

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

## Master

Filière : Génie des procédés

*Dépollution des rejets liquides industriels  
chargés en polluant organiques par procédé  
de biosorption*

Spécialité: Ingénierie & Gestion de l'Eau

Soutenu le 04/07/2023

Réalisé par : Tarfa Amira

Encadré par : Ferroudj Nassira

Ketita Imane

Année Universitaire 2022- 2023

## **REMERCIEMENTS**

*Au nom d'Allah le tout miséricordieux, le très miséricordieux, Bénédiction et salut soient sur notre prophète Mohammed Au terme de ce projet, fruit de nos années de labeur, Nous tenons, avant tout, à Remercier « DIEU » qui a illuminé notre chemin et qui nous armé de courage et la Et patience pour achever nos étude Nous remercions tout particulièrement notre encadrant Madame **Ferroudj Nassira**, Qui suggéré le sujet de cette étude et dirigé ce travail avec les encouragements et les conseils dont nous avons bénéficié. Nous adressons nos chaleureux remerciements et notre respect aux membres du jury qui nous feront l'honneur d'apprécier et d'examiner notre humble travail dans leur esprit critique constructif, pour avoir accepté de faire partie du jury.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les membres du département génie de procédés Nous tenons à exprimer notre gratitude à tous nos professeurs qui nous ont encadrés tout au long de notre parcours universitaire, ainsi qu'aux laborantins pour leur aide précieuse et leurs conseils.*

*Enfin, nous saluons nos familles qui ont été notre côté indéfectible et tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.*

## ***Dédicace***

*Et la dernière de leurs prières est que louange soit à Dieu, Seigneur des mondes. Je remercie Dieu Tout-Puissant d'abord et avant tout. A Lui appartient toute louange et grâce pour tout ce qui est bon. À qui je porte son nom avec fierté pour mon soutien A celui qui m'a soutenu dans mon cheminement et qui a été derrière chacun de mes pas, « mon cher père »*

*À la main invisible qui a enlevé les épines de mon chemin, à celle qui a enduré chaque instant de douleur que je passais « ma chère mère »*

*À ceux qui sont proches du cœur et qui soutiennent dans les bons et les mauvais moments, « Mes frères et sœurs, chacun en son nom »*

*A ceux dont les yeux s'illuminent de fierté dans mon succès et leur supplication est le secret de ma supériorité « ma famille »*

*A ma compagne de chemin et qui a partagé mon parcours académique et ce travail avec moi, ma collègue « **Amira** »*

*A ma fiancé « **Abdelkader** »*

*A toutes les personnes qui m'ont soutenu dans ma vie, de près ou de loin.*

***Imane***

## ***Dédicace***

*Je dédie ce travail à ceux qui sont la source de mon inspiration et mon Courage.*

*A ma très chère mère, qui ma donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements et son soutien, et surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.*

*A grand père*

*Mes chers frères et sœur.*

*Mes neveux : **Younes, Ishak, Ayoub et Arwa***

*A ma compagne de chemin et qui a partagé mon parcours académique et ce travail avec moi, ma collègue « **Imane** »*

*A cette personne qui m'a soutenu tout mon temps*

*A tous ceux qui m'ont soutenu dans ma fatigue, de près ou de loin.*

***Amira***

## Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux</b>	
I.1 Introduction.....	3
I.2 Usage de l'eau.....	3
I.2.1 Usage domestique.....	3
I.2.2 Usage l'industriel.....	3
I.2.3 Usage agricole.....	3
I.3 Origine de la pollution des eaux.....	4
I.3.1 Pollution domestique.....	4
I.3.2 Pollution agricole.....	4
I.3.3 Pollution industrielle.....	4
I.4 Type de pollution des eaux.....	5
I.4.1 Pollution physique.....	5
I.4.2 Pollution chimique.....	5
I.4.3 Pollution microbiologique.....	6
I.5 Paramètre de la pollution des eaux.....	6
I.5.1 Paramètre chimique :.....	6
I.5.2 Paramètres physique.....	7
I.6 Procédés de traitement de l'eau.....	8
I.6.1 Traitement biologique.....	8
I.6.2 Traitement chimique :.....	8
I.6.3 Traitement thermique.....	8
I.6.4 Traitement physique.....	9
I.7 Conclusion.....	10

## Chapitre II: Phénomène d'adsorption

II.1 Introduction.....	11
II.2 Définition .....	11
II.3 Types d'adsorption.....	12
II.3.1 Adsorption physique.....	12
II.3.2 Adsorption chimique .....	13
II.4 Mécanisme d'adsorption .....	13
II.5 principaux adsorbant.....	14
II.5.1 Charbons actifs .....	14
II.5.2 Zéolites .....	15
II.5.3 Alumines activées.....	15
II.5.4 Gels de silice.....	15
II.5.5 Argiles activées.....	15
II.6 Facteurs influençant l'équilibre d'adsorption.....	15
II.6.1 PH du milieu .....	15
II.6.2 Température du milieu.....	16
II.6.3 Surface spécifique .....	16
II.6.4 Facteurs caractérisant l'adsorbât .....	16
II.7 d'isothermes d'adsorption .....	16
II.7.1 type C :.....	16
II.7.2 type L : .....	17
II.7.3 type H :.....	17
II.7.4 type S : .....	17
II.8 Modèle d'adsorption.....	18
II.8.1 Modèle de Langmuir.....	18
II.8.2 Modèle de Freundlich .....	19

II.8.3	Modèle de B.E.T (Brunauer, Emmett et Teller).....	19
II.9	Modèles cinétiques .....	20
II.9.1	Modèle du pseudo premier ordre.....	20
II.9.2	Modèle de deuxième ordre.....	20
II.10	Étude thermodynamiques .....	21
II.11	Conclusion .....	22

### **Chapitre III: Matériels et produits**

III.1	Introduction.....	23
III.2	Colorant étudiés .....	23
III.2.1	Définition .....	23
III.2.2	Structure du colorant.....	23
III.2.4	Utilisations .....	24
III.3	Méthodologie expérimentale .....	24
III.3.1	Préparation des solutions .....	24
III.3.2	courbe d'étalonnage.....	24
III.4	Méthodes d'analyses .....	25
III.4.1	Photographie de spectrophotomètre UV-visible .....	25
III.4.2	Photographie de centrifugeuse .....	26
III.4.3	Photographie d'agitateur magnétique .....	27
III.4.4	Photographie de PH mètre .....	28
III.4.5	Photographie d'une balance analytique .....	29
III.5	Calcul de la quantité adsorbée "méthode du reste" .....	30
III.6	Rendement .....	31

### **Chapitre IV: Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur biosorbant**

IV.1	Introduction.....	32
------	-------------------	----

IV.2 Détermination du temps de contact .....	32
IV.3 Effet dosage d'absorbant .....	33
IV.4 Effet de la concentration initiale de colorant.....	34
IV.5 Effet du PH .....	36
IV.6 Effet de la vitesse d'agitation .....	37
IV.7 Modélisations des résultats .....	38
IV.7.1 Modélisation de la cinétique .....	38
IV.7.1.1 Le modèle du Pseudo premier ordre.....	38
IV.7.1.2 Le modèle du Pseudo deuxième ordre.....	39
IV.7.1.3 Modèle de diffusion intra particulaire .....	39
IV.7.2 Modélisation de l'isotherme d'adsorption .....	41
IV.7.2.1 Modèle de Langmuir.....	41
IV.7.2.2 Modèle de Freundlich .....	41
Conclusion générale .....	43

## Liste de figure

N°	Titre de la figure	Page
<b>Chapitre II: Phénomène d'adsorption</b>		
Figure II.1	Schéma représentant le phénomène d'adsorption	<b>11</b>
Figure II.2	Mécanisme d'adsorption	<b>14</b>
Figure II.3	Les quatre principaux types des isothermes d'adsorption d'après Giles et al	<b>17</b>
<b>Chapitre III: Matériels et produits</b>		
Figure III.1	Structure chimique du Rouge Congo.	<b>24</b>
Figure III.2	Courbe d'étalonnage de Rouge Congo	<b>25</b>
Figure III.3	Photographie du Spectrophotomètre UV-visible	<b>26</b>
Figure III.4	Photographie de la Centrifugeuse	<b>27</b>
Figure III.5	Photographie d'agitateur magnétique	<b>28</b>
Figure III.6	Photographie de pH mètre.	<b>29</b>
Figure III.7	Photographie d'une balance analytique	<b>30</b>
<b>Chapitre IV: Etude expérimentale de l'adsorption de la Retention de Rouge Congo sur un biosorbant</b>		
Figure IV.1	Effet de temps de contact sur la capacité de sorption de RC Sur le biomatériau	<b>32</b>
Figure IV.2	Effet de la dose de biomatériau sur la capacité de sorption de RC	<b>33</b>
Figure IV.3	Effet de la dose de biomatériau sur le rendement de sorption de RC	<b>34</b>
Figure IV.4	Influence de la concentration initiale de RC sur la capacité de sorption de biomatériau	<b>35</b>
Figure IV.5	Influence de la concentration initiale de RC sur le taux de sorption de biomatériau	<b>35</b>
Figure IV.6	Effet du PH sur la capacité d'adsorption de RC	<b>36</b>

Figure IV.7	Effet du PH sur le taux de retention de RC sur le biomatériau	<b>37</b>
Figure IV.8	Effet de vitesse d'agitation sur la capacité de sorption de RC	<b>38</b>
Figure IV.9	Effet de vitesse d'agitation sur le rendement de retention de RC	<b>38</b>
Figure IV.10	Modèle du pseudo premier order	<b>39</b>
Figure IV.11	Modèle du pseudo deuxième order	<b>40</b>
Figure IV.12	Modèle de diffusion intra particulaire	<b>40</b>
Figure IV.13	Modélisation linéaire par le modèle de langmuire du RC sur biomatériau	<b>42</b>
Figure IV.14	Modélisation linéaire par le modèle de Freundlich du RC sur biomatériau	<b>42</b>

### Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titre de tableau</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux</b>		
Tableau I.1	Les bactéries pathogènes dans les eaux usées	<b>6</b>
<b>Chapitre II : phénomène d'adsorption</b>		
Tableau II.1	Représente une comparaison entre les deux types d'adsorption	<b>13</b>
<b>Chapitre III : Matériels et produits</b>		
Tableau III.1	Propriétés chimiques et physiques de Rouge Congo.	<b>23</b>
<b>Chapitre IV : Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant</b>		
Tableau IV.1	Constante des différents modèles de la cinétique d'adsorption de RC sur biomatériau	<b>41</b>
Tableau IV.2	Constante des différents modèles de l'isotherme d'adsorption de RC sur biomatériau	<b>43</b>

**Introduction**

**Générale**

## Introduction générale

---

Eau est essentielle pour la vie non seulement l'eau satisfait des besoins essentiels de l'être humain, mais elle contribue aussi au développement durable d'autres façons qui ont leur importance. C'est une source d'énergie majeure dans certaines parties du monde, tandis que, dans d'autres, elle offre un potentiel encore largement inexploité. L'eau est aussi nécessaire pour l'agriculture et de nombreux procédés industriels. Dans un nombre non négligeable de pays, elle fait partie intégrante des systèmes de transport. La compréhension scientifique s'améliorant, la communauté internationale a apprécié plus pleinement les précieux services assurés par les écosystèmes liés à l'eau, depuis la maîtrise des crues jusqu'à la protection contre les tempêtes et l'épuration de l'eau. La décennie internationale d'action « L'eau, source de vie » est une excellente occasion pour la communauté internationale de faire des progrès vers l'adoption d'une approche vraiment intégrée pour La gestion des ressources en eau dans le monde, qui assure une utilisation[1]

La pollution des eaux et sols, par certains produits chimiques d'origine industrielle (hydrocarbures, phénols, colorants,...) ou agricole (pesticides, engrais,...) constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle internationale. [2]

Les colorants synthétiques organiques sont des composés utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que le domaine automobile, chimique, la papeterie et plus particulièrement le secteur textile, où toutes les gammes de nuances et de familles chimiques sont représentées. Les affinités entre le textile et les colorants varient selon la structure chimique des colorants et le type de fibres sur lesquelles ils sont appliqués. [4]

Le traitement des effluents industriels peut se faire par différents procédés : physique, membranaire, thermique, biologique ou chimique. Le choix de l'un ou l'autre de ces procédés, Dépend de certains paramètres tels que le débit, la composition et la concentration de L'effluent, le type de la réutilisation et la dimension de l'installation [3],

L'adsorption est une technique efficace et facile à mettre en œuvre pour l'élimination de certains polluants organiques et inorganique. Cette technique est une opération unitaire importante en génie chimique. Elle trouve son application dans divers domaines, grâce à son coût réduit et la facilité de sa mise en œuvre. Elle est utilisée dans l'élimination de nombreux polluants. Elle constitue une alternative et un moyen de

## Introduction générale

---

dépollution fiable. Elle s'est avérée mieux que d'autre technique pour sa flexibilité, simplicité de conception et facilité de mise en œuvre [5].

Ce travail a pour but d'étudier l'élimination de Rouge Congo(RC) sur biomatériaux d'origines naturelles : charbon actif issu d'un déchet végétal. Afin d'évaluer l'efficacité de matériau adsorbants, qui peut être appliqués dans le traitement des eaux et notamment pour la décoloration des effluents utilisés dans l'industrie textile.

Ce manuscrit comporte 4 chapitres:

Le premier chapitre sera consacré à une recherche bibliographique sur la pollution des eaux, ses origines, les différents types des polluants, y compris les méthodes de traitement des eaux.

En deuxième chapitre nous présentons le phénomène d'adsorption, ses types, son mécanisme, ainsi que les principaux adsorbants et les facteurs influençant le phénomène d'adsorption.

Le troisième chapitre décrit le colorant étudié sa structure et utilisation ainsi que les matériels et les méthodes expérimentales qui nous ont permis la réalisation pratique de cette étude.

Le quatrième chapitre consacre pour l'étude expérimentale de la sorption de colorant Rouge Congo (RC) sur un biomatériau. Nous avons étudié l'effet de certains paramètres opératoires tels que : le pH, la masse de l'adsorbant, la vitesse d'agitation, et la concentration du colorant, Ainsi que les isothermes d'adsorption et nous terminons par une conclusion générale.

# **Chapitre I :**

# **Généralité sur la**

# **pollution des eaux**

**I.1 Introduction**

La pollution des milieux aquatiques est définie par l'OMS comme étant toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue santé, sécurité bien-être publique, usages destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, ou soit consommée par la faune sauvage et aquatique [6].

La pollution des eaux est un problème mondial dont les aspects et la portée sont évidemment différents selon le niveau de développement des pays, La plupart des effluents pollués sont des mélanges très complexes dont la composition varie suivant leur provenance industrielle, agricole ou urbaine. L'évaluation de la pollution de l'eau est donc basée sur des classifications selon les propriétés globales de l'effluent [7]. Les conséquences de la pollution de l'eau peuvent entraîner la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement [8].

**II.2 Usage de l'eau****I.2.1 Usage domestique**

L'eau potable à domicile est la plus utilisée dans les pays les plus développés, ainsi que pour l'hygiène et la sécurité. La consommation d'eau domestique représente aujourd'hui 10% de la consommation mondiale d'eau, selon le niveau de vie des pays. [9].

**I.2.2 Usage l'industriel**

L'eau dans l'industrie est utilisée pour de nombreux processus tels que le chérisseur et le chauffage, représentant 20% de la consommation mondiale de pays et de secteurs d'activité à mesure que la fabrication est la plus consommatrice de l'eau. Elle peut servir à produire de l'électricité [9].

**I.2.3 Usage agricole**

L'agriculture est l'activité humaine la plus consommatrice d'eau : elle représente en moyenne 70 % de la consommation mondiale. Elle varie selon les pays, les climats, les types de cultures, les techniques d'irrigation, etc. Avec l'intensification de la production

agricole, l'usage de l'irrigation se répand et engendre des consommations d'eau croissantes. L'alimentation du bétail nécessite également un approvisionnement abondant en eau dans les régions d'élevage. [9].

### **I.3 Origines de la pollution des eaux**

#### **I.3.1 Pollution domestique**

Due principalement aux rejets domestiques (eaux de lavage, huiles de vidange, Matières fécales, etc. Elles sont liées aux grandes concentrations urbaines. Les eaux usées des habitants et des commerces entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les déchets domestique les eaux d'égouts les restes d'aliments les diversement d'abattoirs, les diversement hospitaliers, les lessives, les détergents, les insecticides, les hydrocarbures, les déchets produits toxiques sont se débarrassent les habitants d'une agglomération. Le flot déversé est très variable en fonction de l'importance de l'agglomération et d son activité [10].

#### **I.3.2 Pollution agricole**

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés des déchets animaux et des engrais commerciaux. L'utilisation excessive d'engrais pour l'agriculture et l'élevage apporte une présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau. Les algues de surface prolifèrent rapidement. L'oxygène n'est alors plus en quantité suffisante pour les organismes supérieurs [11].

#### **I.3.3 Pollution industrielle**

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité : substances organiques banales, produits organiques de synthèse, sels minéraux, métaux lourds... (Fuite de réservoirs, de canalisations...). [12]

## I.4 Types de pollution des eaux

### I.4.1 Pollution physique

**I.4.1.1 Radioactivité** : La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle, d'une Contamination liées à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs rayonnements d'origine industrielle ou en fin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations centrales nucléaires. [13].

**I.4.1.2 Pollution thermique** : Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations, centrales thermiques, nucléaires.ont une température de l'ordre de 70 à 80°C. Elle diminue jusqu'à 40 à 45°C, lorsqu'elle est en contact avec les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène. Plus la température de l'eau est élevée plus le besoin en oxygène est grand, plus la teneur en oxygène de l'eau est basse [14].

### I.4.2 Pollution chimique

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les détergents, les biocides, métaux lourds....etc. ce type de pollution est classé en deux catégories:

- La pollution biodégradable.
- La pollution non biodégradable.

Parmi les polluants non biodégradables figurant les substances minérales et certaines composées organiques. Les composées biodégradables se composent de substances organiques de composées azotées et phosphoriques. Cette pollution comprend les matières plastiques, les dérivés soufrés, ainsi que les particules minérales [15].Les substances minérales peuvent être classées en :

-Eléments essentiels : N, P, Na.....

-Eléments désirables : Fe, Zn, Cu.....

-Eléments toxiques : Pb, Hg, Cd,

Ce type de pollution constitue une partie importante de la pollution hydrique parmi les polluants chimiques d'origine organique figurant : les pesticides,-les matières organiques banales (Colorants, protides, lipides...)

### I.4.3 Pollution microbiologique

Les eaux contiennent aussi des contaminants microbiologiques tels que les bactéries, virus et parasites [16], [17]. Ces germes pathogènes représentent un grand risque sanitaire et reflètent l'état de santé des populations [18]. Dans une eau usée, on trouve aussi des micro-organismes dégradateurs de la matière organique, représentés surtout par des bactéries gram négatif. En plus d'une grande variété de Champignons et de levures

**Tableau I.1 : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées [19].**

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Voie de contamination principale
<b>Salmonella</b>	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	Ingestion
<b>Shigellasp</b>	Dysenterie bacillaire	Ingestion
<b>Escherichia coli</b>	Gastro-entérite	Ingestion
<b>Yersinias</b>	Gastro-entérite	Ingestion
<b>Amylobacters</b>	Gastro-entérite	Ingestion
<b>Vibrion</b>	Choléra	Ingestion
<b>Leptospirose</b>	Leptospirose	Cutanée/inhalation/ Ingestion
<b>Légionellose</b>	Légionellose	Inhalation
<b>Mycobactéries</b>	Tuberculose	Inhalation

### I.5 Paramètre de la pollution des eaux

Le comportement des produits chimiques dépend de leurs propriétés chimiques et physiques et de la nature de l'environnement.

#### I.5.1 Paramètres chimiques :

**I.5.1.1 Oxygène dissous :** L'oxygène est le facteur le plus fondamental de la vie et l'un des critères nécessaires notamment pour l'eau. C'est un excellent indicateur de la qualité de l'eau. Sa présence dans l'eau joue un rôle essentiel dans l'autoépuration et la préservation de la vie aquatique [20].

**I.5.1.2 Azote** : L'eau contient des quantités abondantes d'éléments de base tels que l'azote et autres, qui, en raison de leurs différentes formes dans le milieu naturel, favorisent la croissance rapide des plantes aquatiques [21].

**I.5.1.3 Carbone organique total (COT)** : Le carbone organique total est la teneur en carbone liée à la matière organique. Il représente la somme des matières organiques dissoutes et en suspension [22].

**I.5.1.4 Phosphore** : Le phosphore participe à la réduction de la dureté de l'eau car il facilite la libération des huiles et des graisses. On le trouve sous forme de sels minéraux ou de composés organiques, fixés sur une substance en suspension ou dissoute [21].

## **I.5.2 Paramètres physiques**

Les caractéristiques des eaux résiduaires peuvent altérer le milieu récepteur dans lequel elles se déversent. Ces altérations sont diverses selon les paramètres physiques engagés on peut citer :

**I.5.2.1 Température** : La température est un facteur écologique important des milieux aqueux comme c'est le facteur le plus important de la pollution de l'eau et qu'il a un impact direct sur le comportement de diverses substances présentes dans l'eau, comme sa élévation entraîne une perturbation de la vie aquatique (pollution thermique) [10].

**I.5.2.2 Conductivité** : La conductivité permet de connaître la quantité totale de sels dissous et la facilité avec laquelle l'eau conduit un courant électrique [23].

**I.5.2.3 PH** : Ce paramètre exerce une influence directe sur la solubilité des différents contenus dans une solution l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, ce paramètre affecte la vie aquatique et par conséquent influe sur l'opération de l'autoépuration du Milieu naturel [24].

**I.5.2.4 Turbidité** : La turbidité permette de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau, elle est causée par les particules en suspension dans l'eau [25]

**I.5.2.5 Matières en suspension (MES)** : Les MES constituent la partie la plus importante de la pollution de l'eau et ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau (grains

de sable, poussière etc...). Elles Comportent à la fois des éléments minéraux et des substances organiques [26].

## **I.6 Procédés de traitement de l'eau**

Des procédés de traitement de l'eau ont été développés afin d'éliminer les différents polluants présents dans l'eau, parmi ces procédés, nous citons :

### **I.6.1 Traitement biologique**

Les procédés biologiques sont utilisés pour le traitement secondaire de l'eau afin de se débarrasser des composés carbonés présents sous une forme insoluble. Les composés organiques sont considérés comme nocifs pour l'environnement car leur décomposition entraîne la consommation d'oxygène dissous dans l'eau et nécessaire à la survie des animaux aquatiques. Où les traitements biologiques ont pour but d'éliminer la pollution organique soluble par des micro-organismes, notamment des bactéries [27].

### **I.6.2 Traitement chimique**

Des progrès récents ont été réalisés dans le traitement des eaux pour l'oxydation des composés organiques. Le terme POA désigne un ensemble de procédés d'oxydation avancée caractérisés par l'utilisation courante de radicaux  $\text{OH}^\circ$  pour détruire des composés organiques complexes et non biodégradable. Cette technologie offre une solution éprouvée permettant la minéralisation des molécules organiques en milieu aqueux. Il existe plusieurs types de POA:

- Procédé Fenton ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{+2}$ )
- Procédé proxonation ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$ )
- Photocatalyse hétérogène ( $h\nu/\text{TiO}_2$ )
- Sonolyse et radiolyse [28].

### **I.6.3 Traitement thermique**

repose sur des températures élevées (incinération) pour décomposer les molécules organiques en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  et halogènes Ces procédés génèrent des dépenses énergétiques élevées et doivent donc être limités au traitement d'effluents très concentrés dont la combustion compense mieux l'énergie d'évaporation de l'eau [28].

## I.6.4 Traitement physique

### I.6.4.1 Procédés membranaires

Une membrane permselective ou semi perméable, la membrane est le plus souvent solide mais elle peut être également liquide ou même gazeuse. Le transfert sélectif peut être induit par différentes forces correspondant à une variation d'un ou plusieurs paramètres intensifs d'énergie entre les deux milieux que sépare la membrane : différence de potentiel chimique, de potentiel électrique, de température ou de pression [29]. On peut citer plusieurs procédés membranaires :

#### a) *Osmose inverse* :

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels. Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer.
- Le dessalement des eaux saumâtres.
- La production d'eau ultra pure.
- La production d'eau de procédés...

#### b) *Nano filtration* :

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (soit 10 Å) d'où son nom. Cette technique est souvent utilisée pour l'adoucissement des eaux [29].

#### c) *Ultrafiltration*

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, Sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes) [30].

### I.6.4.2 Procédés d'adsorption

L'adsorption est une opération unitaire importante en génie chimique. Elle trouve son application dans divers domaines, grâce à son coût réduit et la facilité de sa mise en œuvre. Elle est utilisée dans l'élimination de nombreux polluants. Elle constitue une alternative et

un moyen de dépollution fiable. Cette technique repose sur l'interaction entre les molécules à éliminer et le solide sur lequel se fixent ces substances. Une liaison plus ou moins forte s'établit, donc, et est fonction de la nature du composé et du solide mis en jeu, (voir les détails en chapitre 2) [31].

### **I.7 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté une généralité sur la pollution des eaux, avec une définition complète, ainsi que l'usage de l'eau et les origines de pollution de l'eau, y a compris les types de pollution de l'eau et les paramètres de pollution. Nous avons également présenté les différents procédés de traitement des eaux.

# **Chapitre II :**

# **Phénomène**

# **d'adsorption**

## II.1 Introduction

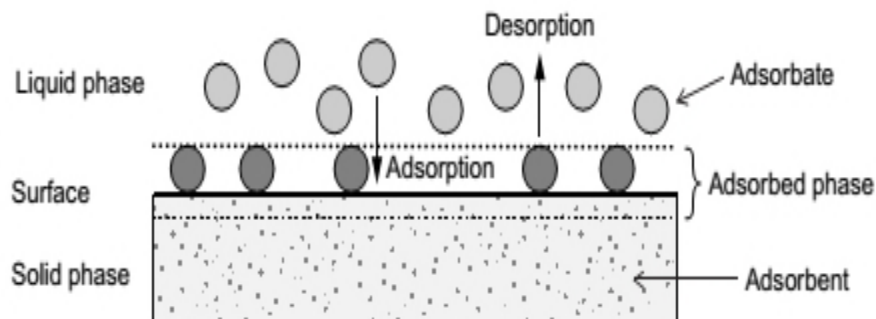
Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre la condensation des gaz à la surface, est une absorbant du gaz [32]. Ce phénomène repose sur l'interaction entre les molécules à éliminer et le solide sur lequel se fixent ces substances. Une liaison plus ou moins forte s'établit, donc, et est fonction de la nature du composé et du solide mis en jeu [33].

La technique d'adsorption est largement utilisée pour le séquençage de la séparation et de la purification dans plusieurs domaines par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques [34].

Le phénomène d'adsorption conduit notamment à une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles. Ce phénomène de surface ne doit pas être confondu avec l'absorption, phénomène de profondeur.

## II.2 Définition

L'adsorption est un phénomène spontané de surface dans lequel des molécules de gaz ou de liquides s'attachent aux surfaces de solides dans une variété de procédés plus ou moins intenses. Le terme surface correspond à la totalité de la surface du solide, surface géométrique pour un solide non poreux, à laquelle s'ajoute pour un solide poreux, la surface interne des pores, accessible aux molécules du fluide elle entraîne une augmentation de la densité du liquide à l'interface des deux phases. Il peut ainsi s'agir de quelques molécules à la surface, puis d'une monocouche et de plusieurs couches formant une véritable phase liquide, notamment en micropores [35].



**Figure II.1** : Schéma représente le phénomène d'adsorption [30].

---

## II. 3 Types d'adsorption

Il est possible de distinguer deux types d'adsorption

### II.3.1 Adsorption physique

Lors de l'adsorption physique, les faibles forces intermoléculaires, connues sous le nom de forces de Van der Waals, interviennent dans l'attraction et la fixation de l'espèce dissoute par le substrat solide. C'est un processus instantané parce que la rapidité d'adsorption est très rapide. Ce type d'adsorption est favorisé par une baisse de température parce qu'il est caractérisé par une réversibilité rapide [36].

### II.3.2 Adsorption chimique

L'adsorption chimique, quant à elle, résulte de l'établissement de liaisons chimiques, souvent de nature covalente ou ionique, comme dans le cas de l'échange d'ions (paires de charge opposées). Dans ce type d'adsorption, le phénomène de liaison peut être irréversible et entraîner une modification chimique des espèces absorbées. [36].

**Tableau II.1:** Comparaison entre l'adsorption chimique et l'adsorption physique [36].

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption Chimique
Types de liaison	Liaison de Van der Waals	Liaison chimique
Température du processus	Relativement faible comparée à la température d'ébullition de l'adsorbât	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbât
Individualité des molécules	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide, indépendante de la température	Très lente
Chaleur d'adsorption	Inférieur à 10 kcal/mole	Supérieur à 10 kcal/mole
Énergie mise en jeu	Faible	Élevée
Type de formation	Formation en multicouches	Formation en monocouche

#### II.4 Mécanisme d'adsorption

L'adsorption est un processus, largement répandue pour l'élimination d'un colorant elle, a également une applicabilité large dans le traitement des eaux résiduaires. La séparation par adsorption est basée sur une adsorption sélective (thermodynamique et/ou cinétique) des polluants (appelés adsorbats) par un adsorbant, grâce à des interactions spécifiques entre la surface du matériau et les produits adsorbés : c'est un simple transfert de masse à partir de la phase liquide vers la surface du solide [37]. Ce processus s'opère en plusieurs étapes [38].

- **1<sup>ère</sup> étape** : transfert de l'adsorbat de la phase liquide vers la couche limite du film liquide liée à la particule solide (par convection ou diffusion).
- **2<sup>ème</sup> étape** : transfert de l'adsorbat à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant
- **3<sup>ème</sup> étape** : diffusion à l'intérieur de la particule d'adsorbant selon deux voies, sous l'influence du gradient de concentration.
- **4<sup>ème</sup> étape** : adsorption dans un micropore.

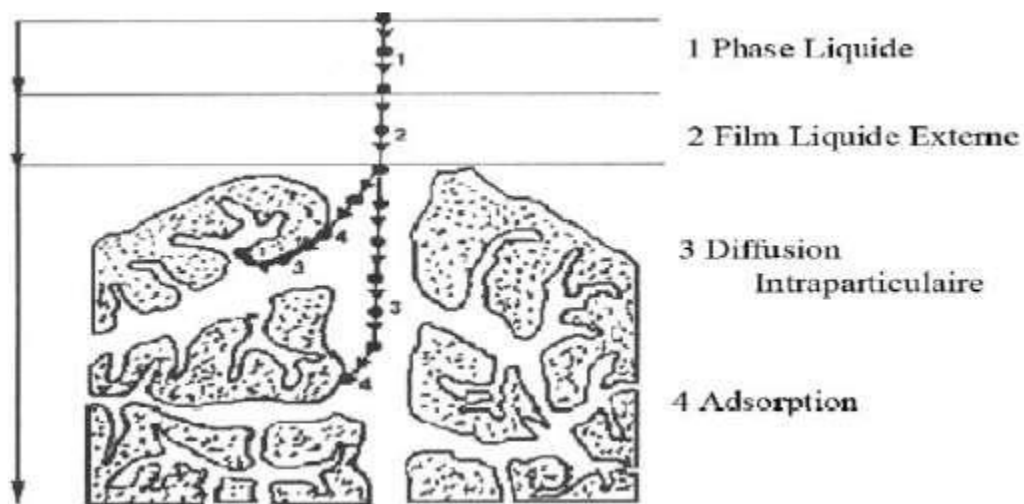


Figure II.2 : Mécanisme d'adsorption [39].

## II.5 Principaux adsorbant

On distingue cinq grands types d'adsorbants : les charbons actifs, les Zéolithes, les alumines, les gels de silice, les argiles activées, Tous ces adsorbants sont régénérables.

### II.5.1 Charbons actifs

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif Il peut être obtenu soit sous forme de poudre avec des pores de la taille de quelques  $\mu\text{m}$  de dimension, soit sous forme de grain. Il peut être régénéré selon trois procédés de désorption : à la vapeur, thermique et chimique [40].

### II.5.2 Zéolithes

On utilise les zéolithes dans la séparation des gaz et aussi comme agents des séchant. Plus récemment, la recherche s'est focalisée sur le rôle catalytique des zéolithes et comme elles peuvent intervenir de façons très spécifiques dans certaines réactions, elles sont maintenant très utilisées dans l'industrie [41]

### II.5.3 Alumines activées

L'alumine activée dispose d'une surface de 200 à 500 m<sup>2</sup> avec des pores de 20 à 140 Å. Elle résulte du traitement thermique de l'oxyde d'aluminium précipité ou de la bauxite. L'alumine est utilisée dans le séchage des gaz et des liquides [42].

### II.5.4 Gels de silice

Le gel de silice peut être obtenu par précipitation. La surface du gel de silice est formée de groupes hydroxyles. Il existe deux types de silice microporeuse, hydrophile et multi poreuse, Les utilisations principales des gels de silice<sup>15</sup> sont le séchage, la séparation des composés aromatiques et le traitement du gaz naturel [43].

### II.5.5 Argiles activées

C'est un aluminosilicate avec un pigment rugueux proche de celui de la zéolithe, mais de structure cristalline différente. Ce sont des produits naturels principalement utilisés pour le séchage confère à l'adsorbant un pouvoir de décoloration plus important. La décoloration et la purification des huiles minérales et végétales utilisent ce type d'adsorbant [44].

## II.6 Facteurs influençant l'équilibre d'adsorption

La théorie de l'adsorption des liquides par les solides est beaucoup moins complète que celle de l'adsorption des gaz ou des vapeurs par les solides. Ceci est, sans aucun doute, dû à nombreux facteurs qui rendent l'étude de tels phénomènes beaucoup plus difficiles à interpréter avec certitude que l'adsorption en phase gazeuse. Des connaissances, on peut toutefois dégager quelques données qui mettent en évidence l'influence de divers facteurs sur l'évolution de l'adsorption :

### II.6.1 PH du milieu

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant et de l'adsorbât ainsi que le mécanisme d'adsorption.

### II.6.2 Température du milieu

L'adsorption physique s'effectue à des basses températures (phénomène exothermique) alors que l'adsorption chimique demande des températures plus élevées (phénomène endothermique). Ceci nécessite de fixer la température du processus dès le départ [45].

### II.6.3 La surface spécifique

La surface spécifique, appelée aussi l'aire massique représente la surface totale par unité de masse du produit accessible aux atomes et aux molécules, sa connaissance contribue à améliorer le contrôle de la réactivité d'un échantillon lorsque celui-ci sera mis en présence d'autres matériaux, car la vitesse de réaction varie avec l'état de division des matériaux. [46].

### II.6.4 Facteurs caractérisant l'adsorbât

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

- L'énergie de liaison de la substance à adsorber,
- Sa structure et taille des molécules (un haut poids moléculaire réduit la diffusion et par conséquent la fixation de l'adsorbât),
- Sa solubilité (moins une substance est soluble, mieux elle est adsorbée) [47].

## II.7 Isothermes d'adsorption

Gilles et al ont proposé les modèles d'adsorption, Dont on distingue empiriquement quatre grandes classes appelées : S(Sigmoïde), L (Langmuir), H (Haut affinité) et C (partition constante). Quatre types particuliers sont maintenant considérés comme les quatre formes principales d'isothermes généralement observées (Figure). [48].

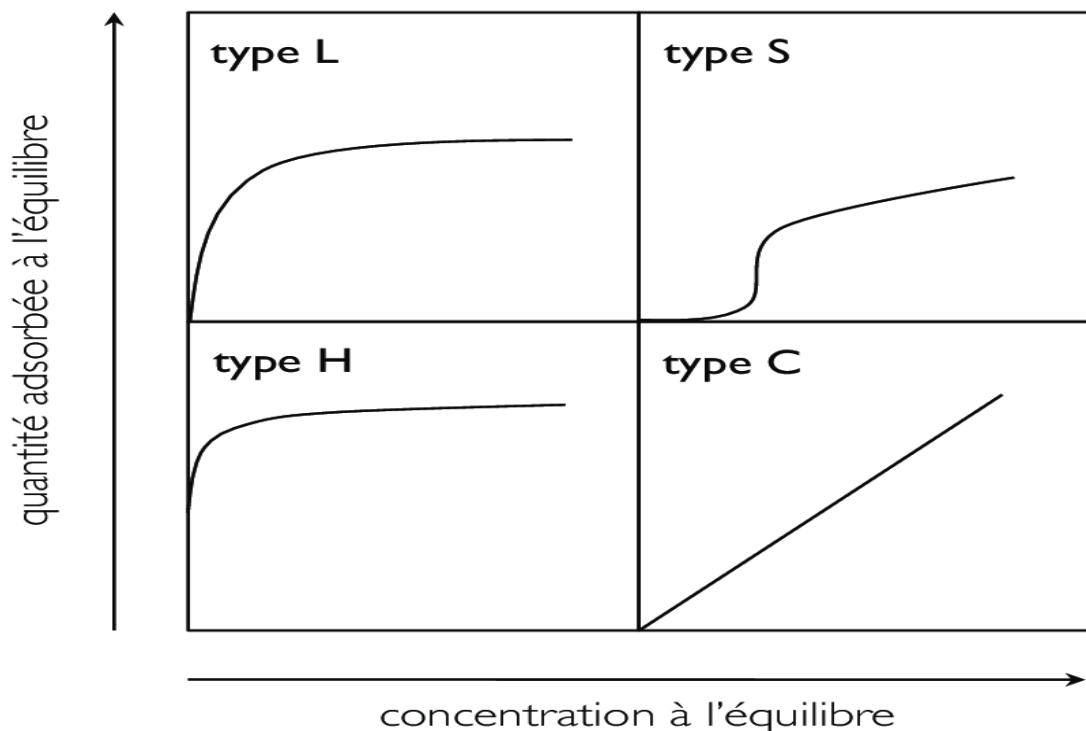
**II.7.1 Type C :** Les isothermes de cette classe se caractérisent par une partition constante entre la solution et le substrat jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption. Ceci signifie que les sites sont créés au cours de l'adsorption. Ce qui implique que les isothermes de cette classe sont obtenues quand les

molécules de soluté sont capables de modifier la texture du substrat en ouvrant des pores qui n'avaient pas été ouverts préalablement par le solvant.[49].

**II.7.2 Type L :** Le modèle de Langmuir « standard », indique une adsorption à plat de molécules bi-fonctionnelles. Ce phénomène se produit lorsque les forces d'attraction entre les molécules adsorbées sont faibles. [48].

**II.7.3 Type 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. L'isotherme de classe H est aussi observée lors de l'adsorption de micelles ou de polymères formées à partir des molécules de soluté [49].

**II.7.4 Type S :** Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut où la courbe est sigmoïdale et elle présente un point d'inflexion. Ce type d'isotherme est toujours le résultat d'au moins deux mécanismes opposés. [48].



**Figure II.3 :** Les quatre principaux types des isothermes d'adsorption d'après Giles et al.

## II.8 Modèle d'adsorption

Plusieurs auteurs ont proposé des modèles, théoriques ou empiriques, pour décrire la relation entre la masse d'adsorbat fixée à l'équilibre et la concentration. Ces modèles sont basés soit sur une approche de surface, soit sur une approche de volume en considérant que l'adsorption est un phénomène de remplissage de volume.

### II.8.1 Modèle de Langmuir

Ce modèle correspond aux isothermes de type L (*Langmuir, 1918*). Le modèle de Langmuir repose sur trois hypothèses : [50].

- L'énergie d'adsorption est constante sur tous les sites q
- L'adsorption se fait sur des sites localisés
- Chaque site peut accueillir une seule molécule ou un atome.

L'expression de la loi de Langmuir est donnée par :

$$Q = Q_m \frac{bC_e}{1+bC_e} \dots\dots II.1$$

Avec :

Q : Capacité d'adsorption par unité de masse d'adsorbant (mg/g ou mol/g)

C<sub>e</sub>: concentration de la substance restée en solution à l'équilibre (mg/l).

Q<sub>m</sub>: capacité maximale d'adsorption (mg/g).

b ou K : Constante d'équilibre de Langmuir

La linéarisation de l'équation (II.1) a conduit à des formes linéaires de l'isotherme de Langmuir plus simples. Parmi plusieurs formes citées dans la littérature, les deux suivantes meilleures quantités adsorbée à quelle sont très couramment utilisées [51].

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{Q_m b} \frac{1}{C_e} \dots\dots II.2$$

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_e b} + \frac{C_e}{Q_m} \dots\dots II.3$$

### II.8.2 Modèle de Freundlich

En 1962, Freundlich a proposé un modèle alternatif de description de l'adsorption du gaz. ou liquide. Ce modèle est représenté par une équation à deux paramètres (K<sub>f</sub> et n) et

consiste en une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption à la surface du support et se caractérise par une adsorption en sites localisés [52]. Ce modèle est

$$q_e = k_f C_{eq}^{1/n} \dots\dots II.4$$

Sachant que :

$q_e$ : La quantité d'entités adsorbées par gramme d'adsorbant à l'équilibre (mg/g).

$C_{eq}$ : la concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre (mg/L).

$K_f$ : la constante de Freundlich (L/mg).

$n$ : paramètre énergétique de Freundlich.

Lorsque la valeur de  $n$  est comprise entre  $1 < n < 10$  cela indique une adsorption favorable, par contre si la valeur est  $n < 1$  révèle une faible adsorption.

Les deux paramètres de Freundlich  $K_f$  et  $n$  peuvent être déterminés expérimentalement par le passage au logarithmique de l'expression pour donner :

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_{eq} \dots\dots II.5$$

### II.8.3 Modèle de B.E.T (Brunauer, Emmett et Teller)

Cette théorie a été développée en 1938 par Brunauer, Emmett, et Teller dont les initiales des noms conduisent à l'abréviation BET.

Ce modèle admet la formation de multicouches d'adsorbat, une distribution homogène des sites de la surface de l'adsorbant et l'existence d'une énergie d'adsorption qui retient la première couche de molécules adsorbées et une deuxième énergie qui retient les couches suivantes. Le modèle rend compte aussi du phénomène de saturation et fait intervenir la solubilité du soluté dans son solvant, sous la forme de la concentration  $C_s$  de saturation [53]. l'isotherme de B.E.T est un modèle d'adsorption en multicouches basé sur les hypothèses suivantes:

- Chaque couche adsorbée obéit à l'équation de Langmuir
- La chaleur d'adsorption à partir de 2<sup>ème</sup> couche est égale à la chaleur de condensation de vapeur
- La chaleur d'adsorption de la première couche est différente de celle des couches suivants [54].

$$\frac{q_t}{q_m} = \frac{K_B \left(\frac{C}{C_0}\right)}{\left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \cdot \left(1 + (K_B - 1) \frac{C}{C_0}\right)} \dots \dots \dots \text{II.6}$$

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

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

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

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

K<sub>B</sub> : Constante de B.E.T [55].

## II.9 Modèles cinétiques

### II.9.1 Modèle du pseudo premier ordre

Lagergren (1898) [56]. a proposé un modèle cinétique du pseudo premier ordre exprimée par la relation suivante

$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q_t) \dots \dots \dots \text{II.7}$$

Où :

- K<sub>1P</sub> : constante de vitesse pour une cinétique du pseudo premier ordre.
- q<sub>t</sub> : capacité d'adsorption à l'instant t.
- q<sub>e;1p</sub> : capacité d'adsorption à l'équilibre.

La linéarité du modèle donne :

$$\text{Ln}(q_e - q_t) = \text{Ln}q_e + K_2 \cdot t \dots \dots \dots \text{II.8}$$

### II.9.2 Modèle du pseudo deuxième ordre

Le modèle de deuxième ordre [57] est représenté par l'équation suivante

$$\frac{dq}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \dots \dots \dots \text{II.9}$$

Où :

- K<sub>2</sub> : constante de vitesse pour une cinétique du deuxième ordre.
- q<sub>t</sub> : capacité d'adsorption à l'instant t.

➤  $q_{e2}$ : capacité d'adsorption à l'équilibre.

La linéarité du modèle donne :

$$\frac{1}{q_t} = k_2 \cdot t + \frac{1}{q_e^2} \dots \dots \dots \text{II.10}$$

## II.10 Étude thermodynamiques

Les paramètres thermodynamiques qui doivent être considérés pour déterminer le processus sont des changements de l'enthalpie standard ( $\Delta H^\circ$ ), l'entropie standard ( $\Delta S^\circ$ ) et l'énergie standard libre ( $\Delta G^\circ$ ) due au transfert de l'unité du corps dissous à partir de la solution sur l'interface solide- liquide [58].

C'est l'énergie d'adsorption de Gibbs, qui est composée de deux termes, un terme enthalpique ( $\Delta H^\circ$ ) qui exprime les énergies d'interaction entre les molécules et la surface absorbante, et un terme entropique ( $\Delta S^\circ$ ) qui exprime la modification et l'arrangement de la molécule dans la phase liquide et sur la surface [59].

La mesure de la chaleur d'adsorption  $\Delta H^\circ$  permet de différencier la chimisorption de la physisorption. La chaleur d'adsorption est donnée par la relation de Vant hoff suivant [60]:

$$\ln K_c = -\frac{\Delta H^\circ}{R.T} + \frac{\Delta S^\circ}{R} \dots \dots \dots \text{II.11}$$

Avec

$K_c$ : Constante d'équilibre

$\Delta S^\circ$ : entropie (J. mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>),

$\Delta H^\circ$ : enthalpie (J. mol<sup>-1</sup>).

T: Température absolue (°K).

$$K_c = \frac{C_0 - C_e}{C_e} \dots \dots \dots \text{II.12}$$

L'enthalpie libre  $\Delta G^\circ$  est donnée par la relation suivante

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_C \dots \dots \dots \text{II.13}$$

**II.11 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons fait une recherche bibliographique sur le phénomène d'adsorption qui aborde plusieurs points : la définition du phénomène d'adsorption, ses différents types, son mécanisme, les facteurs qui affectent ce processus ainsi que les principaux adsorbants .Nous avons également présenté les types d'isothermes d'adsorption et les modèle cinétiques.

# **Chapitre III :**

## **Matériels et produits**

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous avons présenté les propriétés physico-chimiques du polluant modèle (Rouge Congo). Nous avons également exposé les réactifs, les matériels, les méthodes expérimentales et analytiques utilisées.

### III.2 Colorant étudié

#### III.2.1 Définition

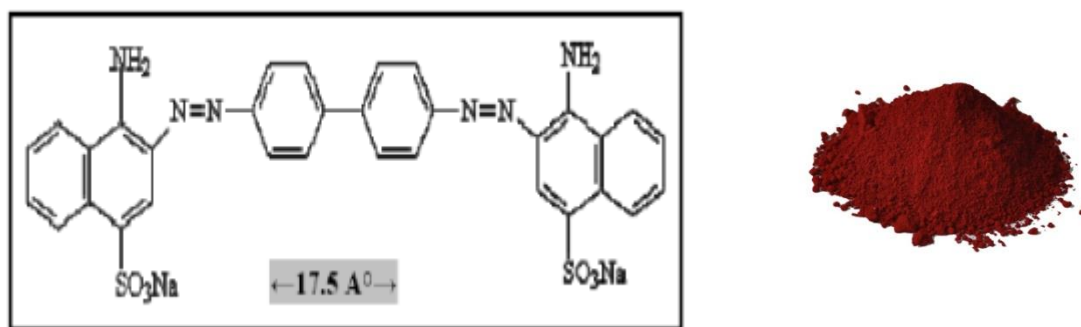
Le Rouge Congo est une molécule diazoïque, obtenu par l'action de la diazobenzidine sur un acide naphthalène sulfonique qui vire au bleu en solution acide. C'est un colorant anionique

**Tableau III.1** : Propriétés chimiques et physiques de Rouge Congo

<b>Nom</b>	Rouge Congo
<b>Famille</b>	Colorants directs
<b>Formule brute</b>	$C_{32}H_{22}N_6Na_6O_6S_2$
<b>Appellation chimique</b>	the sodium salt of benzidinediazo-bis-1-naphthylamine-4-sulfonic acid
<b>Masse molaire (g/mol)</b>	696.67 (g/mol)
$\lambda_{max}$	499 nm
<b>Solubilité dans l'eau</b>	Elevée
<b>Utilité</b>	Textile

#### III.2.2 Structure du colorant

Le Rouge Congo fait partie de la catégorie des poly-azoïques parce qu'il possède deux Chromophores de type azoïque, c'est-à-dire formés chacun de deux atomes d'azote Doublement liés et diversement substitués .Sa structure est représentée sur la figure III.1:



**Figure III:1** : Structure de Rouge Congo

### III.2.3 Utilisations

Utilisé pour la teinture des textiles, du papier, des plastiques, etc. Également utilisé en histologie Colorant très rapidement les cellules acides, les dépôts de protéines pathologiques, les os embryonnaires, les parois cellulaires des algues et des champignons filamenteux, Il a très bien réussi à teindre les polysaccharides Néanmoins il est plus connu pour Son utilisation dans l'industrie du textile

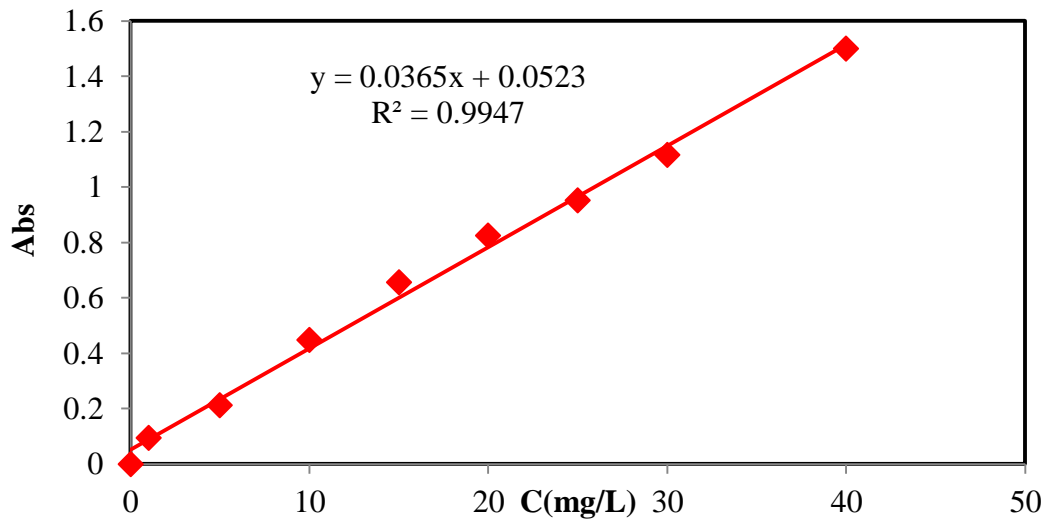
## III.3 Méthodologie expérimentale

### III.3.1 Préparation des solutions

Une solution mère de rouge Congo de concentration 500 ppm a été préparée par dissolution de 0,5g du colorant dans 1 L d'eau distillée. Les solutions filles devant servir à l'analyse, ont été obtenues par des dilutions successives jusqu'aux concentrations désirées. La courbe d'étalonnage du colorant a été établie pour déterminer les concentrations résiduelles pour les tests d'adsorption.

### III.3.2 Courbe d'étalonnage

L'étalonnage se fait par une méthode simple, qui consiste à préparer une série des solutions de concentrations bien déterminées. La courbe d'étalonnage de colorant (RC) a été réalisées, avec une série des solutions filles de concentrations comprises entre (0 à 40 mg/l). Ces dernières seront, par la suite, analysées par spectrophotométrie UV-visible à  $\lambda=499$  nm. La figure2représente la courbe d'étalonnage du RC.



**Figure III.2 :** Courbe d'étalonnage de Rouge Congo à  $\lambda=499$

### III.4 Méthodes d'analyses

#### III.4.1 Spectrophotomètre UV-visible

Le spectrophotomètre est un appareil qui mesure l'absorbance qui est définie par le ratio entre la lumière incidente  $I_0$  qui traverse un milieu à une longueur d'onde  $\lambda$ , et la lumière transmise.

Où le dispositif spectrophotomètre se compose de :

- ✓ La source lumineuse : C'est une lampe au tungstène permettant de mesurer les rayons visibles dans la gamme (350-800nm).
- ✓ Cuve : Elle est constituée de quartz, qui ne contient pas de sodium, qui absorbe dans le champ UV.
- ✓ Monochromateur : Sa fonction est d'examiner l'échantillon pour déterminer la longueur d'onde à laquelle se produit l'absorption la plus élevée.
- ✓ Détecteur : Le rôle est illustré si la quantité de lumière à l'extérieur de la cellule de l'échantillon est égale à la quantité de lumière à l'intérieur.
- ✓ Moniteur : à travers lequel les résultats de l'expérience sont affichés.



**Figure III.3:** Photo de spectrophotomètre UV-visible.

#### III.4.2 Centrifugeuse

Les centrifugeuses sont utilisées pour séparer des échantillons de composants de différentes densités, sous l'influence de la force centrifuge, afin de fournir des informations sur leur état biologique leur structure garantit un fonctionnement facile, des opérations sûres et une large gamme d'applications dans des laboratoires, alors que la centrifugeuse possède une structure autoportante rigide. Le boîtier a été réalisé à partir de feuilles d'aluminium et l'arrière en tôle d'acier. La partie avant et le couvercle sont constitués de matériaux plastiques de type ABS. Le couvercle est fixé sur les axes en acier des charnières et sur l'avant, il est verrouillé à l'aide de deux serrures électromagnétiques empêchant toute ouverture en cours de centrifugation. Le compartiment de la chambre de rotation est en tôle d'acier 26épaisse. La cuve de la chambre de rotation est en tôle d'acier inoxydable. Les rotors et les récipients sont en aluminium, les couvercles en polycarbonate et les bagues de compensation, en polypropylène.



**Figure III.4 :** Photographie de centrifugeuse

### **III.4.3 Agitateur magnétique**

Est un équipement de laboratoire qui utilise un champ magnétique pour faire tourner un barreau magnétique sous un récipient contenant la solution à mélanger. Il est utilisé pour mélanger des liquides et des solutions, chauffer des échantillons, ainsi que pour des applications de dosage et de titrage



**Figure III.5:** photographie d'agitateur magnétique

#### III.4.4 PH mètre

La mesure du pH est effectuée à l'aide d'un pH-mètre de type (pH mètre de paillasse pH 7310) muni d'une électrode combinée, La méthode consiste à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher. Après la stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH-mètre, on lit la valeur du pH directement.



**Figure III.6:** photographie de PH mètre

#### III.4.5 Balance analytique

La balance analytique est un outil de mesure de base utilisé pour évaluer des masses inconnues que l'on cherche à déterminer en plaçant la masse sur une échelle qui à son tour se compose de :

- ✓ Le flacon montre : C'est un plat en verre pratique pour peser les petites poudres, et il peut aussi être en plastique.
- ✓ Le plateau gradué, qui permet de manipuler les produits en évitant tout contact avec les doigts.
- ✓ Un écran digital, à travers lequel le Des poids apparaissent, en plus de ces composants, on retrouve une cuillère.

Afin d'obtenir des résultats de mesure précis, l'appareil doit être installé dans un endroit sec et à l'abri des courants d'air. L'idéal est de placer la balance sur une table anti-vibration sur une surface plane et horizontale à l'écart des appareils produisant des champs magnétiques, tout en prenant prendre soin de fermer la porte de la salle de pesée pour la protéger de la poussière.



Figure III.7 : photographie d'une balance analytique

### III.5 Calcul de la quantité adsorbée "méthode du reste"

La méthode du reste est souvent appliquée pour déterminer et calculer les quantités adsorbées sur les surfaces des solides. Si une masse  $m$  exprimée en grammes du solide est en contact avec un volume  $V$  ( $\text{cm}^3$ ) d'une solution de concentration initiale  $C_0$  et  $C_e$  est la concentration en équilibre, la capacité d'adsorption du solide exprimée en ( $\text{mg/g}$ ) est donnée par la relation suivante :

$$Q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \dots \dots \dots \text{III1}$$

Q: Capacité d'adsorption (mg/g)

C<sub>0</sub>: Concentration initial de polluant (mg/l)

C<sub>e</sub>: Concentration au temps d'équilibre de polluants (mg/l)

V: Volume de solution (l)

m: Masse d'adsorbant (g)

### III.6 Rendement

Le calcul du rendement permet de déterminer l'efficacité de procédé d'adsorption. L'intérêt du chimiste sera déterminé des conditions opératoires permettant de l'optimiser pour s'approcher le plus près possible de 100%. Les pertes de rendement peuvent avoir diverses origines : réactions parasites, pertes lors des diverses étapes de procédé.

$$R\% = \frac{C_0 - C_i}{C_0} \times 100 \dots \dots \text{III2}$$

C<sub>0</sub> : Concentration initiale du colorant

C<sub>i</sub> : Concentration à l'instant (t)

**Chapitre IV :**  
**Etude expérimentale**  
**de la rétention de**  
**Rouge Congo sur un**  
**biosorbant**

### IV.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous avons étudié d'adsorption de colorants Rouge Congo dans milieu aqueux par un biomatériau préparé un déchet végétale . Dans une première partie, nous avons étudié l'influence des différents paramètres expérimentaux sur la capacité d'adsorption de colorant (RC):le temps de contact, la concentration de l'adsorbat, le pH de la solution, la dose d'adsorbant, l'influence de vitesse d'agitation. Enfin, nous avons étudié les isothermes d'adsorptions peuvent être générées sur la base de nombreux modèles théoriques, les modèles de Langmuir et de Freundlich sont les plus utilisés ainsi que les modèles cinétiques, modèle pseudo premier ordre et modèle pseudo deuxième ordre.

### IV.2 Détermination du temps de contact

La variation de la concentration de colorant adsorbant en fonction du temps a permis de déterminer le temps d'équilibre correspondant à un état de saturation de l'adsorbant par l'adsorbat. Afin déterminer le temps de contact matériau adsorbant. Une masse précise de adsorbant a été mis en suspension dans des solutions de 500 ml du RC de concentration initiale  $C_0$  (40 mg/l). Le pH des solutions (pH= 6.50). Une agitation vigoureuse par un barreau magnétique à 400 tr/mn permet une bonne mise en contact de l'adsorbant avec le colorant. Les échantillons sont prélevés à des intervalles de temps prédéterminés, et sont séparés par centrifugation. L'analyse des concentrations résiduelles du colorant est effectuée par spectroscopie d'adsorption UV-Visible à  $\lambda = 499$  nm. Les résultats obtenus sont reportés sur la figure (IV.1).

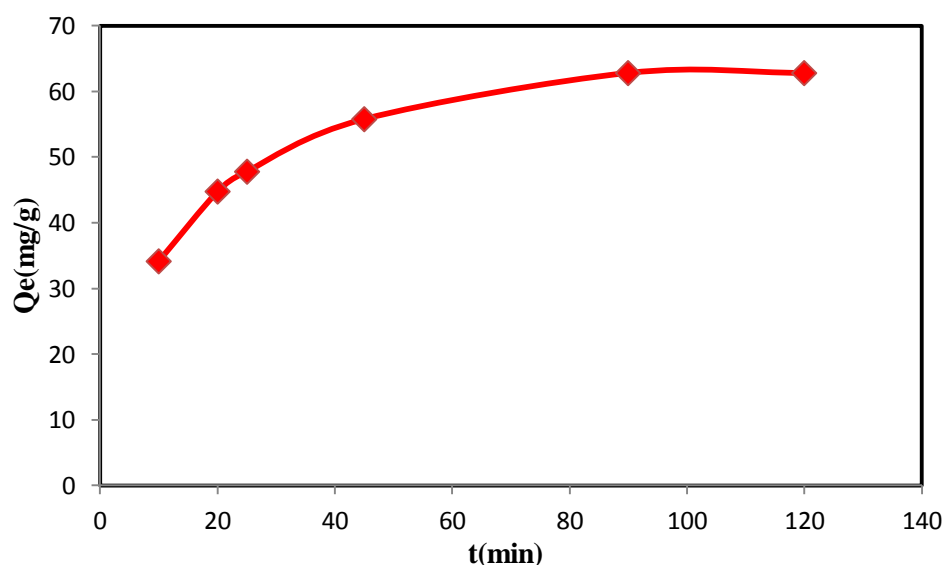


Figure IV.1 : Effet de temps contact sur la capacité de sorption de RC sur le biomatériau

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant

Les résultats obtenus montrent clairement que biosorbant est efficace pour la rétention du colorant. L'équilibre est atteint au bout de 90 min, qui correspondant une quantité de sorption de 62.83mg/g. La suite de l'étude sera réalisée avec le temps de contact 90min pour biosorbant.

### IV.3 Effet dosage d'absorbant

La recherche de la dose minimale nécessaire et suffisante d'un matériau pour adsorber un polluant donné, est une étape primordiale à toute étude sur l'adsorption. C'est la raison pour laquelle nous avons examiné ce paramètre pour biosorbant.

Pour évaluer l'effet de la dose de l'adsorbant sur la capacité de rétention de colorant RC Une série des tests d'adsorption a été effectuée avec des masses comprises entre 0.01 et 0,1 g pour, on garde toutes les conditions expérimentales standards : le temps de contacte 90 min,  $V = 100$  ml, pH neutre, température ambiante, la vitesse d'agitation 400 tr/min, [RC] 40 ppm. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure IV.2, IV.3.

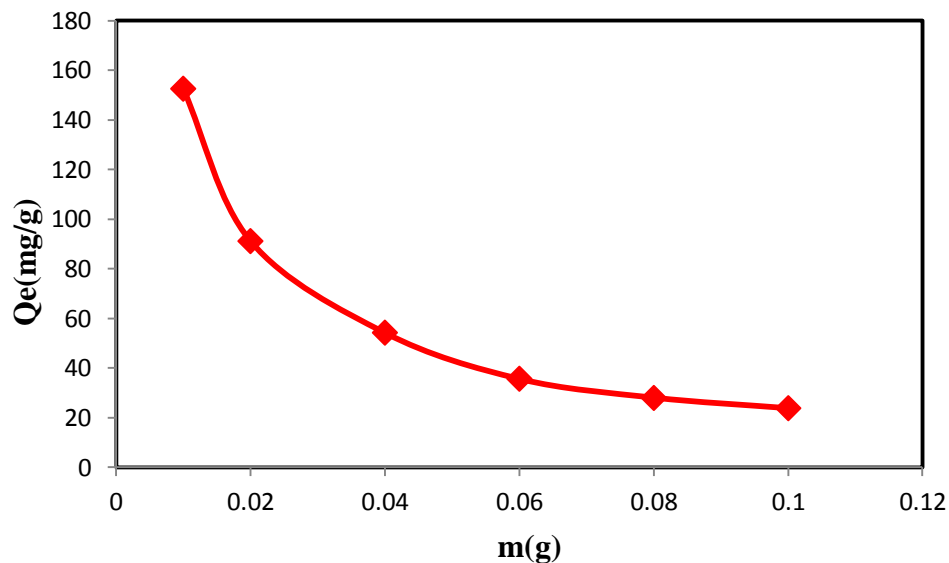
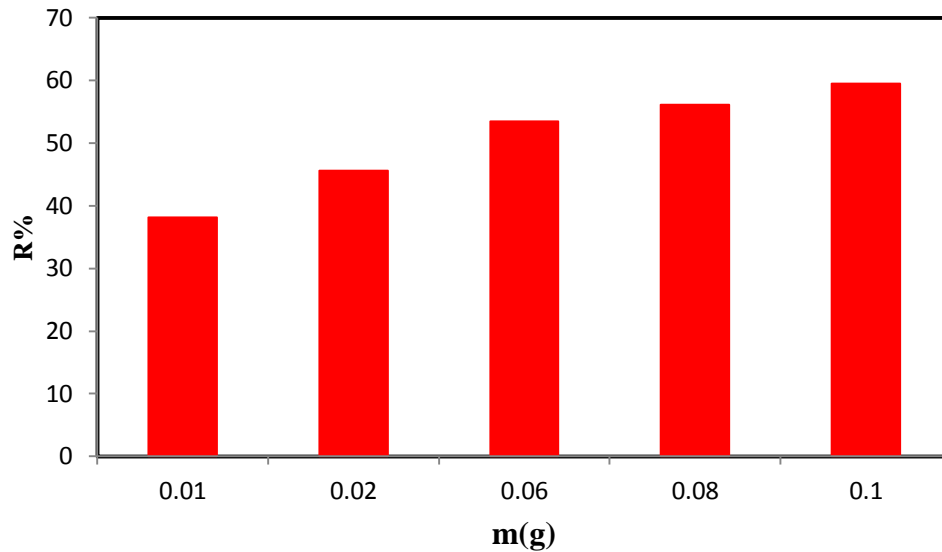


Figure IV.2 : Effet de la dose de biomatériau sur la capacité de sorption de RC

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant



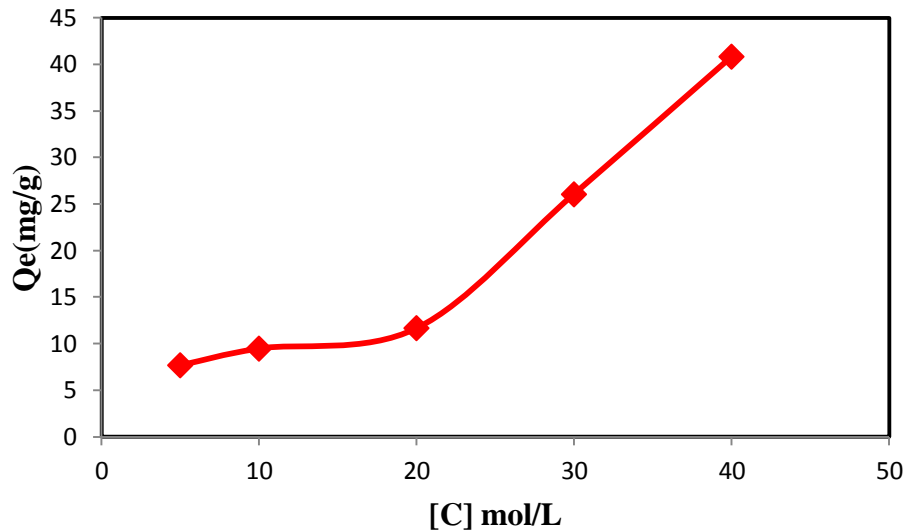
**Figure IV.3 :** Effet de la dose de biomatériau sur le rendement de sorption de RC.

Les résultats obtenus montrent clairement que la capacité d'adsorption diminue avec l'augmentation de la dose de biosorbant, meilleure capacité de sorption de RC de 152,5 mg/g a été obtenue avec la dose la plus faible 0.01g. En outre, on observe que le rendement augmente avec la croissance de la dose de biomatériau, le taux le plus élevé 59,52 % a été obtenu pas la dose 0,1 g On peut expliquer cet effet par la formation des agrégats pour les doses les plus importantes, ce qui conduit à une baisse de la surface totale d'adsorption, et par conséquent une diminution de la quantité de sorption.

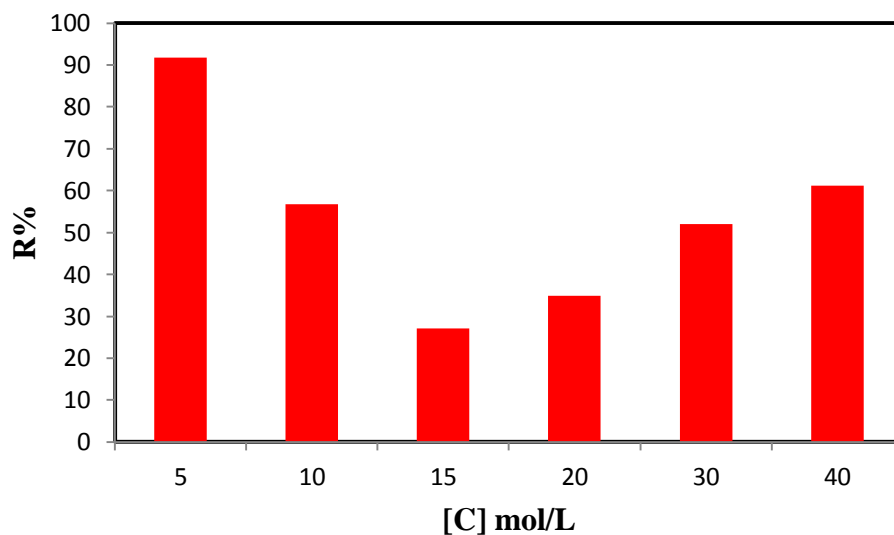
### IV.4 Effet de la concentration initiale de colorant

On voir l'effet de la concentration initiale du colorant sur la capacité de sorption du biomatériau, on a effectué plusieurs tests d'adsorption en faisant varier la concentration initiale du (RC). (1, 5, 10,...40ppm), toutes les conditions opératoires sont gardés. Les figures IV.4, IV.5 représentent les résultats obtenus durant les tests de sorption :

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant



**Figure IV.4 :** Influence de la concentration initiale de RC sur la capacité de sorption de biomatériau.



**Figure IV.5 :** Influence de la concentration initiale de RC sur le taux de sorption de biomatériau.

D'après les figures, on peut constater que la capacité d'adsorption s'améliore avec l'augmentation de la concentration initiale du colorant, meilleur résultat de 40.83 mg/g a été obtenu avec la concentration la plus élevée de 40 mg/l. On outre, on voit que l'augmentation de la concentration initiale du colorant a un effet défavorable sur le taux de rétention de RC par le biomatériau, le meilleure rendement de sorption de 91.8% a été enregistré avec la concentration initiale du colorant 5 mg/l.

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant

### IV.5 : Effet du PH

Le pH est un paramètre clé dans les phénomènes d'adsorption des composés organiques ou inorganiques. Pour vérifier l'effet du pH du milieu réactionnel sur la capacité de rétention de colorant RC par le biosorbant, plusieurs tests d'adsorption ont été effectués en faisant changer la valeur de pH de 2 à 13 pour Rouge Congo tout en conservant toutes les conditions opératoires standards. Le pH de la solution a été ajusté aux valeurs désirées par l'addition de l'HCl ou de NaOH.

Les résultats obtenus sont présentés sur les figures (IV.6). (IV.7)

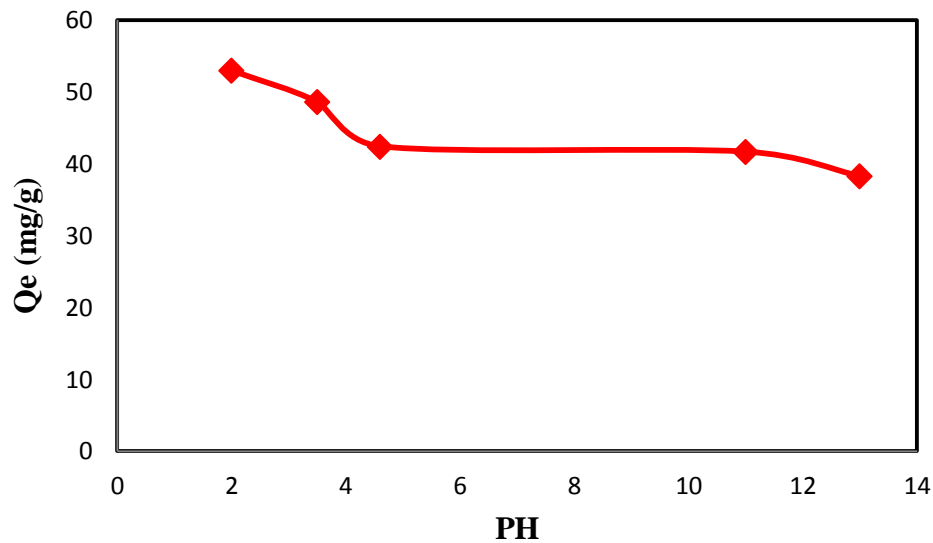


Figure IV.6 : Effet du pH sur la capacité d'adsorption de RC.

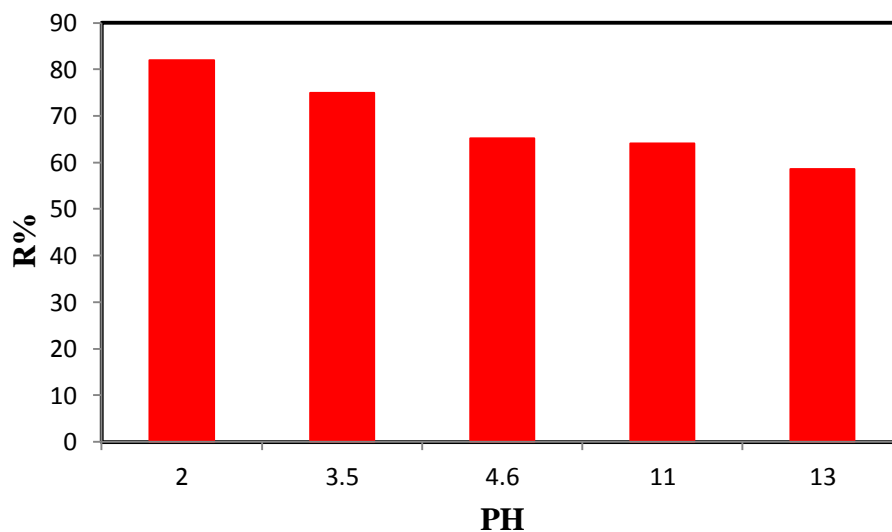


Figure IV.7 : Effet du pH sur le taux de rétention de RC sur biomatériau.

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant

On peut constater d'après la figure IV.6 que l'augmentation du pH du milieu réactionnel entraîne une diminution de la quantité de sorption de RC, la capacité de sorption diminuée de 52.98 à 38.25 mg/g quand le pH passe de 2 à 13. Un effet du pH similaire a été observé pour le taux de rétention de RC, meilleur résultat pour le rendement de 81.95% a été enregistré à pH = 2.

### IV.6 Effet de vitesse d'agitation

La vitesse d'agitation est une condition opératoire physique qui n'a pas de relation avec la nature chimique de l'adsorbant utilisé. Pour examiner l'effet de la vitesse d'agitation sur la capacité d'adsorption de Rouge Congo, nous avons effectué une étude de l'adsorption du RC pour des vitesses d'agitation allant de 100 à 600 tr/min, on a gardé toutes les conditions expérimentales standards. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure (IV.8). (IV.9)

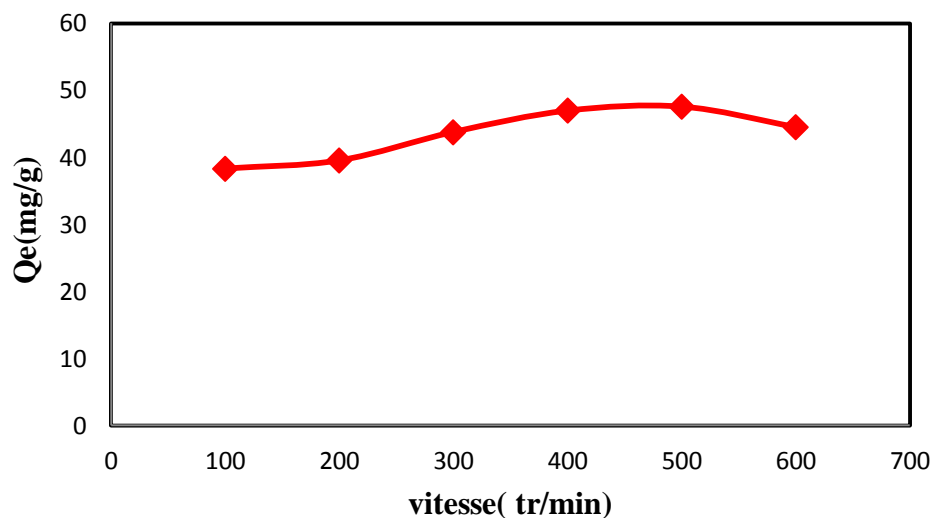
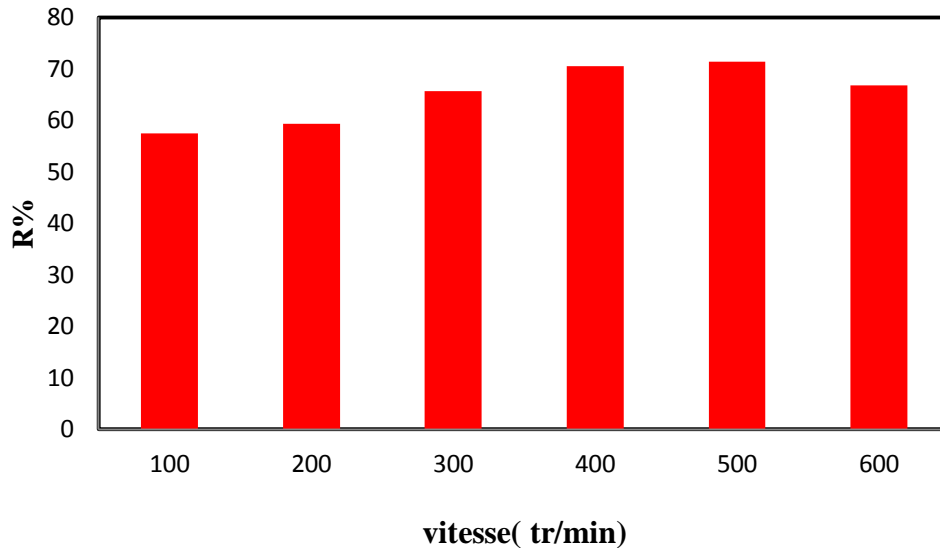


Figure IV.8 : Effet de la vitesse d'agitation sur la capacité de sorption de RC.

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant



**Figure IV.9 :** Effet de la vitesse d'agitation sur le rendement de rétention de RC.

Les figures IV.8 et IV.9 montrent que l'augmentation de la vitesse d'agitation provoque une légère amélioration au niveau de la quantité de sorption de RC ainsi que le taux de rétention, la capacité de d'adsorption passe de 38.33 à 47.6 mg/g quand la vitesse augmente de 100tr/min à 500tr/min, alors que le taux de sorption augmente de 57,5 à 71.4%.

### IV.7 Modélisations des résultats :

#### IV.7.1 Modélisation de la cinétique:

La modélisation de la cinétique a pour objectif principal d'étudier et de bien décrire le processus d'adsorption de RC sur le charbon actif en appliquant les différents modèles suivants:

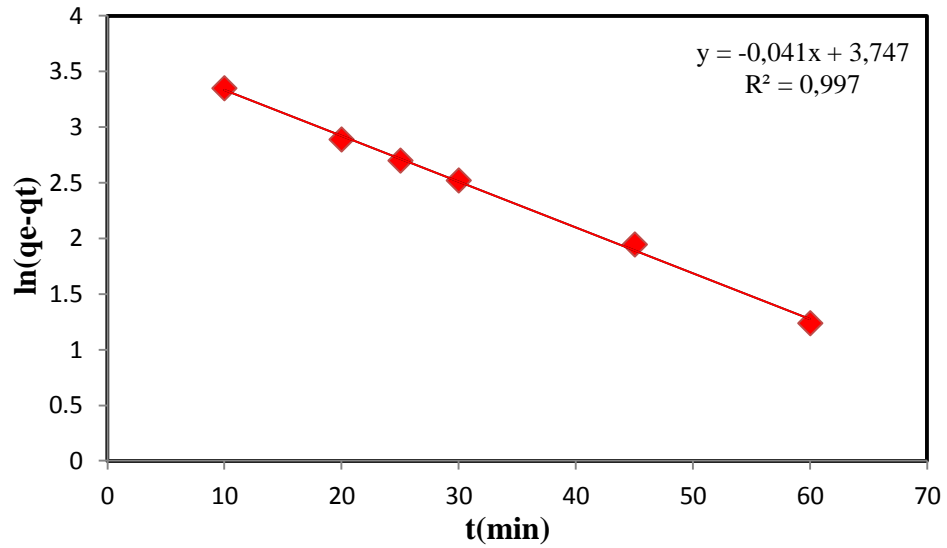
- ✓ Le modèle du pseudo premier ordre
- ✓ Le modèle du pseudo deuxième ordre
- ✓ Le modèle de diffusion intra particulaire

##### IV.7.1.1 Le modèle du Pseudo premier ordre

Après intégration de l'équation de pseudo premier-ordre, on obtient :

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 \cdot t \dots \dots \dots \text{IV.1}$$

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant

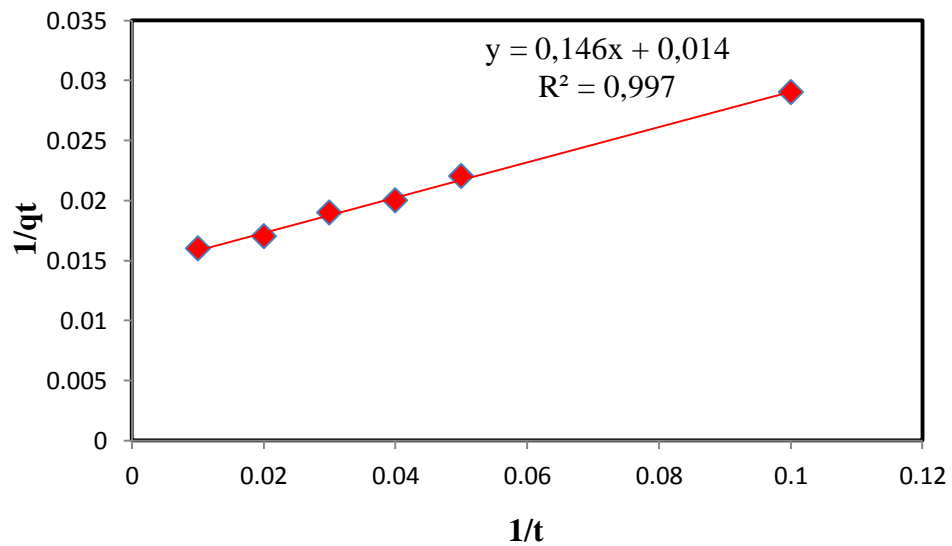


**Figure IV.10 :** Modèle du pseudo premier ordre

### IV.7.1.2 Le modèle du Pseudo deuxième ordre

L'intégration de l'équation cinétique de pseudo deuxième -ordre donne la relation linéaire :

$$t / q_t = 1 / (K_2 \times q_e^2) + (1/q_e) \cdot t \dots \dots \text{IV.2}$$



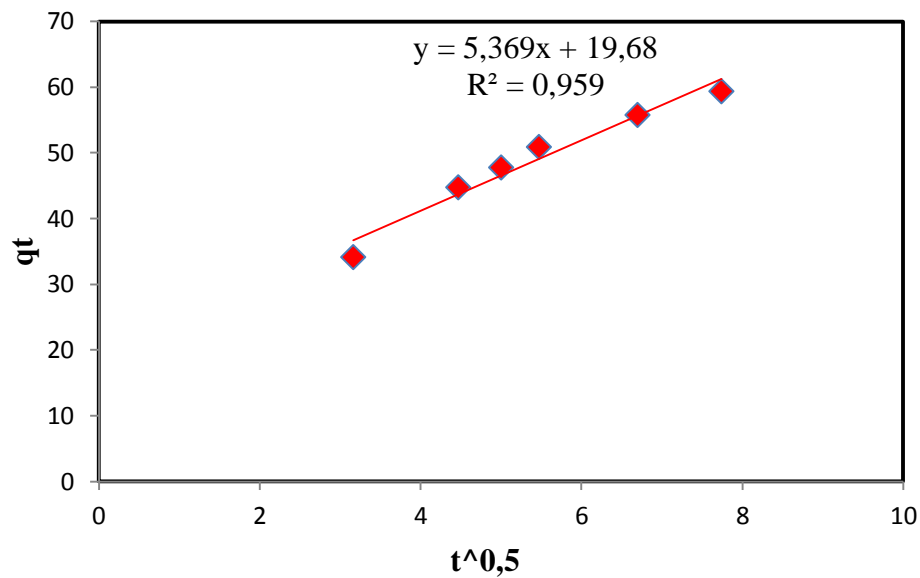
**Figure IV.11:** Modèle du pseudo deuxième ordre

### IV.7.1.3 Modèle de diffusion intra particulaire

Modèle de diffusion intra particulaire donne la relation :

$$q(t) = K_{int} t^{1/2} \dots \dots \text{IV.3}$$

**Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant**



**Figure IV.12:**Modèle de diffusion intra particulaire

**Tableau IV.1 :** constante des différents modèles de la cinétique d'adsorption de RC sur biomatériau

Modèle du pseudo-premier ordre	$K_1(min^{-1})$	0,041
	$q_e(mg/g)$	42,39
	$R_2$	0,997
Modèle du pseudo second- ordre	$K_2(g.min^{-1}.mg^{-1})$	1,52
	$q_e(mg/g)$	6,84
	$R_2$	0,997
Modèle de la diffusion intra-particulaire	$K_{int}(mg/g min^{1/2})$	5,369
	$R_2$	0,959

À partir du tableau nous remarquons que le modèle qui présente un facteur de corrélation le plus important est celui du modèle premier ordre et deuxième ordre avec un facteur de

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant

corrélation ( $R^2 = 0,997$ ), C'est-à-dire le modèles du pseudo-premier ordre et pseudo deuxième ordre est celui qui décrit mieux le processus d'adsorption de RC sur le biomatériau.

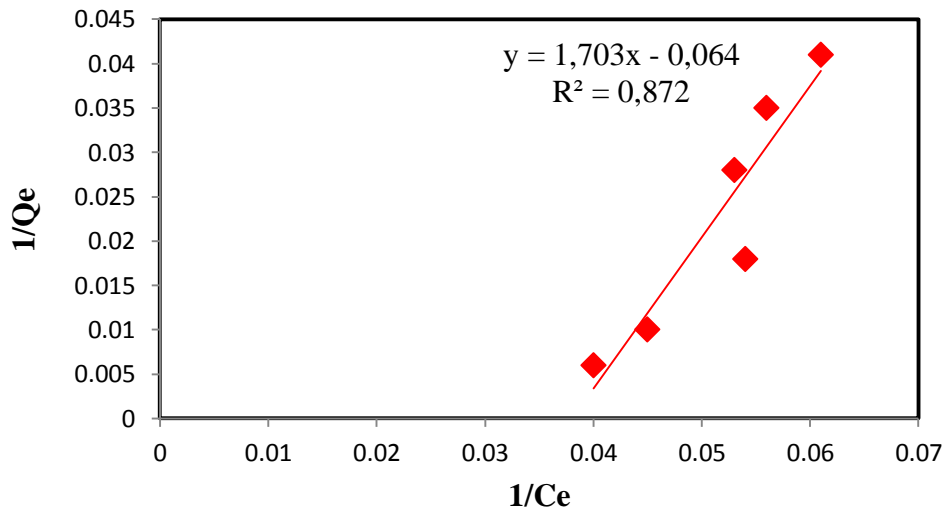
### IV.2 Modélisation de l'isotherme d'adsorption

#### IV.2.1 Modèle de Langmuir

Les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption du RC sur biomatériau modélisé par l'équation de Langmuir linéaire:

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{Q_m b C_e} \dots \dots \dots \text{IV.4}$$

Est représenté la courbe est présentée dans la figure (IV.13).



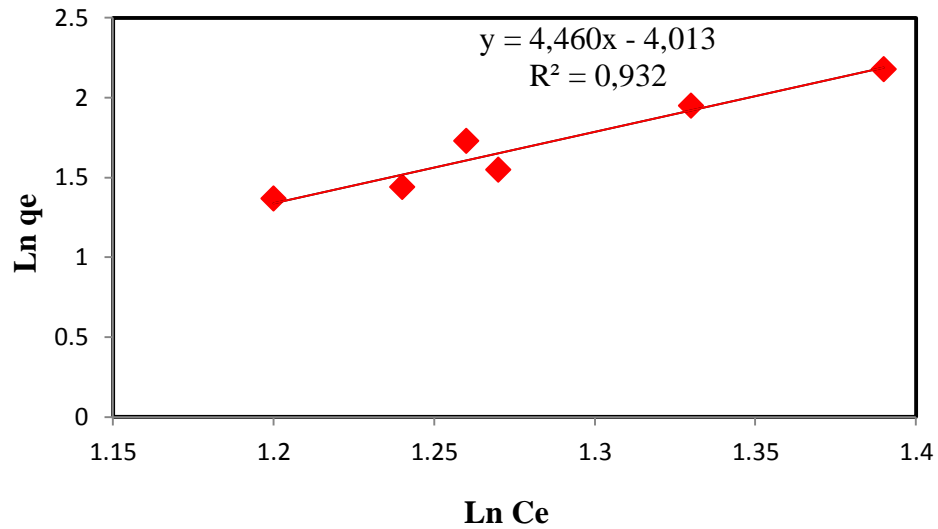
**Figure IV.13:** Modélisation linéaire par le modèle de Langmuir du RC sur biomatériau

**IV.2.2 Modèle de Freundlich** Les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption du RC sur biomatériau modélisé par l'équation de Freundlich linéaire :

$$\text{Ln } q_e = \text{Ln } K_F + 1/n \text{ Ln } C_e \dots \dots \dots \text{IV.5}$$

Est représenté dans le courbe est présentée dans la figure(IV.14).

## Chapitre IV Etude expérimentale de la rétention de Rouge Congo sur un biosorbant



**Figure IV.14 :** Modélisation linéaire par le modèle de Freundlich du RC sur biomatériau

Les résultats de chaque modèle, sont résumés dans le tableau (IV.2)

**Tableau IV.2 :** constantes des différents modèles de l'isotherme d'adsorption de RC sur biomatériau

Modèle de Langmuir			Modèle de Freundlich		
B	Qm	$R^2$	$n_f$	$K_f$	$R^2$
0.03	15.62	0.872	0.69	$9,7 \times 10^{-5}$	0.932

À partir des résultats obtenus, après la modélisation des isothermes d'adsorption (Langmuir, Freundlich), on observe que le modèle de Freundlich est le modèle le plus favorable pour décrire l'isotherme d'adsorption du biomatériau

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'objectif de cette étude consiste à l'élimination d'un colorant synthétisé anionique de Rouge Congo (RC) dans un milieu aqueux sur un biosorbant préparé à partir d'un déchet végétal, afin d'évaluer l'efficacité du biomatériau sorbant, qui peut être appliqué dans la dépollution des rejets liquides industriels notamment pour la décoloration des effluents utilisés dans l'industrie textile.

L'étude de l'adsorption du colorant RC sur le biomatériau sorbant a été effectuée en mode statique, les effets de certains paramètres expérimentaux qui peuvent affecter le processus de sorption ont été également évalués. L'ensemble des résultats obtenus durant ce travail nous a permis de tirer les points suivants :

- ✓ Le biomatériau sorbant est efficace pour l'élimination du colorant de RC, le temps d'équilibre est atteint au bout de 90 min avec un taux de rétention très élevé de 94,25%.
- ✓ la capacité de sorption de RC diminue avec l'augmentation de dosage de biosorbant dans le milieu réactionnel. Meilleure capacité de sorption de RC de 152,5 mg/g a été obtenue avec la dose la plus faible 0,01 g, alors que le rendement de rétention s'améliore avec l'augmentation de la dose biosorbant, le taux le plus élevé de 59,52 % a été obtenu avec la dose la plus importante 0,1 g.
- ✓ L'élévation du pH du milieu réactionnel entraîne une légère diminution de la quantité de sorption de RC, la capacité de sorption diminuée de 52,98 à 38,25 mg/g quand le pH passe de 2 à 13. Un effet du pH similaire a été observé pour le taux de rétention de RC, meilleur résultat pour le rendement de 81,95% a été enregistré à pH = 2.
- ✓ La quantité d'adsorption de RC s'améliore avec l'augmentation de la concentration initiale du colorant, meilleur résultat de 40,83 mg/g a été obtenu avec la concentration la plus élevée de 40 mg/l. En outre, l'augmentation de la concentration initiale du colorant a un effet défavorable sur le taux de rétention de RC par le biomatériau, le meilleur rendement de sorption de 91,8 % a été enregistré avec la concentration initiale du colorant de 5mg/l.
- ✓ La quantité adsorbée et le rendement d'adsorption de RC par le biosorbant augmentent très légèrement avec la vitesse d'agitation.

## Conclusion générale

---

- ✓ La modélisation cinétique des résultats de sorption de RC sur le biosorbant montre que les modèles cinétiques : pseudopremier-ordre et pseudo second-ordre sont plus convenables pour décrire le processus de sorption de RC.
- ✓ Le modèle d'isotherme de Freundlich plus adapté pour la sorption de RC.

Enfin sur le plan pratique, les résultats obtenus durant de ce travail montrent que le biomatériau étudié peut être un agent adsorbant intéressant pour la dépollution des rejets liquides industriels chargés en polluants organiques notamment les colorants synthétisés.

## Référence bibliographique

---

- [1] la banque royale du canada bulletin mensuel vol 31 No 3 (révisé 1958)
- [2] Daoud T , Bio sorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte « La Streptomyces Rimosus », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue Hassan Badi, El-Harrach –Alger
- [2] Z.Hassi,S. Lechelah , Synthèse des hydrotalcites et leurs applications dans le traitement des eaux , Master , Université d’El Oued (2011).
- [3] Ali, M., Sreekrishnan, T.R, Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents, Adv, Environ, Res, 5 (2), (2001) (P 175-196)
- [4] Boutra.b, contribution de la photocatalyse hétérogène à l’élimination de polluant en milieu aqueux, thèse, Université Houari boumediene,2019.
- [5] Daoud T , Bio sorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte « La Streptomyces Rimosus », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue Hassan Badi, El-Harrach –Alger
- [6] Guerraiche Zouaoui, Impact de la pollution urbaine sur les eaux de surface du Grand Constantinois, Thèse De Doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra,2017 , 181p.
- [7] Chenna M, Elimination des molécules Récalcitrantes par Procédés d’oxydation Avancés & Procédé électrochimique, Thèse De Doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2016.
- [8] O Crilles , ‘Chimie industrielle Tome2-L’eau’, 2008. p48.
- [9] <https://professionnels.ofb.fr>
- [10] Metahrim S, Elimination Simultanées de la pollution Azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou, 2012.
- [11] Jacques Beauchamp. Article qualité et pollution des eaux souterraines Université de Picardie Jules Verne.
- [12] Mekahlif F, Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d’appoint dans un circuit de refroidissement, 2009.
- [13] Touafek Aicha, Etudes expérimentales de l’épuration des effluents par procédés à culture fixée, Projet de fin d’études pour l’obtention de diplôme du Magister en Hydraulique, Université des sciences et de la technologie Mohamed Boudiaf, Oran, 2015 ,111p.

## Référence bibliographique

---

- [14] Aithamou R., Boulahbal O. &Haddadi F; Impact microbiologique des eaux usées traitées sur le poivron et le maïs fourrager, Recherche Agronomique,2000, 7, 77-E INRAA : 77-85.
- [15] Valiron N; La Réutilisation des eaux usées, Ed. Tech. Doc ; 1983, 207p.
- [16] Montuelle B; Application de la dégradation aerobique de la matière organique des eaux résiduaires – aspect microbiologique, In : Biologie des eaux : Méthodes et techniques, Masson, Paris, 1988.
- [17] Benfiala I et Haouli Z, Le Rendement épuratoire de la station d'épuration de la ville de Guelma ; Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Hydraulique ; Université Badji Mokhtar ; Annaba, 2017,P113.
- [18]Mc Bride G B & J C Rutherford, – Handbook on estimating dissolved oxygen depletion in polluted rivers,Water and soilmiscPubl Wellington,1983, 51: 1–69
- [19]Guergour S, Elimination des polluantsorganiques contenus dans les eaux usées par Electro-fenton, Magister,Universiteferhat Abbas-Setif-1 Ufas(Algérie).
- [20] WEB1: [www.gazettelabo.fr/2002archives/pratic/1997/23COT.htm](http://www.gazettelabo.fr/2002archives/pratic/1997/23COT.htm)
- [21] Yao A, Evaluation De La Pollution Des Eaux Usées Domestiques Collectées Et Traitées A La Station D'épuration De Camberene (Dakar), 2006.
- [22] [www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com) > Biologie et Médecine
- [23] Beyade S S, Caractérisation de la composition chimique des eaux usées traitées de la STEP de Sebkh (Nouakchott), 2013.
- [24] EL Hachemi O, Traitement Des Eaux Usées Par Lagunage Naturel En Milieu Désertique (Oasis De Figuig) : Performances Épuratoires Et Aspect Phyto planctonique, 2012.
- [25] : Emilian K; Traitement de pollutions industrielles, 2004.
- [26] : Actes d'une réunion d'experts de l'OCDE, « indicateurs environnementaux pour l'agriculture » Volume 3, édition OCDE, Zurich, Suisse, Novembre 2001.
- [27] : Robert, P ; Jean-Pierre, S; Chimie industrielle, 2ème édition, Edition DUNOD ,1996.
- [28] Benabbas Khaled, Intensification de la sorption de colorants textiles par la biomasse sèche de lentilles d'eau- Effet de prétraitements chimique et mécanique du biosorbant, Thèse, Université Badji-Mokhtar – Annaba, 2020.
- [29]Xavier, L'acide salicylique l'actif booster d'éclat ,[www .doctissimo.fr](http://www.doctissimo.fr) 02 Janvier 2020.
- [30] Jean-Marc Berland et Catherine Juiry, Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau, Ministere de L'agiculture, de L'alimentation, de La Peche et des Affaires rurales

## Référence bibliographique

---

- [32].Hamdi N,« caractérisation des argiles provenant des sites potentiels de charged'effluents acides » mémoire de mastère matériaux et surfaces Université de SfaxEcole Nationale d'ingénieurs de Sfax Tunisie.
- [33].Alain M, les argiles par la pratique, Cristalochimie, minéralogie, géologieVuibert , Paris,2013, page 55.
- [34] P DHaaland, Experimental Design in Biotechnology Vol 105,1989, CRC press.
- [35] Sido-PabyamM et Guèye Et BlinJ et Somé E, Valorisation de résidus de biomasse en charbons actifs-Tests d'efficacité sur des bactéries et dérivés de pesticides, Sud sciences et technologies Semestriel N°17, Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE),(2009).
- [36] L Naidja, Elimination du colorants orange en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption, Constantine: Université de Mentouri, 2010.
- [37] Boulkrah H, Étude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, Mémoire de Magister, Hydraulique urbaine et aménagement, Université de Skikda, Algérie (2008).
- [38] Ouslimani N, Adsorption des colorants acides des effluents manufacturiers par des montmorillonites, Thèse de Doctorat en sciences et génie des matériaux, Option chimie de la matière et de l'environnement, Université de Boumerdes, (2012), pp : 24-25.
- [39] Duong D, Adsorption analysis equilibrium and kinetics, Series on Chemical Engineering, Imperial College Press, London (1998).
- [40] : HAMMAMI Samiha , Thèse doctorat, Etude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels, Université Paris-Est, 2008.
- [41] : Bailleux, 2003 ; Ozerov et al.2000 ; Fay, 2003, Peternel et al.2007].
- [42] : Xiao et al, 2006 ; Santailier et al., 2007 ; Morhain,2004
- [43] : Mark Daniel G. de luna, Edgar D. Flores, Divine Angela D. Genuino, Cybelle M. Fullatan, Meng-Wei Wan, Adsorption of Eriochrome Black T (EBT) dye using activated carbon prepered from waste rice hulls-optilisation. Isotherme a d kinetics studies journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers 44 (2013) 646-653
- [44]: Aienlok qmiqtal, dipika kaur, arti malaviya,jyotimittal,vk gupta,adsorption studios on the removal of colo ring agenr phenol red from wastewater using waste material as adsorbent journal of colloide and interface science 337(2009,351) de Paris ,géologie de lingéniure,2004

## Référence bibliographique

---

- [45] Bougdah N, Etude de l'adsorption de micro polluants organiques sur le Bentonite, (2007).
- [46] W. J. MESSCHELEIN. Processus unitaires du traitement de l'eau potable. ED, CEBEDOC SPRL Liège 1996.
- [47] P Gossart Contribution, L'étude des interactions de la matière organique des sols avec les métaux lourds, Etude structurale et analytique de molécule modèle, Thèse de Doctorat, Université des Science et technologie de Lille, (2000).
- [48] Langmuir I, The constitution and fundamental properties of solids and liquids, J, Am, Chem.Soc, (1918), 40, 1361-1403.
- [49] R, G, Jones, D, L., Perry.
- [50] Fractional and zero order desorption kinetics of adsorbed monolayers: The role of attractive lateral interactions in the Hg/W (100) system, Surface Science, (1979), Vol 82, pp 540-548.
- [51] Schüürmann G, First-order and pseudo-first-order elimination kinetics, The Science of The Total Environment, Vol 109-110, (1991), pp 395-405.
- [52] Lagergren, about the theory of so-called adsorption of soluble substances, Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, (1898), Vol 24, pp.1-39.
- [53] Basha S Z V P, Murthy Kinetic and equilibrium models for biosorption of Cr(VI) on chemically modified seaweed, *Cystoseira indica*, Process Biochemistry, (2007) Vol 42, pp 1521-1529.
- [54] Benamraoui F, Élimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, Mémoire de Magister, Université de Sétif-1, (2014).
- [55] Avom J, et Adsorption isotherme de l'acide acétique par des charbons d'origine végétal, African Journal of Science and Technology, (2001), 2, 2.
- [56] Aarfane A, Salhi A, El Krati M, Tahiri I S, Monkadem, Lhadiek, Bensitelm, Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants Red 195 et bleu de méthylène en milieu aqueux sur les cendres volantes et les mâchefers J, Mater, Environ, Sci 5 (6) :1927-1939, (2014).
- [57] Fayoud N, Alami Younssis, Tahiri S Albizane A, Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption de bleu de méthylène sur les cendres de bois. J. Mater. Environ, (2015), Sci. 6 (11): 3295-3306.

## Référence bibliographique

---

[58] Boulkrah H , Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, Mémoire de Magister en chimie, Option pollution chimique et Environnement, Université de Skikda,(2008), pp : 51-53.

[59] Michaels S, "Simplified method of interpreting kinetic data in fixed bed ionexchange", engineering and process development, (1952), 44 8 1922-1929.

[60] Worch E, Adsorption Technology in Water Treatment, Fundamentals, Processes and Modeling, Edition Hubert & Co, GmbH & Co, KG, Gottingen, Germany, (2012).

## Résumé

Dans ce travail, nous avons fait une étude d'adsorption de colorant synthétisés anioniques (Rouge Congo (RC)) dans milieu aqueux sur un biomatériau préparé à partir d'un déchet végétal. Dans une première partie, nous avons étudié l'influence des différents paramètres expérimentaux sur la capacité d'adsorption de colorant(RC): le temps de contact, la concentration initiale de l'adsorbat, le pH de la solution, la dose d'adsorbant, la vitesse d'agitation. Les données sont exploitées à l'aide modèles cinétiques et des modèles de Langmuir et de Freundlich. L'ensemble des résultats obtenus durant de cette étude montre que le biomatériau étudié peut être un agent adsorbant intéressant pour la dépollution des eaux contaminées par les colorants.

Mots clés : Adsorption, biomatériau, Colorant, dépollution, eaux.

## ملخص

في هذا العمل ، أجرينا دراسة امتزاز لصبغة أنيونية مركبة (كونغو ريد(RC)) في وسط مائي على مادة حيوية درسنا في الجزء الأول تأثير العوامل التجريبية المختلفة على قدرة امتصاص الصبغة وقت التلامس ، وتركيز الجزيء الممتص ، ودرجة الحموضة للمحلول ، وجرعة الممتزات ، وسرعة التحريك. يتم استغلال البيانات باستخدام النماذج الدراسة أظهرت جميع النتائج التي تم الحصول عليها خلال هذه الدراسة أن المواد الممتصة التي تمت الحركية ونماذج دراستها يمكن أن تكون عامل ممتز مثير للاهتمام لإزالة تلوث المياه الملوثة بالأصباغ. الكلمات المفتاحية: الامتزاز ، مادة حيوية. فخار. صبغ وإزالة التلوث والماء

## Abstract

In this work, we did an anionic synthesized dye adaptation study (Congo (RC)) in aqueous medium on a biomaterial prepared from a vegetable waste and clay. In a first part, we studied the influence of different experimental parameters on the adaptability of dye (RC) : the contact time, the concentration of the adsorbed , the pH of the solution, the dose of adsorbent , the string speed. The data are exploited using kinetic models and Langmuir and Freundlich models. All the results obtained during this study show that the adsorbent materials studied can be an interesting adsorbent agent for the depollution of water contaminated by dyes.

Keywords : Adsorption, biomaterial, clay, dye, depollution, water.