ces deux modèles.

Donc, dans ce chapitre, on va exposer la démarche expérimentale avec le matériel et les produits chimiques nécessaires à son application.

## II.2. Produits et matériels :

Tableau II.1 : Propriétés et rôle des produits et des matériels.

Les produits/les matériels	Nom	Propriétés et rôle
	<b>L'acide sulfurique</b>	<p>Masse molaire : 98,079 g/mol.            Formule : <math>H_2SO_4</math>.            Masse volumique : 1,84 g/cm<sup>3</sup>.            Utilisé pour maintenir un pH acide.</p>
	<b>L'hydroxyde de sodium</b>	<p>Masse molaire : 39.997g/mol.            Formule : Na OH.            Masse volumique : 2.13g/cm<sup>3</sup>.            Utilisé pour rendre la solution basique.</p>
	<b>Rouge Congo</b>	<p>Formule : <math>C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2</math>.            Solubilité : 25 g·L<sup>-1</sup> dans l'eau à 20 °C ; très soluble dans l'alcool.            PKa : environ 4.            Pression d'ébullition : 760 mmHg.            Nom UICPA : acide benzidinediazo-bis- ; 1-naphtylamine-4-sulfonique.            Colorant d'étude</p>
	<b>Spectrophotomètre UV-Visible (DR6000)</b>	<b>Mesure d'absorbance</b>
	<b>pH- mètre</b>	<b>Mesure de pH</b>



### II.3. Préparation de l'adsorbat :

Les feuilles de palmier (FP) sont collectées au niveau de (Taibet – Ouargla). Après la collecte, les déchets sont lavés avec de l'eau distillée jusqu'à ce que l'on se débarrasse de la saleté et répéter le processus de lavage plusieurs fois. Après avoir sécher les déchets nettoyés, on les découpe en petits morceaux et les conserver à l'abri de l'humidité jusqu'à leur utilisation.



Figure II.1. Lavage de déchet (FP).



Figure II.2. Séchage de déchet (FP).



Figure II.3. Déchet des feuilles de palmier.

### II.4. Préparation de solution mère :

La solution mère de Rouge Congo est préparée à raison de 1 **g** dans 1 **litre** d'eau distillée. Les solutions filles devant servir à l'analyse, ont été obtenues par des dilutions successives jusqu'aux concentrations désirées, afin d'établir la courbe d'étalonnage qui a été établie pour déterminer les concentrations résiduelles du colorant en fonction du temps dans les essais d'adsorptions.

Les concentrations résiduelles du Rouge Congo sont déterminées après mesure de l'absorbance à  $\lambda_{\text{max}} = 500 \text{ nm}$ .



Figure II.4. La solution mère avec les solutions filles.

## II.5. Méthode d'analyse :

La détermination de la concentration résiduelle du colorant est effectuée grâce au spectrophotomètre UV-Visible à la longueur d'onde 500 nm qui correspond au maximum d'absorption de Rouge Congo. La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution. L'absorption moléculaire est basée sur la mesure de la transmittance  $T$  ou de l'absorbance  $A$  de solutions contenues dans des cellules transparentes ayant une longueur du trajet d'absorption moins que 1.

## II.6. Etude de cinétique d'adsorption de Rouge Congo sur les feuilles de palmier :

### II.6.1. Effet de la quantité des feuilles de palmier :

- La concentration initiale des 7 solutions (7 béchers) du RC est de 0.02 mg/L ;
- Les masses d'adsorbant ont des valeurs de (0.2 g, 0.4 g, 0.6 g, 0.8 g, 1 g, 1.2 g et 1.4 g) ;
- Chaque quantité d'adsorbant dans un volume de 100 ml de solution ;
- La vitesse d'agitation est de 80 tr/ min ;
- La lecture de l'absorbance se fait à 500 nm à chaque 10 min pendant 240 min dans température 30C°.

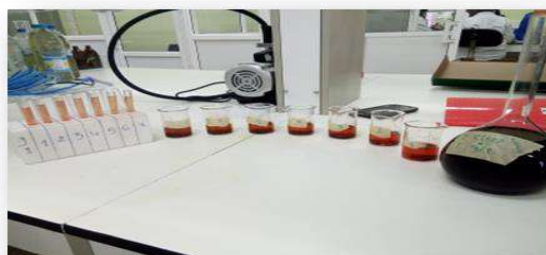


Figure II.5. Test d'effet de quantité de FP sur la biosorption.

### II.6.2. Effet de la concentration de colorant :

- On prépare des solutions de concentrations allant de (0,007 mg/l, 0.008 mg/l, 0.009 mg/l, 0.01 mg/l, 0.014 mg/l, 0.016 mg/l, 0.02 mg/l) ;
- La quantité de déchet est 1g ;
- Le volume de la solution est 100 ml ;
- La vitesse d'agitation est de 80 tr/ min ;
- La lecture de l'absorbance se fait à 500 nm à chaque 10 min pendant 240 min dans température 30C°.

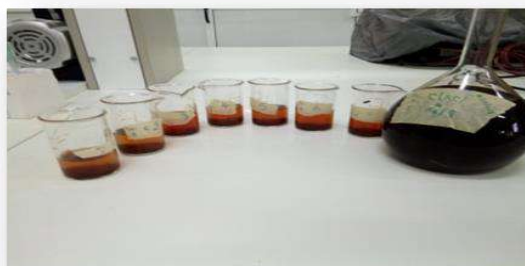


Figure II.6. Test d'effet de concentration initiale de RC sur la biosorption.

### II.6.3. Effet de pH sur l'adsorption du RC :

- On met 100 ml d'une solution de RC de concentration initiale de 0,02 mg/L dans chaque bécher ;
- On varie le pH dans chaque bécher (7.8, 12.2, 2.03, 3, 5.01 ,11.12 ,6.2) par l'ajout des quelques gouttes d'acide sulfurique ou quelques gouttes l'hydroxyde de sodium (Na OH) (ne varions pas le pH de bécher 1) ;

- La quantité d'adsorbant est 1 g ;
- La vitesse d'agitation est de 80 tr/min ;
- La lecture de l'absorbance se fait à 500 nm à chaque 10 min pendant 240 min dans température 30C°



Figure II.7. Test d'effet de pH de solution de RC sur la biosorption.

#### II.6.4. Effet de la Température sur l'adsorption du RC :

- 100ml d'une solution de RC à 0,02 mg/L sont mis dans des béchers ;
- On varie les températures des 7 béchers entre (30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C et 90 °C) ;
- La vitesse d'agitation est maintenue constante à 80 tr/min ;
- La quantité d'adsorbant est de 1 g ;
- On mesure l'absorbance chaque 10 min pendant 240 min, la lecture de l'absorbance se fait à  $\lambda_{\max} = 500 \text{ nm}$ , dans température 30C°.



Figure II.8. Test d'effet de la température de solution de RC sur la biosorption.

## II.7. Formules de calcul :

- Pour calculer la quantité de RC biosorbée  $q_t$  (mg/g) à l'instant  $t$  :

$$Q_t = ((C_o - C_t) V) / W \quad (\text{II.1})$$

$C_o$  : la concentration initiale (à  $t=0$ ) de RC dans la phase liquide (mg/l).

$C_t$  : la concentration de RC à l'instant  $t$  dans la phase liquide.

- Pour calculer la quantité de RC biosorbée à l'équilibre  $Q_e$  (mg/g), on utilise la formule suivante :

$$Q_e = ((C_o - C_e) V) / W \quad (\text{II.2})$$

$C_e$  : la concentration de RC dans la phase aqueuse à l'équilibre (mg/l).

$V$  : volume de la solution (L).

$W$  : masse de biosorbant sec (g).

- Pour calculer le rendement de l'enlèvement de RC à l'instant  $t$  (%), on applique la formule :

$$R (\%) = (C_o - C_t) 100 / C_o \quad (\text{II.3})$$

## II.8. Modèles d'isothermes d'adsorption :

Un grand nombre de modèles d'isothermes d'adsorption ont été développés. Dans notre travail, on s'intéresse uniquement aux modèles les plus courants : Langmuir et Freundlich.

### II.8.1. Modèle de Langmuir :

L'équation de Langmuir est donnée par la relation :

$$Q_e / Q_m = b C_e / 1 + b C_e \quad (\text{II.4})$$

Ou :

$C_e$  : concentration à l'équilibre (mg/L).

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

$Q_m$  : quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale d'adsorption.

$b$  : constante de Langmuir (L/ mg).

Selon la représentation de Weber :

$$C_e / Q_e = 1/b Q_m + (1/Q_m) * C_e \quad (\text{II.5})$$

Nous devons obtenir en plaçant nos points expérimentaux en coordonnées  $C_e/Q_e = f(C_e)$ , une droite dont la pente et l'ordonnée à l'origine nous permettent de déterminer  $Q_m$  et  $b$ .

### II.8.2. Modèle de Freundlich :

Le modèle de Freundlich est donné par la relation suivante :

$$Q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (\text{II.6})$$

Ou :

$K_F$  : est un paramètre lié essentiellement à la capacité d'adsorption maximale.

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

La linéarisation de cette équation donne l'équation suivante :

$$\ln Q_e = \ln K_F + (1/n) C_e \quad (\text{II.7})$$

## II.9. Modélisation de la cinétique d'adsorption :

### II.9.1. Modèle de Lagergren (pseudo premier ordre) :

La relation de Lagergren basée sur la quantité adsorbée, est la première équation de vitesse établie pour décrire la cinétique d'adsorption dans un système liquide/solide. Cette équation est une expression de pseudo-premier ordre pour l'adsorption. Elle est représentée de la manière suivante :

$$dQ_e / dt = K_1 (Q_e - Q_t) \quad (\text{II.8})$$

L'intégration de l'équation (II.4) pour les conditions aux limites ( $Q=0$ ) à ( $t=0$ ) et ( $Q= Q$ ) à ( $t=t$ ) donne :

$$\ln Q_e - Q_t / Q_e = -K_1 t \quad (\text{II.9})$$

Ou :

**K<sub>1</sub>** : constante de vitesse d'adsorption de pseudo-premier ordre (l/min)

**Q<sub>t</sub>** : quantité adsorbée à l'instant t (mg/g)

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

**t** : temps (min)

En traçant  $\ln [(Q_e - Q_t) / Q_e]$  en fonction du temps t, on peut déterminer la constante de vitesse d'adsorption de pseudo premier ordre **K<sub>1</sub>**.

### II.9.2. Modèle de Blanchard (pseudo second ordre) :

La cinétique d'adsorption peut être analysée par l'expression de Blanchard :

$$dQ_t / dt = K_2(Q_e - Q_t)^2 \quad (\text{II.10})$$

Ou :

**K<sub>2</sub>** : constante de vitesse d'adsorption de pseudo- second ordre (g/ mg min).

**Q<sub>t</sub>** : quantité adsorbée à l'instant t (mg/g).

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

**t** : temps (min).

En intégrant l'équation (II.6) et en appliquant les conditions aux limites, nous obtenons la relation linéaire suivante :

$$t/Q_t = 1/ K_2 Q_e^2 + 1/Q_e .t \quad (\text{II.11})$$

Si cette équation est vérifiée, en traçant t/q en fonction de t, nous devons obtenir une droite de pente  $1/Q_e$  et l'ordonnée à l'origine égale à  $1/K_2 Q_e^2$

La constante de vitesse de pseudo-second ordre est utilisée pour calculer la vitesse initiale de sorption h (mg/g min) en utilisant l'équation suivante :

$$h = k_2 q_e^2 \quad (\text{II.12})$$

**h** : la vitesse initiale de sorption (mg/g min).

## *Chapitre III*

### *Résultats et discussion*



### III.1. Introduction :

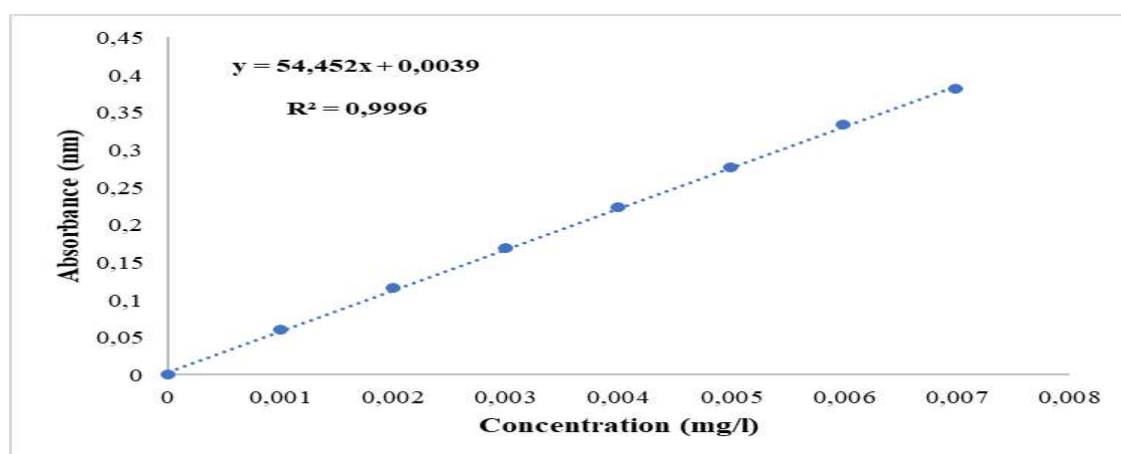
Dans ce chapitre, nous présentons les résultats obtenus à partir des expériences menées dans l'étude de l'adsorption du colorant anionique (élimination du Congo rouge de l'eau par des feuilles de palmier), discutés et interprétés.

### III.2. La Courbe d'étalonnage :

La courbe d'étalonnage du **RC** a été obtenue en mesurant l'absorbance « A » des solutions du Rouge Congo diluées à concentration comprise entre 0.001 et 0.007 g/l. (Le tableau III.1) à la longueur d'onde  $\lambda_{\text{max}} = 500 \text{ nm}$  (La figure III.1). Nous avons tracé la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration ( $\text{Abs} = f(C)$ ) qui présente une relation linéaire avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0.999$ .

**Tableau III.1 : Les valeurs des densités optiques correspondantes aux différentes concentrations.**

C(mg/l)	0	0,059	0,115	0,169	0,223	0,276	0,333	0,381
Ads (nm)	0	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007



**Figure III.1. La courbe d'étalonnage du colorant Rouge Congo.**

Pour déterminer les concentrations résiduelles de RC dans la phase liquide à l'instant t, on utilise l'équation linéaire :

$$Y = 54.452 X + 0.0039$$

Y : l'absorbance (A) à l'instant t.

X : la concentration résiduelle de RC à l'instant t.

### III.3. Effet de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption :

#### III.3.1. L'Effet de la quantité des feuilles de palmier :

Pour étudier l'effet de la masse d'adsorbant **FP** sur l'absorption de **RC** dans l'intervalle de temps de 0 à 240 min pour une concentration initiale de **RC** égale à 0,02 g/l et un volume de solution de 100 ml, on a la masse de **FP** de 0,2 à 1.4 g. On note que lorsque la masse de **FP** augmente, la concentration en **RC** résiduelle diminue au cours du temps, c'est-à-dire que lorsque la masse en **FP** augmente, le taux d'adsorption de **RC** augmente.

L'augmentation du taux d'adsorption de **RC** dans la solution s'explique par l'augmentation de la surface, et donc par l'augmentation des sites d'absorption dans la structure de **FP**. La figure III.2 présente la variation de la quantité adsorbée de **RC** en fonction du temps et à différentes masses de **FP**.

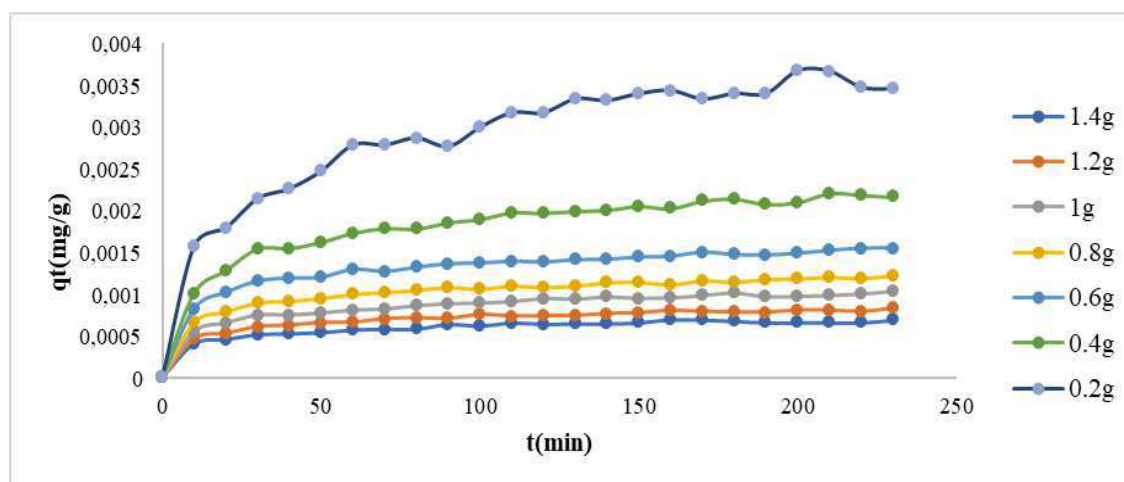


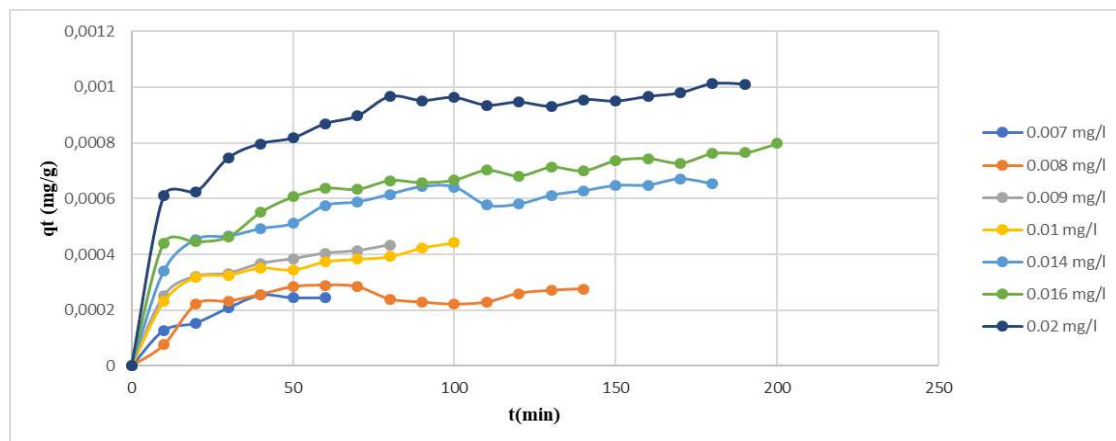
Figure III.2. Variation de la quantité adsorbée du **RC** en fonction du temps et à différentes masses de **FP**.

#### III.3.2. L'effet de concentration :

Pour étudier l'effet de la concentration du **RC** sur la cinétique de l'adsorption sur **FP**, on a fait varier la concentration du **RC** de 0.007 à 0.016 g/l, la quantité de déchet est de 1 g, le volume de solution est 100 ml avec un intervalle de temps de 0 à 240 min. Nous observons que lorsque la concentration de **RC** augmente dans la solution, la  $Q_t$  augmente (La figure III.3).

Ce phénomène peut être expliqué par le fait que la diffusion des molécules de colorant vers la surface active du matériau adsorbant est affectée par la concentration de ces colorants.

L'augmentation de la concentration du colorant, accélère la diffusion de celui-ci en raison de l'augmentation de forces d'attraction du gradient de concentration.



**Figure III.3.** Variation de la quantité adsorbée du RC en fonction du temps et à différentes concentrations initiales du RC.

### III.3.3. L'effet de pH :

On a étudié l'évolution de la quantité adsorbée du **RC** pour différentes valeurs de **pH** de la solution (7.8, 12.2, 2.03, 3, 5.01, 11.12, 6.2) en employant une concentration de 0.02 g/l, une quantité 1 g dans 100 ml de solution contenant le colorant étudié pour un intervalle de temps de 0 à 240 min. A travers cette expérience, on remarque que plus les valeurs de **pH** sont basses, plus la valeur de  $Q_t$  devient positive dans le milieu acide. Dans le cas du milieu basique, on observe une diminution des valeurs de  $Q_t$  (La figure III.4).

Sur la base de ces observations, nous concluons que cette couleur est bien adsorbée par les **FP** en milieu acide, on peut expliquer ça par la charge négative de la surface de particules de **FP** et en présence d'ions  $H^+$ , Ceci engendre des attractions électrostatiques entre la surface d'adsorbant et le colorant. Cependant, en milieu basique, la surface de **FP** est chargée positivement, ce qui favorise la répulsion électrostatique entre le colorant (**RC**) et la surface d'adsorbant proposé dans cette étude.

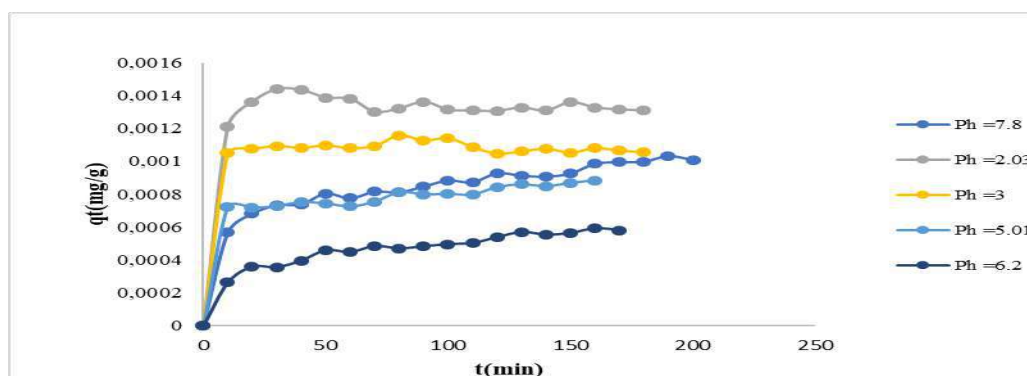


Figure III.4. Variation de quantité adsorbée de RC en fonction du temps et à différents pH de solutions.

### III.3.4. Effet de la température :

Pour tester l'influence de la température de la solution sur l'adsorption du **RC** sur le **FP**, des essais à différentes températures 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C et 90 °C à une concentration initiale de solution 0.02mg /l et une masse de 1g d'adsorbant dans 100 ml de volume de solution dans un intervalle de temps 0 à 240 min. Après cet essai, les résultats montrent que la quantité adsorbée de colorant, augmente respectivement pour les températures de 30°C à 70°C par contre à des températures élevées (80°C et 90°C), la quantité adsorbée diminue, on peut expliquer ceci par l'effet endothermique de l'adsorption où celle-ci est contrôlée par le processus de diffusion. Avec l'augmentation de la température, il en résulte l'élévation de la mobilité moléculaire des colorants en solution et la diminution des forces d'attraction où de diffusion des colorants sur la surface active de FP. Les capacités d'adsorption, seront ralenties en conséquence. Ce phénomène endothermique de l'adsorption.

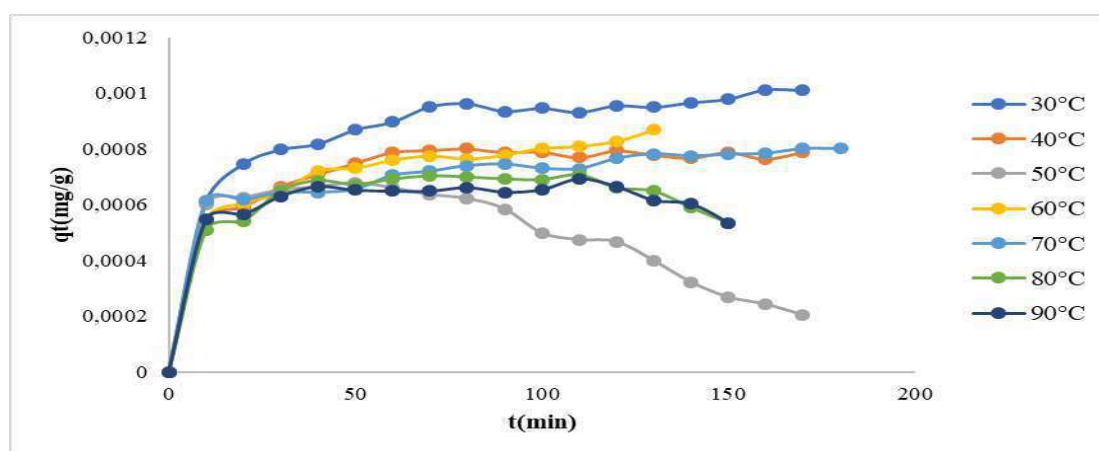


Figure III.5. Variation de la quantité adsorbée du RC en fonction du temps et à différentes températures de solutions.

**III.4. Modélisation des équilibres des isothermes l'adsorption :**

Les représentations des équilibres des isothermes d'adsorption les plus couramment employées sont celles de Langmuir (Forme I et II) et de Freundlich. Le but de cette modélisation est de décrire avec précision les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption en appliquant ces modèles.

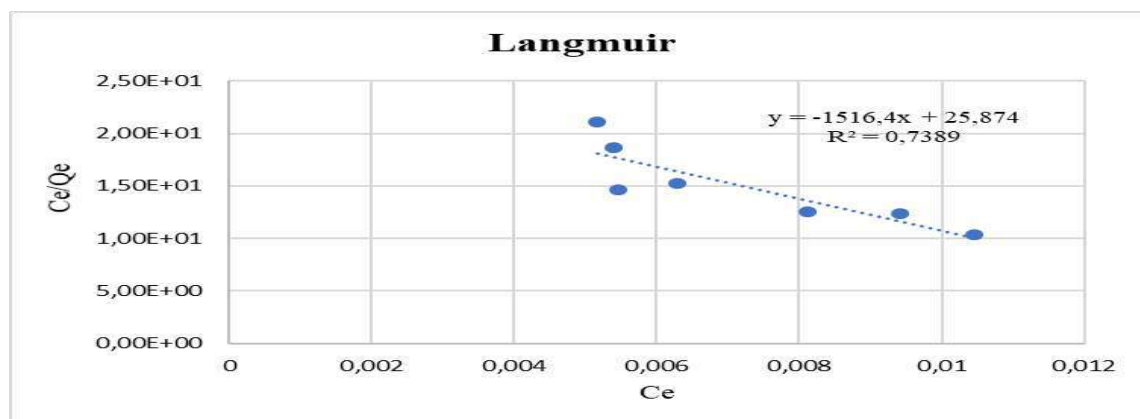
**III.4.1. Modèle de Langmuir :**

Les paramètres équationnels de modèle de Langmuir sont rassemblés dans le tableau le tableau (III.2).

**Tableau III.2. Les paramètres équationnels de modèle de Langmuir.**

<b>C<sub>0</sub></b> <b>(mg/l)</b>	<b>0.007</b>	<b>0.008</b>	<b>0.009</b>	<b>0.01</b>	<b>0.012</b>	<b>0.014</b>	<b>0.016</b>
<b>Ce</b> <b>(mg/l)</b>	4,42409E-06	5,23707E-06	6,76329E-06	7,47971E-06	1,17108E-05	1,38023E-05	1,83176E-05
<b>Qe</b> <b>(mg/g)</b>	0,000699558	0,000799476	0,000899324	0,000999252	0,001398829	0,00159862	0,001998168
<b>Ce/Qe</b> <b>(g/L)</b>	6,32E-03	6,55E-03	7,52E-03	7,49E-03	8,37E-03	8,63E-03	9,17E-03

La modélisation des résultats expérimentaux d'isotherme d'adsorption du RC par les FB en utilisant l'équation de Langmuir est présentée sur la figure (III.6) et les paramètres obtenus sont regroupés dans le tableau (III.2).



**Figure III.6. Modélisation d'isotherme d'adsorption par l'équation de Langmuir.**

Le tableau III.3 rassemble les paramètres du modèle de Langmuir déduits à partir de l'équation linéaire  $C_e/Q_e = f(C_e)$ .

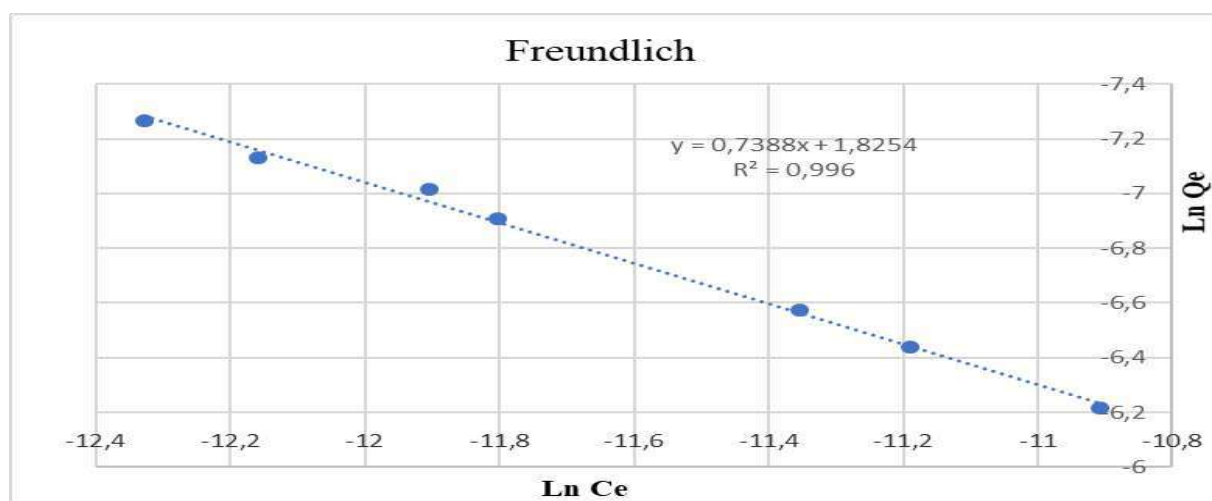
**Tableau III.3. Paramètres du modèle de Langmuir et les coefficients de corrélation.**

T°C	30°
Q <sub>m</sub> (mg/g)	0,00501052
b	34410,3448
R <sup>2</sup>	0.738

Les résultats fournis par la transformée linéaire du modèle de Langmuir montrent que le coefficient de corrélation obtenu est 0,738. Il en résulte que l'une des hypothèses fondamentales n'étant pas satisfaite (surface énergétiquement homogène), il n'est pas étonnant de constater que l'équation de Langmuir ne peut pas représenter l'ensemble de nos résultats.

#### III.4.2. Modèle de Freundlich :

La modélisation de l'isotherme d'adsorption du RC par les FP à l'aide de la relation de Freundlich est présentée sur la figure (III.7). Les paramètres du modèle ainsi que le coefficient de corrélation sont rassemblés dans le tableau (III.4).



**Figure III.7. Modélisation de l'isotherme d'adsorption par l'équation de Freundlich.**

Le tableau III.4 rassemble les paramètres de Freundlich.

**Tableau III.4. Paramètres du modèle de Freundlich.**

<b>T°C</b>	<b>30°</b>
<b>Ln K<sub>f</sub></b>	<b>1,8254</b>
<b>n</b>	<b>1,35354629</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.996</b>

D'après le tableau (III.4), on observe que le coefficient de corrélation obtenu en appliquant l'équation de Freundlich est 0.996.

On constate que l'isotherme de Freundlich est davantage plus satisfaisante pour représenter l'ensemble de nos résultats expérimentaux d'isotherme d'adsorption.

D'après les résultats du tableau (III.4), les valeurs du paramètre  $1/n$  sont inférieures à 1, les isothermes sont alors de type L.

### **III.5. Modélisation de la cinétique d'adsorption :**

Les isothermes d'adsorption permettent d'étudier le comportement à l'équilibre du colorant RC et de recueillir des renseignements sur les réactions mises en jeu lors de l'adsorption, Plusieurs modèles sont donnés dans la littérature pour décrire la cinétique d'adsorption ; les modèles cinétiques de premier et de second ordre.

#### **III.5.1. Modèle cinétique de premier ordre :**

La modélisation de la cinétique d'adsorption du RC par les FP à l'aide de la relation de pseudo-premier ordre est présentée sur la figure (III.8). Les paramètres du modèle ainsi que le coefficient de corrélation sont rassemblés dans le tableau (III.5).

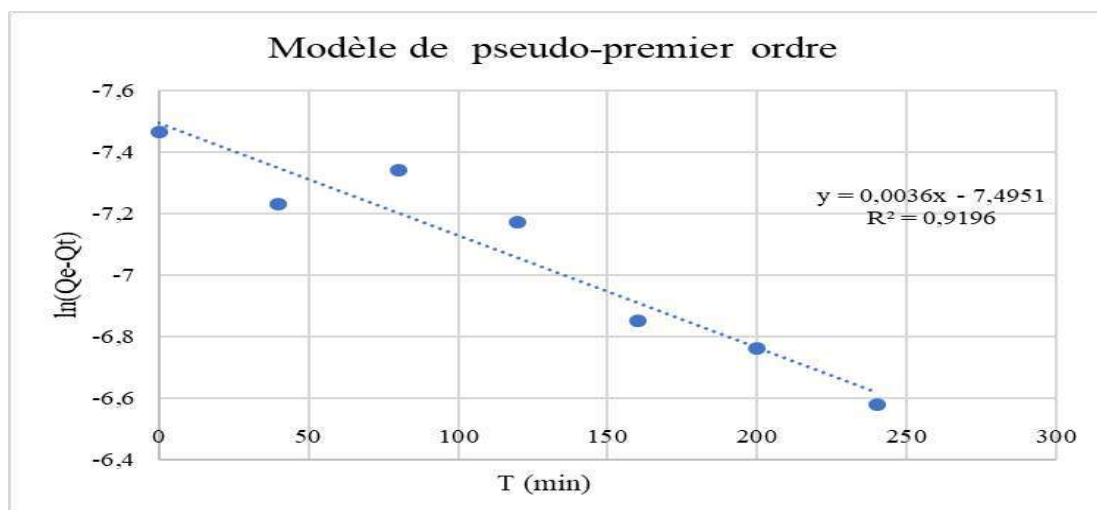


Figure III.8. Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo-premier ordre.

Tableau III.5. Paramètres du modèle de pseudo-premier ordre.

<b>Ln K<sub>1</sub></b>	<b>0,0036</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.9196</b>
<b>Ln Q<sub>e</sub></b>	<b>7,4951</b>

### III.5.2. Modèle de pseudo-second ordre :

La modélisation de la cinétique d'adsorption du RC par les FP à l'aide de la relation de pseudo- second ordre est présentée sur la figure (III.9). Nous obtenons les résultats montrés dans le tableau (III.6).

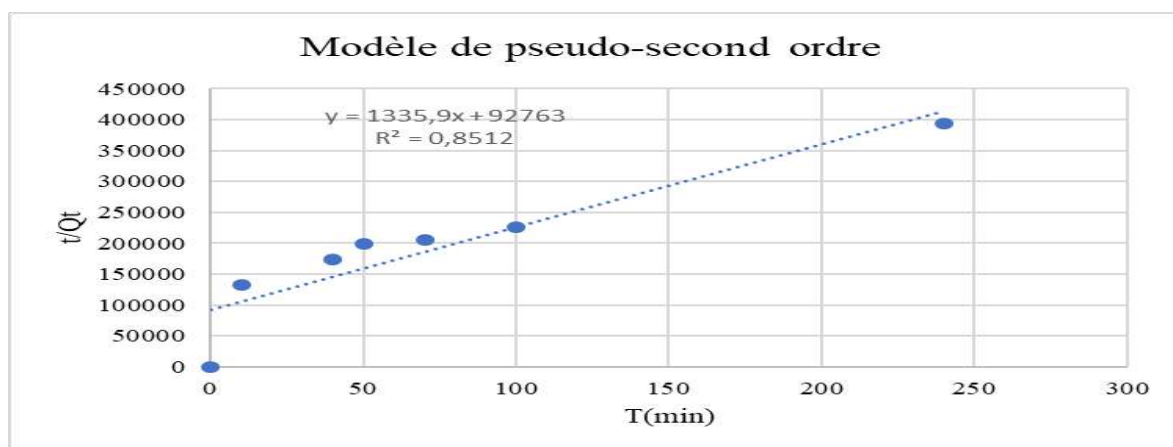


Figure III.9. Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo- second ordre.



Tableau III.6. Paramètres du modèle de pseudo- second ordre.

<b>K<sub>2</sub></b>	<b>19,2385845</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.8512</b>
<b>Q<sub>e</sub></b>	<b>0,00074856</b>

D'après les résultats obtenus pour les deux modèles cinétiques, nous avons observé que nos résultats sont représentés par le modèle de pseudo-premier ordre ( $R^2=0,6493$ ) par rapport aux résultats obtenus dans le deuxième modèle pseudo- second ordre ( $R^2 = 0,9965$ ).

### III.6. Calcul du rendement d'adsorption :

Une étude de l'adsorption du Rouge Congo à l'aide de feuilles de palmier, en présence de différents facteurs, (de la quantité d'absorption, de la concentration en pH et de la température).

Nous avons calculé le rendement d'adsorption pour chaque facteur pour lequel nous avons obtenu les illustrations suivantes :

#### III.6.1. Effet de la quantité de déchet :

Cette illustration représente les valeurs de rendement d'adsorption en termes de quantité adsorbée. Nous constatons qu'elle était dans les valeurs proches en présence de la quantité de feuilles de palmier sur ce qui suit (0.2g, 0.6g, 0.8g,1g,1,2g, 1.4g) alors que le rendement d'adsorption est le meilleur pour une quantité de déchet égale à 0.4g et que sa valeur est égale à 90% (**Figure III.10**).

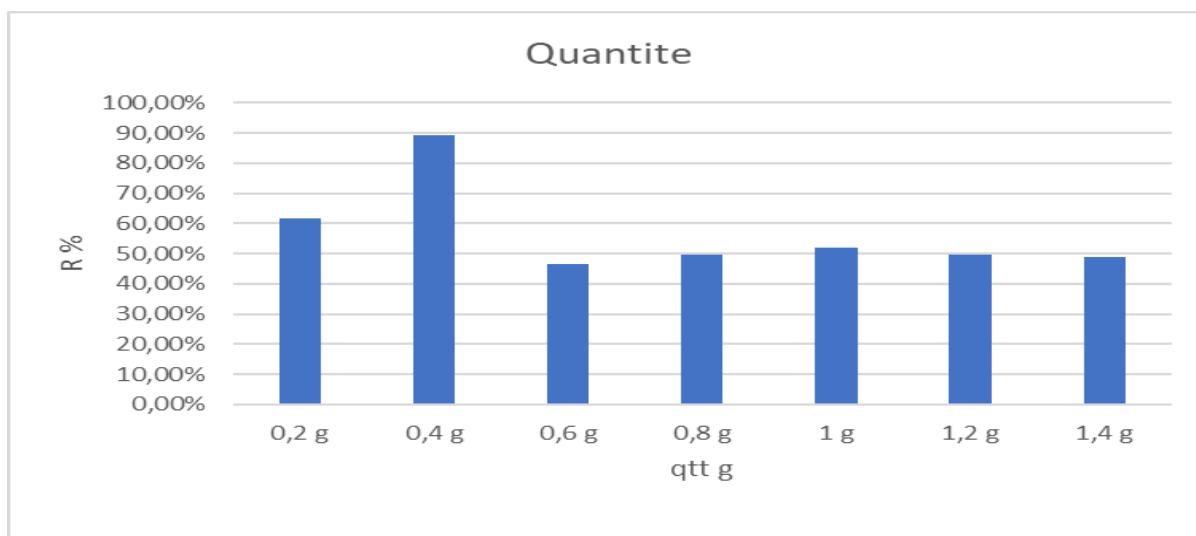


Figure III.10. Rendement d'adsorption en fonction de la quantité de FP.

### III.6.2. Effet de la concentration :

Ces histogrammes représentent les valeurs des rendements d'adsorption en termes de concentration de la solution : on note que pour la concentration de 0,016 mg/l, le rendement est le meilleur à 99%, alors que pour les concentrations restantes, les rendements sont proches (Figure II.11).

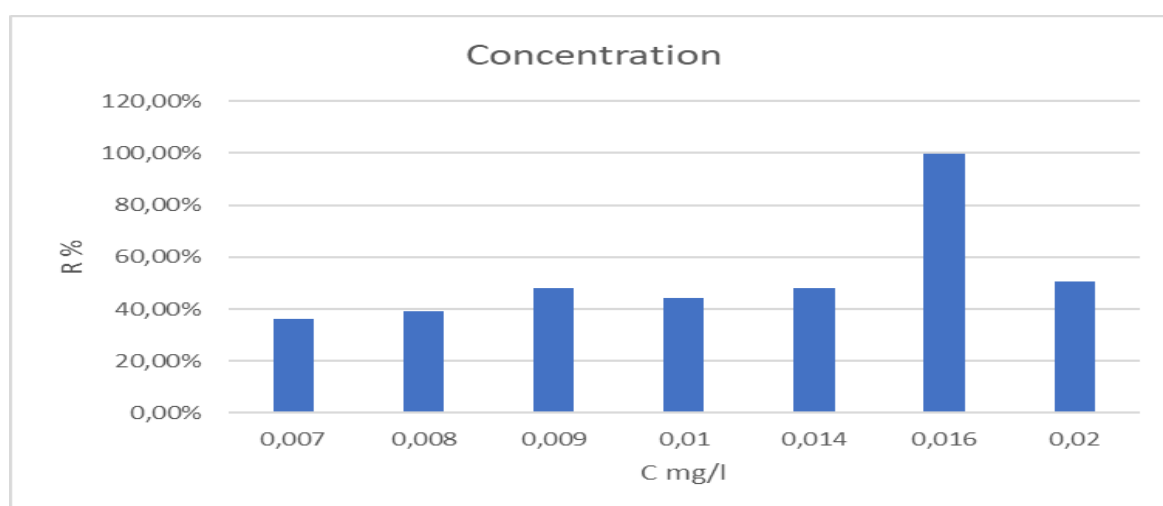
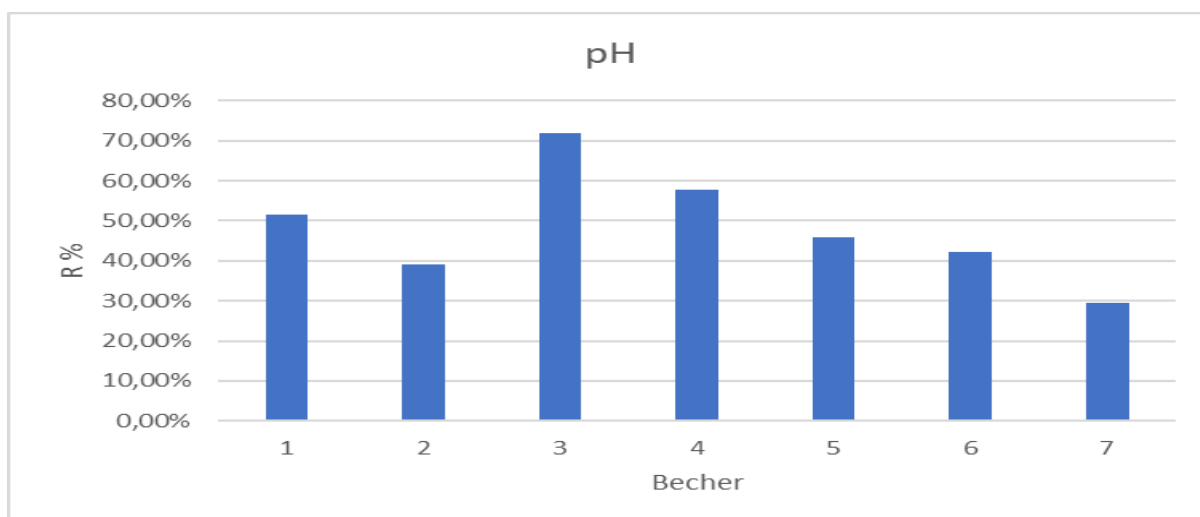


Figure II.11. Rendement d'adsorption en fonction de la concentration initiale de RC

### III.6.3. Effet de pH :

La figure ci-dessous représente les valeurs des rendements d'absorption en fonction de pH. On note que lorsque le pH est égal à 2.03 (dans le milieu acide), le rendement atteint une valeur supérieure à 71%, tandis que dans les autres pH, le rendement était inférieur et de valeurs différentes (**Figure III.12**).



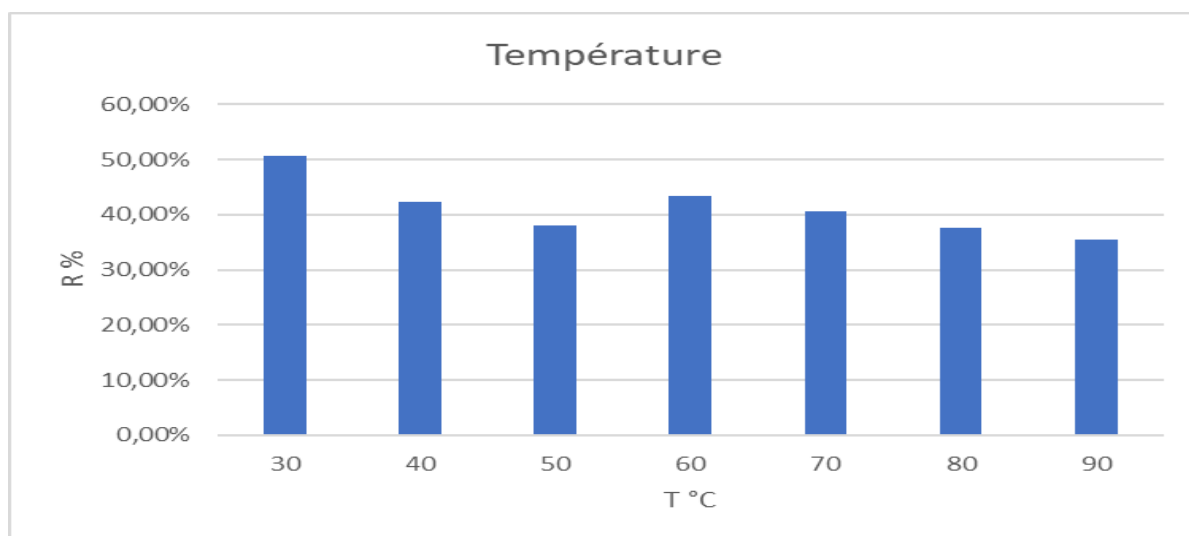
**Figure III.12. Rendement d'adsorption en fonction de pH.**

**Tableau III.7. Les valeurs de pH de chaque bécher.**

Bécher	1	2	3	4	5	6	7
pH	7.8	12.2	2.03	3	5.02	11.12	6.2

### III.6.4. Effet de température :

La Figure III.13 représente les valeurs du rendement d'adsorption en fonction de température, nous notons qu'à 30 °C, la valeur du rendement était de 50%, c'est-à-dire une valeur maximale, alors que dans le reste des températures, sa valeur était inférieure et ses valeurs étaient différentes



**Figure III.13. Rendement d'adsorption en fonction de température.**

Après avoir calculé le rendement d'adsorption pour chaque facteur, nous concluons que les meilleures valeurs permettant d'obtenir un bon rendement sont les suivantes :

**Tableau III.8. Démontre les meilleures valeurs permettant d'obtenir un bon rendement.**

<b>Quantité d'adsorbant</b>	<b>0.4 g</b>
<b>Concentration de RC</b>	<b>0.016 mg/l</b>
<b>pH</b>	<b>2.03</b>
<b>Température</b>	<b>30 °C</b>

*Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

La pollution de l'eau étant une menace majeure pour la vie humaine, la surveillance de la qualité de l'eau est devenue très importante et les colorants sont parmi les contaminants les plus répandus dans le monde. Il est alors nécessaire de réduire voire d'éliminer ces colorants par des méthodes de traitement biologiques, physiques et chimique.

L'objectif principal de ce mémoire était d'étudier l'utilisation de déchets agricoles naturels largement disponibles en Algérie et d'éliminer la couleur des eaux usées industrielles contenant un colorant anionique. Nous avons utilisé des feuilles de palmier comme matériau adsorbant pour purifier l'eau d'une éventuelle contamination : le polluant organique Rouge Congo. Nous avons choisi le processus d'adsorption, considéré comme l'un des moyens les plus courants d'éliminer les colorants de l'eau en général.

Dans ce travail, nous avons testé l'adsorption de RC sur les FP en étudiant l'effet du pH, de la concentration, de la température et de la quantité de feuilles de palmier sur cette adsorption.

Les premiers résultats ont montré que le FP est un bon adsorbant pour le Rouge Congo. Après avoir testé les différents facteurs qui affectent cette adsorption, nous avons finalement étudié les isothermes et la cinétique d'adsorption.

Les résultats obtenus ont montré que d'adsorption est décrite très correctement par le modèle de Freundlich, indiquant l'adsorption du type L. La cinétique d'adsorption a été bien décrite par le modèle pseudo- second ordre. Par conséquent, nous pouvons conclure que cette étude a montré que les feuilles de palmier peuvent être utilisées comme un bon adsorbant pour traiter l'eau colorée par le RC.

## *Références bibliographiques*

## **Références bibliographiques**

[1] Slimani Bania et Mokrani Siham. Elimination du jaune basique 28 par photocatalyse avec catalyseur supporté modélisation et optimisation par les plans d'expériences. Mémoire de Master en Génie Des Procédés.2012. p1

[2] BENAÏSSA Akila, Etude de la dégradation photocatalytique d'un colorant synthétique et d'un tensioactif, thèse du doctorat en Sciences En Génie des procédés, Université Mentouri Constantine, 2010/2011, p 10,15,36.

[3] NAIT MERZOUG Nesrine, APPLICATION DES TIGES DE DATTES DANS L'ADSORPTION DE POLLUANTS ORGANIQUES, MÉMOIRE de Magister, Université Mohamed Cherif Massaadia Souk-Ahras, 2013-2014, p12,14.

[4] BEN HAOUED Zahrat el oula, Biosorption d'un colorant en milieu aqueux sur différents déchet organiques, Mémoire Master Académique UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA ,2016 /2017, p1.

[5] BELHADJI Hicham & MOUMENI Ouassini , Etude des performances épuratoires d'une station d'épuration des eaux usées de l'industrie textile : cas de la STEP deSebdou , Projet de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAÏD – TLEMCEN , 2015-2016 , p9

[6] Zoubida SMAHI Née SENOUCI-BEREKSI, Essais de valorisation d'un déchet cellulosique : tiges de chardons dans l'élimination d'un colorant basique à partir de solutions aqueuses synthétiques, thèse du doctorat en Chimie Appliquée, UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAÏD – TLEMCEN ,2017, p 01

[07] AGA SARA, Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption de quelques colorants textiles par des résidus issus de l'industrie agroalimentaire, MEMOIRE En vue de l'obtention du Diplôme de MAGISTER, UNIVERSITE FERHAT ABBAS SETIF-1- , 2015, p3.



[8] BENGANA Nadir, BOUDAA Takfarinas, APPLICATION DE LA PHOTOCATALYSE COMBINEE AVEC L'ELECTROFLOTTATION POUR LE TRAITEMENT DES Effluent De l'INDUSTRIE TEXTILE, Mémoire de fin de cycle, Université Abderrahmane Mira – Bejaia ,2013/2014, p1

[09] OUELAA SOUMIA, étude de biosorption de Rouge Congo en milieu aqueux sur un déchet organique naturel : coquilles de cacahuètes, mémoire master académique, UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA, 2018, p 5.

[10] B. GOUARIR, Elimination d'un colorant par adsorption sur support solide et par procédés photochimiques, en milieu aqueux, mémoire de magister, université Constantine 1, P 05.

[11] SALMI Djaafar, Melle : SLIMANI Kahina, Application de l'électroflottation-électrocoagulation pour l'élimination d'un colorant textile Cas du Bleu d'indanthrène RS, Mémoire de Master, Université A. MIRA-BEJAIA, 2014, p 11,12.

[12] HAMDOUNI Nour el Houda. SMAILI Fedwa . Etude expérimentale de l'élimination du bleu de méthylène de l'eau par adsorption sur des déchets naturels (déchets de palmiers dattier), MEMOIRE de MASTER, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI,2016/2017, p 07.

[13] BENKERROU OURIDA et CHAIBAINOU AMINA, Electroflottation-électrocoagulation assisté par la photocatalyse pour l'élimination d'un colorant textile cas du Bleu d'indanthrène RS, Mémoire de Master, Université A. MIRA- Bejaïa, 2014-2015, p 11

[14] REDOUANE. S. Z. Elimination d'un polluant organique par photodégradation par des photo-inducteurs en phase homogène et hétérogène. Mémoire en Magister en chimie analytique et physique, Université MENTOURI de Constantine, (2010). P5 ,9.

- [15] SAMIHA HAMMAMI, Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels, thèse du doctorat, L'Université Paris-Est et Tunis El Manar, 12 Décembre 2008, p10 ,15
- [16] BENMAKHOUL TAYEB, BOUCHE MOUHOUB, Elimination d'un colorant textile basique (Rouge azucryl) par des rejets de phosphates de Djebel-Onk (Tébessa, Algérie), Mémoire de Master, Université A. MIRA – Béjaïa, 2014-2015, p12,
- [17] OUARI WEFA, Oxydation des colorants par POAs sur catalyseurs à base d'argile commerciale K10 modifiée, MÉMOIRE de MASTER, UNIVERSITÉ DE TLEMCEM, 19/06/2017, p5,6,7
- [18] Bahia MEROUFEL, Adsorption des polluants organiques et inorganiques sur des substances naturelles : Kaolin, racines de Calotropis procera et Noyaux de dattes, thèse du doctorat, Université de Lorraine, 18 décembre 2015, p81
- [19] Yassine BENTAHAR, Caractérisation physico-chimique des argiles marocaines : application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse, UNIVERSITE DE NICE-SOPHIA ANTIPOLIS – UFR, thèse du doctorat  
28 octobre 2016, p29.
- [20] ALIOUCHE SIHEM, ETUDE DE L'ELIMINATION D'UN COLORANT PAR DIFFERENTES METHODES PHOTOCIMIQUES EN MILIEU AQUEUX, MEMOIRE MAGISTER, UNIVERSITE MENTOURI – CONSTANTINE, 18 Février 2007, p 20.
- [21] J.C. D'Oliveira, G. Al-Sayyed, P. Pichat, Environ. Sci. Technol. 24(7) (1990) 990-996.
- [22] Lamri NAIDJA, ELIMINATION DU COLORANT ORANGE II EN SOLUTION AQUEUSE, PAR VOIE PHOTOCIMIQUE ET PAR ADSORPTION, MEMOIRE de MAGISTER, UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE, 02 Decembre 2010, p31

- [23] A. TALIDI, « Etude de l'élimination du Chrome et du bleu de méthylène en milieux aqueux par adsorption sur la pyrophyllite traitée et non traitée », Thèse doctorat, Université Mohammed V-AGDAL Rabat (2006), p16
- [24] M. El AZZOUZI, « persistance, mobilité et photodégradation de l'imazapyr dans le sol et l'eau », Thèse doctorat, Université Mohammed V-AGDAL Rabat (1999), p18
- [25] E. Mechrafi, « adsorption, désorption et mobilité des herbicides au contact des adsorbants organiques et minéraux », Thèse doctorat, Université Mohammed VAGDAL Rabat (2002), p 20.
- [26] M. Mekraoui, « Etude de l'adsorption, de la persistance et de la photodégradation de l'herbicide Tribenuron Méthyle (TBM) dans le sol et l'eau », Thèse doctorat, Université Mohammed V-AGDAL Rabat (2001), p 30
- [27] M. Kaustubha, D. Das, M. N. BISWASOU, Adsorption of phenol from aqueous solutions using activated carbons prepared from Tectona grandis sawdust by ZnCl<sub>2</sub> activation, Chemical Engineering Journal vol 115, 2005, p. 121–131.
- [28] Samia. ZEGGAI. Lemya. KHERCHOUCHE. Etude de l'adsorption d'un colorant textile en solutions aqueuses sur un charbon actif. Thème Master En Génie des Procédés, Génie de l'Environnement, p 45
- [29] S. Arris. Etude Expérimentale de l'élimination des polluants Organiques Et Inorganiques Par Adsorption Sur Des Sous-Produits, Thèse de doctorat, Université de Constantine, p 30.
- [30] G. COUDERC, « Contribution à l'étude de l'adsorption binaire par les carbones non poreux et poreux », Thèse doctorat, Université de Neuchâtel (2002). p 22
- [31] Emna Errais. Thèse doctorat. Réactivité de surfaces d'argiles naturelles étude d'adsorption de colorants anioniques. (21/2/2011), p 26

- [32] C. MEZITI, « Régénération et réutilisation d'un déchet provenant de la raffinerie d'huile », mémoire de magister, Université, Abderrahmane mira de bejaia (2009), p 38
- [33] V. C. SRIVASTAVA, M. M. SWAMY, I. D. MALL, B. PRASAD, I. M. MISHRA, « Adsorptive removal of phenol by bagasse fly ash and activated carbon: Equilibrium, kinetics and thermodynamics », Colloids and surfaces A: Physicochemical. Engineering. Aspects 272 (2006), p 33
- [34] N. KANNAN, M. M. SUNDARAM, « Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption on various carbons: a comparative study », Dyes and Pigments 51 (2001), p 25-40
- [35] Nouredine Barka, L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation phot catalytique sur TiO<sub>2</sub> supporté, bu.umc.edu.dz, (07/07/2008), p25-26.
- [36] Cassan Ph, Baglin A, Frit D (1976), les hyperoxaluries, Revue de médecine 17, p 803808.
- [37] REZANE Khaoula KHAMMI Sarah. MEMOIRE DE MASTER EN GENIE CHIMIQUE. Promotion 2015/2016, p 36

### **Sites internet**

- [1\*] [http://tatullisab.free.fr/laboratoire/3\\_Premieres%20S/1\\_Observer/2\\_Matieres%20colorees/1\\_Activites/HISTORIQUE%20DES%20COLORANTS.pdf](http://tatullisab.free.fr/laboratoire/3_Premieres%20S/1_Observer/2_Matieres%20colorees/1_Activites/HISTORIQUE%20DES%20COLORANTS.pdf) [11/05/2019]
- [2\*] <https://sante-medecine.journaldesfemmes.fr/faq/42771-rouge-congo-definition> [19/05/2019]
- [3\*] <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Rouge%20congo/fr-fr/#anchorWiki> [19/05/2019]
- [4\*] [http://en.termwiki.com/EN/adsorption\\_isotherm](http://en.termwiki.com/EN/adsorption_isotherm) (12/05/2019).
- [5\*] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bleu\\_de\\_m%C3%A9thyl%C3%A8ne](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bleu_de_m%C3%A9thyl%C3%A8ne) (17/05/2019).

### ملخص:

تستند هذه الدراسة على تقييم أوراق النخيل (النفايات) في معالجة المياه الملونة بالأصبغ وإزالة الأحمر الكونغو وتستخدم في حالتها الطبيعية، ودراسة قدرتها على الاستيعاب.

وبعد تحديد الخصائص الرئيسية لأوراق النخيل المستخدمة في هذه الدراسة تم اختبار العوامل المختلفة التي تؤثر على الامتزاز، مثل درجة الحرارة، درجة الحموضة، التركيز والكمية الممتصة. تم إجراء دراسة عن متساوي حرارة الامتزاز وحركية الامتزاز. وفي نهاية هذه الدراسة، وبعد إختيار الخصائص المناسبة من العوامل السابقة تما إثبات أن أوراق النخيل تتكيف جيدا مع الأحمر الكونغو وإثبات أن النتائج التجريبية لامتصاص الكونغو الأحمر على أوراق النخيل ممثلة بشكل جيد من خلال نموذج فراندليش ونموذج الحركة الأولى للامتزاز.

**الكلمات المفتاحية:** الأحمر الكونغو، أوراق النخيل، المياه الملونة، الامتزاز، حرارة الامتزاز، حركة الامتزاز.

### Résumé :

Cette étude consiste à évaluer les feuilles de palmier (déchet) pour la décoloration de l'eau contaminée par le Rouge Congo, utilisée dans son état naturel et sans activation en étudiant sa capacité d'adsorption de ce colorant (RC).

Après avoir déterminé l'effet des divers facteurs ayant une incidence sur l'adsorption, tels que la température, le pH, la concentration et la quantité de déchet, une étude des isothermes et de la cinétique d'adsorption a été faite.

À la fin de cette étude, il a été établi que les résultats expérimentaux de l'adsorption de Rouge Congo sur les feuilles de palmier sont bien représentés par le modèle de Freundlich et le modèle pseudo-première ordre.

**Mots-clés :** Rouge Congo, feuilles de palmier, adsorption, isothermes d'adsorption, cinétique d'adsorption.

### Abstract :

This study is based on the evaluation of palm leaves in the treatment of pigmented colored water and the elimination of red Congo and used in its natural state, and studies its absorption capacity.

After determining the main characteristics of the leaves used in this study, various factors affecting the adsorption, such as temperature, pH and concentration, were tested. Apply the adsorption isothermal model and the adsorption motion model and study the best model to obtain the results obtained in the adsorption process.

At the end of this study, after having selected the appropriate characteristics of the preceding factors, it was established that the palm leaves were well adapted to Kongo's gouge, with the conclusion that Freundlich's model and the first movement model by adsorption reflected the results obtained.

**Keywords :** Red Congo, palm leaves, coloured water, adsorption, adsorption isotherm, adsorption kinetics.