



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : **Djemoui Elammaria**

Khantar Samia

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génies des Procédés des Matériaux

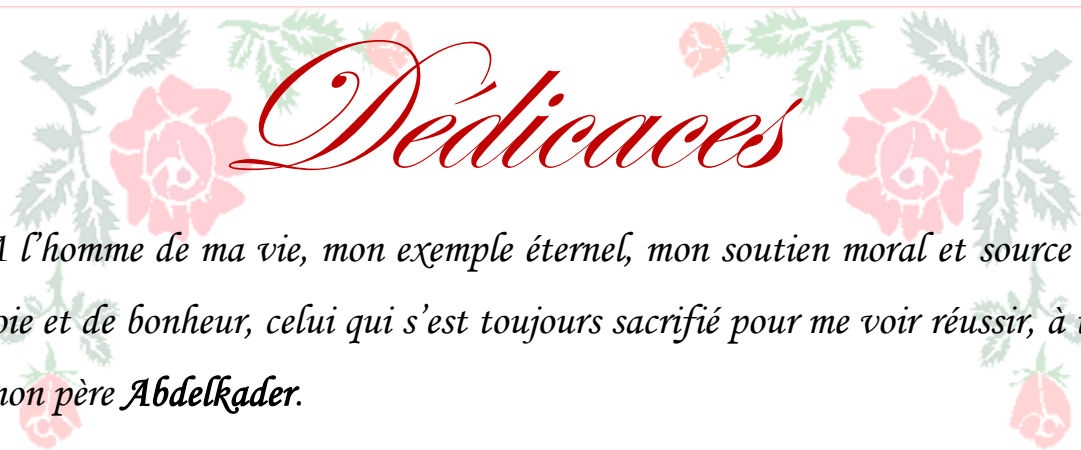
Thème

**Contribution à l'étude de l'adsorption d'un
polluant par biomatériau local**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Pr. BENALIA Mokhtar	Professeur	Président
Pr. DJEDID Mebrouk	Professeur	Examineur
Dr. BOUDAUD Asma	MCA	Rapportrice
M ^{me} GUERMIT Mounira	MAA	Co-rapportrice

Promotion : JUIN 2022



Dedicaces

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père **Abdelkader**.*

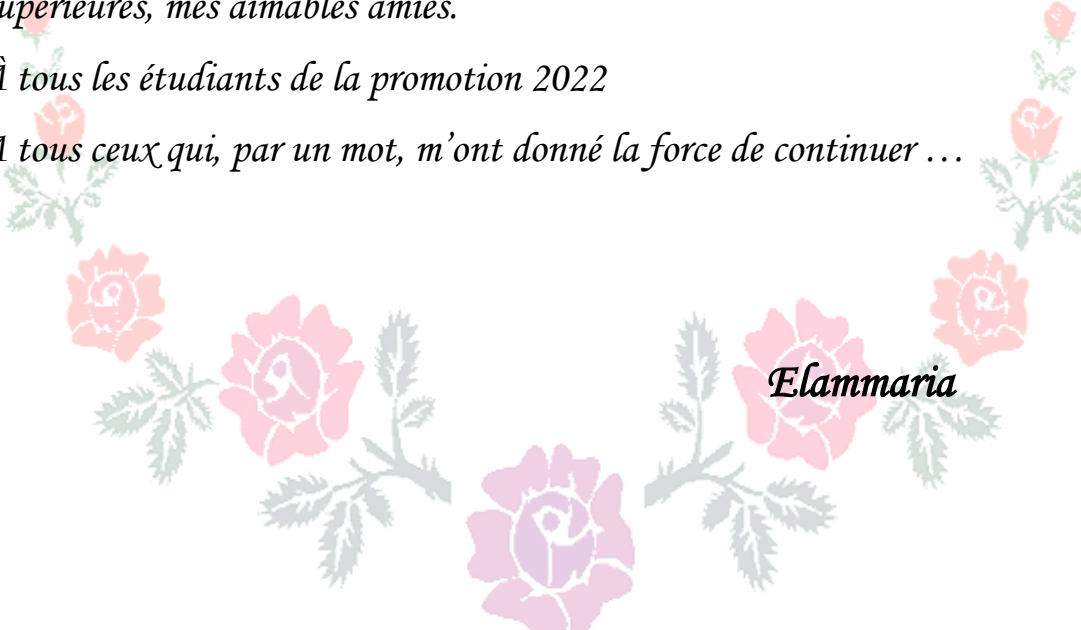
*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma mère **Zohra** j'adore.*

A mes frères, qui dieu les protège.

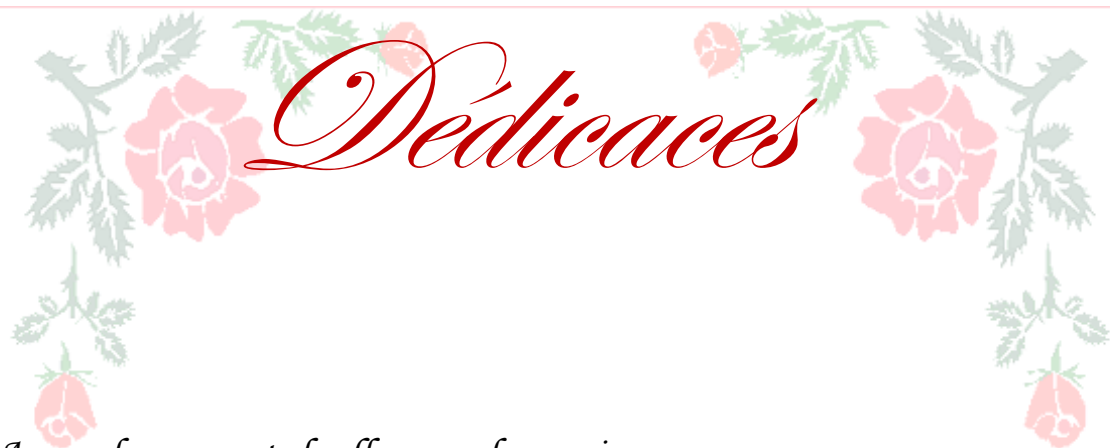
Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnées durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amies.

À tous les étudiants de la promotion 2022

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer ...



Elammaria



Dedicaces

A mes chers parents les flammes de ma vie

A la lumière de mes jours mes frères et mes sœurs

A tous les membres de la famille khantar

A mon binôme Elammaria

A mes amis qui vivent avec me la vie quotidienne et la vie d'étude.

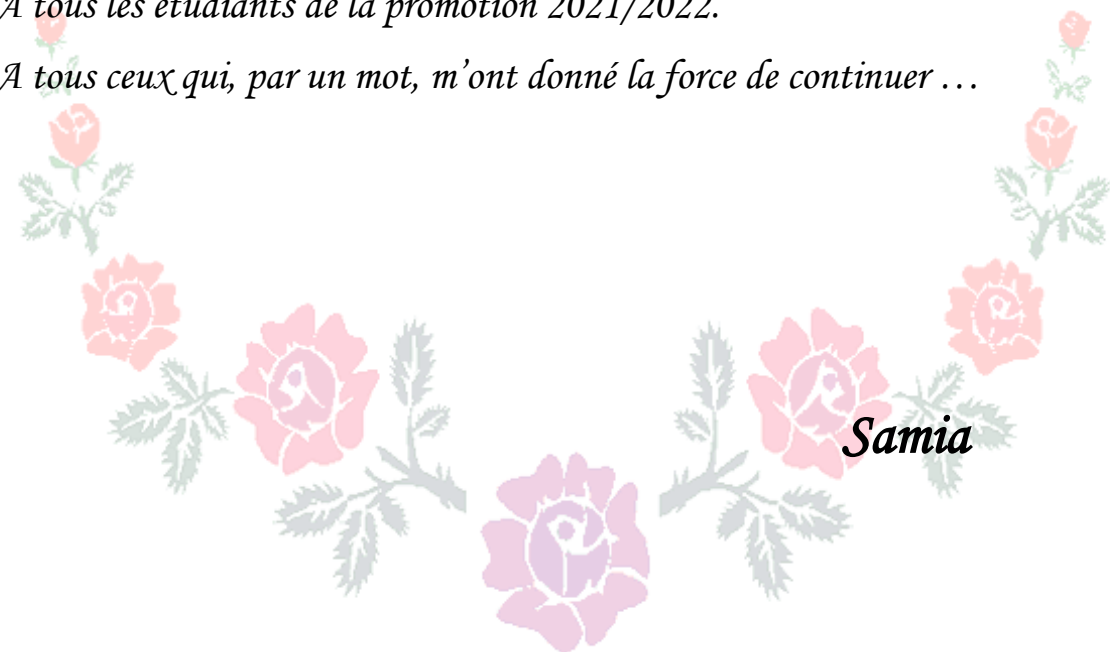
A tous mes professeurs

A tous mes collègues de travail.

A tous qui m'encourager de près ou de loin pour réaliser ce projet.

À tous les étudiants de la promotion 2021/2022.

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer ...



Samia

Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement et profondément en premier lieu Dieu

«Allah » qui nous a donné la vie et la santé.

Nous remercions tous les personnes qui ont contribué au succès de Notre mémoire nous voudrions dans un premier temps remercier, Notre encadreur de mémoire Dr BOUDAOUD Asma et Mme GUERMIT Mounira, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter Notre réflexion.

Nous remercions les membres du jury Pr BENALIA Mokhtar, Président, et Dr. DJEDID Mebrouk, Examineur, d'avoir accepté et jugé ce modeste travail.

Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
 Chapitre I: Aperçu Théorique	
I.1. Introduction	03
I.2. Pollution par les colorants	03
I.2.1 Définition des colorants	03
I.2.2 Les types des colorants	04
I.2.3 Origine des colorants	06
I.2.4 Pollution de l'eau par les colorants	06
I.3 Pollution de l'eau par la fuchsine basique	06
I.3.1 Propriétés de la fuchsine basique	07
I.3.2 Effet de la fuchsine basique sur la santé	07
I.3.3 Effet de la fuchsine basique sur l'environnement	08
I.4. Technique d'élimination des colorants	08
I.4.1 Adsorption	08
I.4.2 Filtration	09
I.4.3 Précipitation chimique	10
I.4.4 Extraction liquide-liquide	10
I.4.5 Photo dégradation	11
I.5. Adsorption	11
I.5.1 Définition de l'adsorption	11
I.5.2 Types de l'adsorption	13
I.5.3 Les facteurs influençant l'adsorption	13
I.5.4 Mécanisme d'adsorption.	14
I.5.5 Isotherme d'adsorption	16
I.5.6 La cinétique d'adsorption	
 Chapitre II: Matériel et Méthodes	
II.1 Introduction	17
II.2 Appareillage et réactifs	17

Sommaire

II.2.1 Appareillage	17
II.2.2 Réactifs	18
II.2.3 Préparation des réactifs	18
II.2.4 Préparation de l'adsorbant	19
II.3 Technique d'analyse (Spectroscopie UV-Visible)	20
II.4 Essais d'adsorption.	21
II.4.1 Effet de la masse de l'adsorbant.	21
II.4.2 Effet du pH.	22
II.4.3 Effet de d temps de contact	22
II.4.4 Effet de la concentration initiale	22
II.4.5 Effet de la température	22

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1 Introduction	23
III.2 L'analyse par l'UV-visible	23
III.3 Optimisation des paramètres opératoire	24
III.3.1 Effet de masse de GT	24
III.3.2 Effet de pH	25
III.3.3 Influence de temps de contact.	25
III.3.4 Influence de concentration initiale	25
III.3.5 Influence de température	27
III.4 Etude cinétique	28
III.4.1 Modèle cinétique du pseudo-premier ordre	28
III.4.2 Modèle cinétique du pseudo-second ordre	29
III.5 Etude isothermique	31
III.5.1 Isotherme de Freundlich.	31
III.5.2 Isotherme de Langmuir	32
III.6 Etude comparative	32
Conclusion générale	33

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
FB	Fuchsine basique
GT	Graines de tournesol
Cc ₀	Concentration initiale
h	Heure
M	Molarité
m	Masse de l'adsorbant
min	Minute
mg	Milligramme
pH	Potentiel hydrogène
ppm	Partes par million
q	Quantité d'adsorbat adsorbée
R	Rendement
t	Temps
T	Température
UV-vis	Ultraviolet-visible
V	Volume de solution
λ max	Longueur d'onde maximale
K	Kelvin

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure I.1	Structure de colorant azoïque	4
Figure I.2	Structure de colorant anthraquinonique	5
Figure I.3	Structure de colorant indigoïde	5
Figure I.4	Structure de colorant xanthène.	5
Figure I.5	Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.	8
Figure I.6	Schéma représentant le phénomène filtration	9
Figure I.7	Précipitation chimique	9
Figure I.8	Schéma d'extraction liquide-liquide	10
Figure I.9	Schéma de La photo dégradation	11
Figure I.10	Mécanisme d'adsorption	13
Figure I.11	Les quatre types d'isothermes	15
Figure II.1	La solution mère de l'adsorbat FB	19
Figure II.2	Organigramme de la préparation de l'adsorbant.	20
Figure II.3	L'adsorbant GT avant et après la préparation.	20
Figure II.4	Spectrophotométrie UV-Visible.	21
Figure III.1	Courbe d'étalonnage du FB par Spectre d'absorption UV-Visible a $\lambda=543$ nm	23
Figure III.2	Influence de la masse de l'adsorbant GT sur l'adsorption du FB	24
Figure III.3	Influence du pH de la solution sur l'adsorption du FB par GT	25
Figure III.4	Influence du temps de contact sur l'adsorption du FB	26
Figure III.5	Influence du la concentration initiale sur l'adsorption du FB	27
Figure III.6	Influence du la Température sur l'adsorption du FB	27
Figure III.7	Cinétique d'adsorption de FB (à l'aide d'un modèle de pseudo-premier ordre) à 298 K	29
Figure III.8	Cinétique d'adsorption de FB (à l'aide d'un modèle de pseudo-second ordre) à 298 K	30
Figure III.9	Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le Modèle de Freundlich à 298 K	31
Figure III.10	Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le Modèle de Langmuir à 298 K.	32

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I.1	Caractéristiques physico-chimiques de la fuchsine basique	7
Tableau I.2	Caractéristiques d'adsorptions physique et chimique	12
Tableau II.1	Caractéristique des réactifs utilisés	18
Tableau III.1	Paramètres cinétiques d'adsorption de FB à 298 K	30
Tableau III.2	Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de FB à 298 K	33
Tableau III.3	Adsorption de FB sur les différents adsorbants	33

Introduction générale

L'eau est l'une des ressources naturelles primordiales et précieuses dans notre planète. Elle recouvre 72 % de la surface de globe, c'est ainsi qu'on sur on nomme la terre la planète bleue [1]. En les derniers temps la pollution de l'eau par des matières chimiques organiques ou inorganiques est une préoccupation alarmante environnementale.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes, périodiques ou encore accidentelles ou aiguës [2].

L'eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantité très importante des substances plus ou moins toxiques d'origine naturelle ou issues d'activités humaines [3].

L'un des importants polluants, ce sont les colorants qui sont couramment utilisés dans de nombreuses industries telles que l'alimentation, le papier, les tapis, les caoutchoucs, les plastiques, les cosmétiques et les textiles afin de colorer leurs produits une fois qu'ils sont dissouts dans l'eau, ils seront parfois ardues à traiter car ils ont une origine synthétique et une structure moléculaire complexe qui les rend plus stables et difficilement biodégradables [4], donc peuvent constituer des facteurs de risques pour notre santé et de nuisance pour notre environnement.

Alors il est nécessaire de limiter le plus possible ces polluants en mettant en place un moyen de traitement adapté.

Il existe plusieurs méthodes physiques, chimiques et biologique pour traiter et décolorer les effluents pollués. Parmi eux, on a choisi la technique de l'adsorption pour notre étude et comme colorant à traiter la fuchsine basique.

L'objectif de notre travail est d'éliminer la fuchsine basique par adsorption sur graines de tournesol, car nous sommes toujours à la recherche de matériaux naturels peu couteuses.

Notre travail est organisé de la manière suivante:

Le premier chapitre: consiste à la présentation théorique de l'adsorption et ses types, ainsi que les modèles employés pour décrire la cinétique et l'isotherme d'adsorption et en plus un aperçu sur les colorants.

Le deuxième chapitre: est consacré au la description la méthodologie suivie et matériels utilisés pour réaliser ce travail.

Le troisième chapitre: est consacré à la présentation des différents résultats obtenus et leur discussion.

Introduction général

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des différents résultats obtenus.

Enfin, ce manuscrit se termine par une conclusion qui rappelle les principaux résultats obtenus dans ce travail.

Chapitre I

Aperçu théorique

I.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons essayé de donner en premier lieu un aperçu général sur la pollution des eaux par les colorants, les types des colorants et leur impact sur la santé et l'environnement. Et ensuite dans la deuxième partie nous avons mentionné les informations de base sur les techniques d'élimination des colorants, principalement le procédé d'adsorption et ses types, ainsi que les facteurs influençant l'adsorption et les isothermes d'adsorption.

I.2. Pollution par les colorants

Les colorants sont largement utilisés dans l'impression, l'alimentation, les cosmétiques et les applications cliniques, mais particulièrement dans les industries textiles pour leur stabilité chimique, leur facilité de composition et la polyvalence de leurs couleurs. Cependant, ces colorants

Ils causent de la pollution une fois qu'ils sont rejetés dans l'environnement. La production mondiale de colorants est estimée à plus de 800 000 tonnes par an [1] et les colorants azoïques sont majoritaires et représentent 60 à 70 %. Du fait de la composition hétérogène de ces derniers, leur décomposition conduit souvent à la conception d'une chaîne de traitement physique, chimique et biologique assurant l'élimination des différents polluants par étapes successives.

Des études ont montré que ces pigments biologiques semblent présenter un grand intérêt scientifique. Les traitements physiques et chimiques courants (adsorption, coagulation/floculation, sédimentation, etc.) sont couramment utilisés pour les effluents industriels. Malgré sa rapidité [5].

I.2.1 Définition des colorants

Un colorant est défini généralement comme une substance colorée qui interagit avec le milieu dans lequel elle est introduite, et le colore en s'y dissolvant et/ou dispersant. Cette propriété de teindre résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre est à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des procédés de teinture. Selon le type d'application et d'utilisation [6].

I.2.2 Les types des colorants

Généralement, la classification des colorants peut être faite sur plusieurs bases tel que:

- Selon l'origine des colorants : Colorants naturels et Colorants synthétiques;
- Selon leur constitution chimique: colorants azoïques, anthraquinoniques, indigoïdes ...;
- Selon leur domaine d'application. Pour ce dernier on distingue différentes catégories:

I.2.2.1 Les colorants naturels

La majorité des colorants utilisés sont d'origine végétale, extraits des plantes, des arbres ou des lichens, ou bien d'origine animale [7].

I.2.2.2 Les Colorants synthétiques

a. Les colorants azoïques

Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque ($-N=N-$) reliant deux noyaux benzéniques. Cette catégorie de colorant est actuellement la plus répandue sur le plan de l'application, puisqu'ils représentent plus de 50% de la production mondiale de matières colorantes [8].

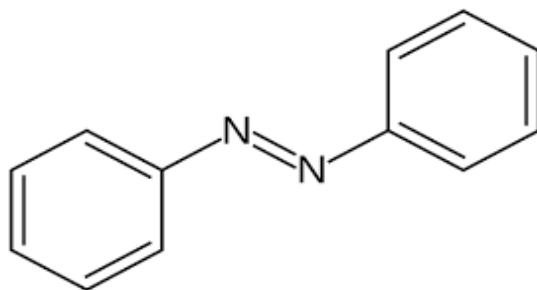


Figure I.1: Structure de colorant azoïque.

b. Les colorants anthraquinoniques

Sont d'un point de vue commercial les plus importants après les colorants azoïques. Leurs formules générales dérivées de l'anthracène montrent que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino [9].

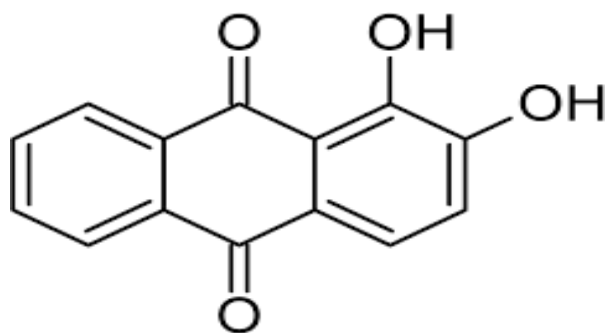


Figure I.2: Structure de colorant anthraquinonique.

c. Les colorants indigoïdes

Les colorants indigoïdes tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ces colorants peuvent être utilisés comme additifs dans les produits pharmaceutiques ainsi que dans les diagnostics médicaux. [10].

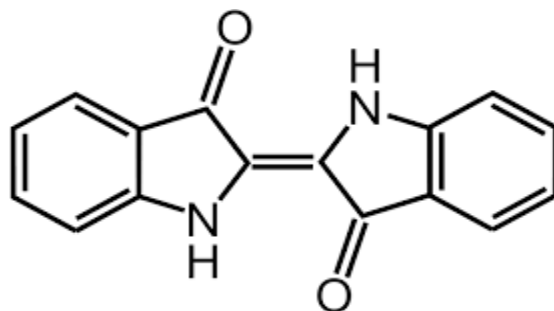


Figure I.3: Structure de colorant indigoïde.

d. Les colorants xanthènes

Sont des composés qui constituent les dérivés de la fluorescéine halogénée. Ils sont dotés d'une intense fluorescence. Leur propriété de marqueurs lors d'accident maritime ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie. Ils sont aussi utilisés comme colorant en alimentaire, cosmétique, textile et impression [11].

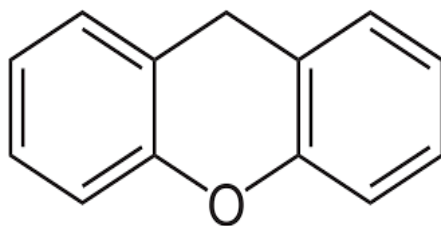


Figure I.4: Structure de colorant xanthène.

I.2.3 Origine des colorants

Depuis l'apparition de l'homme sur terre, les colorants ont trouvé leur place dans sa vie quotidienne, de la peinture, la teinture du papier, de la peau et des vêtements, etc. Jusqu'à la moitié du 19ème siècle, les colorants utilisés étaient d'origine naturelle. Des pigments inorganiques dont l'oxyde de manganèse, l'encre et l'hématite étaient utilisés.

Par ailleurs, des colorants naturels organiques ont été appliqués, surtout dans le domaine de l'industrie textile, parmi ces colorants sont tous des molécules aromatiques extraites essentiellement des plantes, telle que l'indigo et l'alizarine.

L'industrie des colorants synthétiques a débuté en 1856 quand le chimiste anglais William Henry Perkin, dans une tentative de synthèse de la quinine artificielle pour soigner la malaria, a obtenu la première substance colorante synthétique qu'il appela : mauve (aniline, colorant basique), qui serait bientôt suivie par d'autres.

De nouveaux colorants synthétiques commencent à paraître sur le marché. Ce processus a été stimulé par la découverte de la structure moléculaire du benzène en 1865 par Kekulé. En résultant, au début du 20ème siècle, les colorants synthétiques ont presque complètement supplantés les colorants naturels [12].

I.2.4 Pollution de l'eau par les colorants

L'eau est à l'origine de la vie sur Terre. Or, diverses activités humaines : industrielles, urbaines ou agricoles sont à l'origine de pollutions. Par exemple, les colorants synthétiques utilisés dans l'industrie textile sont directement rejetés dans le milieu aqueux sans aucun prétraitement. Ces rejets forment une grande menace pour l'environnement à cause de leur toxicité [13].

I.3 Pollution de l'eau par la fuchsine basique

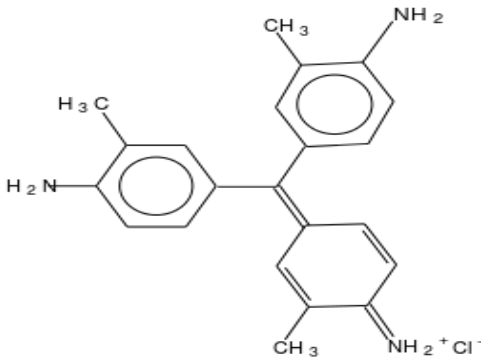
La fuchsine est un colorant rouge violacé synthétisé par Verguesen 1858, c'est un dérivé de colorant triphénylméthane. On distingue trois types de fuchsines : la fuchsine basique, la fuchsine de Schiff L et la fuchsine de Schiff C [14].

Dans ce travail, nous sommes intéressés à l'étude de la fuchsine basique.

I.3.1 Propriétés de la fuchsine basique

L'ensemble des propriétés physiques et chimiques sont récapitulés dans le tableau I.1

Tableau I.1:Caractéristiques physico-chimiques de la fuchsine basique [15].

Propriétés Chimiques	Structure	
	Formule brute	$C_{20}H_{20}N_3HCl$
	Masse molaire	337,86 g/mol
Propriétés Physiques	Point de fusion	235°C (Décomposition)
	Solubilité	2650 mg/L d'eau à 25°C

I.3.2 Effet de la fuchsine basique sur la santé

La fuchsine basique est largement utilisée dans les industries du textile et du cuir. Cependant, la fiche de données de sécurité fuchsine basique indique que le colorant est inflammable et peut provoquer une irritation de la peau et des yeux. De plus, la prise de fuchsine basique peut entraîner une faiblesse des organes internes et une exposition répétée est généralement associée à des lésions du système nerveux avec divers symptômes Augmentation de la perméabilité intestinal [15].

I.3.3 Effet de la fuchsine basique sur l'environnement

La fuchsine parmi les colorants que présente un caractère toxique sur le milieu aquatique provoquant la destruction directe des communautés aquatiques. La fuchsine, en concentration supérieure à 1mg/l, exerce un effet de ralentissement sur l'activité vitale des algues [15].

I.4. Techniques d'élimination des colorants

I.4.1 Adsorption

L'adsorption est considérée comme un des traitements les plus efficaces spécialement pour les substances organiques réfractaires qui résistent à la biodégradabilité, elle est utilisée comme une méthode standard pour le traitement des eaux usées par rapport aux autres traitements (biologiques et ozonation, dégradation ...etc.) cette méthode a été utilisée pour éliminer les colorants, les métaux lourds et les matières organiques car elle fait appel à des matériaux naturels moins coûteux, concrètement à partir des déchets généralement [16].

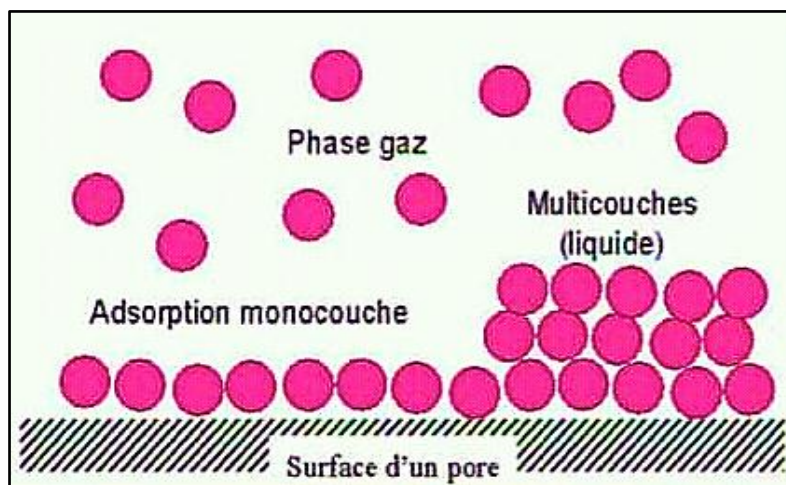


Figure I.5: Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.

I.4.2 Filtration

La filtration est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide au travers d'un milieu poreux. La filtration est une technique très utilisée que ce soit dans le domaine de l'agro-alimentaire ou de la pharmacie ou par de nombreuses espèces animales, principalement aquatique.

L'utilisation d'un filtre permet de retenir les particules du mélange hétérogène qui sont plus grosses que les trous du filtre (porosité). Le liquide ayant subi la filtration se nomme filtrat, et ce que le filtre retient se nomme un résidu (aussi communément appelé "gâteau" ou retentât) [17].

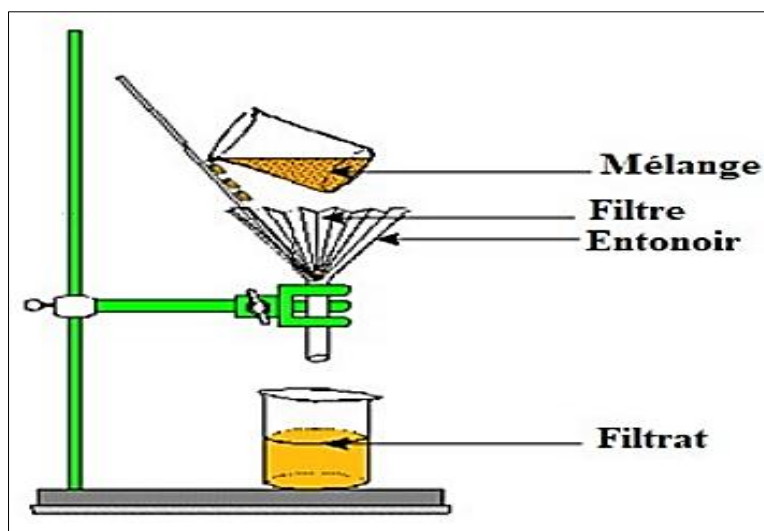


Figure I.6: Schéma représentant le phénomène filtration.

I.4.3 Précipitation chimique

La précipitation est le processus de conversion d'une substance chimique en un solide à partir d'une solution en convertissant la substance en une forme insoluble ou une solution sursaturée. Lorsque la réaction se produit dans une solution liquide, le solide formé est appelé le précipité. L'agent chimique qui provoque la formation du solide s'appelle le précipitant.

Sans force de gravité (décantation) suffisante pour rapprocher les particules solides, le précipité reste en suspension. Après sédimentation, en particulier lors de l'utilisation d'une centrifugeuse pour la presser en une masse compacte, le précipité peut être appelé «pastille». Les précipitations peuvent être utilisées comme médium. Le liquide sans précipité restant au-dessus du solide est appelé « surnageant » ou « surnageant ». Les poudres dérivées des précipitations ont également été historiquement connues sous le nom de «fleurs» [18].

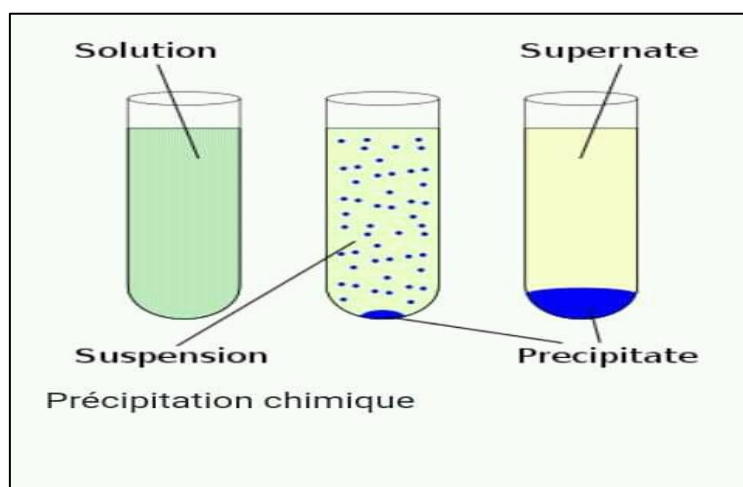


Figure I.7:Précipitation chimique.

I.4.4 Extraction liquide-liquide

L'extraction liquide-liquide est une opération qui permet la séparation d'un ou plusieurs constituants par l'utilisation de leur distribution inégale dans deux liquides pratiquement non-miscibles. L'extraction liquide-liquide consiste à faire passer une substance d'un solvant dont elle est difficilement séparable à un autre dont elle sera isolable.

Conditions d'extraction:

- Les deux solvants doivent être non miscibles.
- La substance à extraire doit être beaucoup plus soluble dans le solvant d'extraction que dans le solvant original

La durée de l'agitation est régie par la cinétique de transfert du soluté pour atteindre une concentration d'équilibre, tandis que la durée de décantation est conditionnée par le temps de séparation des deux phases non miscibles. A l'équilibre, la phase aqueuse est dite « raffinat » et la phase organique « extrait » [19].

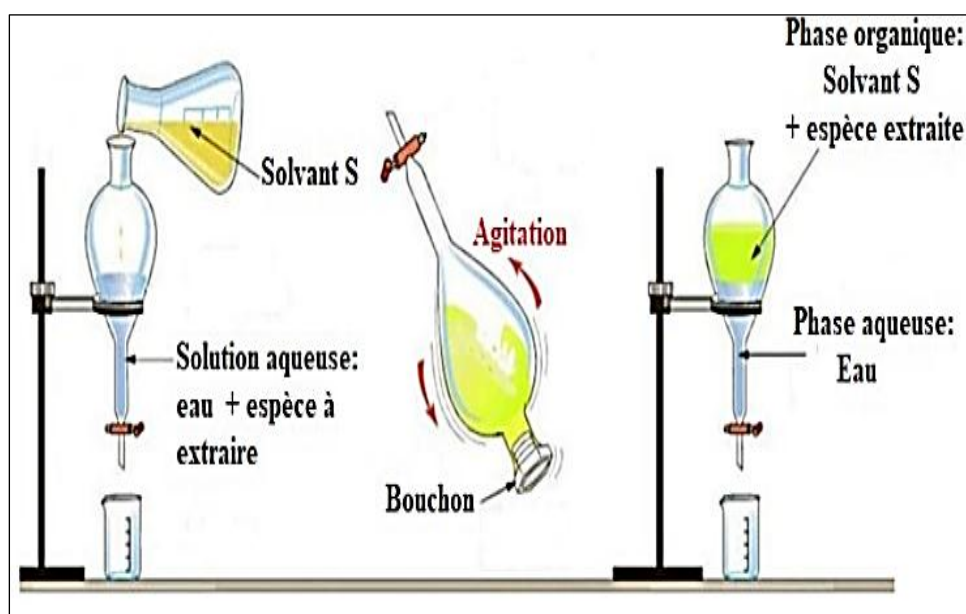


Figure I.8: Schéma d'extraction liquide-liquide.

I.4.5 Photo dégradation

La photo dégradation est la dégradation d'une molécule photodégradable causée par l'absorption de photons, en particulier ceux émis par le Soleil et correspondant aux rayonnements ultraviolet, visible et infrarouge [20]

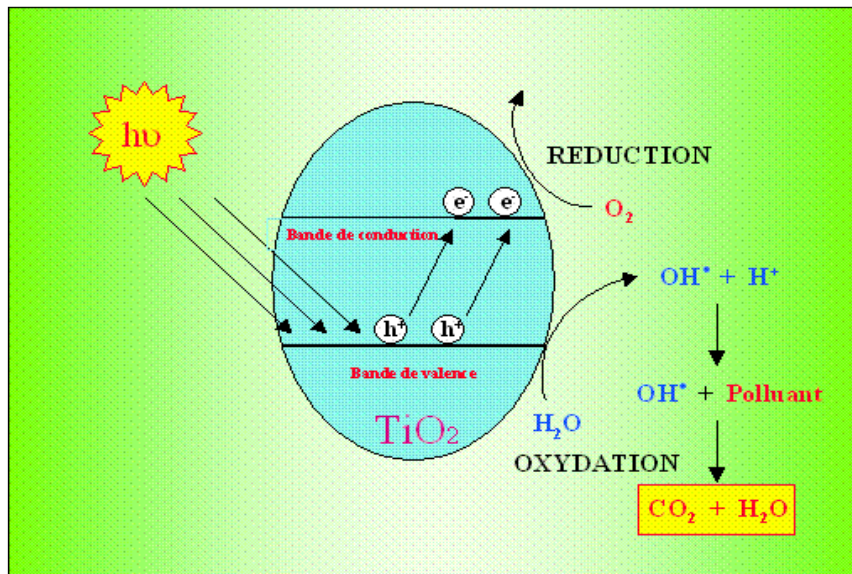


Figure I.9: Schéma de La photo dégradation.

I.5. Adsorption

I.5.1 Définition de l'adsorption

L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant par une modification de concentration à l'interface entre un fluide et un solide. L'adsorption par un solide peut être définie comme étant le phénomène de concentration des molécules des solutés d'une phase liquide sur une surface solide (surface externe + surface interne des pores). Le solide est appelé adsorbant et le composé liquide qui subit l'adsorption est appelé adsorbat [21].

I.5.2 Types de l'adsorption

Suivant la nature des liaisons entre le substrat et les particules adsorbées, les forces responsables du phénomène d'adsorption peuvent être de nature physique ou chimique, conduisant ainsi à deux types d'adsorption: l'adsorption physique "physisorption" et l'adsorption chimique "chimisorption".

a. La physisorption

Ce phénomène d'adsorption par les solides est dû à des forces d'interaction physiques entre les atomes constituant la couche superficielle du solide et les molécules de la phase liquide se trouvant au contact du solide.

Ces forces d'interaction font intervenir des forces de Van der Waals ainsi que des liaisons hydrogène. Elles existent quelle que soit la nature du solide et des molécules d'adsorbat. Il existe également des forces électrostatiques (coulombiennes) si le solide ou le l'adsorbat sont polaires par nature (attraction entre deux dipôles de deux molécules). Des forces dispersives, de type London, peuvent intervenir en raison de la fluctuation rapide de la densité électronique dans chaque molécule. Dans ce cas, les énergies mises en jeu sont faibles et inférieures à 20 kcal/mol; l'adsorption est alors réversible. Les sites d'adsorption ne conduisent pas à une adsorption spécifique [21].

b. La chimisorption

Dans ce cas, l'adsorption met en évidence des interactions de nature chimique entre les atomes superficiels du solide et les molécules d'adsorbat. Il s'agit d'un transfert de charges et d'une distribution de celles-ci entre l'espèce adsorbée et l'adsorbant. Ce ci aboutit à la formation de liaisons fortes à caractère covalent ou ionique.

Dans ce cas, l'énergie est plus grande et la distance entre la surface et les molécules adsorbées est plus courte que dans le cas de la physisorption. L'adsorption chimique a lieu sur certains groupes fonctionnels ou sites particuliers à la surface du substrat. Les énergies mises en jeu sont généralement comprises entre 40 et 100 kcal/mol et l'adsorption est irréversible [22].

Les majeures caractéristiques des deux types d'adsorption sont résumées dans le tableau suivant

Tableau I. 2:Caractéristiques d'adsorptions physique et chimique [21].

Les caractéristiques d'adsorption	Adsorption physique	Adsorption chimique
Prise de saturation	multi couche ou mono couches	mono couches
Température	Le rendement est plus appréciable pour une température plus basse.	Généralement l'adsorption a lieu même à une plus haute température.
Nature du support	Le rendement dépend de l'adsorbant plus que l'adsorbat.	Dépend de l'adsorbant et de l'adsorbat (affinité Spécifique).
Chaleur d' adsorption	< 50 kcal/mole.	50-100 kcal/mole

I.5.3 Les facteurs influençant l'adsorption

Au cours de l'adsorption, la quantité adsorbée, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont [23]:

a. Les factures liées à l'adsorbant

La texture (surface spécifique et distribution des pores) qui dépend de la nature des matériaux utilisés pour la préparation de l'adsorbant, La nature des groupements fonctionnels de surface et la dose de l'adsorbant.

b. Les factures liées à l'adsorbat

Les caractéristique de l'adsorbat très influés sur l'adsorption tel que: la taille moléculaire, la polarité, la solubilité, la concentration.

c. Les factures liées aux conditions opératoires

Plusieurs paramètres opératoires ont une influence sur l'adsorption comme: le pH de la solution, les forces ioniques, la température de la solution, le temps de contact adsorbat-adsorbant et la vitesse d'agitation. [24].

I.5.4 Mécanisme d'adsorption

Le mécanisme d'adsorption est d'un intérêt évident compte tenu de l'utilisation de ce procédé dans le traitement des eaux potable et des eaux usées.

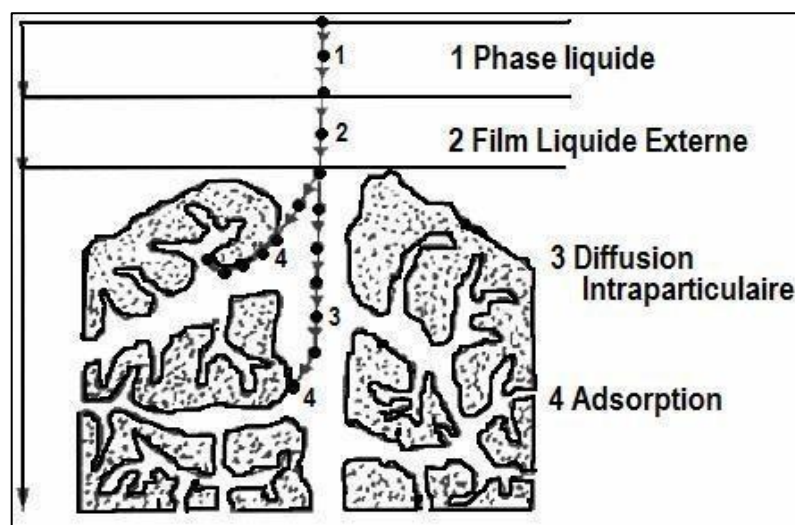


Figure I.10: Mécanisme d'adsorption.

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant.

Ce processus est décrit par quatre étapes (figure I.10) [25].

Première étape: transfert de matière par diffusion du soluté de la phase liquide externe vers la phase liquide située au voisinage de la surface de l'adsorbant.

Deuxième étape : transfert du soluté à travers le film liquide lié à la particule solide vers la surface externe des grains.

Troisième étape: transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface extérieure des graines vers les sites actifs.

Quatrième étape: Réaction d'adsorption au contact des sites actifs, une fois adsorbée, la molécule est considérée comme immobile.

I.5.5 Isotherme d'adsorption

La performance d'un adsorbant dépend dans une très large mesure de l'équilibre entre les deux phases. Cet équilibre fixe en effet la capacité maximale qui peut être atteinte dans les conditions opératoires. L'équilibre est généralement représenté sous forme graphique. Il rend compte de la relation entre la quantité de soluté retenue par le solide (q_e) et la concentration [26].

En équilibre en soluté (C_e) dans la phase liquide. La relation obtenue est appelée « isotherme d'équilibre » à condition que l'expérience effectuée à température constante. Donc l'isotherme d'adsorption est la courbe liant, caractéristique de l'équilibre thermodynamique entre un adsorbant et un adsorbat.

Elles sont exprimées généralement sous formes d'équations mathématiques, non cinétiques ($q_e = f(C_e)$), que l'on nomme isothermes, les quelles sont obtenues à partir d'expériences réalisées en batch.

Elles permettent essentiellement :

- Déterminer le taux de recouvrement de la surface d'un support par un substrat;
- D'identifier le type d'adsorption pouvant se produire;
- De choisir l'adsorbant qui conviendrait le mieux à la rétention de l'adsorbat.

Il convient, Cependant, de mentionner que les isothermes d'adsorption n'expliquent pas les mécanismes d'adsorption. Ils conduisent seulement à une comparaison de différents systèmes entre eux.

a. Classification des isothermes d'adsorption

La forme des isothermes d'adsorption dépend de la nature du polluant, du solvant et du solide. Elle peut renseigner sur les mécanismes d'adsorption des polluants à la surface des solides, on distingue quatre principaux types d'isothermes suivant l'allure de la courbe [27]:

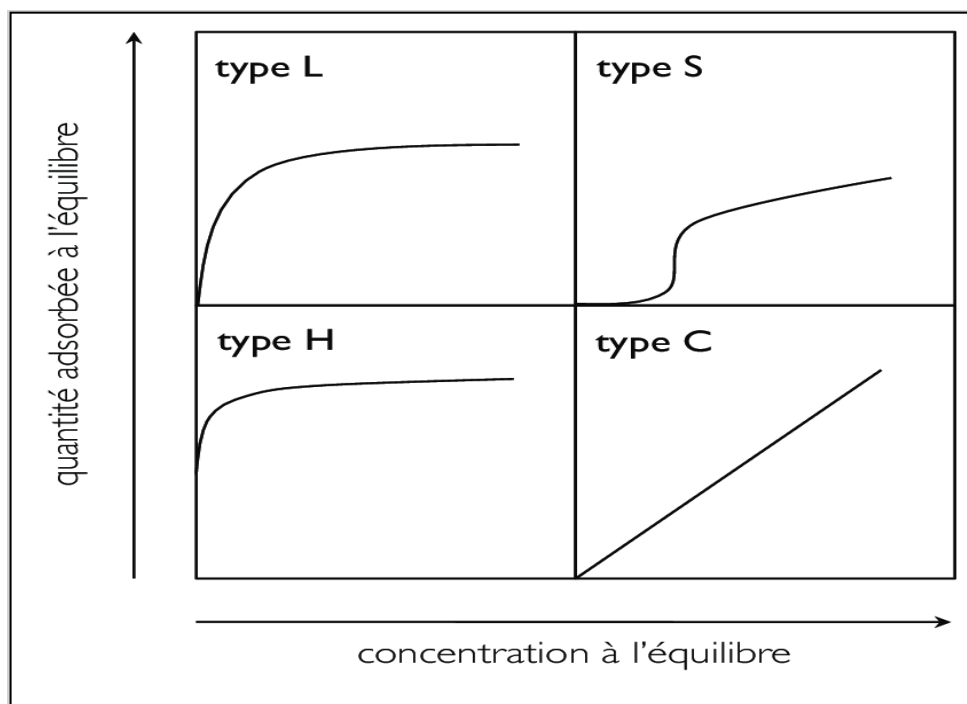


Figure I.11: Les quatre types d'isothermes (d'après Giles 1974).

L'isotherme de classe C

Partage linéaire du soluté entre la phase liquide et la phase solide. L'adsorption de polluants organiques sur les sols et les sédiments révèle une grande variété de comportements qui résultent de la grande variabilité des propriétés des solutés et des adsorbants.

Les isothermes d'adsorption peuvent donc être décrites par des fonctions mathématiques plus ou moins complexes. Ces représentations mathématiques permettent l'estimation de l'adsorption des polluants organiques en fonction des propriétés et de la composition du sol. Ces modèles d'estimation s'appuient sur l'étude des corrélations entre l'adsorption de la molécule ou bien les propriétés du polluant considéré.

L'isotherme de classe L

Ces courbes peuvent être mathématiquement décrites par l'équation de Langmuir ou de Freundlich (voir plus loin). Plus le nombre de sites occupés par les molécules de soluté augmente, plus l'adsorption de nouvelles molécules n'est difficile. Les molécules se disposent en une monocouche sur la surface solide.

L'isotherme de classe H

Il s'agit d'un cas particulier des isothermes du type L où les molécules de soluté en solution initiale diluée sont quasiment toutes adsorbées sur le solide adsorbant.

L'isotherme de classe S

Le soluté est en concurrence avec le solvant pour l'occupation des sites de fixation présents sur la phase solide. Ces courbes sont caractéristiques des molécules organiques monofonctionnelles comportant des attractions intermoléculaires modérées.

b. Modélisation des isothermes d'adsorption

De nombreux modèles théoriques mathématiques ont été développés pour décrire l'allure des isothermes d'adsorption et mis en place pour quantifier la relation entre q_e et C_e dont les largement utilisées sont les modèles de Langmuir et de Freundlich [28].

I.5.6 La cinétique d'adsorption

L'étude cinétique des processus d'adsorption fournit des informations relatives au mécanisme d'adsorption et sur le mode de transfert des solutés de la phase liquide à la phase solide.

La cinétique d'adsorption traduit l'évolution du processus d'adsorption en fonction du temps. C'est un paramètre important pris en considération lors du choix d'un adsorbant.

Une adsorption rapide est recommandée pour les méthodes de traitement utilisant l'adsorption comme processus de purification [29].

Chapitre II

Matériel et Méthodes

II.1 Introduction

Ce chapitre présente les méthodes suivies et le matériel utilisé et la description des essais d'adsorption de la colorante fuchsine basique en fonction des paramètres opératoires à savoir: de la masse de l'adsorbant, le pH de solution, le temps de contact, la concentration initiale et la température.

Ce travail a été effectué au laboratoire de recherche Génie des Procédés et le laboratoire du département de génie des procédés de l'université de Laghouat.

II.2 Appareillage et réactifs

II.2.1 Appareillage

- ✓ Agitateur magnétique (AGIMATIC-N).
- ✓ Tamiseur électrique (SAYONA).
- ✓ Etuve (MEMMERT).
- ✓ Balance analytique de précision (SCALTEC) (**Annexe 1**).
- ✓ Bain agité (ST 30) (**Annexe 2**).
- ✓ Le pH-mètre (**Annexe 3**).
- ✓ Spectrophotomètre UV-visible (SECOMEM).
- ✓ Micropipette de volume variable 100-1000 μ L (ORAGON LAB).

Verrerie

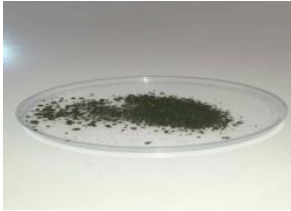
- ✓ Béchers de capacité de 100, 150 et 250 mL.
- ✓ Flacons de capacité 120 mL
- ✓ Les barreaux magnétiques.
- ✓ Eprouvette de capacité de 50 et 100 mL.
- ✓ Les cuves.
- ✓ Fioles jaugées de capacité de 100 et 500 mL
- ✓ Papier filtre.
- ✓ Tube à essai de 5 mL avec support.
- ✓ Entonnoir.
- ✓ Embout.
- ✓ Spatule.

- ✓ Verre de montre.
- ✓ Pissette d'eau distillée.

II.2.2 Réactifs

Les produits chimiques utilisés dans cette étude sont reportés dans le tableau II.1.

Tableau II.1: Caractéristique des réactifs utilisés.

Désignation	Hydroxyde de sodium	Acide sulfurique	Fuchsine basique
Formule chimique	NaOH	H ₂ SO ₄	C ₂₀ H ₂₀ ClN ₃
Masse molaire	39.997 g/mol	98.08 g/mol	337.86 g/mol
Pureté	98 %	95 %	--
Marque	Biochem	Sigma-Aldrich	Biochem
Etat physique			

II.2.3 Préparation des réactifs

a. Préparation de NaOH (0.1 M)

Pour préparer la solution on pèse 0.4 g de NaOH (M=39.99 g/mol, P = 98 %), On dissout cette quantité dans l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 mL et on ajoute l'eau distillée jusqu'à u trait de jauge Cette solution est employée pour ajuster le pH.

b. Préparation de H₂SO₄ (0.1 M)

Pour préparer cette solution on prend 0.30 ml de H₂SO₄ (M=98.08 g/mol, P = 95 %, d=1.84), On dissout cette quantité dans l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 mL et on

ajoute l'eau distillée jusqu'au trait de jauge Cette solution est employée aussi pour ajuster le pH.

b. Préparation de la solution mère de FB (1000 ppm)

Nous pesons 1g de FB à l'aide d'une balance analytique, Cette quantité se dissout dans l'eau distillée dans une fiole de 1000 mL, en ajoutant de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Cette solution a été agitée à l'aide d'un agitateur pendant 1h pour obtenir une solution homogène.

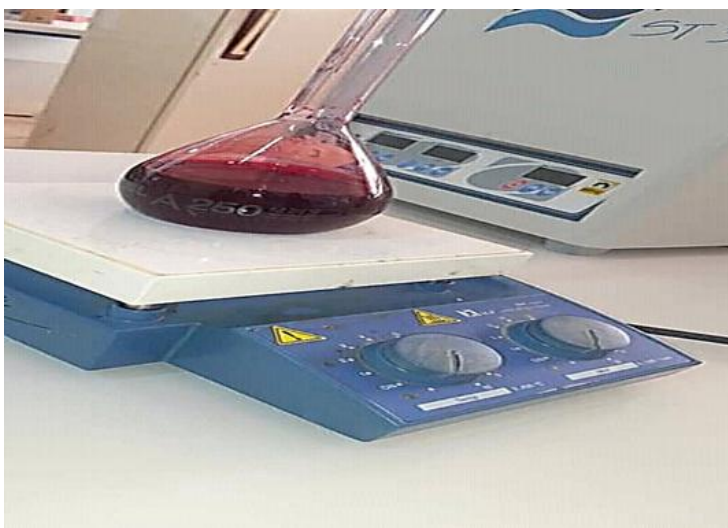


Figure II.1: La solution mère de l'adsorbat FB.

II.2.4 Préparation de l'adsorbant

Dans le cadre de ce mémoire de master, l'adsorbant choisi est de grain ses de tourne sol désigné par GT,

Le protocole de préparation du l'adsorbant est présenté par le schéma de la Figure II.2 qui comporte les 5 étapes suivantes [30] : Lavage, Filtration, Séchage, Broyage et Tamisage.

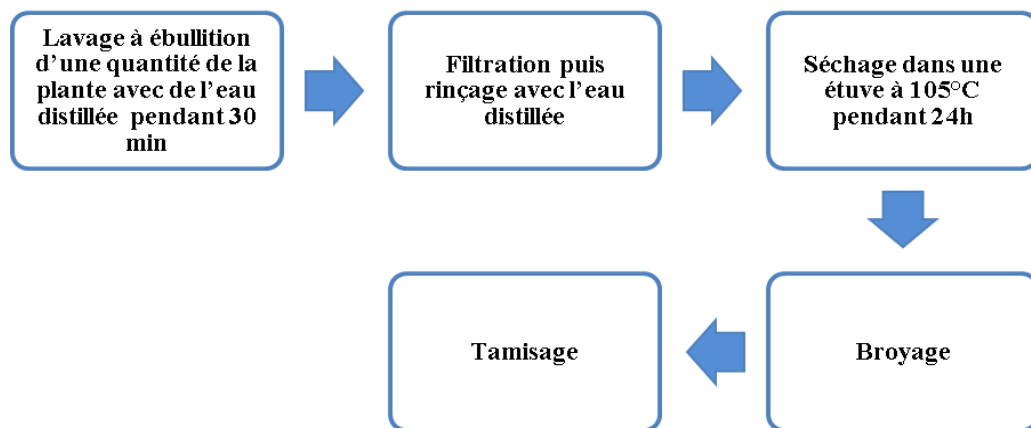


Figure II.2: Organigramme de la préparation de l'adsorbant.

Après ce prétraitement à travers ces étapes, on recueille l'adsorbant sous forme poudre montré par la Figure II.3.



Figure II.3: L'adsorbant GT avant et après la préparation.

II.3 Technique d'analyse (Spectroscopie UV-Visible)

La solution de fuchsine basique a été dosée par spectrophotomètre UV-Visible (Annexe 2). La spectrophotométrie UV-Visible est une technique de dosage par absorption dans le domaine UV-Visible (400-800 nm), on mesure l'absorbance de cette solution à la longueur d'onde maximale ($\lambda_{\text{max}} = 543 \text{ nm}$).

L'absorbance mesurée est en relation avec la concentration de la solution selon la loi de Beer-Lambert (équation II.1) indiquant une proportionnalité entre ces deux paramètres [31]:

$$A = \log (I_0/I) = \varepsilon L C \quad (1)$$

Avec:

A: Absorbance de la solution;

I₀: L'intensité de lumière transmise à travers le solvant pur.

I: I'intensité de cette longueur d'onde transmise à travers une solution de concentration C (en mol/L) dans le spectrophotomètre,

ε : Le coefficient d'extinction molaire (L / mol.cm);

L: Trajet optique ;

C:Concentration de la solution de FB.



Figure II.4: Spectrophotométrie UV-Visible.

II.4. Essais d'adsorption

Les expériences d'adsorption ont été effectuées en système batch. Une série de flacons de capacité 120 mL, ont été utilisée pour réaliser ces différents essais.

II.4.1 Effet de la masse de l'adsorbant

On ajoute différentes masses de l'adsorbant : (0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1g et 1.5 g.) à 6 flacons contenant 50 mL de solution de FB. Ces flacons sont mis sous agitation pendant 2h dans un bien à agitation en série, les échantillons recueil les sont filtrés puis analysés par UV-Visible (**Annexe 4**).

II.4.2 Effet du pH

Pour déterminer le pH optimal de l'adsorption de FB par GT ,pour cela nous mettons 0.1 g de l'adsorbant dans chacune des 7 flacons puis nous ajoutons 50 mL de la solution du fuchsine basique (30 mg/L) dans chaque flacon et nous ajustons le pH de ces mélanges respectivement à pH =2, 4, 5, 6 , 7, 8 et 10 à l'aide des réactifs NaOH et H₂SO₄ [28]. (**Annexe 5**)

Le tout est mis sous agitation pendant 2 h puis les échantillons sont filtrés et enfin on procède à la lecture de l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

II.4.3 Effet de d temps de contact

Nous préparons 8 flacons, dans chaque flacon, on mélanger 0.2 g de l'adsorbant GT avec 100 mL de la solution de fuchsine basique. On met les 8 flacons sous agitation pendant respectivement 3, 5, 10, 15, 30, 60, 90,120 et 180 min pour chaque flacon à part.

Une fois dépassé ce temps de contact, on arrête l'agitation puis on filtre chaque échantillon à part et on procède à la lecture par spectrophotomètre UV- Visible. Nous faisons la même procédure expérimentale pour chaque solution d'adsorbat FB pour les concentrations 15, 30, 50,100 et 200 ppm.

II.4.4 Effet de la concentration initiale

Afin d'étudier l'effet de concentration, on procède comme suit:
On prépare 5 flacons de différentes concentrations initiales de 15, 30, 50,100 et 200 ppm, puis on les mélange avec 0.2 g de l'adsorbant puis on expose ce mélange à une agitation pendant 60 min.

II.4.5 Effet de la température

Pour déterminer l'effet de la température sur l'adsorption de polluant, on pèse 0.1 g de l'adsorbant GT et on ajoute 50 mL de FB. A l'aide d'un bain marie d'agitation, on maintient la température de la solution respectivement à 25, 35, 45 et 55°C pendant 60 min à une vitesse de 150 tr/min.

Chapitre III

Résultats et Discussion

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, tous les résultats expérimentaux obtenus sont présentés et discutés. Les résultats d'optimisation des différents paramètres influents l'adsorption du polluant coloré, qui ont été étudiés tels que: la masse d'adsorbant, le temps de contact, la concentration initiale, le pH de la solution et la température, et ensuite la détermination de la cinétique d'adsorption et leurs modèles et en fin la nature de l'isotherme d'adsorption.

III.2 L'analyse par l'UV-visible

La spectrophotométrie UV-Visible est la méthode d'analyse utilisée pour déterminer les concentrations de fuchsine basique (FB) avant et après l'adsorption par l'adsorbant étudié les graines de tournesol (GT).

La courbe d'étalonnage

Après avoir effectué le travail expérimental nécessaire pour établir la courbe d'étalonnage du FB. Les résultats trouvés d'absorbance en fonction de la concentration du FB ont permis de tracer cette courbe d'étalonnage (figure III.1).

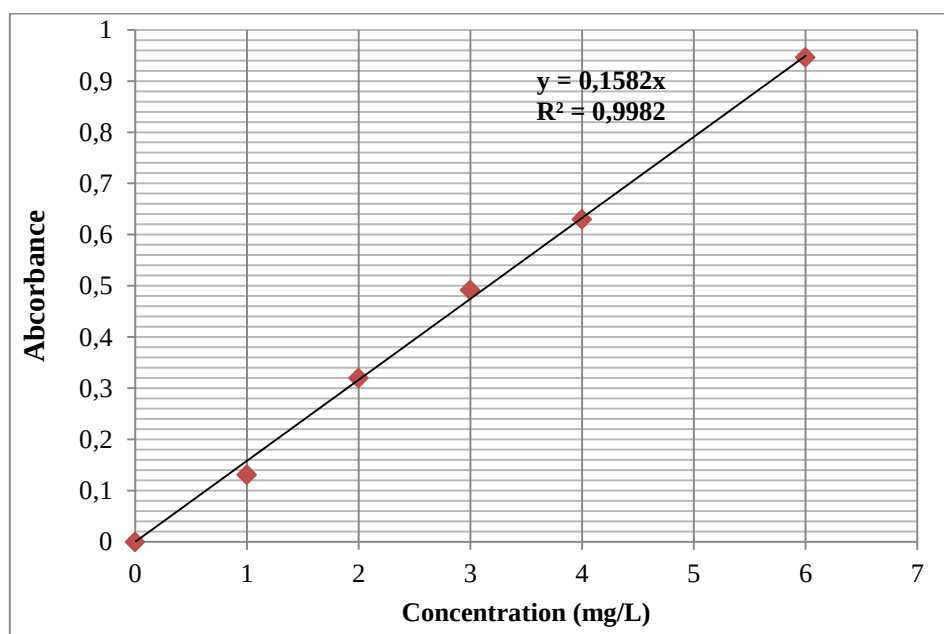


Figure III.1 : Courbe d'étalonnage du FB par UV-Visible a $\lambda=543$ nm

La figure III.1 montre une allure linéaire passant par l'origine, il s'agit de la courbe d'étalonnage du FB dont l'équation est la suivante:

$$Y = 0,1582X$$

En se basant sur cette équation, pour déterminer les concentrations du FB des différents essais d'adsorption.

III.3 Optimisation des paramètres opératoire

III.3.1 Effet de masse de GT

Afin d'estimer la quantité optimale de l'adsorbant GT, les expériences ont été menées en utilisant 50 mL de la solution de fuchsine basique, à laquelle différentes quantités de GT ont été ajoutées.

Les résultats trouvés ont permis de tracer la figure III.2 qui présente l'influence de la masse d'adsorbant dans l'élimination de la fuchsine basique par adsorption.

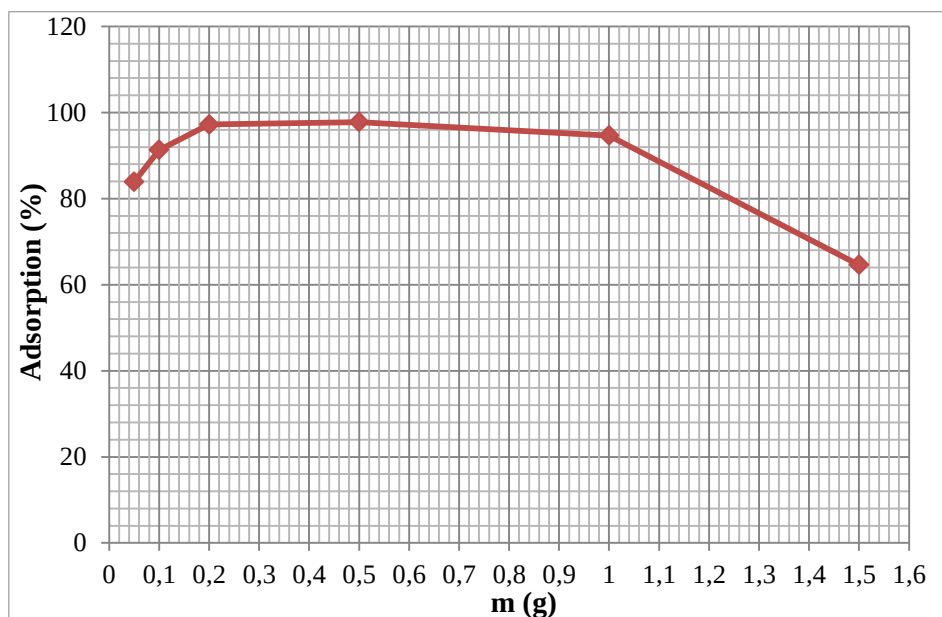


Figure III.2: Influence de la masse de l'adsorbant GT sur l'adsorption du FB.

[FB] = 30 mg/L, temps de contact = 120 min et T=25°C.

A partir de la figure III.2, on observe que le taux d'élimination augmente jusqu'à la masse de 0,2 g correspondant à un taux de l'ordre de 97 % puis il se diminue avec l'augmentation de masse de GT, d'où on peut déduire que la masse optimale est de 0,2 g.

III.3.2 Effet de pH

Dans cette étude, nous avons étudié l'efficacité d'adsorption de la fuchsine basique en variant le pH de 2 à 10, les résultats obtenus lors de ces essais, sont présentés sur la figure III.3.

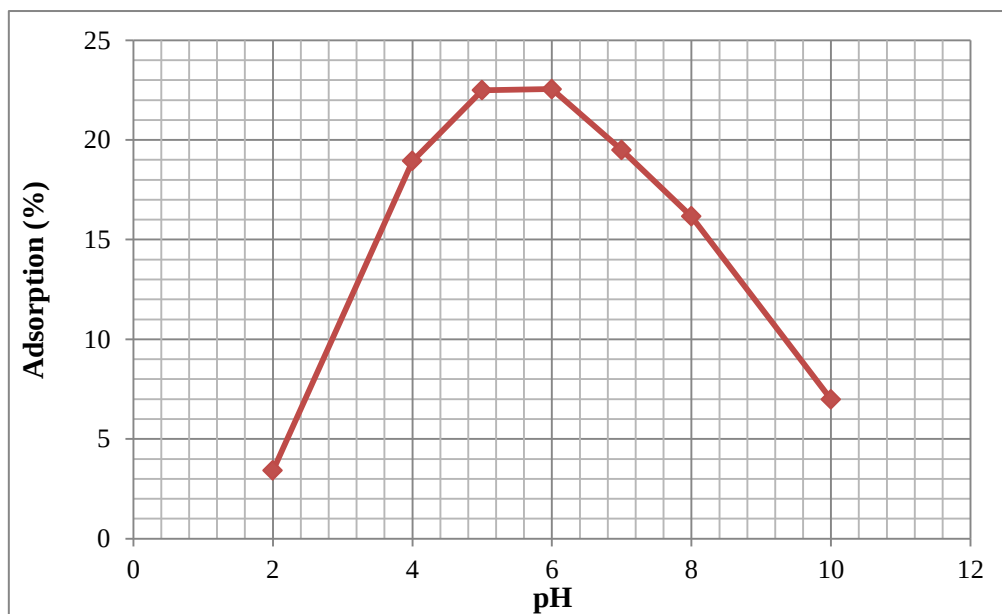


Figure III.3: Influence du pH de la solution sur l'adsorption du FB par GT.

[FB] = 30 mg/L, temps de contact = 120 min, m = 0.2 g et T=25°C.

La courbe de la figure III.3, montre que le taux d'adsorption de FB augmente avec du pH égale 2 jusqu'à 6 avec un taux d'adsorption de 22 % et ensuite il diminue jusqu'à 7 % à pH 10.

Dans ce cas, on peut conclure que l'adsorption de FB par les GT est optimale à pH = 6.

III.3.3 Influence de temps de contact

Le temps de contact, ont un effet important sur le phénomène d'adsorption. Les résultats de cet essai ont permis de tracer les courbes de la figure III.4 pour l'adsorption des différentes concentrations de 30, 50, 100 et 200 ppm en fonction un intervalle de temps de 3 à 180 min. Donc cette figure représente l'effet temps de contact de l'adsorbat coloré FB et l'adsorbant GT.

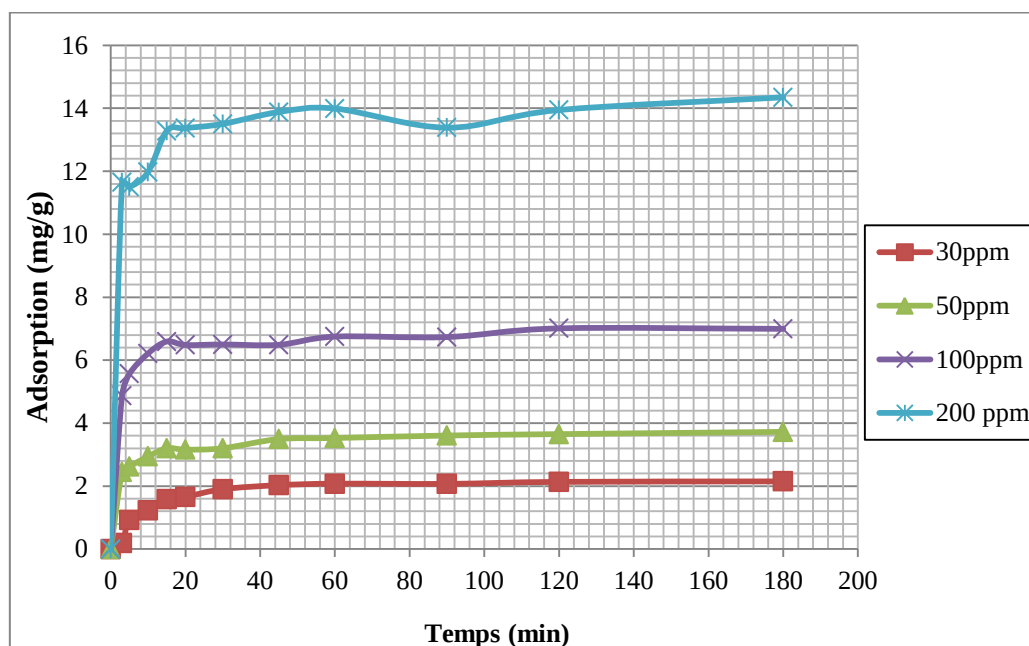


Figure III.4: Influence du temps de contact sur l'adsorption du FB

$m = 0.2 \text{ g}$ et $T = 25^\circ\text{C}$.

Les courbes de la figure III.4, montrent qu'il y'a une augmentation très rapide dans les premières minutes d'agitation ensuite elles se stabilisent après 20 min. ce qui veut dire que le nombre de sites actifs étant disponible à la surface de l'adsorbant jusqu' à un temps d'équilibre égale à 20 min pour toutes les concentrations initiales de FB.

III.2.4 Influence de concentration initiale

Pour déterminer l'influence de concentration initiale du polluant FB par l'adsorbant GT, nous avons suivi l'adsorption de FB pour différentes concentration initiales 15, 30, 50, 100 et 200 ppm à temps d'équilibre identifiés précédemment, les résultats obtenus lors de ces essais, sont présentés sur la figure III.5.

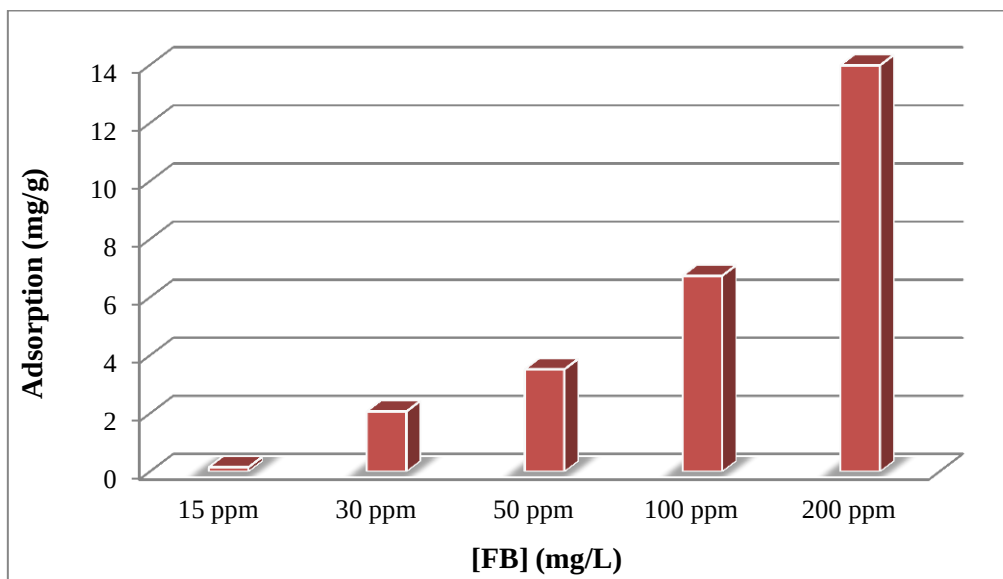


Figure III.5: Influence de la concentration initiale sur l'adsorption du FB
 $m = 0.2 \text{ g}$ et $T=25^{\circ}\text{C}$.

L'histogramme de la Figure III.5, montre que la quantité adsorbée de FB augmente avec l'augmentation de concentration initiale de FB.

III.2.5 Influence de température

Afin d'examiner l'influence de la température sur l'adsorption de FB. Cet effet est étudié à quatre températures 25, 35, 45, et 55°C en fixant le volume de la solution et la concentration initiale de FB. Le résultat trouvé est présenté dans la figure III.6.

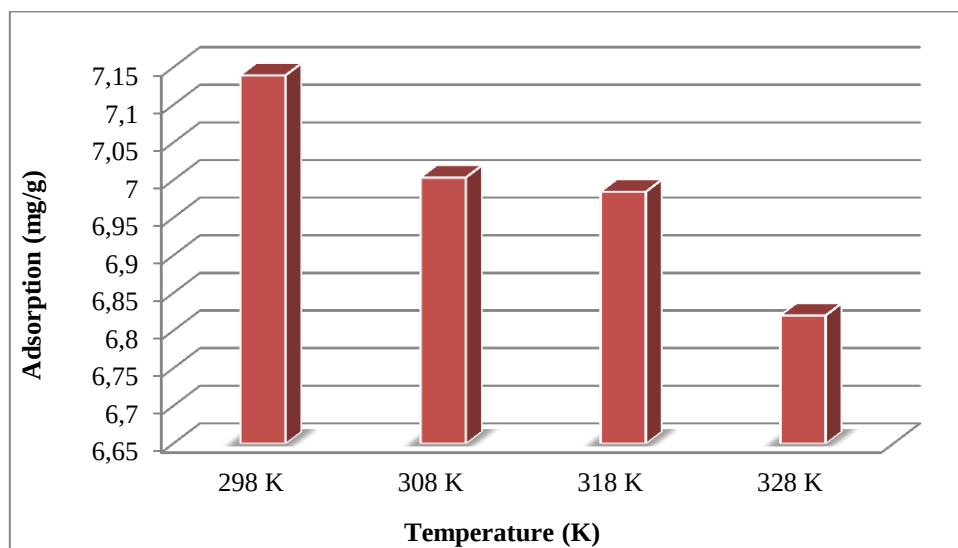


Figure III.6: Influence de la Température sur l'adsorption du FB
 $[\text{MO}] = 30 \text{ mg/L}$, temps de contact = 120 min, $m=0.2 \text{ g}$.

L'histogramme de la Figure III.6, montre que la quantité adsorbée de FB diminue avec l'augmentation de la température, On peut déduire que le taux d'élimination optimale du FB est à une température de 25 °C (298 K), On peut dire que ce processus d'adsorption est exothermique [31].

III.4 Etude cinétique

Cette étude nous a permis de déterminer l'ordre de cinétique, le modèle qui décrit bien cette cinétique d'adsorption de FB par GT, en se basant sur le temps nécessaire pour atteindre l'état d'équilibre et de déterminer les constantes de vitesse d'adsorption du FB.

III.4.1 Modèle de pseudo-premier ordre

Ce modèle a été proposé par Lagergren et exprimé par la relation suivante [32]:

$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

Avec:

q_e: Quantité de soluté adsorbée à l'équilibre en (mg/g) ;

q_t: Quantité de soluté adsorbée à l'instant en (mg/g) ;

k₁ : Constante de vitesse de premier ordre en (1/min) ;

Après intégration, l'équation s'écrit:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}(q_e) - k_1 t \quad (2)$$

L'application de ce modèle pour un système donné peut être vérifiée en examinant à linéarité de la droite obtenue en portant $\text{Log}(q_e - q_t)$ en fonction de t . L'ordonnée à l'origine et la pente de la droite permettent de calculer q_e et k_1 , respectivement.

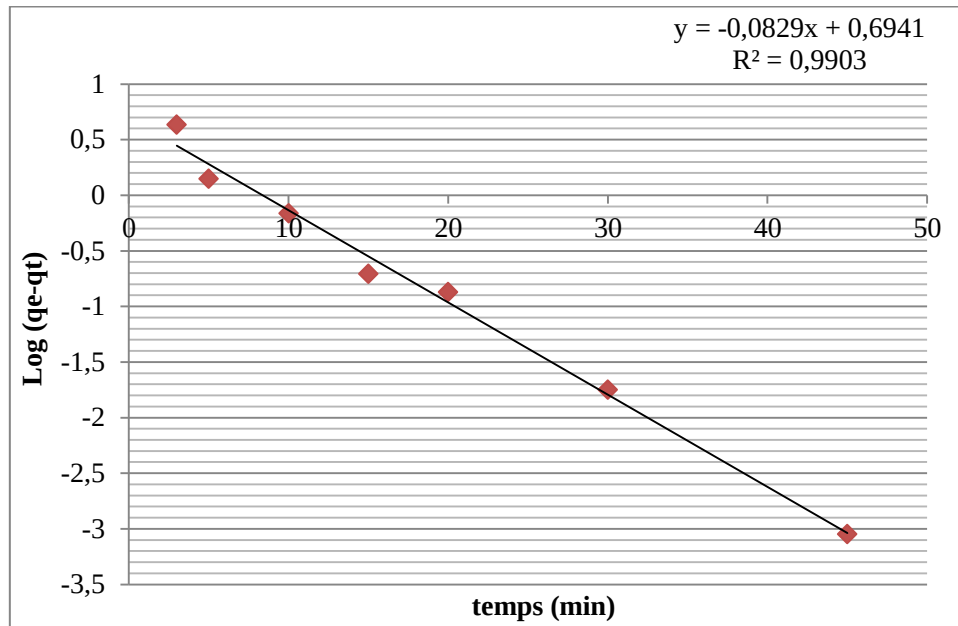


Figure III.6: Cinétique d'adsorption de FB
(à l'aide d'un modèle de pseudo- premier ordre) à 298 K

III.4.2 Modèle de pseudo-second ordre

Le modèle de pseudo-second ordre permet de caractériser la cinétique d'adsorption en prenant compte, à la fois, le cas d'une fixation rapide des solutés sur les sites les plus réactifs et celui d'une fixation lente sur les sites d'énergie faible [33]:

L'équation est écrite:

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

Avec:

k_2 : Constante de vitesse de second ordre (mg/ g. min).

Après l'intégration de cette équation (3):

$$t/q_t = 1/k_2 q_e^2 + t/q_e \quad (4)$$

La quantité adsorbée à l'équilibre q_e et K_2 peuvent être déterminées expérimentalement à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine de la fonction de $t/q_t = f(t)$:

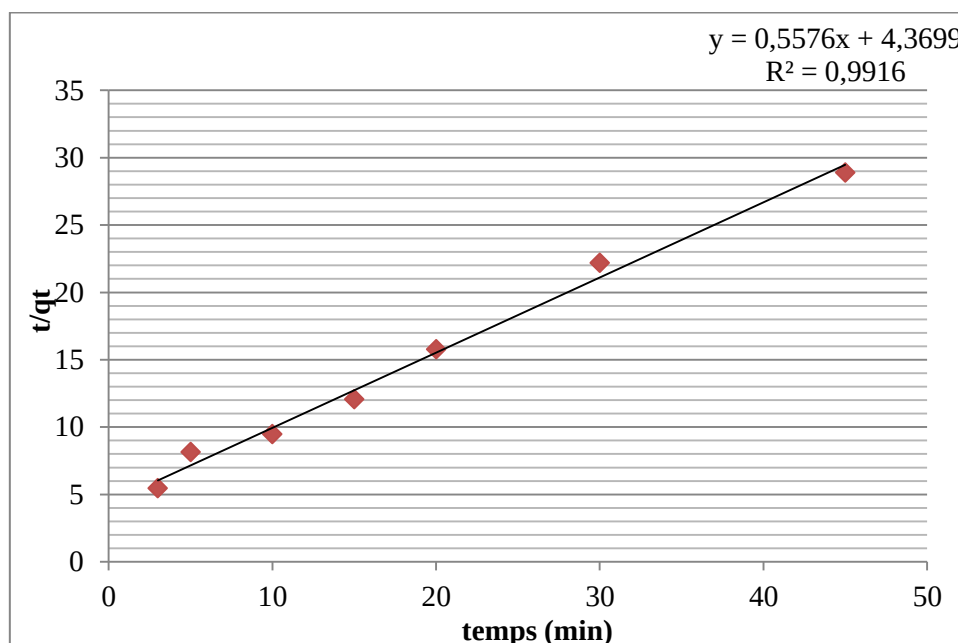


Figure III.7: Cinétique d'adsorption de FB
(à l'aide d'un modèle de pseudo-second ordre) à 298 K

Les figures (III.6) et (III.7), montrent une linéarité des différentes courbes obtenues, qui ont permis par la suite de calculer les différentes constantes cinétiques, qui sont rassemblés au tableau(III.1).

Tableau III.1: Paramètres cinétiques d'adsorption de FB à 298 K

	Exp.	Pseudo- premier ordre			Pseudo-second ordre		
C_0 (mg/L)	q_e (mg/g)	q_e (mg/g)	k_1 (1/min)	R^2	q_e (mg/g)	k_2 (g/mg min)	R^2
30	2.076	1.8867	0.0829	0.9903	1.793	0.0711	0.9916

D'après le tableau (III.1) du calcul des paramètres cinétiques, on remarque que le coefficient de corrélation calculé de pseudo-second ordre ($R^2 = 0.9916$) est supérieure à celui de pseudo-premier ordre ($R^2 = 0.9903$). Ces résultats indiquent que le modèle de pseudo-second ordre est le mieux adapté pour décrire bien la cinétique de l'adsorption de FB sur cet adsorbant.

III.5 Etude isothermique

Nous allons appliquer les deux modèles les plus couramment employés sont les modèles de Langmuir et Freundlich.

III.5.1 Isotherme de Freundlich

L'isotherme d'adsorption de Freundlich suppose que l'adsorption se produit sur une surface hétérogène par un mécanisme mono ou multicouche d'adsorption [34], et que la quantité adsorbée augmente avec la concentration d'équilibre selon l'équation suivante:

$$q_e = k_F C_e^{1/n} \quad (5)$$

Avec:

q_e : la quantité d'adsorbat adsorbée par masse d'unité d'adsorbant (mg/g);

k_F : est un paramètre lié essentiellement à la capacité d'adsorption maximale (mg/g (mg/L)ⁿ);

C_e : la concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre (mg/L);

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

On va transformer l'équation présidant en une droite on appliquant le logarithme comme la suivante:

$$\ln(q_e) = \ln(k_F) + 1/n \ln(C_e) \quad (6)$$

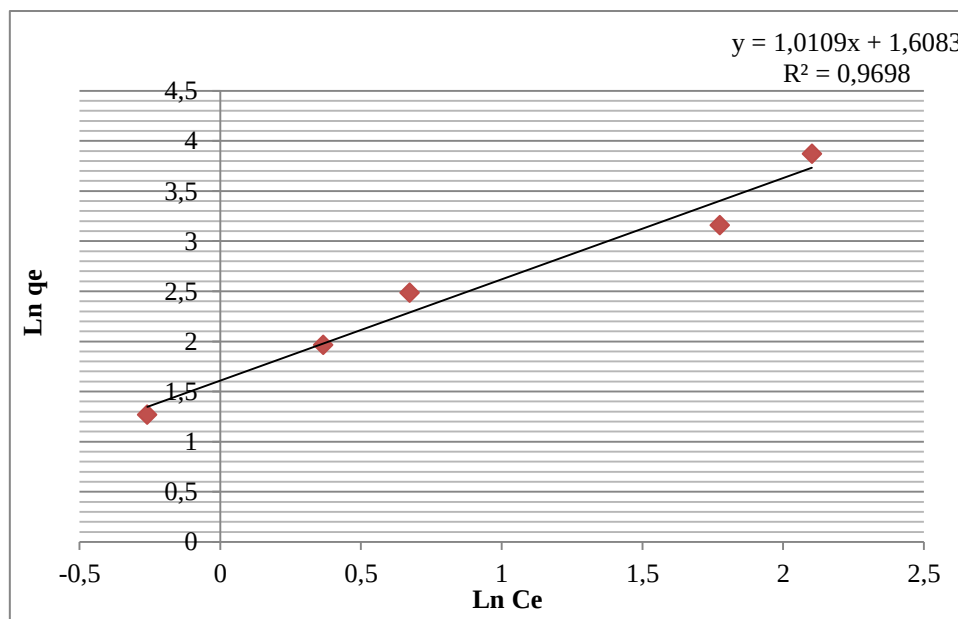


Figure III.8: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le Modèle de Freundlich a 298 K.

III.5.2 Isotherme de Langmuir

Les hypothèses émises par Langmuir pour établir sa relation ont les suivantes [35]:

- La molécule adsorbée est située sur un site bien défini sur l'adsorbant (adsorption localisée),
- Chaque site n'est susceptible de fixer qu'une molécule adsorbée,
- L'énergie d'adsorption de tous les sites est identique et indépendante de la présence de molécules adsorbées sur les sites voisins (surface homogène et pas d'interaction entre les molécules adsorbées).

Dans le cas d'une adsorption en mono couche, à l'équilibre nous avons la relation suivante [33]:

$$\frac{q_e}{q_t} = \frac{k_L C_e}{1 + k_L C_e} \quad (7)$$

Pour la détermination des paramètres de modèle Langmuir ont utilisé l'équation linéaire suivante (8):

$$1/q_e = 1/q_{\max} + 1/(k_L C_e \times q_{\max}) \quad (8)$$

Avec:

q_{max}: quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale d'adsorption (mg/g);

k_L: constante d'équilibre d'adsorption, dépendant de la température (L/mg).

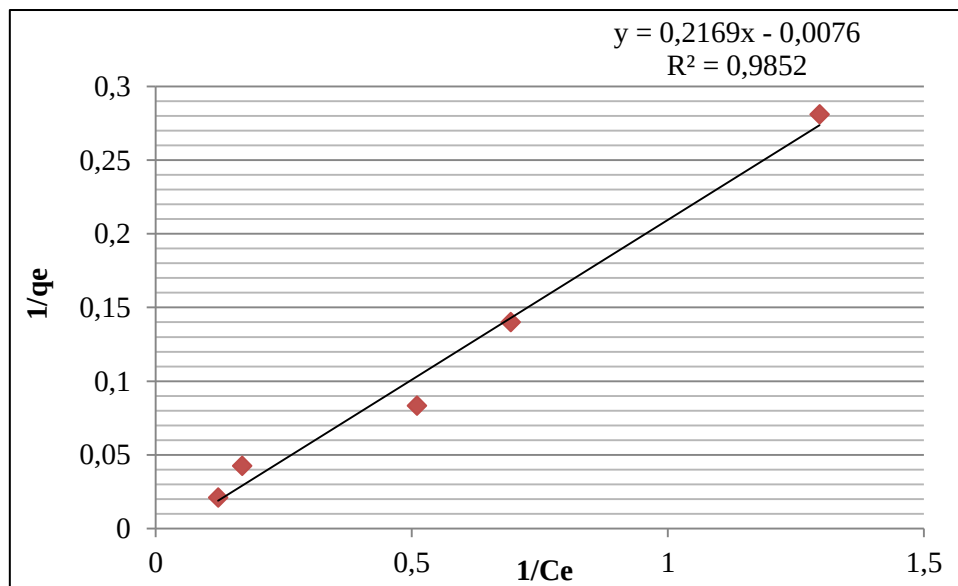


Figure III.9: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le Modèle de Langmuir a 298 K.

La linéarisation des figures (III.8) et (III.9) ont permis de calculer les différentes constantes des deux modèles, qui sont regroupés dans le tableau (III.2).

Tableau III. 2 : Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de FB à 298 K.

T (K)	Langmuir			Freundlich		
	q_m	K_L	R^2	$1/n$	K_F	R^2
298 K	131,57	0,03504	0.9852	1.0109	4.9943	0.9698

Le coefficient de corrélation R^2 pour les isothermes d'adsorption de Langmuir et Freundlich étaient 0.9852 et 0.9698 respectivement, indiquant que les données obtenues conviennent mieux au modèle d'adsorption Langmuir avec coefficient de corrélation $R^2 = 0.9852$, ce qui signifie que c'est une adsorption monocouche ayant une capacité d'adsorption maximale calculée de 131.57 mg/g.

III. 6 Etude comparative

Le résultat de cette étude, portant sur la capacité d'adsorption de FB sur graines de tournesol, a été ensuite comparé aux autres études utilisant le même adsorbant.

Le tableau III.3 regroupe quelques paramètres comparatifs d'adsorption tels que le q_{max} , le pH optimal et la nature de l'isotherme.

Tableau III. 3: Adsorption de FB sur les différents adsorbants.

Matériaux adsorbants	q_{max} (mg.g ⁻¹)	pH optimal	Isotherme	Références
Graines de tournesol	131,57	6	Langmuir	Cette étude
L'écorce de raisin	19.56	8	Langmuir	[36]
Charbon actif	24.63	5	Freundlich	[37]
Coque d'arachide	20.92	7	Freundlich	[38]
Argile purifié	68.49	8	Langmuir	[39]

Les valeurs données dans le tableau (III.3) montrent que l'adsorbant utilisé dans notre étude les graines de tournesol ont une meilleure capacité d'adsorption (**131.57 mg/g**) par rapport aux autres adsorbants ce qui donne un avantage économique et technique à leur utilisation en l'absence d'autres meilleurs adsorbants.

Conclusion générale

Parmi les techniques de traitement des polluants présents dans les eaux issues des activités industrielles pour protéger l'environnement, Nous avons, dans cette étude, utilisé la technique d'adsorption pour l'élimination du polluant qui est le colorant fuchsine basique en solution aqueuse par l'utilisation des graines de tournesol, où elle est considérée comme une plante locale largement disponible en Algérie.

Les résultats obtenus, nous a permis d'avancer les points suivants:

L'influence de la masse: l'augmentation de taux de l'adsorption jusqu'à un taux maximal a une masse optimale de 0.2 g.

L'influence du pH: l'étude montre que le taux d'élimination de FB est maximum à pH = 6.

L'influence du temps de contact et de la concentration initiale: la vitesse d'adsorption est rapide dans les premières minutes puis atteint un équilibre après 20 minutes d'agitation pour toutes les concentrations initiales.

L'influence de la température: la température influe sur ce processus d'adsorption, par une relation inversement proportionnelle du taux d'élimination de FB et de la température.

Etude cinétique : montre que la rétention est presque instantanée et le modèle de pseudo second ordre est le modèle qui contrôle la cinétique de cette adsorption avec $R^2 = 0.9916$.

Etude isothermique: l'isotherme trouvée est de type L, autrement dit une adsorption monocouche et les résultats sont bien décrits par l'isotherme de Langmuir avec une importante quantité d'adsorption maximales égale à 131.57 mg/g.

A travers l'étude comparative, on peut dire que l'adsorbant utilisé dans notre étude a une capacité d'adsorption plus favorable par rapport aux autres adsorbants.

On peut dire que les résultats de notre étude, est qualifiés d'importants notamment qu'ils mettent l'accent sur la valorisation des graines de tournesol dans le traitement des eaux usée et par conséquence la préservation de l'environnement.

Enfin, pour enrichir ce travail, on recommande:

- Caractérisation par différentes techniques d'analyses (analyse par microscopie optique, analyse par infrarouge, etc...).
- Utilisation de cet adsorbant pour l'élimination d'autres polluants organiques et inorganiques.
- Amélioration de la capacité de cet adsorbant par un traitement chimique.

Références bibliographiques

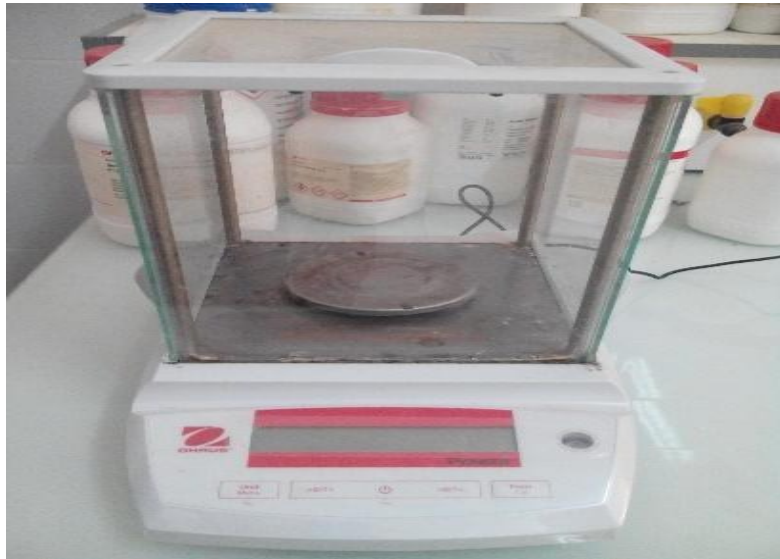
- [1] Benkhadra N., Kahoul S., (2018), Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau souterraine (Sources et Puits) collecté dans la région d'Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj (Doctoral dissertation).
- [2] Chima D., Lahreche L., (2021). Contribution à l'étude de la qualité des eaux du Barrage Hammam Grouz dans la Wilaya de Mila (Doctoral dissertation, University center of abdalhafid boussouf-Mila).
- [3] Rodier. J., (2005), L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduelles, Eau de mer, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris.
- [4] Demirbas A., (2009), Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solution, Journal of Hazardous Material, 167, 1-9.
- [5] Zollinger H., (1991), Color Chemistry. Synthesis Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments, 2nd Edition, VCH.
- [6] Bauer C.P., Jacques A., Kalt J., (2001), Photochem. Photobiol. A: chem. 140, .87-92.
- [7] Sehaïlia. K., Talbi F., (2019), Etude d'adsorption du Rouge Congo en phase aqueuse sur les feuilles de palmier, Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 4-19.
- [8] Chenini. H., « Etude de la dégradation par voie photochimique de polluant organique «ORANGEG» en milieu aqueux homogène et hétérogène», Thèse de doctorat, Université Mentouri-Constantine, 5-8.
- [9] Bouanimb N., (2014), Etude comparative de la dégradation photochimique et photo catalytique de quatre colorants: Impact de la structure chimique et corrélation entre l'adsorption et l'activité photo catalytique de TiO₂, Thèse de doctorat, Université Constantine 1, 7-17.
- [10] Guendouz S., (2014), Biosorption des colorants textiles, Ecarlate Solophényle BNLE et Vert Cibacron par la biomasse sèche de lentilles d'eau, thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar Annaba, 18.
- [11] Lamri N., (2010), Elimination du colorant orange II en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption, Magister en chimie, Université Mentouri de Constantine, 9-32.
- [12] Mansour H.B. et al. (2011), Les colorantes textiles sources de contamination de l'eau: CRIBLAGE de la toxicité et des méthodes de traitement, Revue des sciences de l'eau, Journal of Water Science, 24 (3), 209-238.

- [13] Little L.W. (1974), Chilling worth M.A., in Reports on selected dyes and their effect, Editor American Dye Manufacturers Institute, New York.
- [14] <https://fr.unionpedia.org/Fuchsine>.
- [15] Hofman A.W., (1862), Chimie organique. Recherches sur les matières colorantes dérivées de l'aniline, Comptes rendus hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences, Paris, t. 54, 428, 439.
- [16] <http://stainsfile.info/StainsFile/theory/accent.htm>.
- [17] Chavan. R.B., (2011), 16 environmentally friendly dyes A2 - Clark, M, in Handbook of Textile and Industrial Dyeing. Wood head Publishing, 515-561.
- [18] “Précipitation (chimique)–un aperçu/Sujets Science Direct” Science Direct. Récupéré 28/11/2020.
- [19] <https://stringfixer.com/fr/Precipitate>.
- [20] https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich9_6.htm.
- [21] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Photod%C3%A9gradation>
- [22] Swiatkowski A., Pakula M., (2004), Influence of the surface chemistry of modified activated carbon on its electrochemical behaviour in the presence of lead (II) ions, 42, 3057-3069.
- [23] Park B.Y., (2000), Crab shell for the removal of heavy metals from aqueous solution, Water Research. 36, 350-355.
- [24] Haddoum Z., Maouche O., (2015), « Adsorption de phénol sur les mésoporeux LaNiO₃/ SBA-15», Mémoire de master, Université de A. Mira, Bejaia, p.20.
- [25] Weber W.J., Vanvliet B.M., In: Activated carbon adsorption of organic from the aqueous phase, Ed. I.H. Suffet, M.J. Mc Guire1.
- [26] Giles C.H., Smith D., Huitson A.A., (1974), General treatment and classification of the solute adsorption isotherm I Theoretical, Journal of Colloid Interface Science, 47, 755-765.
- [27] Gourdon. R., (1997), Etude de l'adsorption-désorption de polluants organiques dans les sols, livre, 17- 21.
- [28] Yu B., Zhang., Y., Shukla A., Shyam S., Kenneth L., Dorris M., (2000), The removal of heavymetals from aqueous solution by sawdust adsorption – removal of copper, Journal of Hazardous Material, B80,33-42.
- [29] Jain A.K., Gupta V.K., Bhatnagar A., Suhas A., (2003), comparative study of adsorbents prepared from industrial wastes for removal of dyes, Separation Science and Technology, 38-59.

- [30] Boudaoud A., (2019), Etude de Pouvoir d'adsorption de Polluants dans les Eaux usées de la Zone Industrielle de Hassi R'mel par un Biomatériau Local, Thèse de Doctorat, Université de Laghouat, Algérie.
- [31] <https://www.annabac.com/revision-bac/absorbance-et-loi-de-beer-lambert>.
- [32] Aarfane A., Salhi M., El Krati S., Tahiri M., Monkade E., Lhadi K., Bensitel M., (2014), Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants Red195 et Bleu de méthylène en milieu aqueux sur les cendres volantes et les mâchefers (Kinetic and thermodynamic study of the adsorption of Red195 and Methylene blue dyes on fly ash and bottom ash in aqueous medium", Journal of Materials and Environmental Science, 5 (6), 1927-1939.
- [33] Bouanimba N., (2009), Modélisation et optimisation de la cinétique de dégradation photo catalytique de polluants organique en solution aqueuse, Mémoire de magister en chimie, Spécialité: Chimie physique et analytique, 74,75.
- [34] Freundlich H.W., (1939), The Adsorption of cis and trans-Azobenzene, Journal of the American Oil Chemists' Society, 61, 2228-2230.
- [35] Langmuir I., (1918), The Adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum, Journal of the American Oil Chemists' Society, 40, 1361-1402.
- [36] Sourd I.C., Baiaz .Z., (2020), Essai d'adsorption d'un polluant aqueux sur des déchets de raisin local, Mémoire de master en Génie des Procédés des Matériaux, Université Amar Thelidji-Laghouat.
- [37] Kifuani K.M., Anatole K.M., Noki P.V., Ilinga L.B., Ekoko B.G., Mbala M.B., et Muswema L.J., (2018), Adsorption d'un colorant basique, Bleu de Méthylène, en solution aqueuse, sur un bioadsorbant issue de déchets agricoles de Cucumeropsis mannii Naudin, International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12 (1), 558-575.
- [38] Benbrahim F., Bellil H., (2019), Adsorption d'un colorant de BM on solution aqueuse sur un bioadsorbant de déchet agricole, Mémoire de master en Génie des Procédés des Matériaux, Université Saida Moulay Tahar.
- [39] Karim A.B., et al. (2010), Élimination du colorant basique Bleu de Méthylène en solution aqueuse par l'argile de Safi., Revue des sciences de l'eau, Journal of Water Science, 23 (4), 375-388.

Annexes

Annexe 1: Balance analytique de précision.



Annexe 2 : Bain-marie à agitation.



Annexe 3 : Le pH-mètre.



Annexe 4: Solutions d'essai de l'effet de masse.



Annexe 5: Solutions d'essai de l'effet de pH.



عنوان المذكرة: المساهمة في دراسة امتزاز ملوث بواسطة مادة حيوية محلية

المؤطر: د. بوداود اسماء
مساعد المؤطر: قريط منيرة

الإسم: : العمارية
الإسم: سامية

اللقب: جمي
اللقب: خنتر

ملخص: يركز هذا العمل على دراسة الامتزاز من أجل التخلص من الملوثات الملونة من الماء باستخدام مادة حيوية نباتية محلية كمادة مازة. تم إجراء الدراسة باستخدام اختبارات تحسين المعلمات التجريبية المختلفة وكذا النمذجة المتساوية الحرارية والحركية ، حيث أظهرت النتائج أن إن متساوي الحرارة لنجمير هو النموذج الذي يمثل هذا الامتزاز على أفضل وجه مع قدرة امتزاز قصوى تبلغ 131.57 ميليغرام / غ ، ويصف نموذج الدرجة الثانية الزائف بشكل أفضل حركية هذا الامتزاز في ظل ظروف التشغيل المثلى.

كلمات مفتاحية: مادة حيوية، التلوث- الماء، الإمتزاز، الفوشين الأساسي .

Memory title: Contribution to the study of the adsorption of a pollutant by local biomaterial.

Name: Djemoui
Name: Khantar

First name: Elammara
First name: Samia

Directed by: Dr Boudaoud Asma
Co-Directed by: Guermit Mounira

Abstract : This work focuses on the study of adsorption for the elimination of colored pollutants from water using a local plant-based biomaterial as an adsorbent, The study was conducted using various optimization tests of operating parameters and kinetic and isothermal modeling, where the results show that the Langmuir isotherm is the model that best represents this adsorption with a maximum capacity of adsorption of 131.57 mg/g and the pseudo second order model better describes the kinetics of this adsorption under optimal operating conditions.

Key words: Biomaterial, Pollution, Water, Adsorption, Basic Fuchsin.

Titre du mémoire : Contribution à l'étude de l'adsorption d'un polluant par biomatériau local

Nom : Djemoui
Nom : Khantar

Prénom : Elammara
Prénom : Samia

Encadreur : Dr BOUDAUD Asma
Co-Encadreur : Mme GUERMIT Mounira

Résumé : Ce travail porte l'étude de l'adsorption pour l'élimination de polluant colorés des eaux en utilisant un biomatériau à base de plante locale comme adsorbant, L'étude est a été menée à l'aide de différents essais d'optimisation des paramètres opératoire et de modélisation cinétique et isothermique ,où les résultats montrent que l'isotherme Langmuir est le modèle qui représente mieux cette adsorption avec une capacité maximale d'adsorption de 131,57 mg/g et le modèle pseudo second ordre décrit mieux la cinétique de cette adsorption dans des conditions opératoire optimale.

Mots clés : Biomatériau, Pollution, Eau, Adsorption, Fuchsine Basique.