

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Matériaux et Produits Organiques Industriels

Intitulé du mémoire

Elimination d'un produit organique rouge de
Congo par la biomasse Pleurotus mutilus

Présenté par :

- Fadli soumya
- Abbadeni kawther

Encadré par :

- Zahia Cheurfa
- Ali Alouache

Année universitaire 2017/2018

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous remercions **Dieu** le tout puissant, pour nous avoir donnée la force et la patience.

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de recherche département chimie , école normale supérieur ENS Kouba .

Ce présent travail de mémoire de fin d'étude n'a pu aboutir que grâce a la conjugaison des efforts de plusieurs personnes à qui on exprime notre profonde gratitude, a tous ceux qui nous ont encouragé à poursuivre nos études, ceux qui nous ont accompagnés dans ce parcours, que ce sont dans notre travail de recherche jusqu'a terme du présent mémoire.

Tout d'abord nous tenons à remercier notre promotrice M^{lle} la doctorante « **Cheurfa Zahia** » Et monsieur le Pr « **Alouache Ali**» notre enseignant et notre promoteur pour avoir accepté de s'investir corps et âme avec rigueur scientifique pour la direction de ce mémoire, nous adressent nos remerciements et notre gratitude

Nos remerciement Monsieur « **Nedjmi boubaker** » **professeur et** responsable du laboratoire traitement des eaux , pour nos avoir accueillie dans son laboratoire et pour l'aide qu'il nous a apporté pour réaliser ce travail de mémoire de Master.

Nos remerciant Monsieur «**A.Touati** » **professeur** à l'ENS Kouba pour son aide et son encouragement pour poursuivre nos études supérieure.

Nos remerciant le président ainsi que les Monsieur membres de jurys pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'accepter de jury ce travail.

Nos remerciement s'adressent aux corps académique et scientifique d'**USDB** qui nous ont encouragés en mettant à notre disposition un enseignement de qualité.

Et pour finir Nous tenons à remercier toutes les familles et amis qui nous ont soutenu et encouragé pendant toutes ces années d'études.

SOMMAIRE

Remerciements.....	2
Sommaire	3
Liste des figures	7
Liste des tableaux.....	8
Résumé	9
Introduction.....	10
CHAPITRE 1 : Produits Organiques	
I.1 . Introduction	14
I.2 . Contexte historique.....	14
I.3 . Définition du colorant	14
I.4 . Généralité sur les colorante	15
I.5. Classification des colorants	15
I.6 . Utilisations des colorants.....	18
I.7 . Effets des colorants sur l'environnement	19
I.8. Cas du rouge de Congo (congo red).....	20
Chapitre 2 : Généralité sur les méthodes de traitement et les biosorbants	
II.1 . Méthodes de traitement des colorants	26
II.1 .1 Méthodes biologique de traitement	26
II.1 .2 Méthodes physico-chimiques.....	26
II.3. Méthodes Physique de traitement	27
II.2 généralité sur les biosorbants ;.....	28
II.2 .1 Introduction	28
II.2 .2 La source principale est caractéristiques des biosorbants	28
II.2 .3 Type de biosorbants	29
II.2.4 . Types de biosorption.....	30
II.2.5 . Cinétique de la biosorption	31
II.2.6 . Facteurs influençant à l'équilibre de la biosorption.....	32
II.2.7 . Description du mécanisme de la biosorption	32
II.2.8 . La dégradation pour le traitement des eaux.....	33

Partie Expérimentale

Objectifs du travail.....	35
Partie expérimentale.....	35
III.1. Matériel et méthodes	35
III.1.1. Matériel utilisé	35
III.1.2. Méthodes adoptées	37
III.1.2 . Mode opératoire de biosorption	39
III.2. Résultats et discussions	40
III.2.1. Effet de la dose de sorbant	41
III.2.2. Effet concentration initiale du rouge de Congo	42
III.2.3. Effet du pH initial sur la biosorption	43
III.2.4. Etude l'effet du temps de contact	43.
III.3. Étude cinétiques	43
III.3. 1. Modèle pseudo-premier ordre	44
III.3. 2. Modèle pseudo-second ordre	44
III.3. 3. Modèle de Weber et Morris	45
III.3. 4. Modèle Urano et Tachikawa	46
III.3. 5. Modèle Boyd	47
III.4. Isothermes d'adsorption	48
III.4. 1. Modèle de Langmuir	49
III.4. 2. Modèle Freundlich	50
III.4. 3. Modèle Temkin	51
III.4. 4. Modèle Dubinin-Radushkevich	52
Conclusion	55
Références	56

Liste des Figures

La figure (I -1) : Structure générale des colorants azoïques	16
La figure (I -2) : La structure chimique de la molécule anthraquinone.....	16
La figure (I-3) : la structure chimique de la formule	17
La figure (I-4) : Formule générale des colorants à base de phtalocyanine	17
La figure (I -5) : colorant rouge de Congo en poudre	20
La figure (I-6) : La structure chimique du rouge de Congo	20
La figure (I-7) : Structure moléculaire du phénol	22
La figure (II -1) : la biosorption physique (N. Joachim Krou,2010)	30
La figure (II -2) : Mécanisme du transport d'un adsorbat au sein d'un grain du solide	
La figure (III -1) : la biomasse de Pleurotus mutilus	38
La figure (III -2) : le tamis utiliser	38
La figure (III -3) : Solutions du rouge de Congo	39
La figure (III -4) : effet de la dose de sorbant	41
La figure (III -5) : effect de concentration initiale du rouge de Congo	42
La figure (III -6) : effet du pH initial sur la biosorption	42
La figure (III -7) : effet du temps de contact	43
La figure (III -8) : la Courbe selon Modèle pseudo-premier ordre	43
La figure (III -9) : la Courbe selon Modèle pseudo- second ordre	44
La figure (III -10) : la Courbe selon Modèle Weber et Morris	45
La figure (III -11) la Courbe selon Modèle Urano et Tachikawa	46
La figure (III -12) : la Courbe selon Modèle Boyd	48
La figure (III -13): la Courbe selon Modèle de Langmuir	50
La figure (III -14): la Courbe selon Modèle de Freundlich	51
La figure (III -15): la Courbe selon Modèle de Temkin	52
La figure (III -16): la Courbe selon Modèle de Dubinin-Radushkevich	53

Liste des tableaux

Tableau (I-1): Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés Par intensité croissante (N.Bouanimba, 2009)	
Tableau (I -2): Relation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise	
Tableau (I -3): Propriétés physiques et chimiques du rouge de Congo	
Tableau (I -4) : Propriétés physicochimiques du phénol	
Tableau (II. 1) : Principales Différences entre la biosorption physique et la biosorption chimique.....	
Tableau (III -1): Caractéristiques physico-chimique de la biomasse <i>Pleurotus mutilis</i>	
Tableau (III -2) : Modèles cinétiques de l'adsorption du rouge de Congo	
Tableau (III -3) : les isothermes de biosorption du rouge de Congo sur <i>Pleurotus mutilis</i>	

Résumé

Dans le présent travail, nous avons traité l'eau contaminée par des composés organiques (pigments) selon la méthode de biosorption en utilisant de la biomasse morte à travers plusieurs étapes expérimentales modernes,

Nous avons suivi la cinétique et l'équilibre de cette adsorption et obtenu un traitement avec un rendement significatif et peu coûteux.

Mots-clés: adsorption, biomasse morte, composé organique

ملخص

في عملنا هذا قمنا بمعالجة لمياا ملوثة بمركبات عضوية (اصبغة) بالاعتماد على طريقة لامتزاز الحيوي باستعمال كتلة حيوية ميتة مرورا بعدة خطوات تجريبية حديثة

قمنا بمتابعة حركيةا ولتوزا لهذا الامتزاز و تحصلنا على معالجة ذات مردود معتبر و غير مكلف

كلمات مفتاحية: الامتزاز، كتلة حية، مركب عضوي

Abstract :

In the present work, we treated the contaminated water with organic compounds (pigments) according to the biosorption method by using dead biomass through several modern experimental stages,

We followed the kinetics and equilibrium of this adsorption and obtained a treatment with a significant yield and inexpensive.

Keywords: adsorption, dead biomass, organic compound

Objectifs du travail:

L'objectif de notre travail, est d'étudier la capacité de la dégradation des rouge de Congo en utilisant la biomasse morte pleurotus mutilus.

Pour atteindre cet objectif, le travail a été organisé selon les étapes suivantes:

- ❖ Préparation de biomasse morte de type pleurotus mutilus.
- ❖ Préparer une solution de rouge Congo.
- ❖ Étude des facteurs affectant le processus d'adsorption.
- ❖ Éliminer les contaminants (rouge Congo) par la biomasse.
- ❖ Études de cinétique d'adsorption.
- ❖ Étude des isothermes d'adsorption.

Partie expérimentale:

Les différentes manipulations réalisées dans cette étude ont été menées au Laboratoire d'Etude et de Développement des Techniques de Traitement et d'Épuration des Eaux et de Gestion Environnementale - LEDTEGE Ecole Normale Supérieure Kouba, Vieux Kouba-Alge

III. 1. Matériel et méthodes:**III. 1.1. Matériel utilisé :****III. 1.1 .1 Les produits chimiques utilisés :**

- Le rouge Congo en poudre.
- L'eau distillée.
- Acide chlorhydrique (HCl).
- Hydroxyde de sodium (NaOH).

III. 1.1 .2. Appareillage :

Dans nos différentes manipulations, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une balance analytique de type FA20048.
- Un agitateur magnétique de marque M5 .
- Un PH-mètre de type Hanna .
- Un spectrophotomètre UV-Visible de type OPTIZEN 1412V .
- Une centrifugeuse EZ Swing .
- Un Thermomètre.

III. 1.1 .3. Verreries :

Les verreries utilisées pour réaliser nos différentes manipulations sont :

- Un entonnoir.
- Verre de montre.
- Des Erlen Meyers de volumes (250ml; 150 ml)
- Des pipettes graduées de volumes (1ml; 5ml; 10 ml) .
- Des fioles jaugées de volumes (25ml;100ml ;500 ml ;1000 ml) .
- Des tubes de prélèvement
- Une burette.

III.1.2. Méthodes adoptées :

L'objectif de notre travail était de tester l'efficacité de la biomasse de type pleurotus mutilus pour traiter une eau chargée en rouge de Congo.

III.1.2 .1. Préparation de la biomasse morte de type pleurotus mutilus:

Les déchets fongiques (biomasse de Pleurotus mutilus) ont été obtenus après extraction à la pleuromutiline. Il a été fourni par le complexe antibiotique SAIDAL de Médéa (Algérie). Généralement, ces déchets étaient destinés à l'incinération. Cependant, il peut être valorisé pour le traitement des eaux usées. Les caractéristiques de la biomasse sont présentées dans le Tableau (III -1)



Figure (III.1): La biomasse de Pleurotus mutilus

Tableau (III.1) : Caractéristiques physico-chimique de la biomasse *Pleurotus mutilus*.

Diamètre des particules (μm)	Diamètre moyen d_p (μm)	ρ_{app} (g/cm^3)	S (m^2/g)
160-200	180	0.43	0.13

III. 1.2 .1.1. Lavage :

La biomasse brute est lavée plusieurs fois avec de l'eau distillée pour éliminer les impuretés

III. 1.2 .1.2 . Séchage :

La biomasse morte est séchée dans un four spécial, WISEVEN FUZZY CONTROL SYSTEM pendant 24 heures à 60°C .



Figure (III .2) : le tamis utiliser

III. 1.2 .1.3. Meulage et tamisage :

Après avoir drainé la biomasse morte, la soumettre à un broyage mécanique pendant 10 minutes pour donner des particules de tailles différentes, puis tamisées, stockées dans des boîtes en plastique pour les expériences d'adsorption.

III. 1.2 .2. Préparation de la solution rouge de Congo :

Nous avons utilisé le colorant rouge de Congo qui a une masse molaire de $696,665 \text{ g/mol}$, et une pureté de 99,99% de sigma Aldrich sa formule chimique est donnée comme suit :



Nous avons préparé la solution mère concentrée à 200 mg/l dans de l'eau distillée selon les étapes suivantes :

Peser 0.2 g de rouge Congo et l'introduire dans une fiole jaugée de 1L et ajusté avec l'eau distillée et faire agitée pendant 10 min .

En fin nous avons obtenue des solutions filles par des dilutions successives.



Figure (III.3): Solutions du rouge de Congo .

III. 1.3. Mode opératoire de biosorption:

Les études de biosorption ont été réalisées en faisant varier différents paramètres tels que la dose de biosorbant (0,28-2,5 g / l), le pH initial (2,5–6,5), la concentration initiale en colorant (20–80 mg / L), le temps de contact (0–180 min) et la température (293, 298 et 303 K). Des expériences de biosorption ont été menées dans des systèmes discontinus en ajoutant 100 mg de poudre de pleurotus mutilus dans un flacon contenant 100 ml de solution de colorant aux concentrations souhaitées. Les mélanges ont été agités à 200 tr / min sur un agitateur rotatif (Société scientifique du Nouveau-Brunswick, New York, USA) pour atteindre l'équilibre.

Après des expériences de biosorption, le biosorbant a été séparé de la solution de colorant par centrifugation pendant 10 min. Le surnageant ont été prélevé et l'absorption de colorant a été déterminée en utilisant un spectrophotomètre UV-vis (JENWAYUV – vis 6705) à une longueur d'onde de 500 nm. Le pH des solutions a été ajusté en utilisant des solutions de NaOH et / ou HCl (0,1 mol / L). L'absorption de CR par la biomasse de *Pleurotus mutilus* a été obtenue par l'équation suivante (1) :

$$Q_t = \frac{(C_0 - C_t) V}{m} \quad (1)$$

Lorsque q_t est la quantité de CR adsorbée par *Pleurotus mutilus* (mg/g), C_0 est la concentration initiale de colorant (mg/l), C_t est la concentration de colorant (mg/l) à

l'instant t , m est la masse de *Pleurotus mutilus* (g) et V est le volume de la solution de colorant (l).

Pour les isothermes d'adsorption, des solutions de CR de différentes concentrations (20 à 80 mg/l) à pH 3,5 ont été agitées avec 100 mg de Pm jusqu'à l'équilibre. L'absorption à l'équilibre q_e (mg / g) à différentes concentrations de soluté de CR adsorbé par Pm a été calculée en utilisant l'équation Eq (2).

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (2)$$

Où, q_e est l'absorption de chrome à l'équilibre (mg / g), C_e et C_0 sont respectivement les concentrations de colorant à l'équilibre et à l'état initial (mg / l) dans la solution aqueuse.

III. 2. Résultats et discussions :

III. 2.1. Effet de la dose de sorbant :

L'effet de la dose de sorbant sur l'élimination du rouge de Congo dans les solutions aqueuses a été étudié à différentes quantités de sorbant comprises entre 0,28 et 2,5 g / l à pH 3,5 et 50 mg / l, fixées comme concentration initiale de colorant. Comme l'illustre la Figure (III.4), le pourcentage d'élimination augmente de 26,88% à 92,64% et la capacité d'absorption est passée de 48,01 à 18,53 mg / g, la dose de *Pleurotus mutilus* augmente de 0,28 à 2,5 g/l. En outre, il semble que l'absorption maximale du rouge de Congo correspond à la dose de biosorbant de 1 g/l. Par conséquent, il a été sélectionné pour des expériences de biosorption.

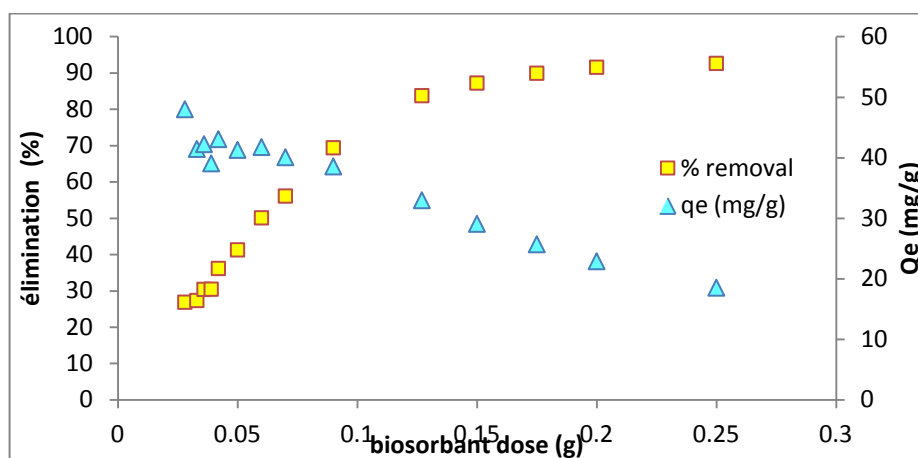


Figure (III.4): Effet de la dose de sorbant

III. 2. 2. Effet concentration initiale du rouge de Congo :

Les expériences d'adsorption ont été effectuées en faisant varier la concentration initiale en rouge de Congo et en maintenant d'autres paramètres constants tels que le pH 3,5, une dose de sorbant de 1 g/l. lorsque la concentration initiale du rouge de Congo augmente de 20 à 80 mg / L respectivement, l'absorption du Rouge de Congo augmente de 5,44 à 18 mg /g, comme le montre la Figure (III -5) L'augmentation de la capacité de biosorption peut s'expliquer par le nombre limité de sites actifs qui deviennent saturés en dépassant une certaine concentration du rouge de Congo [22].

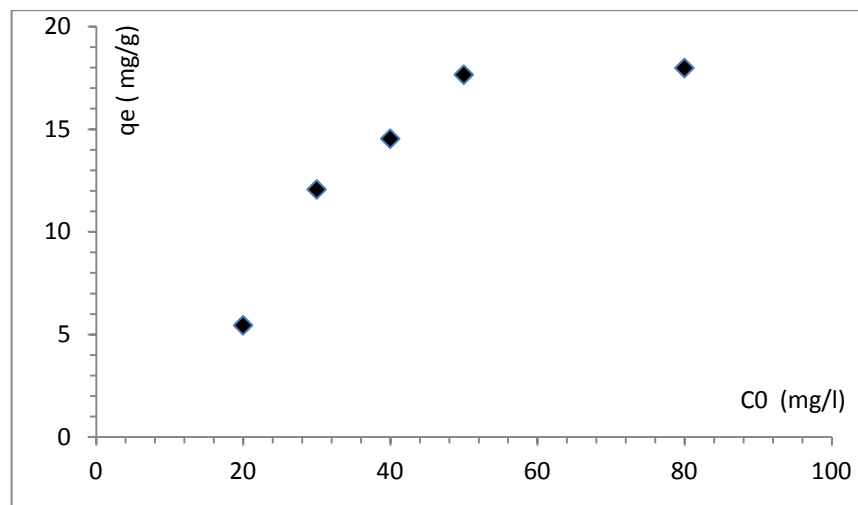


Figure (III .5) : Effet de concentration initiale du rouge de Congo

III. 2. 3. Effet du pH initial sur la biosorption :

La valeur du pH est l'un des paramètres importants affectant la capacité de biosorption pour l'élimination du rouge de Congo dans les solutions aqueuses. Les expériences ont été réalisées dans une gamme de pH allant de 2,5 à 6,5 tout en maintenant une concentration initiale en rouge de Congo égale à 50 mg / l, une dose de sorbant de 1 g/l.

On peut voir sur la figure (III.6) que le pH optimal pour l'élimination de la CR a été observé dans la valeur du pH entre 3 et 4 et La diminution de la sorption du CR en milieu alcalin pourrait être due à la diminution de l'attraction électrostatique et à la compétitivité de la biosorption entre les ions OH⁻ et la molécule de colorant anionique pour les sites de biosorption [23].

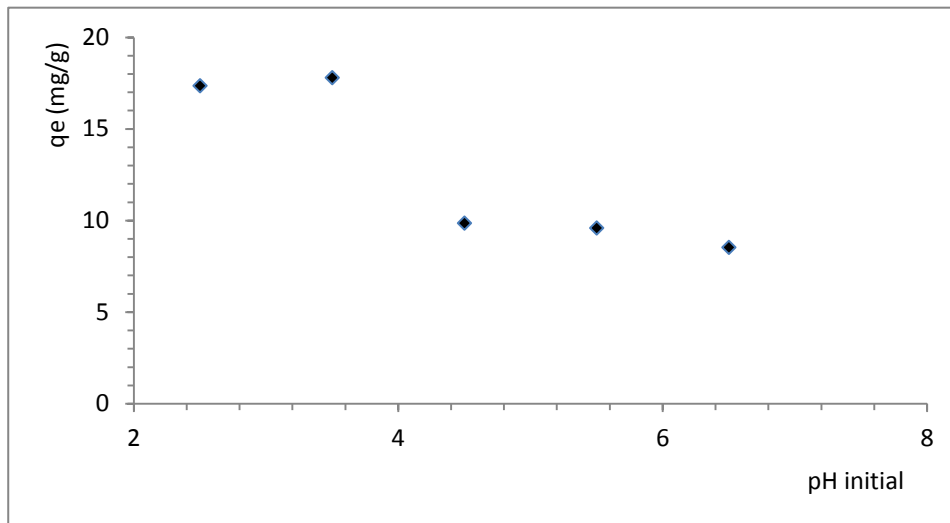
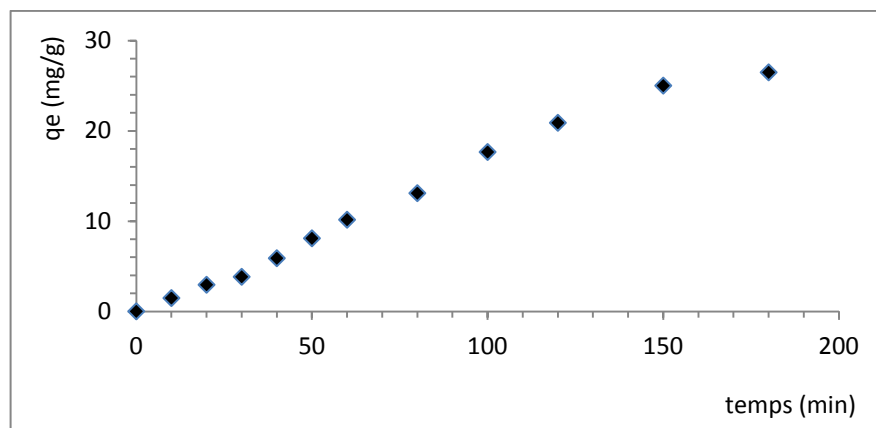


Figure (III.6): Effet du pH initial sur la biosorption

III. 2.4. Etude de l'effet du temps de contact:

La figure (III.7) montre que l'adsorption du rouge de Congo sur *Pleurotus mutilus* augmente avec le temps, lorsque l'équilibre est atteint en environ 150 minutes. Au début du processus, tous les sites actifs étaient disponibles pour absorber les molécules de rouge Congo avec la diminution progressive de ces sites actifs. L'intensification du processus d'adsorption des molécules de rouge Congo a ralenti au de la de 150 minutes.



La figure (III.7): Effet du temps de contact.

III. 3. Étude cinétique:

III. 3. 1. Modèle pseudo-premier ordre:

L'équivalent est donné comme suit:

La courbe $\ln(q_e - q_t)$ en fonction de t , est représentée dans la figure (III.8).

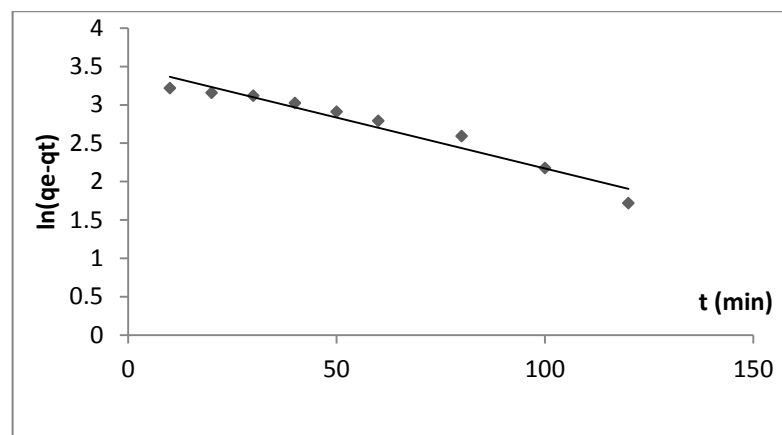


Figure (III.8) : la Courbe selon le modèle pseudo-premier ordre.

Équation de la courbe de la forme $y = ax + b$ et correspondant on trouve:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 = -a \times 2.303 \\ q_e = e^b \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} a = -\frac{K_1}{2.303} \\ b = \ln q_e \end{array} \right.$$

III. 3. 2. Modèle pseudo-second ordre:

L'équation de ce modèle est donnée comme suit:

La courbe $\frac{t}{q_t}$ en fonction du temps t est schématisé sur la figure (III .9).

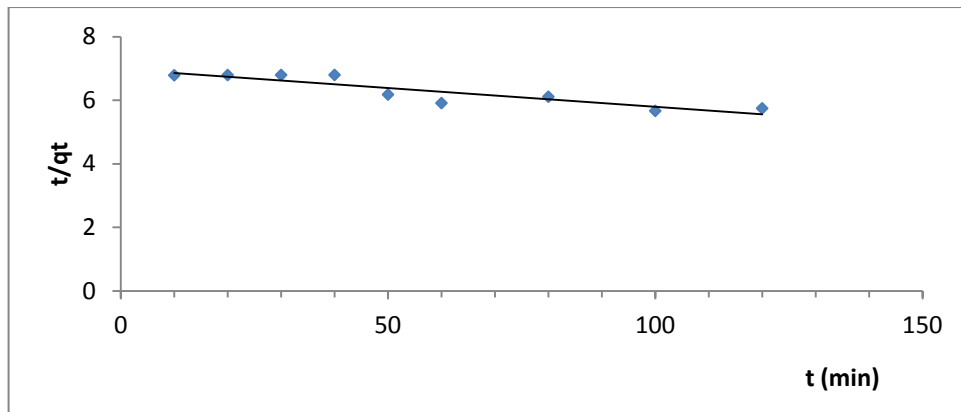


Figure (III.9): la Courbe selon Modèle pseudo- second ordre

Équation de la courbe de la forme $y = ax + b$ et correspondant on trouve:

$$\left[\begin{array}{l} q_e = \frac{1}{a} \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} a = \frac{1}{q_e} \end{array} \right]$$

Tableau (III.2): Modèles cinétiques de l'adsorption du rouge de Congo.

Modèles cinétiques	Facteurs	Les valeurs
pseudo- premier ordre	K_1 (min^{-1})	0.0299
	q_e (mg/g)	33
pseudo-second ordre	K_2 ($\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	10^{-4}
	q_e (mg/g)	100
	R^2	...

III. 3. 3. Modèle de Weber et Morris :

Le modèle de diffusion intra particulaire a également été testé afin de vérifier l'influence possible de la résistance au transfert de masse sur la liaison du colorant CR sur le biosorbant, et de prévoir l'étape limitante qui est un paramètre important du processus de biosorption [24] , Les données cinétiques expérimentales ont été analysées en appliquant le modèle de diffusion intra-particule proposé par Weber et Morris [25] comme suit :

$$q_e = K_i \cdot t^{0.5} \quad (5)$$

k_i : Taux de propagation constant dans la particule ($\text{mg/g} \cdot \text{min}^{0.5}$)

Pour déterminer k_i , nous traçons la courbe q_t en fonction de \sqrt{t} comme le montre la figure (III -10) La pente de chaque partie linéaire représente le mécanisme de diffusion limite; les deux étapes montrent que le processus de biosorption a lieu par sorption de surface et par diffusion intra-particulaire. L'étape linéaire initiale du tracé indique un effet de couche limite, tandis que le second pas linéaire est dû à la diffusion intra-particulaire ou poreuse [25,26]. De plus, le tracé linéaire ne passait pas par l'origine [27]. Par conséquent, la diffusion intra particulaire n'est pas l'étape limitante [28] lorsque l'interception est plus importante, la contribution de la sorption de surface est importante

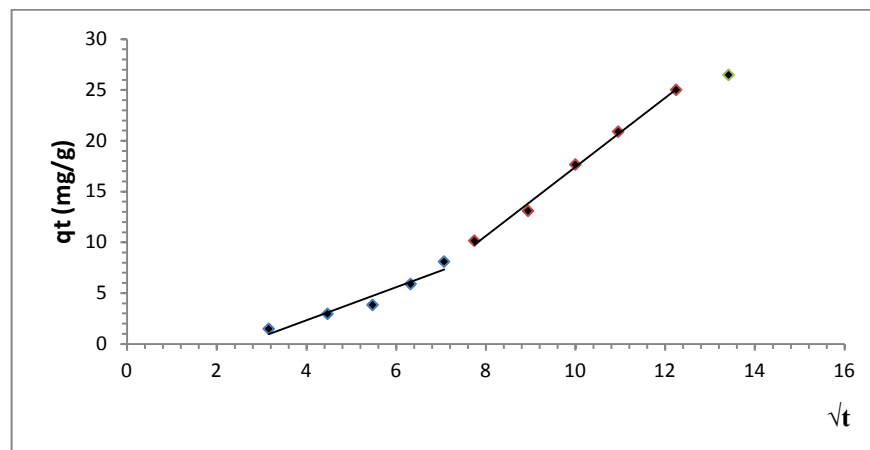


Figure (III. 10): La Courbe selon Modèle Weber et Morris

III. 3.4. Modèle Urano et Tachikawa:

Urano et al ont proposé un autre type de modèle de diffusion intra-particulaire [29]. Le taux d'adsorption était considéré comme indépendant avec la vitesse d'agitation et la diffusion externe négligeable par rapport au faible taux d'adsorption [23]. La cinétique de la biosorption a été modélisée par l'équation suivante:

d_p :Diamètre moyen des particules (m) .

D_i : Coefficient de diffusion moyen dans le solide en (m^2/s)

D_i : a été calculé en traçant

La courbe $-\ln\left[1 - \left(\frac{q_t}{q_e}\right)^2\right]$ en fonction du temps t selon le modèle d'Urano et Tachikawa [35]. Comme le montre la figure (III -11) , la pente de la courbe donne la valeur de D_i égale à $5,06 \cdot 10^{-12} m^2 / s$. La comparaison du coefficient de diffusion D_i dans le solide avec celle des molécules dans l'eau ($10^{-9} m^2 / s$) indique une pauvre diffusion intra-particulaire. Par conséquent, le transfert de masse externe du colorant rouge Congo sur la biomasse *Pleurotus mitulis* a été considéré comme étant l'étape de contrôle de biosorption.

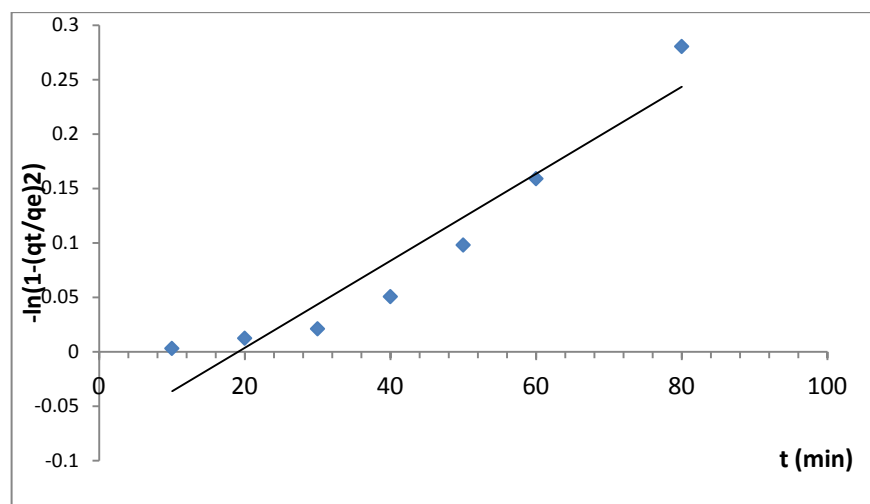


Figure (III.11): La Courbe selon Modèle Urano et Tachikawa

Où l'équation du rectum passe du principe $y = ax$ et en faisant correspondre nous trouvons:

$$a = -\frac{4\pi^2 D_i}{d_p^2} \quad \text{ce qui donne} \quad D_i = \frac{-ad_p^2}{4\pi^2}$$

III. 3. 5. Modèle de Boyd :

Le modèle de Boyd a été appliqué pour identifier si le mécanisme d'adsorption est un film ou une diffusion intra-particulaire due à la double dépendance du taux d'adsorption [26].

L'expression cinétique de ce modèle a été présentée par Aravindhnan et al [30] dans l'équation suivante :

B_t : Diffusion fixe de la membrane liquide .

Où B_t est la constante de diffusion du film liquide, si la courbe du tracé de B_t en fonction du temps t est linéaire sans passer par l'origine, l'adsorption est contrôlée par la diffusion externe, si elle passe par l'origine, le transport intra-particulaire qui contrôle le processus d'adsorption [25, 28, 34,38].

Selon la Figure (3-12), la relation entre B_t et le temps (t) est linéaire mais ne passe pas par l'origine, signifient que la diffusion intra-particulaire est négligeable par rapport au transfert de masse externe,

Le coefficient de propagation effectif de **D_j** est calculé selon l'équation:

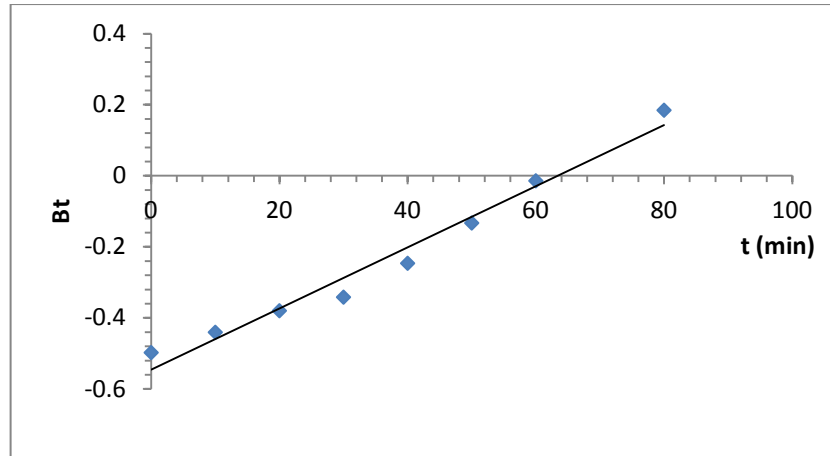


Figure (III.12): La Courbe selon Modèle Boyd

III. 4. Isothermes d'adsorption:

L'adsorption du colorant par la biomasse se caractérise par deux étapes successives:

La première est rapide suivi d'un processus beaucoup plus lent. Les modèles de Langmuir et Freundlich ont été appliqués pour étudier les données à l'équilibre d'adsorption du rouge de Congo sur *Pleurotus mutilus*

Les isothermes d'adsorption à l'équilibre sont fondamentales pour identifier les mécanismes d'absorption du rouge de Congo et l'interaction entre l'adsorbant et l'adsorbat. Des études d'adsorption à l'équilibre ont été réalisées en surveillant la capacité d'absorption du rouge de Congo q_e en fonction de sa concentration résiduelle C_e en solution aqueuse. Les données expérimentales à l'équilibre ont été appliquées à divers modèles d'isothermes tels que: Langmuir, Freundlich, Temkin et Dubinin-Radushkevich.

III. 4. 1. Modèle de Langmuir :

L'élimination du colorant dans ce modèle se produit sur une surface homogène par adsorption en monocouche sans interaction entre l'adsorbat présent simultanément sur les sites adjacents [31]. Ce modèle ne fournit aucune information sur le mécanisme. Il ne donne que la capacité d'adsorption du sorbant [19]. L'équation de ce modèle peut être exprimée comme suit:

$$q_e = \frac{q_m b C_e}{1 + b C_e} \quad (9)$$

Où q_m est la capacité maximale de biosorption (mg / g), et b est la constante d'équilibre (l/ mg), qui représente l'énergie d'adsorption [20], b et q_m peuvent être déterminés en utilisant l'équation. (10) en traçant C_e / q_e vs C_e .

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{C_e}{q_m} \quad (10)$$

Le facteur de distribution R_L défini dans Eq. (11) peuvent décrire les caractéristiques et le type de l'isotherme de Langmuir.

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_0} \quad (11)$$

Où C_0 est la concentration initiale en adsorbat. Une analyse supplémentaire de l'isotherme de Langmuir peut être effectuée en fonction de la valeur R_L . Un processus d'adsorption favorable est dominant pour R_L variant entre 0 et 1. Alors qu'une adsorption défavorable concerne $R_L > 1$, lorsque $R_L = 1$, l'adsorption est linéaire et si $R_L = 0$, elle est irréversible [7].

La figure (III.13), présente l'évolution de la capacité d'absorption à l'équilibre q_e en fonction de la concentration finale en équilibre dans le rouge du Congo, en solution aqueuse. Elle montre que la concentration en rouge du Congo a affecté la capacité de biosorption

Un tracé de C_e / q_e vs C_e donne une droite de pente $1 / q_m$ et ordonnée à l'origine $1/b.q_m$. Les paramètres de Langmuir sont résumés dans le tableau (III.3) .

La valeur élevée de R^2 indique un meilleur ajustement de ce modèle à l'adsorption du rouge Congo par *Pleurotus mutilus*. Pour les données appliquées, le paramètre sans dimension, R_L , se situait entre 0 et 1, ce qui confirme le processus d'adsorption favorable pour l'élimination du rouge de Congo [23].

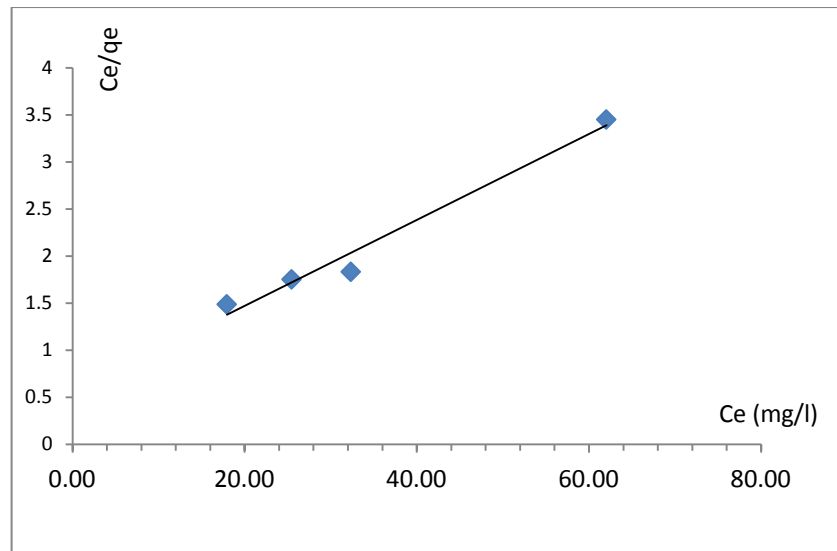


Figure (III.13): La Courbe selon Modèle de Langmuir .

III. 4. 2. Isotherme de Freundlich :

L'isotherme de Freundlich est appliquée sous l'hypothèse d'une surface d'adsorption hétérogène et de sites actifs impliquant différentes énergies. Ce modèle est présenté par Eq. (12):

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (12)$$

Où K_F est la constante de Freundlich liée à la capacité d'absorption, l'exposant de Freundlich $1/n$ représente l'intensité de l'adsorption [43], qui est inférieure pour les surfaces plus hétérogènes.

K_F et n peuvent être obtenus à partir des formes linéaires de Eq. (13) comme suit:

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (13)$$

Les valeurs des constantes de Freundlich sont calculées en traçant $(\ln q_e)$ versus $(\ln C_e)$ et présentées dans le tableau (III -3), on voit clairement que la valeur du coefficient de détermination R^2 pour le modèle de Freundlich est inférieure à celle du modèle de Langmuir.

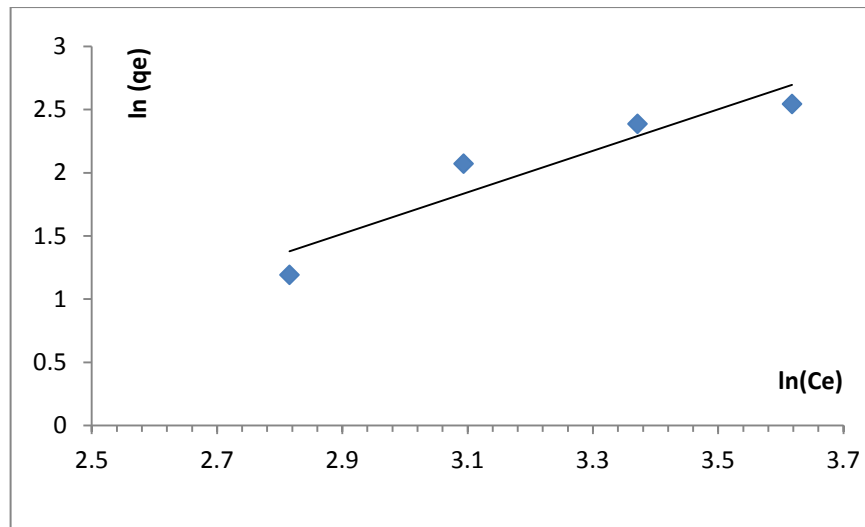


Figure (III.14) : la Courbe selon Modèle de Freundlich.

III. 4. 3. Modèle Dubinin-Radushkevich :

L'isotherme de Dubinin-Radushkevich est analogue au type de Langmuir et plus général car il ne suppose pas un potentiel d'adsorption constant ou une surface homogène. Cette isotherme a été développée en tenant compte de l'effet de la structure poreuse du biosorbant [27], [33]. Cependant, il peut être utilisé pour identifier la nature chimique ou physique du processus de biosorption. Ce modèle est généralement présenté par Eq. (16) comme suit:

$$q_e = q_m \exp^{-\beta \epsilon^2} \quad (16)$$

La forme alinéarisée de l'isotherme Dubinin-Radushkevich a été présentée dans Eq. (17) comme suit:

$$\ln q_e = \ln q_{max} - \beta \epsilon^2 \quad (17)$$

Où β est le coefficient d'activité (mol^2/J^2) lié à l'énergie libre moyenne de biosorption E , et ϵ est le potentiel de Polanyi (J/mol) qui peut être déterminé en utilisant l'équation Eq. (18):

$$\epsilon = RT \ln \left(1 + \frac{1}{C_e} \right) \quad (18)$$

Le tracé de $\ln q_e$ vs ϵ^2 donne une droite, avec une pente égale à $(-\beta)$. L'énergie de sorption libre moyenne par molécule de sorbate nécessaire pour transférer une mole de colorant à la surface de la biomasse à partir de l'infini dans la solution [28]. Ainsi, l'énergie moyenne (E) peut être obtenue en utilisant l'équation. (19):

$$E = \frac{1}{\sqrt{2 \times \beta}} \quad (19)$$

La valeur de l'énergie obtenue E est significative pour prédire le type de processus d'adsorption [33],[34]. Pour le processus de physisorption, la valeur de l'énergie d'adsorption moyenne est comprise entre 1 et 8 kJ / mol. Tandis que, pour l'échange d'ions, il se situe entre 8 et 16 kJ / mol. Enfin, pour le procédé de chimisorption, la valeur est comprise entre 16 et 400 kJ / mol.

Les paramètres de Dubinin-Radushkevich sont présentés dans le tableau (3-3), ils confirment la biosorption physique du rouge du congo sur la biomasse de *Pleurotus mutilis*.

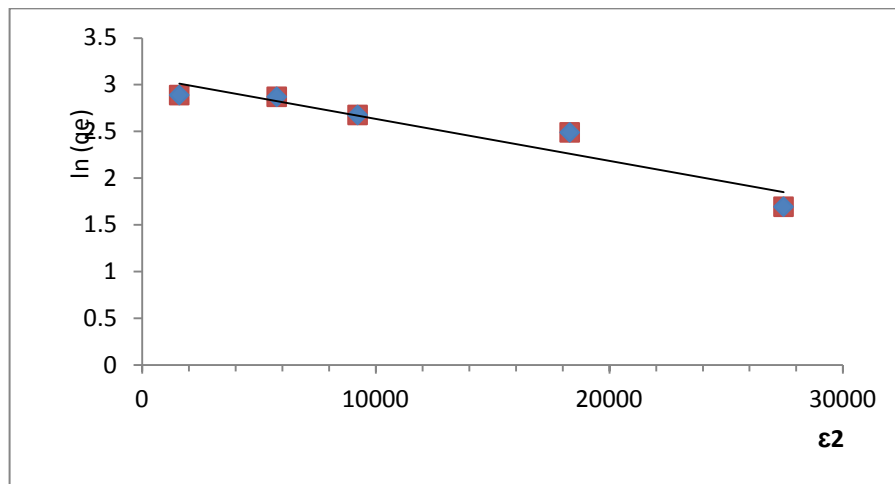


Figure (III.16): la Courbe selon Modèle de Dubinin-Radushkevich

Tableau (III .3): Les isothermes de biosorption du rouge de Congo sur *Pleurotus mutilis*

Isotherme	paramètre	Valeur
Langmuir	q_m (mg/g)	23.25
	b (L/mg)	1.13
	R^2	0.964
Freundlich	R_L	0.0087
	n	1.32
	K_f	1.29
	R^2	0.888
Dubinin-Radushkevich	q_{max} (mg/g)	32.29
	β (mol^2/J^2)	3.10^{-5}
	E (KJ/mol)	0.129
	R^2	0.978

Introduction générale

Pendant de nombreuses années, la contamination des sources d'eau par des colorants synthétiques par de nombreuses industries est devenue un problème environnemental majeur. Eaux usées contenant des colorants rejetées par plusieurs activités industrielles, car ces colorants toxiques, organiques ou synthétiques peuvent affecter la vie des plantes et donc détruire les écosystèmes naturels [1].

Récemment, plusieurs études ont mis en évidence la toxicité des colorants et des eaux usées [3]. Par conséquent, l'élimination des colorants de ces eaux usées est un problème environnemental important et l'élimination complète des colorants est nécessaire car les colorants sont visibles même à faible concentration [5]. Les méthodes utilisées pour éliminer les colorants comprennent les procédés chimiques, physiques et biologiques [6].

La biodégradation conventionnelle est inefficace pour éliminer complètement de nombreux colorants réactifs en raison de structures aromatiques complexes dans la structure moléculaire des colorants [9]. Actuellement, la biosorption est considérée comme l'une des technologies les plus populaires en termes de fonctionnement et de coût [10-14]. Les biomatériaux peu coûteux et efficaces utilisés pour l'élimination des colorants des eaux usées présentent un grand intérêt pour de nombreux programmes de recherche sur l'environnement [15,16]. Des études antérieures sur les biosorbants se sont concentrées principalement sur les microorganismes inactivés qui ne sont pas affectés par la toxicité des colorants [17]. De plus, la biomasse morte présente plusieurs avantages par rapport à la biomasse vivante, car il n'est pas nécessaire de fournir des nutriments [19].

L'objectif global de ce travail est d'étudier l'élimination du colorant rouge de Congo à partir de solutions aqueuses en utilisant la biomasse de *Pleurotus mutilus* dans un réacteur cuvé. A cette fin, on a étudié l'influence de la dose de sorbant, le pH, la concentration initiale de colorant et le temps de contact sur la biosorption du rouge de Congo à partir d'une solution aqueuse. Les cinétiques de biosorption ont été évaluées à l'aide de modèles de pseudo-premier ordre, de pseudo-second ordre et de diffusion intraparticulaire. Des modèles d'isotherme d'équilibre et de cinétique ont été appliqués pour déterminer la capacité d'adsorption, le taux d'adsorption et l'étape de contrôle de la biosorption du rouge de Congo.

Ce travail comporte deux parties principales ;

Une partie bibliographique est composée essentiellement de deux chapitres :

- Le premier chapitre traite divers types de polluants organiques, et de leurs effets néfastes sur l'environnement et aussi le procédé de traitement.
- Le deuxième chapitre consacré au phénomène de biodégradation et la biosorption

Une partie expérimentale est composée de deux chapitres :

- La première comporte le matériel utilisé ainsi que les méthodes suivies ;
- Le deuxième chapitre englobe les résultats et discussions ;

Enfin, nous terminons notre étude par une conclusion générale et perspectives

I.1. Introduction:

Les colorants sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que les teintures du textile, du papier, du cuire dans les industries alimentaires et cosmétiques. Les colorants ont la réputation d'être des substances toxiques et persistantes dans l'environnement,

I.2. Contexte historique:

L'humanité a utilisé les colorants depuis des milliers d'années, de 180000 ans jusqu'à présent l'humain primitif a utilisé l'oxyde de fer qui a été extrait des rives de la rivière pour tacher les cadavres avant l'enterrement, mais la première utilisation de pigments organiques a été beaucoup plus tard (il y a 4000 ans) où ils ont trouvés La teinture bleue du Nil couvre les momies dans les tombeaux égyptiens.

A la fin du XIXe siècle, la plante été considéré comme la source principale de pigments naturels, et en 1856 été la première découverte de colorant industriel Almovyin (mauvéine) par Perkin (Perkin), puis les colorants sont devenus largement diffusés [8].

I.3. Définition du colorant:

Le colorant est un composé chimique capable de colorer en permanence, composé de deux groupes principaux:

I.3.1. Chromophore:

Un groupe fonctionnel responsable de la couleur, généralement un groupe d'accepteurs d'électrons.

I.3.2. Auxochrome:

Détermine l'intensité de la couleur, travaille sur son fixation et c'est un groupe de donneurs d'électrons [9].

Tableau (I.1): Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
-Azo (-N=N-)	-Amino (-NH ₂)
-Nitroso (-NO ou -N-OH)	-Méthylamino (-NHCH ₃)
-Carbonyl (=C=O)	-Diméthylamino (-N(CH ₃) ₂)
-Vinyl (-C=C-)	-Hydroxyl (-HO)
-Nitro (-NO ₂ ou =NO-OH)	-Alkoxy (-OR)
-Sulphure (>C=S)	-Groupes donneurs d'électrons

I.4. Généralité sur les colorante:

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophore. La relation entre la longueur d'onde et la couleur transmise est donnée dans le Tableau 1.

Tableau (I -2):Relation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise

λ longueur d'onde absorbée (Å)	Couleur observé (transmise)
-4000 (violet)	-Jaune verdâtre
-4250 (bleu nuit)	-Jaune
-4500 (bleu)	-Orange
-4900 (bleu vert)	-Rouge
-5100 (vert)	-Pourpre
-5300(jaune vert)	-Violet
-5500 (jaune)	-bleu nuit
-5900 (orange)	-bleu

I.5. Classification des colorants:

Les colorants ont plusieurs classifications dont les plus importantes sont:

I.5.1 Classification par source:

Les colorants en termes de source sont divisés en pigments naturels et industriels :

I.5.1.1 colorants naturels:

Répandus, en particulier dans les plantes (bois, racines, graines, fleurs et fruits), ainsi que dans des micro-organismes et les corps des animaux, il y a libre ou liée au Glucide ou des protéines, par exemple: écarlate, indigo, violet et en raison de leur coût élevé, ils ne sont pas utilisés seulement Dans les produits alimentaires, les cosmétiques et les médicaments [10].

I .5.1.2 Colorants industriels (synthétique):

Aujourd'hui, les colorants industriels ont dominé le marché, la production mondiale atteignant environ un million de tonnes par an, dont 50% sont utilisés dans l'industrie textile.

Les colorants industriels ont des marques qui spécifient le degré de couleur et la méthode d'application, mais ne donnent pour préserver le secret de la formule.

Les marques des colorants connus sont placées dans une liste de référence de l'Organisation internationale des peintures, [11].

I .5.2 Classification par structure chimique :

Les colorants azotés, l'antraquinone, le nilani, les phtalocyanates sont les types de colorants les plus courants et d'autres variétés telles que le diphenylméthane, le trifényl méthane, le sulfate sulfurique, sont moins utilisés.

I .5.2.1 Azoïques:

Représentant environ 60-70% du total des colorants commerciaux, Il comporte un ou plusieurs groupes Azo (N-N), reliant deux groupes fonctionnels R et R « (Figure I -1), peut changer de couleur et de densité en changeant le groupe assistant de couleur (auxochrome)

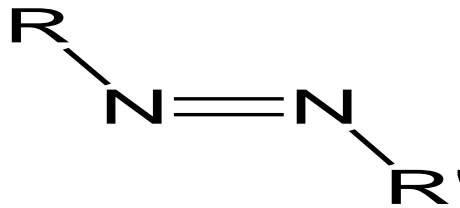


Figure (I.1): Structure générale des colorants azoïques

Les composés azoïques sont largement utilisés dans les laboratoires du textile, de l'imprimerie, du papier, tannerie, des produits pharmaceutiques, de l'alimentation et de la recherche. [12].

I.5.2.2. Pigments anthraquinoniques :

Représentant 15% des colorants utilisés dans la fabrication de fibres de polyester et de triosyl cellulose. Sur le plan commercial, il est plus important d'avoir plusieurs isotopes, tous les pigments rouges naturels étant des colorants à l'antraquinone.

Les pigments anthraquinoniques sont à base du composé 9,10-antraquinone (figure I -2) et incolores

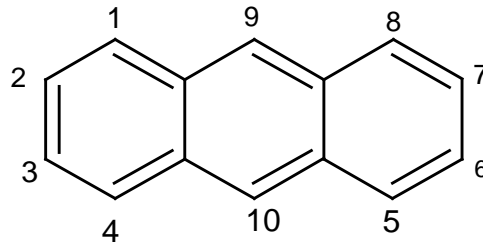


Figure (I.2): La structure chimique de la molécule anthraquinone

I.5.2.3. Colorants indigoïdes :

Il est dérivé de la formule du Nil (Fig. I-3) et est utilisé comme colorant dans l'industrie textile, dans les additifs alimentaires et dans le diagnostic médical.

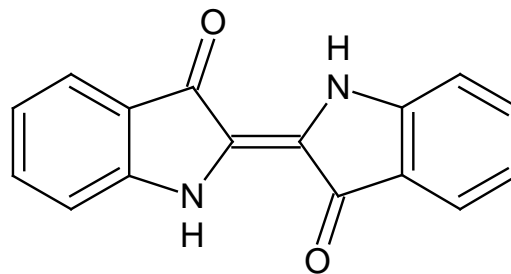


Figure (I-3): la structure chimique de l'indigoïde

I.5.2.4. Pigments à base de phtalocyanine :

Découvert en 1928, ce type de colorants a une structure complexe (noyau phtalocyanine) centré d'une atome de métal (Figure I -4), ce terme (phtalocyanine) a été utiliser la première fois par R.P.Linstead en 1933 pour décrire une classe de pigments organiques allant du bleu rougeâtre à vert jaunâtre, et En 1930-1940, la structure chimique de la phtalosianine et de ses complexes minéraux a été développée [13].

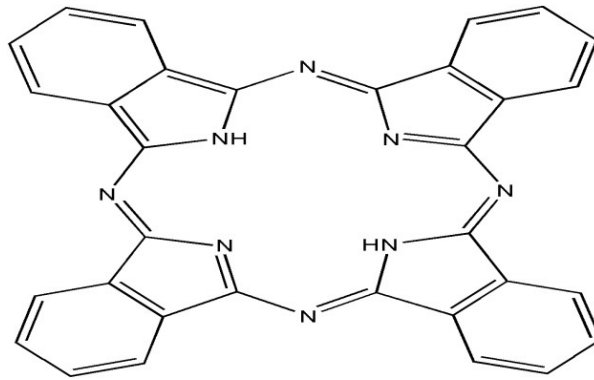


Figure (I .4): Formule générale des colorants à base de phtalocyanine

I.5.3 Classification par domaine d'application:

Les industries préfèrent la classification par domaine d'application et s'intéressent à la solubilité dans le bain de teinture, à son attraction pour les différentes fibres et à la nature de la fixation, variable selon le type de liant (colorant / fibre).), Il peut être ionique, hydrogène, Van der Waals [12].

Les colorants sont répartis en fonction du groupe d'assistants de couleurs dans les sections suivantes:

I.5.3.1. Colorants acides (anioniques) :

Ces colorants se caractérisent par le fait que l'auxochrome a la capacité de se lier aux électrolytes négatifs, ils sont utilisés pour teindre les fibres animales (laine et soie), le nylon et l'acrylique modifié dans un bain acide faible, sur papier, cuir, impression, et les cosmétiques.

I.5.3.2. Colorants cationiques :

Les colorants basiques ou cationiques sont des sels aminés organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau, Des liaisons sont établies entre les sites cationiques pour les colorants et les sites ioniques pour les fibres, appliqués au papier, au nylon modifié, au polyester modifié et utilisés pour la teinture des fibres acryliques, de la laine et de la soie.

I.5.3.3. Colorants de réservoir (Tank) :

Appelé à la méthode historique pour la teinture qui est faite dans les grands bassins où ils sont convertis en composés dissous dans l'eau incolore, où les fibres sont teintées, et ces composés sont ensuite oxydés dans les fibres pour retrouver leur couleur. Il résiste bien aux facteurs de décomposition et est utilisé dans la fabrication de Jeans [14].

I.5.3.4 Les colorants interactifs (réargentés) :

Il a été introduit commercialement en 1956. Il contient des groupes colorés provenant principalement des familles azotées (phtalocyanine, anthraquinone), qui forment une liaison covalente forte avec les fibres, généralement le coton, la laine ou le nylon.

I.5.3.5 Colorants directs :

Anionique, soluble dans l'eau, a une forte affinité pour les fibres de cellulose, principalement pour la teinture du coton, la régénération de la cellulose, le papier, le cuir et peu utiliser sur le nylon et la capacité à générer des charges électrostatiques positives ou négatives.

I.5.3.6. Colorants dispersées:

La faible solubilité dans l'eau augmente sa capacité à teindre des fibres à haute hydrologie, principalement utilisées sur le polyester et peu utilisés sur le nylon, la cellulose, l'acétate de cellulose et les fibres acryliques [12].

I.6. L'utilisation des colorants:

La fabrication de colorants est un marché économique important car la plupart des produits industriels sont colorés :

Textiles 60%

Papier 10%

Plastiques 10%

Fourrure 3%

Autres produites (cosmétique) 17%

I.7. Effets des colorants sur l'environnement:

I.7.1 Effets évidents :

Les colorants textiles peuvent provoquer plusieurs maladies telles que: cancers, maladies respiratoires, allergies oculaires, dermatites et irritations, irritation des muqueuses et ils réfléchissent les rayons du soleil et empêchent leur pénétration dans l'eau où nous les observons chez les travailleurs de l'industrie textile.

L'accumulation de matière organique dans les cours d'eau entraîne un mauvais goût, une prolifération bactérienne, des odeurs désagréables et une coloration anormale, car de très petites quantités de colorants peuvent être observées à l'œil nu (moins de 1 ppm).

I.7.2 Impacts à long terme :

Les colorants organiques sont impossibles à décomposer biologiquement la nature, et cette

persistance est due à leur structure chimique:

- Les cycles aromatiques sont plus persistants que les alcanes. Les composés saturés sont plus persistants que non saturés.
- La persistance des cycles aromatiques augmente avec le nombre croissant de remplacements.
- Les remplacements d'halogènes augmentent la persistance des colorants plus que les groupes alkyle. [15]

I.8. Cas du rouge de Congo (Congo red):

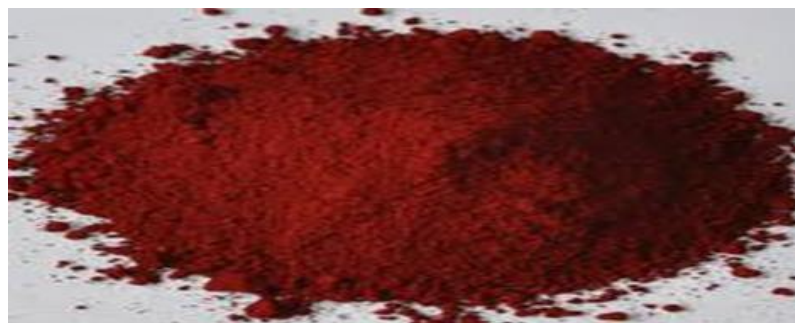


Figure (1.5): Colorant rouge de Congo en poudre

I.8.1. Date de découverte:

Le Congo Rouge a été découvert en 1883 par Paul Böttiger en faveur de la société allemande Bayer. Là où il était à la recherche de colorants textiles, la société n'était pas intéressée par cette couleur rouge vif et ses droits ont été vendus à AGFA, qui a commercialisé le produit sous le nom de Red Congo ou Red Congo et a connu un grand succès.

I.8.2. Définition du rouge de Congo:

Le rouge du Congo est un colorant qui appartient à la famille des colorants azoïques, comme le méthyl rouge et le méthyl orange, et est utilisé comme indicateur de pH.

Le rouge du Congo est un composé chimique de formule $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ dissous dans l'eau, formant une solution chromosomique de couleur rouge, mais il est préférable de le dissoudre dans l'éthanol [20].

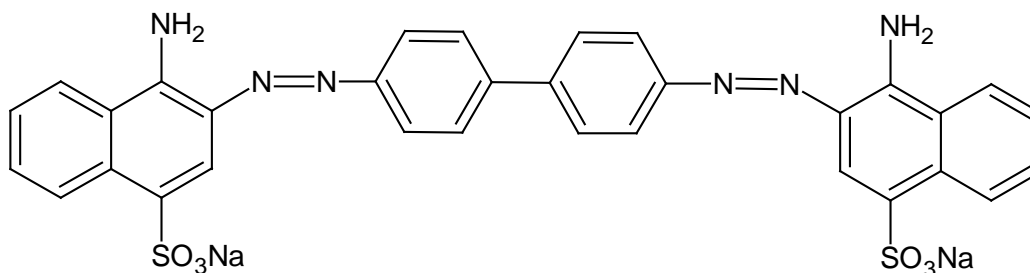


Figure (I.6): La structure chimique du rouge de Congo.

I.8.3. Propriétés physiques et chimiques du rouge de Congo:

Le tableau suivant illustre les propriétés chimiques et physiques du rouge de Congo

Tableau (I.3): Propriétés physiques et chimiques du rouge de Congo

Nom selon L' IUPAC	3,3'-([1,1'-biphenyl]-4,4'-diyl)bis(4-Amino naphthalene-1-sulfonic acid
Structure chimique	C ₃₂ H ₂₂ N ₆ Na ₂ O ₆ S ₂
N° CAS	1573-58-0
Masse molaire	696.665 g/mol
Apparence	Poudre rouge foncé
Solubilité	3.3 g/100 ml l'eau
La solubilité dans d'autres solvants	Très soluble dans l'alcool la dissolution à peine dans l'acétone ne se dissout pratiquement pas dans l'éther
P fusion	360 C°
Pression d'ébullition	760 mm Hg
pKa	4

Les données ci-dessus sont mesurées dans des conditions de pression et de chaleur standard, ainsi que dans les exigences réglementaires et de code conformément au SI.

I.8.4 .L'utilisation du rouge de Congo :

I.8.4.1. Utilisations médicales :

Le colorant rouge du Congo est utilisé dans les domaines de l'histologie et de la biochimie pour la teinture d'échantillons microscopiques. Le multiplicateur vert est la couleur produite par la protéine d'amidon, et due a son association avec ce colorant, qui aide à diagnostiquer les maladies amyloïdes. En outre, il est utile pour détecter et diagnostiquer les maladies des parasites et des micro-organismes, en raison de l'association du lipo-polysaccharide ou du LPS avec la paroi externe de la bactérie.

I.8.4.2. Utilisations en teinture:

Le rouge de Congo est le premier pigment direct développé en 1884, et a été nommé pigment direct pour être le premier pigment disponible pour la coloration de la cellulose directement sans utilisation de la chromatographie.

II. 1. Méthodes de traitement des colorants:

Dans certaines industries (boissons, pétrolières, textile, pâte à papier), les effluents industriels contenant des composés toxiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, chlorophénols, etc.) peuvent être décontaminés par des méthodes physico-chimiques ou biologiques.

II.1.1. Méthodes biologiques de traitement:

Ces méthodes sont:

II.1.1.1 Aérobie: se produit en présence d'oxygène.

II.1.1.2 Anaérobie: dans ce cas, les micro-organismes analysent la substance organique en l'absence d'oxygène.

Les méthodes de traitement biologique traditionnelles sont difficiles et n'ont aucun effet sur la plupart des colorants industriels en raison de leur structure complexe à plusieurs cycles et de leur résistance au traitement [17]

II.1.2. Méthodes physico-chimiques de traitement :

II.1.2.1 Coagulation-Floculation:

Nous entendons par coagulation-bloc tous les processus de physico-chimique qui convertissent des particules colloïdales ou de fines particules en suspension par des facteurs de la coagulation (tels que le sulfate d'aluminium, sulfate de fer, le chlorure de calcium) à des particules espacées visibles les uns des autres (flocs), qui sont Séparé plus tard par sédimentation et filtration.

II.1.2.2 Échange d'ions :

Cette méthode n'est pas largement utilisée pour traiter les déchets liquides contenant des colorants, car cela n'est pas valable pour une large gamme d'entre eux.

Dans cette méthode, les eaux usées sont transférées sur la résine jusqu'à saturation des sites d'échange disponibles et élimination de tous les colorants cationiques et anioniques, le principal problème restant le coût des solvants organiques utilisés.

II.1.3 Méthodes chimiques de traitement:

II.1.3.1 Oxydation classique:

Un oxydant fort, généralement H_2O_2 , est utilisé en présence ou en l'absence du catalyseur.

II.1.3.2 Oxydation avancée (POA) :

Méthodes chimiques, photochimiques et électrochimiques qui ont prospéré pendant trois décennies [15].

II.1.4 Méthodes physiques de traitement:

II.1.4.1 Méthode de filtration sur membrane:

Dans cette méthode, les pigments sont retenus après le passage à travers d'une membrane semi-perméable avec un rayon de pores inférieur au rayon des molécules à éliminer.

La nano-filtration et l'osmose inverse sont les plus appropriées pour éliminer les colorants et les molécules organiques, mais l'osmose inverse reste la plus courante.

Cette méthode reste limitée car elle nécessite des fonds substantiels et le retraitement est plus coûteux que le traitement de la solution liquide originale environ six fois plus.

II.1.4.2 Adsorption:

L'adsorption est un moyen d'éliminer les colorants organiques et les métaux lourds en les déplaçant de la phase liquide vers la phase solide. Le charbon actif est l'adsorbant le plus commun et doit être développé. Le problème de cette adsorption qu'elle n'est pas valable avec tous les types de colorants, il ne fonctionne qu'avec: les colorants cationiques, les colorants à mordant, les colorants pigmentaires, les colorants interactifs [15].

II. 2. Généralité sur les biosorbants :

II.2.1. Introduction:

La biosorption est un procédé important de traitement de différents types de déchet liquide à faible concentration parmi ces déchets on cite les métaux et les produits organiques.

Pour appliquer ce processus, des substances telles que les bactéries, les algues et les champignons ont été caractérisés par des propriétés distinctives vis à vis du fer (s) le plomb, le chrome, le zinc, le cuivre, le nickel et les composants organiques) à savoir les colorants où l'échange d'ions dans la solution aqueuse ait lieu

II. 2.2. La source principale et caractéristique des biosorbants:

La plupart des cellules vivantes ou mortes peuvent être utilisées comme propriétés vitales pour une structure de mécanisme spéciale capable de s'adapter aux phénomènes de bio-adsorption.

Parmi les caractéristiques de ces matériaux :

-Structure microscopique.

-Pores de très petit diamètre.

-bioaccumulation de contaminants.

- Ces fonctionnalités :

-sont récupérables gratuitement à partir de déchets industriels.

-Disponible dans la nature en grande quantité.

-sa croissance est rapide.

-Extrait d'autres organismes microscopiques.

- Un grand nombre de biomatériaux sont spécifiquement utilisés pour le traitement des eaux usées [18].

II. 2.3. Type de biosorbant :

II.2.3.1. Les champignons :

La biologie est généralement divisée en deux parties: la botanique et la science animal, mais les biologistes ont tendance à le diviser en quatre parties: les animaux, les plantes, les champignons et les bactéries de toutes sortes.

Le champignon se distingue des plantes principalement par l'absence de matière verte, ce qui le rend incapable de produire sa propre nourriture à partir de l'eau et du dioxyde de carbone. Bien qu'il y ait une paroi cellulaire entourant le protoplasme. La principale raison de son développement dans le monde botaniste était la conviction qu'elle provenait d'algues, ce que ne sont pas en accord avec les scientifiques actuellement.

II. 2.3.2. Définition des champignons:

Sont des organismes vivants ou mortes que la plupart microscopiques d'une grande importance notamment en termes de sa structure et des composants de la paroi cellulaire, qui a une grande affinité pour les métaux lourds et les éléments radioactifs, y compris le *pleurotus mutilus* mort.

La biomasse morte utilisé dans notre étude du type *pleurotus mutilus* est un type de champignon comestible *Pleurotus*, Il a été fourni par le complexe antibiotique SAIDAL de Médéa (Algérie), qui est utilisé comme un antibiotique naturel pour le traitement des animaux.

La pleuromutiline est l'essence de l'ingrédient, un cristallin blanc qui a un effet positif contre les bactéries de type Gram positif (Gr+).

Cet antibiotique est considéré comme l'un des antibiotiques les plus rares et les plus faciles à utiliser chez les animaux, découvert par Kavanagh en 1951.

II. 2.3.3. Morphologie de *Pleurotus mutilus*:

Certaines des spécifications de la biomasse morte des cristaux sont les suivantes [19]:

- Il a un chapeau creux dont l'épaisseur est comprise entre 0,5 et 3 cm, sa surface est parfois convexe et incurvée.

- Il présente une pointe très ondulée ou légèrement craquelée, humide, blanc.

- La surface de la direction est un peu grinçante.

- Il a une racine centrale ou latérale.

- La racine est faible et très pelucheuse, sans odeur.

II. 2.3.4 Bactérie :

Les bactéries sont les microorganismes les plus connus qui possèdent un système métabolique capable de croître et de se diviser en fonction des nutriments.

Par exemple: Gram + (Gram positif) a une capacité d'absorption élevée car sa paroi contient un peptidoglycane stocké à haute densité responsable de l'absorption de métal.

[20]

II. 2.4. Types de biosorption :

Suivant l'importance des énergies mises en jeu entre l'adsorbant et l'adsorbat, Les forces responsables du phénomène de la biosorption peuvent être de nature physique ou chimique, conduisant ainsi à deux types de la biosorption: la biosorption physique "physisorption" et la biosorption chimique "chimisorption".

II. 2.4.1. Biosorption physique :

La biosorption physique ou physisorption met en jeu de très faibles interaction entre entités moléculaire comme les forces d'attraction de Van der waals et des forces dues aux interaction électrostatiques de polarisation, Elle est réversible et peu spécifique. La biosorption physique rapide est généralement limitée par les phénomènes de diffusion.

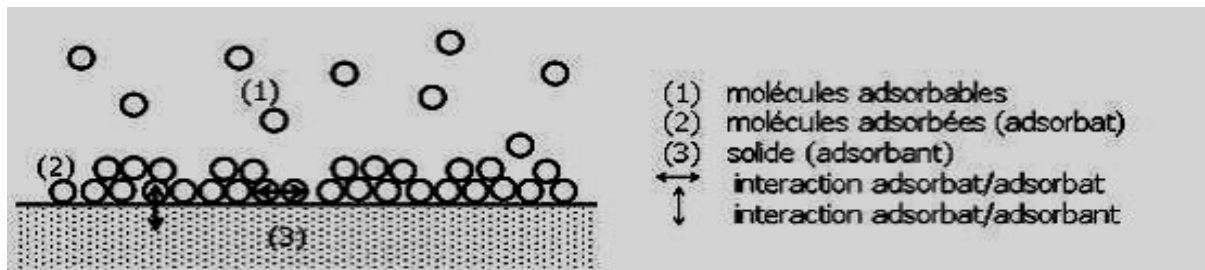


Figure (II.1): La biosorption physique

II. 2.4.2. Biosorption chimique :

La biosorption chimique dite chimisorption est un phénomène irréversible due à une liaison chimique forte de type covalente entre les atomes superficiels du solide et les molécules adsorbées, ce type de biosorption met en jeu des énergies d'attractions élevées, qui conduisent à des chaleurs de biosorption élevées, approchant souvent aux énergies de liaisons chimiques covalentes de L'ordre de 8 à 20 Kcal/mol.

Le tableau suivant présente les différences entre les deux types de la biosorption.

Tableau (II. 1): Principales Différences entre la biosorption physique et la biosorption chimique.

Propriétés	Biosorption physique	Biosorption chimique
Température du processus	Relativement basse	Plus élevé
Chaleur de la biosorption	5Kcal/mol environ -	10Kcal/mol environ
Liaison	Physique: Vander waals	Chimique
Cinétique	Réversible	Irréversible
Spécificité	Processus non spécifique	Processus très spécifique
Désorption	Facile	Difficile
Couche formée	Mono ou multicouches	Uniquement monocouches

II. 2.5. Cinétique de la biosorption :

La cinétique de la biosorption est définie par l'évolution de la quantité adsorbée en fonction du temps de contact adsorbant/adsorbat. La vitesse de la biosorption d'un soluté à partir d'une solution dépend de nombreux facteurs, notamment la nature de l'adsorbant, l'adsorbat, ainsi que de la vitesse d'agitation du milieu. Elles ont montré que la biosorption des adsorbats est relativement rapide sur un solide non poreux. L'équilibre est atteint en quelques minutes. Cependant, la biosorption est beaucoup plus lente sur un solide poreux.

II. 2.6. Facteurs influençant à l'équilibre de la biosorption :

Le phénomène de la biosorption liquide-solide s'effectue selon un partage du soluté entre l'adsorbant et la solution, et dépend donc des caractéristiques des trois composantes du système (adsorbat, adsorbant, solution), dans lequel le solvant (l'eau en général) et le soluté entrent en compétition. Les conditions opératoires (PH, la température, nature de l'adsorbant, influence de l'adsorbat) sont les facteurs majeurs qui influencent et gouvernent le phénomène de la biosorption.

II. 2.7. Description du mécanisme de la biosorption :

La biosorption se produit principalement en trois étapes :

a- Transfert de masse externe (diffusion externe) qui correspond au transfert du soluté (molécules de la phase liquide) du sein de la solution à la surface externe des particules.

b- Transfert de masse interne dans les pores (diffusion interne) qui a lieu dans le fluide remplissant les pores ; les molécules se propagent de la surface des grains vers leur centre à travers les pores.

c- Diffusion de surface pour certains adsorbants, il peut exister également une contribution de la diffusion des molécules adsorbées le long des surfaces des pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant [21].

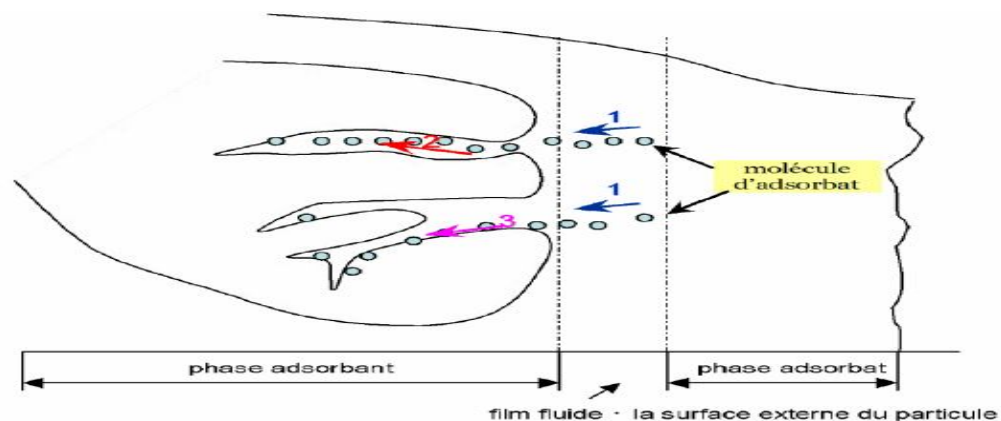


Figure (II.2): Mécanisme du transport d'un adsorbant au sein d'un grain du solide

1-diffusion externe 2-diffusion interne (dans les pores) 3-migration en surface.

II. 2.8. La dégradation pour le traitement des eaux :

Les procédés d'épuration par voie biologique sont communément utilisés pour le traitement des eaux résiduaires urbaines [16]. Ces procédés ne sont pas toujours applicables sur les effluents industriels en raison de la toxicité, de la très faible biodégradabilité et des fortes concentrations de polluants.

II. 2.8.1. Biodégradation du rouge de Congo:

Pour cela plusieurs procédés de dégradation peuvent être utilisés, on cite :

Par épuration biologique des eaux, on entend la décomposition des colorants organiques dans l'eau par les microorganismes, on trouve deux types de traitement:

Traitement aérobie: en présence d'air ou d'oxygène dissout dans les eaux usées, les bactéries dégradent les colorants tels que le rouge de Congo.

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, de l'eau, de l'azote, du soufre

Conclusion

Pour la biosorption du rouge Congo sur la biomasse *Pleurotus mutilus* dans un réacteur cuvé et en solution aqueuse. L'étude de l'équilibre et la cinétique ont été présentées pour éclaircir le mécanisme de biosorption.

Le pH initial du milieu a affecté de manière significative la capacité de sorption du sorbant et la valeur optimale s'est avérée être de 3,5 et la quantité de sorbant est estimée de 1g/l.

Etudes cinétiques sur la sorption du rouge Congo sur *Pleurotus mutilus* a révélé qu'un modèle de pseudo-premier ordre montrait le meilleur ajustement aux données expérimentales et que la diffusion du film est l'étape limitante du processus de biosorption selon le modèle de Langmuir .

L'étude de l'équilibre a montré que les données expérimentales sont bien représentées par le modèle Radushkevich que l'adsorption est de type physique

En perspective on suggère de faire une étude sur des effluents des rejets industriels

