



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 : Gaoui Sarah

Dib Mebarka

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie Chimique

Thème

**Contribution à la valorisation d'un biomatériau
local d'origine végétale (*Luffa Cylindrica*)**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M. MERIGUI Khaled	MAA	Président
M. MECHRAOUI Omar	MCB	Examineur
M. Tounsi Aissa	MCB	Rapporteur
Mme. AD Chifaa	MCA	Co-rapporteur

Promotion : Juillet 2022

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions ALLAH qui nous a donné la Patience, le courage et la volonté pour réaliser ce mémoire.

*Nos remerciements les plus vifs s'adressent à notre encadreur **Dr. Tounsi Aissa** pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration de ce mémoire, pour ses encouragements, ses conseils, pour son aide, ses critiques et ses suggestions, et surtout pour sa patience dans la correction de ce travail.*

*Nous tenons aussi à présenter nos sincères remerciements à notre Co-encadreur **Dr. AD Chifaa** pour son aide, ses conseils directifs, et son suivi durant la réalisation de cette étude.*

*Nous remercions Monsieur le **Dr. Merigui Khalef** pour le grand honneur qu'il nous fait en présidant ce jury, toute notre gratitude et nos remerciements.*

*Nous remercions vivement **Dr. Mechraoui Omar** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce travail.*

Nous tenons également à remercier tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire et pour les conseils qu'ils nous ont donné. Nous voudrions remercier aussi les ingénieurs et les techniciens du laboratoire de Génie des Procédés à l'Université de Laghouat.

Finalement, Nous tenons également à remercier nos parents et les personnes qui nous ont encouragés et participés de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire. A vous tous, un grand Merci.

SARAH & MEBARKA

Dédicace

A mon très cher père Sayeh

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, la confiance, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain

Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé et bonheur, et te protège de tout mal

A matrès chère mère Aïcha

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement. Tu n'as pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé et bonheur, et te protège de tout mal

A mes chers frères

Noureddine, Djamel Eddine, Abderrahmane, Ahmed, Omar

A mes chères sœurs

Halima, Imane

A ma copine, binôme et ma sœur Sara

je vous dédie ce travail et je souhaite une vie pleine de santé, succès et de bonheur.

En fin, à toutes les personnes qui comptent pour moi, qui m'ont accompagné et soutenu. Et

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

Mebarka

Dédicace

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie cette mémoire de Master à :
A Ma tendre Mère Fatihā : Tu représentes pour moi la source de tendresse et
l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon
chemin dans leur vie et leurs études.*

*A Mon très cher Père Abdelrahmane : Aucune dédicace ne saurait exprimer
l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au
monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien
être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon
éducation et ma formation le long de ces années.*

A mes sœurs : "Khaouthar , Maria et Rahil."

A tous les membres de ma famille A mes très chère amies.

A mon binôme Mebarķa.

A tous les membres de ma promotion Génie Chimique 2022.

*En fin, à toutes les personnes qui comptent pour moi, qui ont intervenu dans ma
vie et qui m'ont accompagné et soutenu.*

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

SARAH



Sommaire





Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Liste des Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale01

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1. Introduction.....03

I.2. Appareillage et réactifs utilisés03

I.2.1. Appareillage03

I.2.2. Accessoires03

I.2.3. Réactifs utilisés04

I.3. Fiche technique sur les colorants04

I.3.1. La définition d'une colorant « Fuchsine basique FB »04

I.3.2. Caractéristiques physico-chimiques de la fuchsine basique.....05

I.4. Préparation des solutions et réactifs05

I.4.1. Préparation des solutions des réactifs05

I.4.2. Préparation de la solution mère d'adsorbat (FB)06

I.5. Préparation de l'adsorbant06

I.5.1. Luffa Cylindrica.....06

I.6. Analyse par spectrophotométrie UV-Visible.....07

I.7. Analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR).....09

I.8. Protocole d'essais d'adsorption10

I.8.1. Effet de la masse de l'adsorbant10



I.8.2. Effet du pH de la solution.....	11
I.8.3. Effet du temps de contact (cinétique)	11
I.8.4. Effet de la concentration du polluant	11
I.8.5. Effet de la force ionique	12
I.8.6. Effet de la Température.....	12
I.9. Mesure de la capacité d'adsorption	12
I.10. Détermination du rendement d'élimination du colorant	13

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Introduction	14
II.2. Spectroscopie Infra-Rouge	14
II.3. Elaboration de la courbe d'étalonnage de colorant	15
II.4. Optimisation des conditions opératoires	16
II.4.1. Effet de la masse d'adsorbant.....	16
II.4.2. Effet du pH de solution.....	17
II.4.3. Effet du temps de contact.....	18
II.4.4. Effet de la concentration du polluant.....	19
II.4.5. Effet de la force ionique.....	20
II.4.6. Effet de la température.....	20
II.5. Etude cinétique	21
II.5.1. Modèle de pseudo-premier ordre (Modèle de LAGECRGREN).....	21
II.5.2. Modèle de pseudo-second ordre.....	23
II.6. Etude isothermique	24
II.6.1. Isotherme de Freundlich	24
II.6.2. Isotherme de Langmuir	25
II.7. Etude comparative avec d'autres travaux antérieurs.....	27
Conclusion générale.....	29
Références bibliographiques	31
Annexe	34
Résumé	

Liste des abréviations

LC : *Luffa Cylindrica*

FB : Fuchsine basique

EUCA : Eucalyptus globulus

CARD : Cynara cardunculus

PRUN : Prunus cerasifera

A : Absorbance

Q : Capacité d'adsorption

Q_m : Capacité maximale d'adsorption

V : volume de la solution

m : masse d'adsorbant

C₀ : concentration initiale de l'adsorbat

C_e : concentration à l'équilibre de l'adsorbat

R(%) : Le taux d'élimination

T : Facteur de transmission

A : Absorbance ou densité optique

I : Intensité du faisceau émigrant

I₀ : Intensité du faisceau incident

C : Concentration massique du composé dosé

l : épaisseur de la cuve

k_L : Constante de l'équilibre thermodynamique d'adsorption

k_f : Constante de Freundlich

n : Coefficient de Freundlich

q_t : Quantité de soluté adsorbée à l'instant

q_e : Quantité adsorbée de soluté à l'équilibre

K₁ : Constante de vitesse de premier ordre

K₂ : Constante de vitesse de second ordre

R² : Coefficient de régression

UV : Ultra-violet

FTIR : Spectroscopie infrarouge

°C : Degré Celsius

pH : Potentiel d'hydrogène

t : Temps

T° : Température

K : Kelvin

nm : Nanomètre

tr/min : Tour par minute

ml : Millilitre

L : Litre

mg : Milligramme

g : Gramme

cm : Centimètre

mm : Millimètre

min : Minute

h : heure

Symboles Grecs

ϵ : Coefficient spécifique d'absorbance molaire

λ_{max} : Longueur d'onde maximale

Liste des figures

Figure	Titre	Page
--------	-------	------

Chapitre I: Matériels et méthodes

Figure I.1 :	La fuchsine basique.....	04
Figure I.2 :	<i>Luffa Cylandrica</i>	06
Figure I.3 :	Spectrophotomètre UV-Visible	08
Figure I.4 :	Spectre UV-visible de fuchsine basique.....	09

Chapitre II : Résultats et discussion

Figure II.1:	Spectre FTIR des <i>LC</i>	14
Figure II.2 :	Courbe d'étalonnage.....	15
Figure II.3:	Effet de la masse d'adsorbant sur l'adsorption du FB.....	16
Figure II.4:	Effet de pH sur l'adsorption du FB	17
Figure II.5 :	Effet du temps de contact sur l'adsorption du FB	18
Figure II.6:	Effet de la concentration sur l'adsorption du FB	19
Figure II.7:	Effet de la force ionique sur l'adsorption du FB.....	20
Figure II.8:	Effet de la température sur l'adsorption du FB.....	21
Figure II.9:	Modèle cinétique du pseudo-premier ordre pour l'adsorption de fuchsine basique sur le <i>Luffa Cylandrica</i>	22
Figure II.10:	Modèle cinétique du pseudo-second ordre pour l'adsorption de fuchsine basique sur le <i>Luffa Cylandrica</i>	23
Figure II.11:	Représentation linéaire de l'isotherme de Freundlich à l'adsorption de fuchsine basique sur le <i>Luffa Cylandrica</i>	25

Figure II.12: Représentation linéaire de l'isotherme de Langmuir à l'adsorption de fuchsine
basique sur le *Luffa Cylindrica*26

Liste des tableaux

Figure	Titre	Page
	Chapitre I: Matériels et méthodes	
Tableau I.1 :	Caractéristiques physico-chimiques de la fuchsine basique.....	05
	Chapitre II : Résultats et discussion	
Tableau II.1 :	Paramètres cinétiques d'adsorption de FB.....	24
Tableau II.2 :	Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de FB	27
Tableau II.3 :	La capacité d'adsorption du FB sur différents adsorbants.....	28

Introduction générale



L'eau est non seulement une ressource, elle est une source de vie [1], est utilisée pour des usages domestiques, industriels ou agricoles qui requièrent tous en abondance une eau de qualité. Mais au cours de ses diverses utilisations, l'eau est souvent polluée. Son rejet au milieu naturel sous forme d'effluents plus ou moins fortement pollués peut engendrer à court ou à long terme des conséquences graves, tant pour la santé et l'environnement. [2]

Pour cela, plusieurs procédés performants sont employés pour la dépollution des eaux [3]. Ces procédés sont des techniques ont été utilisées pour l'élimination de certains polluants. Elles sont différentes les unes par rapport aux autres comme l'adsorption, L'adsorption est l'une des techniques les plus adoptées pour cette élimination de polluants, à cause de sa grande capacité d'épurer les eaux contaminées. [4]

L'adsorption est un phénomène physico-chimique de transfert de matière d'un fluide vers la surface d'un solide. La substance qui se fixe est appelée adsorbat, le solide qui est le siège de l'adsorption est nommé adsorbant. Ce phénomène spontané provient de l'existence de forces non compensées à la surface de l'adsorbant. [5] Il se traduit en particulier par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles (gaz / solide ou liquide / solide). [6]

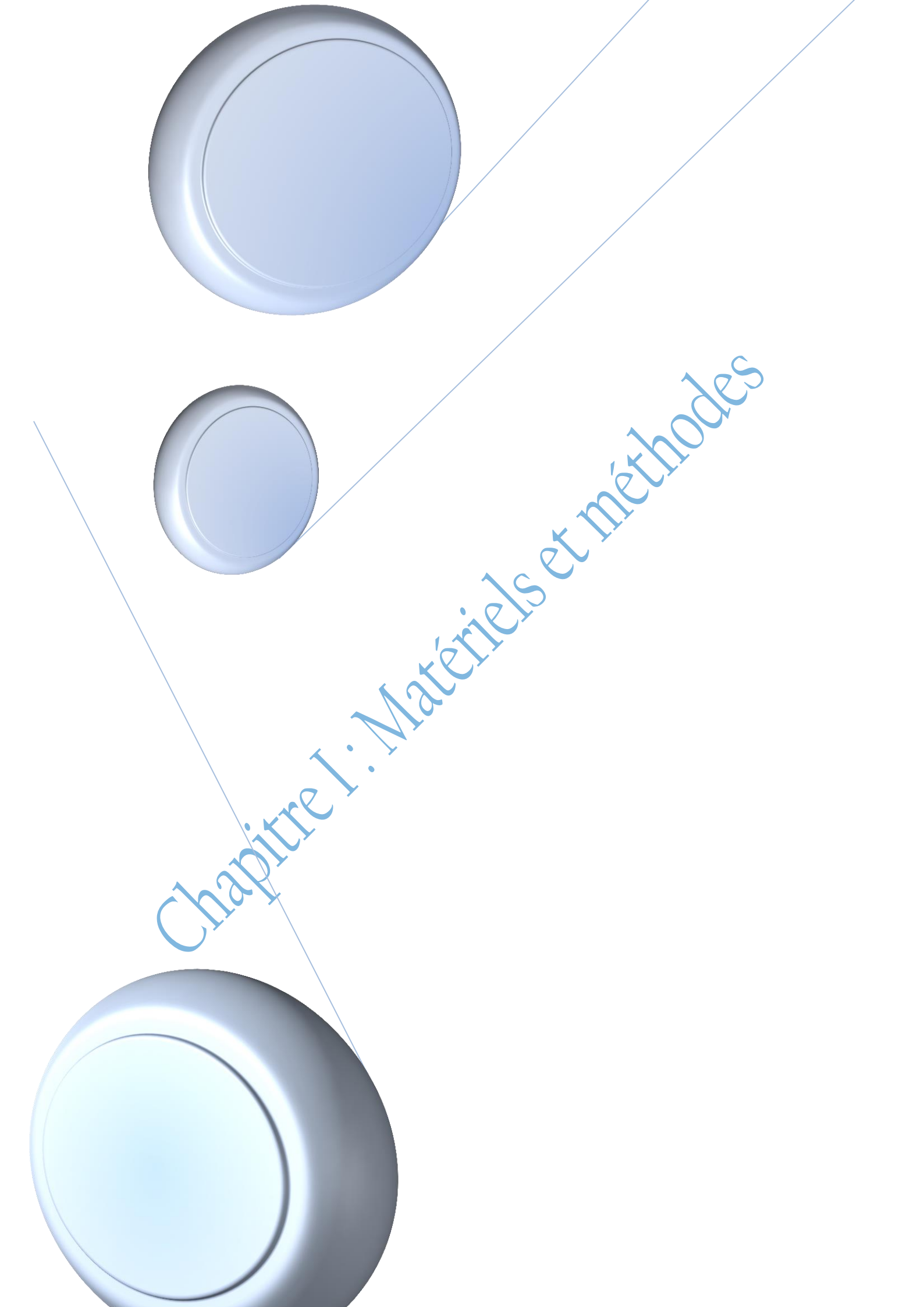
Le charbon actif est l'adsorbant le plus couramment utilisé mais reste très onéreux et nécessite en plus une régénération, constituant un facteur limitant. Ceci a donc encouragé des travaux de recherche en les orientant vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels moins coûteux et largement disponibles. En effet la performance et l'efficacité de cette technique d'adsorption dépend d'une façon prépondérante de la nature du support utilisé comme adsorbant, son coût, son abondance, sa régénération, etc. [4]

La présente étude s'inscrit dans cette perspective en essayant de tester des matériaux naturels, comme *Luffa Cylindrica*, afin l'élimination de colorant « Fuchsine basique » comme modèle de polluant, en solution aqueuse.

Ce mémoire est traité selon le plan suivant :

- ✓ Après une introduction générale.
- ✓ Le premier chapitre porte sur le matériel utilisé et les protocoles expérimentaux adoptés pour la réalisation pratique de ce travail.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des différents résultats expérimentaux obtenus ainsi que leur discussion.

La conclusion générale conclue les principaux résultats de ce travail ainsi les perspectives pour une meilleur prise en charge des problèmes de contamination.

The background features three blue spheres of varying sizes. One large sphere is at the top left, a medium-sized one is in the center, and another large sphere is at the bottom left. Two thin, light blue lines intersect diagonally across the page, forming an 'X' shape that passes behind the spheres and the text.

Chapitre I : Matériels et méthodes

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1. Introduction :

Ce chapitre expose la nature et les propriétés des matériaux et les réactifs utilisés, la procédure et le protocole expérimental concernant les tests de dépollution de l'eau contaminée par la fuchsine basique. Les méthodes d'analyse sont aussi détaillées.

I.2. Appareillage et réactifs utilisés :

I.2.1. Appareillage :

- ✓ Agitateur magnétique.
- ✓ Bain-marie agité.
- ✓ pH-mètre.
- ✓ Spectrophotomètre UV-visible.
- ✓ Balance analytique.
- ✓ Etuve.
- ✓ Tamiseur électrique.
- ✓ Broyeur électrique.
- ✓ Micropipette.

I.2.2. Accessoires

- ✓ Bêchers de capacité 150 ml, 250 ml.
- ✓ Eprouvettes de capacité 50 ml, 100 ml.
- ✓ Fioles jaugées de capacité 50ml, 100ml, 500 ml, 1000 ml.
- ✓ Entonnoir.
- ✓ Papier filtre.
- ✓ Tube à essai de 5 ml avec support.
- ✓ Flacon 50 ml, 100 ml.
- ✓ Les barreaux.
- ✓ Les cuves.
- ✓ Embouts bleu et jaune.
- ✓ Spatule.
- ✓ Verre de montre.
- ✓ Pissette d'eau distillée.

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.2.3. Réactifs utilisés :

- ✓ Fuchsine basique (FB).
- ✓ Eau distillé.
- ✓ Hydroxyde de sodium NaOH (0.1M) ($M = 40 \text{ g/mol}$, pureté : 98%).
- ✓ Acide sulfurique H_2SO_4 (0.1M) ($M = 98.08 \text{ g/mol}$, densité = 1.84, pureté = 98%).
- ✓ Chlorure de sodium NaCl ($M = 58.44 \text{ g/mol}$, densité = 2.16).

I.3. Fiche technique sur les colorants :

I.3.1. La définition d'une colorant « Fuchsine basique FB »:

Aperçu sur la colorante fuchsine basique, nous avons choisi dans le présent travail comme modèle d'étude, La fuchsine basique est un colorant organique qui constitue une source de contamination de l'environnement aquatique, et la fuchsine est un colorant rouge violacé, ce produit intervient dans la coloration de Gram, mais aussi dans les milieux de culture bactériens. Dans les autres domaines, la fuchsine est aussi utilisée pour faire des tracés à la peau aussi appelés « tatouages » persistants notamment en radiothérapie externe.

Il est très peu décomposé par la lumière solaire. Donc, il est important de trouver des méthodes plus efficaces pour traiter les eaux polluées par ce colorant. [7]



Figure I.1 : la fuchsine basique

Chapitre I : Matériels et méthodes

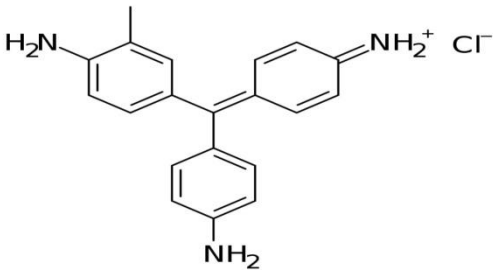
I.3.2. Caractéristiques physico-chimiques de la fuchsine basique :

Le choix du colorant étudié répond aux critères suivants:

- Solubilité élevée dans l'eau.
- Analyse par spectrophotomètre UV/visible.
- Modèle de structure cationique.
- Tension de vapeur faible.

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

Tableau I.1 : Caractéristiques physico-chimiques de la fuchsine basique. [7]

Propriétés chimiques	Structure	
	Formule brute	$C_{20}H_{20}ClN_3$
	Masse molaire	337,846 g/mol
Propriétés Physiques	T° fusion	235 °C (décomposition)
	Solubilité	2650 mg·L ⁻¹ d'eau à 25°C

I.4. Préparation des solutions et réactifs :

I.4.1. Préparation des solutions des réactifs :

- **Préparation de la solution d'acide sulfurique H_2SO_4 :**

Pour préparer cette solution de H_2SO_4 (0.1M), on prend 0.3ml de H_2SO_4 concentré dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution a été préparée pour l'ajustement du pH.

Chapitre I : Matériels et méthodes

➤ Préparation de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH:

Pour préparer la solution de NaOH (0.1M), on pèse 0.4g de NaOH qu'on dissout dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est préparée aussi pour ajuster le pH.

➤ Préparation des solutions de chlorure de sodium NaCl :

Pour préparer la solution de NaCl (10 g/l, 30 g/l et 50 g/l), on pèse (1,3 et 5g) successivement de NaCl qu'on dissout dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est préparée pour ajuster la force ionique.

I.4.2. Préparation de la solution mère d'adsorbat (FB):

Nous pesons 0,25 g de FB, et la diluer dans un peu d'eau distillée, et agitons pendant 10 minutes afin de bien mélanger. Le mélange est mis dans une fiole de 250 ml et ajoutons de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge puis agiter pendant 20 minutes afin de bien dissoudre pour obtenir une solution de FB de concentration $C_0 = 1000 \text{ mg/l}$.

I.5. Préparation de l'adsorbant :

- La plante étudiée, qui joue le rôle d'adsorbant dans cette étude.

I.5.1. *Luffa Cylindrica* :

La *Luffa Cylindrica* (syn *Luffa Aegyptiaca*) couramment appelée sponge gourd, smoothLoffa, loofah sponge, fait partie de la famille des cucurbitacées. C'est une vigne courante avec les feuilles arrondies et les fleurs jaunes. C'est une plante herbacée.

La couleur du fruit de *Luffa Cylindrica* à l'étape tendre est verte et jaune à la maturité. Les fruits sont lisses et cylindriques avec une chair blanche. La longueur du fruit est de 30 à 40 cm et contient de 50 à 60 graines [8], nous l'utilisons dans ce travail comme adsorbant pour nettoyer l'eau contaminée par la fuchsine basique.



Figure I.2 : *Luffa Cylindrica*

Chapitre I : Matériels et méthodes

- Avant d'utiliser le biosorbant (sans traitement) plusieurs étapes ont été suivies :
 - **Lavage :**

Nous coupons le *Luffa* en petits morceaux, puis nous mettons un *Luffa Cylindrica* à l'intérieur d'un pot rempli d'eau distillée sur le feu pendant 30 minutes.
 - **Séchage :**

Après lavage des échantillons, un séchage a été effectué à l'air libre pendant quelques jours afin d'éliminer toute trace d'humidité. Ensuite, nous séchons les morceaux de *Luffa* dans une étuve à une température de 105°C pendant 24 heures.
 - **Broyage :**

Le broyage a été réalisé à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir des matériaux homogènes pour le besoin des études de laboratoire, donnant des grains de petite taille.

Pour avoir des grains de dimensions bien déterminées, il est nécessaire d'effectuer un tamisage.
 - **Tamisage :**

Les particules utilisées pour les essais d'adsorption ont été isolées mécaniquement au moyen d'un tamiseur dont la dimension des mailles correspond à un diamètre inférieur ou égal à 0.325 mm. On a tamisé les particules de *Luffa* moulues dans un tamis électrique de diamètre inférieur ou égal à 0,325 mm.

I.6. Analyse par spectrophotométrie UV-Visible :

La spectroscopie d'absorption dans l'UV - visible est une méthode très commune dans les laboratoires. Elle est basée sur la propriété des molécules d'absorber des radiations lumineuses de longueur d'onde déterminée [9]. Cette analyse est largement utilisée pour la caractérisation des colorants.

Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques. Les longueurs d'onde maximales sont obtenues directement par balayage automatique entre 200 et 800 nm. Des cuves en quartz de 1cm de trajet optique sont utilisées. [10]

La technique de spectrophotométrie est basée sur la matière, et plus particulièrement de certaines molécules, d'absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle

Chapitre I : Matériels et méthodes

permet de réaliser des dosages grâce à la loi de Beer-Lambert qui montre une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration, aussi bien qu'une étude structurale des complexes par l'étude des spectres d'adsorption. [11]



Figure I.3 : Spectrophotométrie UV-Visible

a) La loi de Beer-Lambert :

Soit un faisceau de lumière monochromatique traversant une épaisseur l de solution d'un corps adsorbant. Soit I_0 la puissance rayonnante à l'entrée de la solution et I la puissance rayonnante à la sortie, (C) la concentration du corps absorbant et (l) l'épaisseur de la cuve. [12]

La loi de Beer-Lambert s'exprime sous la forme suivante :

$$A = \log (I_0/I) = \log (1/T) = \epsilon \times C \times l$$

(Eq.I.1)

Avec :

T : Facteur de transmission ou transmittance.

A : Absorbance ou densité optique.

I : Intensité du faisceau émis.

I_0 : Intensité du faisceau incident.

Chapitre I : Matériels et méthodes

C : Concentration massique du composé dosé (g/l).

ϵ : Coefficient spécifique d'absorbance molaire ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$).

l : Epaisseur de la cuve (cm).

b) Détermination du λ_{max} :

Pour connaître la longueur d'onde maximale (λ_{max}) du FB, on a effectué un balayage du spectre tout en lisant les absorbances d'une solution aqueuse de FB concentration 3mg/l, le spectre d'absorption en UV-visible du FB a été obtenu par un balayage spectral, entre (200-800 nm), et l'analyse a donc été faite à $\lambda_{max} = 543 \text{ nm}$, a cette valeur de longueur d'onde, l'absorption est maximale.

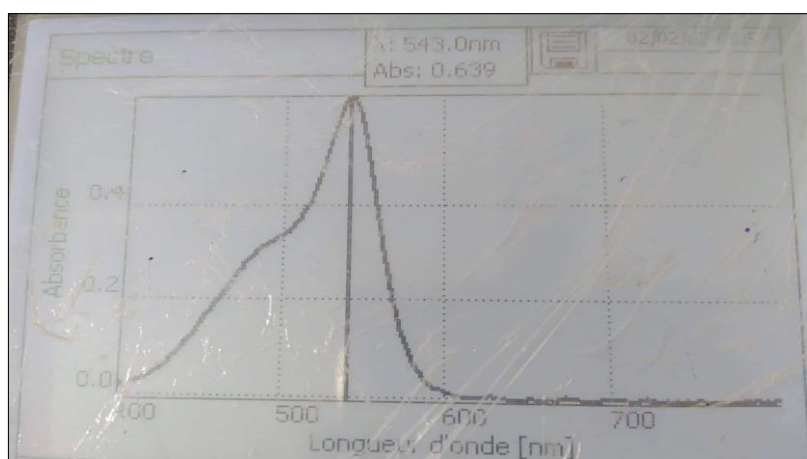


Figure I.4 : Spectre UV-visible de fuchsine basique

I.7. Analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR) :

La spectroscopie infrarouge (FTIR) est une méthode d'analyse physico-chimique qui sonde les liaisons entre les noyaux atomiques et leurs arrangements. [13]

La spectrométrie infrarouge (IR) fournit une solution rapide à l'identification d'un composé organique. Il suffit de vérifier l'identité de chacune des bandes du spectre de référence et du spectre du produit étudié, tracés dans les mêmes conditions d'échantillonnage. Elle s'utilise principalement pour l'analyse qualitative d'une molécule. Elle permet de mettre en évidence la présence d'une liaison particulière. Chaque liaison d'une molécule vibre en permanence à une fréquence qui dépend :

Chapitre I : Matériels et méthodes

- Du type d'atomes de la liaison.
- Du type de la liaison.

Seules les vibrations qui font varier le moment dipolaire de la molécule absorbent les radiations infrarouges (400-4000 cm). Cette technique peut donner des informations sur la nature, la réactivité et l'arrangement des groupes fonctionnels de surface. C'est donc un excellent moyen de détection des composés organiques et des structures minérales. [14]

❖ Principe :

Un faisceau de lumière IR traverse l'échantillon à analyser, la lumière transmise par la cellule qui le contient est dispersée par un prisme ou réseau, qui est l'élément essentiel du monochromateur. Grâce à un détecteur qui transforme le rayonnement en signal électrique, il est ensuite amplifié à l'aide d'un amplificateur. Le spectre IR peut être obtenu à partir d'une substance quelle que soit sa nature physique. Comme c'est souvent le cas, l'échelle de la transmittance, en ordonnée, est linéaire. Le nombre d'onde exprimé en cm^{-1} est porté en abscisse selon une échelle, elle aussi, linéaire. La plupart des appareils modernes sont contrôlés par un ordinateur dont le logiciel polyvalent. [15]

I.8. Protocole d'essais d'adsorption :

I.8.1. Effet de la masse de l'adsorbant :

La masse de l'absorbant est l'un des facteurs affectant sur l'adsorption qui peuvent aider à déterminer le cout du procédé. Nous avons appliqué la procédure suivante :

Un volume de 50ml de solution aqueuse de colorant (FB) de concentration connue (100 mg/l) ont été mélangé et agité respectivement avec (0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 1.5 g) d'adsorbant (LC) dans des flacons.

L'agitation est assurée durant 2h à une température de 25°C et à vitesse de 150tr/min. Lorsque le processus de l'agitation est terminé, nous filtrons chaque solution à part avec du papier filtre et en utilisant l'entonnoir, puis les filtrats des différentes solutions sont analysés par spectrophotométrie UV- visible à la longueur d'onde 543 nm.

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.8.2. Effet du pH de la solution :

Le pH joue un rôle important dans le processus d'adsorption, c'est pourquoi une variation de pH dans la gamme (2, 4, 6, 7, 8, 10) a été effectuée pour connaître l'influence du pH de la solution sur l'adsorption de FB.

Pour ce faire, le protocole suivant a été appliqué :

Dans une série de flacons, 50 ml de solution de colorant de concentration de 100 mg/l. L'ajustement du pH est effectué en ajoutant soit quelques gouttes d'acide sulfurique H_2SO_4 (0,1M) ou d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1M) ont été introduites afin de leur imposer des pH appropriés pour des milieux acide ou basique, puis nous avons ajouté 0.5 g de la plante dans tous les flacons, puis nous les avons bien mélangés et nous les avons mis dans le mélangeur pendant 2 h, à température ambiante. Après l'agitation et la filtration, les solutions obtenues sont analysées directement par spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde appropriée de FB, $\lambda_{max} = 543 \text{ nm}$.

I.8.3. Effet du temps de contact (cinétique) :

Nous avons préparé trois béchers en verre de 250 ml, contenant tous les mêmes quantités de *Luffa Cylindrica* de 0,5g aux quelles sont ajoutés séparément les mêmes volumes de la solution du colorant (FB) $V=100 \text{ ml}$ de concentrations différents : 50mg/l, 75mg/l, 100mg/l. Les béchers sont ensuite placés sur un agitateur magnétique sous agitation à la température ambiante. On met les trois béchers sous agitation pendant respectivement : 0 min; 5 min; 10 min ; 15 min ; 20 min ; 25min; 30min ; 40min ; 50min ; 60min ; 90min ; 120min ; 150min et 180min pour chaque bécher à part.

Après filtration, les solutions obtenues sont analysées directement par spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde appropriée de FB, $\lambda_{max} = 543 \text{ nm}$.

I.8.4. Effet de la concentration du polluant:

Les essais ont été réalisés par agitation de 50 ml de solutions de colorant (FB) à des concentrations différentes (40, 75, 100, 150 et 200 mg/l), avec une masse de *Luffa Cylindrica* de 0.5g sous une agitation constante de 150 tr/min, pendant 2h, à température ambiante.

Après filtration, les solutions obtenues sont analysées directement par spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde ($\lambda_{max} = 543 \text{ nm}$).

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.8.5. Effet de la force ionique :

Les eaux industrielles et naturelles contiennent beaucoup des sels qui ont un effet sur l'adsorption des colorants, donc il est très important d'évaluer l'effet de la force ionique sur l'adsorption. [16]

Dans cette étude, nous préparons 3 flacons et mettons dans chaque flacon 50 ml de solution de colorant FB avec une concentration de 100 mg/l, après en ajoute de 50 ml de solution aqueuse de chlorure de sodium (NaCl) respectivement : (10 g/l, 30 g/l et 50 g/l), et on met 1g d'adsorbant dans chaque flacon, maintenues en agitation pendant 2h à une température ambiante.

I.8.6. Effet de la Température :

Dans le but d'examiner l'effet de la température sur l'adsorption de fuchsine basique, nous avons mélangé une masse de 0,5g de *Luffa Cylindrica* avec différentes concentrations (50, 75, 100, 150, 200 mg/l) de volume de 100 ml de fuchsine basique. L'adsorption a déroulé à des températures variées: 25°C, 35°C, 45 °C et 55°C, vitesse d'agitation de l'ordre de 150tr/min pendant 1h. L'adsorption est effectuée à pH naturel de solution.

I.9. Mesure de la capacité d'adsorption :

La capacité d'adsorption est exprimée par la relation suivante: [10]

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \quad (\text{Eq.I.2})$$

Sachant que :

Q : Quantité adsorbée (mg/g).

V:Volume de la solution (L).

m: Masse d'adsorbant (g).

C₀: Concentration initiale de l'adsorbat à t=0 (mg/l).

C_e: Concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg/l).

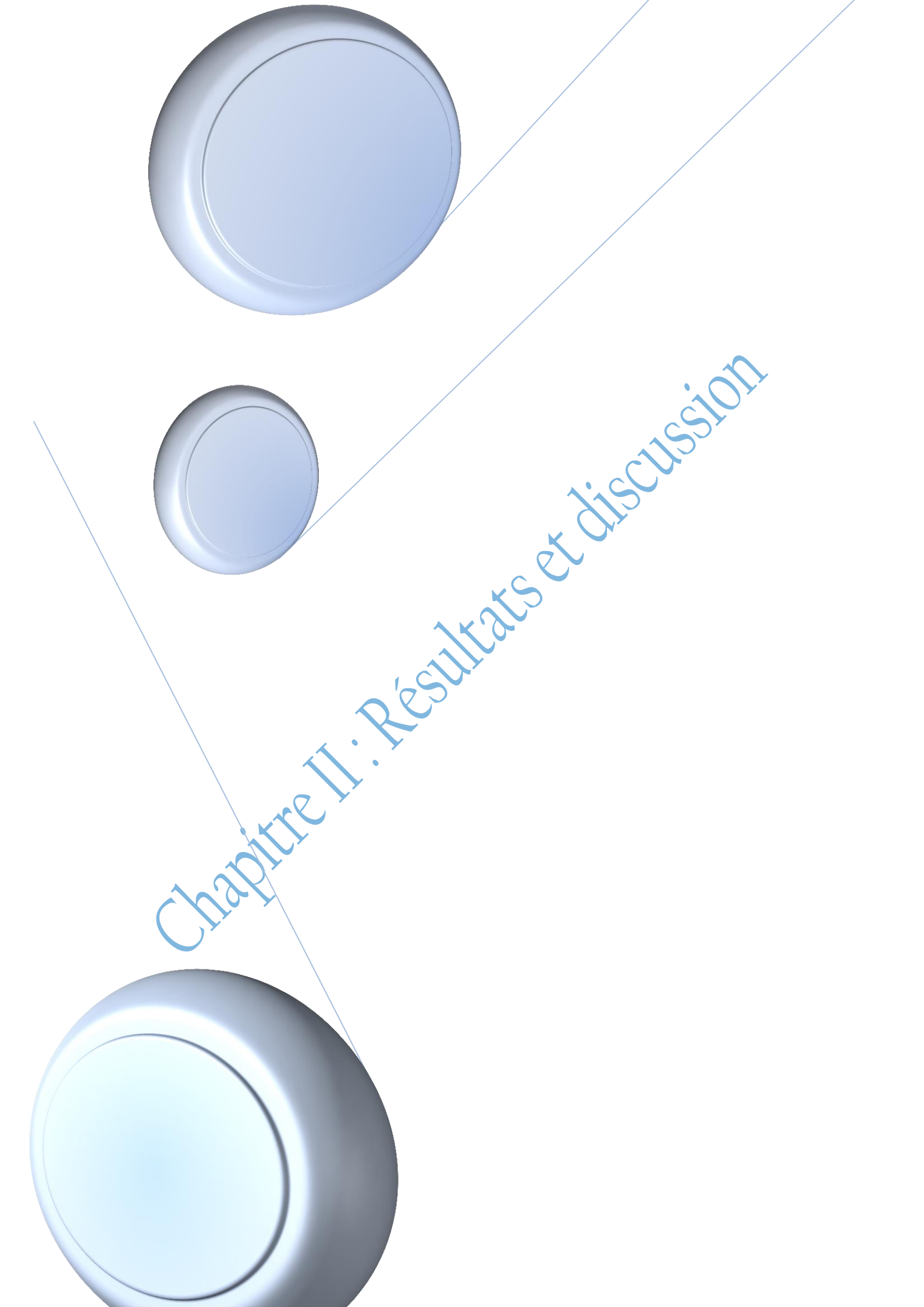
I.10. Détermination du rendement d'élimination du colorant :

Le taux d'élimination R(%), est exprimé par la relation suivante:

$$R \% = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad (\text{Eq.I.3})$$

C_0 : Concentration initiale de l'adsorbat (mg/l).

C_e : Concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg/l).

The background features three blue spheres of varying sizes. One large sphere is at the top left, a medium-sized one is in the middle left, and another large sphere is at the bottom left. Two thin, light blue lines intersect diagonally across the page, one running from the top right towards the bottom left, and the other from the top left towards the bottom right.

Chapitre II : Résultats et discussion

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Introduction :

Ce chapitre a pour objectif de montrer et d'interpréter les résultats expérimentaux. En effet, comme mentionné auparavant, le programme expérimental réalisé a considéré l'étude de l'adsorption du FB sur le *Luffa Cylindrica*.

Tout d'abord dans cette partie on va étudier une caractérisation nécessaire de *Luffa Cylindrica* pour une identification FB, par les techniques IR, et Pour une étude expérimentale a été menée considérant l'influence de quelques paramètres (effet de masse, pH, temps de contact, effet de concentration, la température et la force ionique) sur la capacité d'adsorption de LC, la détermination de la nature de l'isotherme d'adsorption ainsi que la détermination de la cinétique d'adsorption.

II.2. Spectroscopie Infra-Rouge :

Le spectre Infra-Rouge à Transformé de Fourier (FTIR) des LC est présenté dans la Figure II.1.

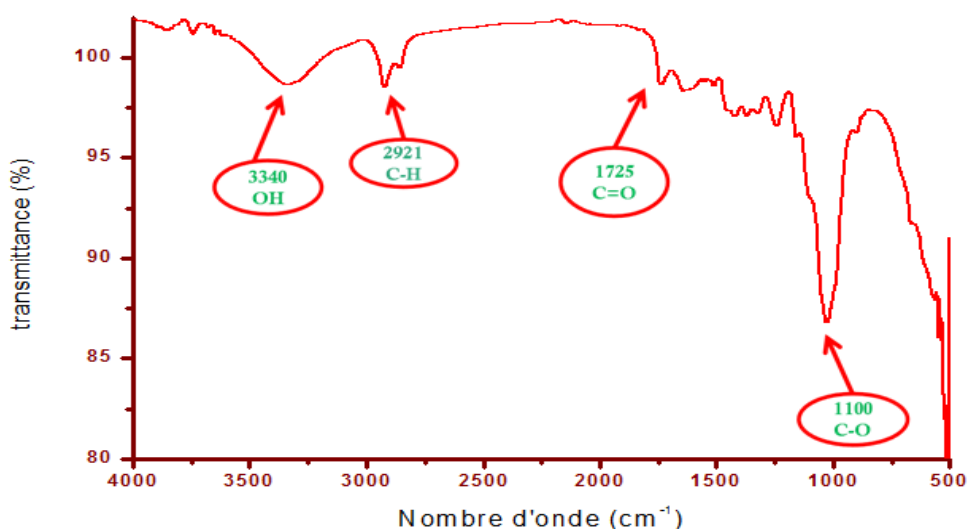


Figure II.1: Spectre FTIR des LC

Chapitre II : Résultats et discussion

Le spectre (**Figure II.1**) permettent de dire que :

- Une bande large dans la région $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ qui est assignée à la vibration d'élongation (stretching) des groupements hydroxyles OH (phénols ou alcools) ou liée aux groupements amines (NH).
- La bande à 2910 cm^{-1} caractérise généralement les vibrations d'élongation C-H aliphatiques (vibration d'élongation de la cellulose et hémicellulose).
- La bande apparaissant sur le spectre de *LC* à 1728 cm^{-1} a été attribuée aux groupements C=O des acides carboxyliques du groupe acétate (COO^-) ou cétone ou aldéhyde ou lactone.
- Le pic à 1050 cm^{-1} est dû aux vibrations de valence C-O.

En conclusion ce spectre confirme davantage avec l'analyse chimique des oxydes de surface, l'état des fonctions de surface du matériau étudié.

II.3. Elaboration de la courbe d'étalonnage de colorant :

La courbe d'étalonnage du FB a été obtenu en mesurant l'absorbance (*A*) de la solution de fuchsine basique diluées à concentration comprise entre 1 et 6 mg/l, à la longueur $\lambda_{\text{max}} = 543\text{nm}$. Après avoir effectué le travail expérimental nécessaire pour établir la courbe d'étalonnage. Les résultats d'absorbance trouvé permettent de tracer cette courbe d'étalonnage du FB.

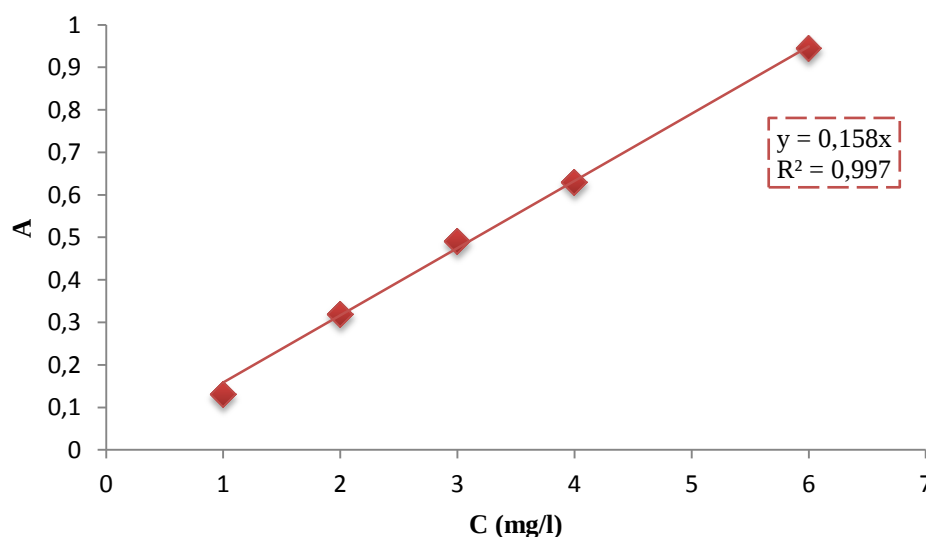


Figure II.2 : Courbe d'étalonnage

Chapitre II : Résultats et discussion

La **Figure II.2** montre une équation de la droite donnant l'absorbance (A) en fonction de la concentration de la fuchsine basique est : $A = 0.158 \times C$.

Avec un coefficient de régression ($R^2 = 0,997$) ce qui peut être considéré comme un bon ajustement linéaire. Cette équation est utilisée pour calculer la concentration d'une solution inconnue de la fuchsine basique.

II.4. Optimisation des conditions opératoires :

II.4.1. Effet de la masse d'adsorbant :

La masse de l'adsorbant est un facteur important dans le processus d'adsorption pour l'optimisation de la masse du *Luffa Cylindrica* utilisée, on a introduit différentes masses (0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1 et 1.5 g) de ce LC dans les conditions expérimentales suivantes : Concentration de 100 mg/l, l'agitation est assurée durant 2h, à une vitesse de 150tr/min, dans une solution d'un volume de 50 ml et à une température ambiante.

Les résultats sont représentés par la **Figure II.3** suivant :

- « Les quantités adsorbées sont calculées par l'équation I.2 mentionnée au chapitre I ».

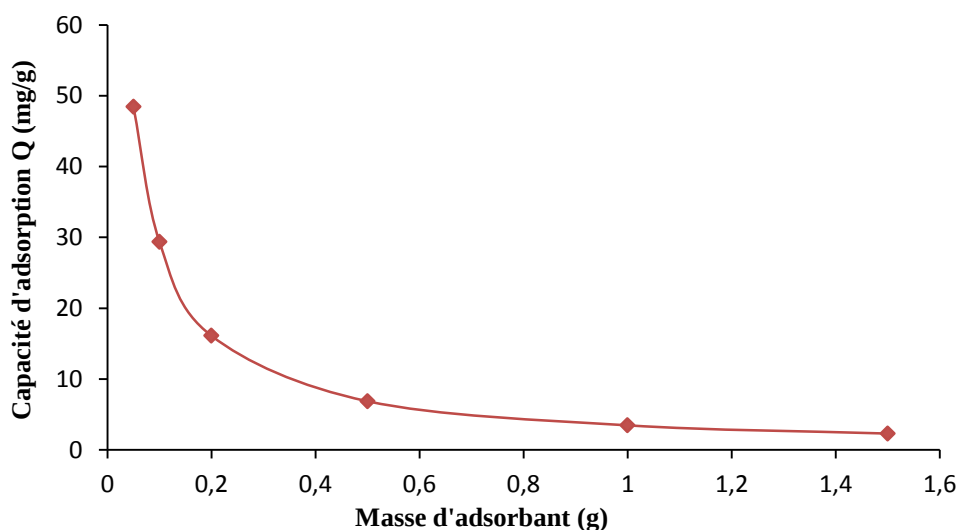


Figure II.3: Effet de la masse d'adsorbant sur l'adsorption du FB dans les conditions :
[FB]= 100mg/l, t= 2h, T= 25°C

Selon la **Figure II.3**, on peut observer que la capacité d'adsorption diminue jusqu'à l'équilibre, ce qui signifie qu'avec l'augmentation de la masse de l'absorbant, la capacité

Chapitre II : Résultats et discussion

d'adsorption diminue. Dans ce cas qui permet déduire que la biosorbant de FB par des *Luffa Cylindrica* est la masse optimale $m = 0.05g$.

II.4.2. Effet du pH de solution :

Le pH d'une solution est un paramètre important à ne pas négliger au cours de l'étude des phénomènes d'adsorption, car sa valeur influe considérablement sur les équilibres chimiques, qui modifier la nature de la surface de l'adsorbant et la rendre plus ou moins actif vis-à-vis de l'adsorbat, alors que influe directement sur la charge de la surface des adsorbants et la nature des espèces ioniques des adsorbats. De fait l'adsorption ou capacité d'adsorption, évolue certainement avec le pH. Dans cette étude, ce facteur a été étudié dans l'intervalle de pH (2.02, 4.02, 6.04, 7.03, 8.06 et 10.01) à l'aide d'une solution acide sulfurique H_2SO_4 (0,1M) ou de la soude NaOH (0,1M) selon le pH voulu. Les résultats sont représentés par la **Figure II.4** suivant :

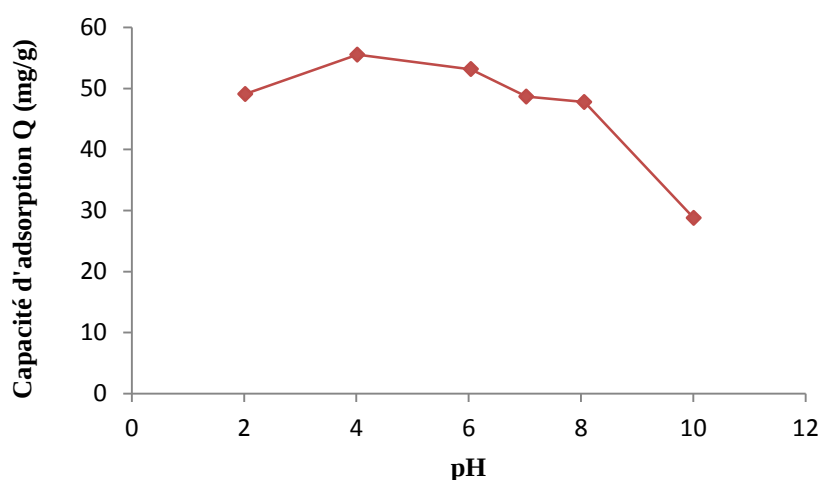


Figure II.4: Effet de pH sur l'adsorption du FB dans les conditions :

[FB]= 100 mg/l, t= 2h, m= 0.5g, T= 25°C

On observe que le maximum d'adsorption des adsorbats sur le *Luffa Cylindrica* est obtenu à pH compris entre 4.02 et 6.04, et ensuite la capacité d'adsorption diminue de 53 mg/g à pH = 6.04 jusqu'à 28 mg/g à pH= 10.01. Ce fait peut être expliqué comme suit :

- A pH = 4.02 : A cette valeur de pH, un maximum de rétention est noté, il y'a de moins aux moins d'ions H^+ dans le milieu, le support est très efficace pour l'élimination des ions de fuchsine.

Chapitre II : Résultats et discussion

- pH = 10.01 : la concentration des $[H^+]$ qui est élevée en solution, ce qui induit une compétition, en faveur des $[H^+]$, avec le FB^+ pour les sites libres qui existent au niveau de la surface de l'adsorbant . Après, une répulsion électrostatique aura lieu entre les cations FB^+ et la surface qui a acquis une charge positive.

Dans ce cas on peut déduire que la biosorbant du FB par de *Luffa Cylindrica* est optimale à pH = 4.02.

II.4.3. Effet du temps de contact :

La cinétique d'adsorption est l'évolution de la capacité d'adsorption en fonction de la variation du temps d'agitation. Il a pour objectif de déterminer le temps d'équilibre nécessaire à l'obtention de la capacité maximale d'adsorption, qui correspond au rendement optimal. Cette étude a été menée de manière à déterminer la durée nécessaire pour obtenir l'équilibre d'adsorption à différentes concentrations (50, 75 et 100 mg/l) à intervalle du temps (0 à 180 min). Les résultats obtenus pour notre polluant étudié, qui est la fuchsine basique sont représentés sur la **Figure II.5** suivante :

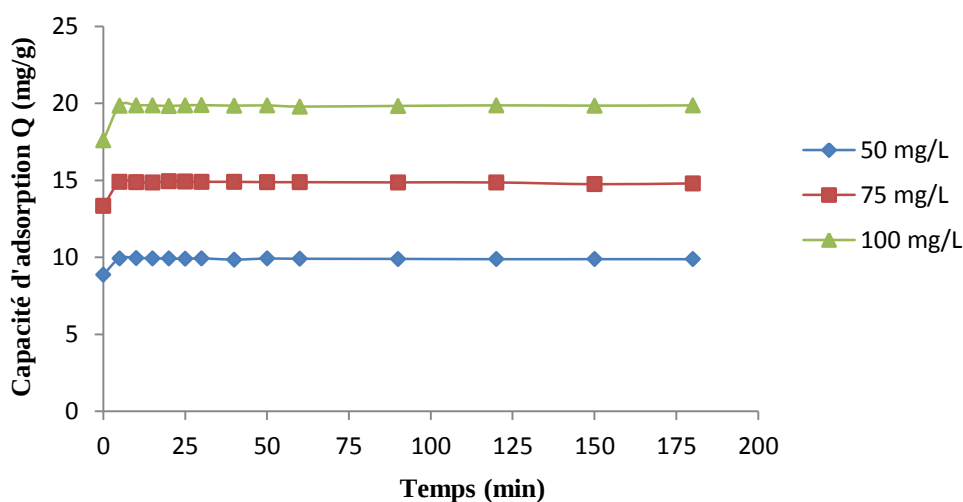


Figure II.5 : Effet du temps de contact sur l'adsorption du FB dans les conditions :

T= 25°C, t= 180min, m= 0.5g

Selon les résultats présentés sur la **Figure II.5**, on remarque une augmentation progressivement de l'adsorption du FB avec augmentation de la concentration initiale de 50 mg/l, 75 mg/l et 100 mg/l. L'adsorption est rapide pendant les premières minutes de la réaction ceci peut être interprété par le fait qu'en début d'adsorption, le nombre des sites actifs étant disponible à la surface de l'adsorbant. Ensuite on constate une stabilisation du

Chapitre II : Résultats et discussion

rendement d'adsorption à partir le temps de **5 min** pour toutes les courbes de différente concentration, l'équilibre observé sur les différentes courbes s'explique par la saturation des sites à la surface et au sein des pores.

II.4.4. Effet de la concentration du polluant:

Il est connu que la concentration du polluant est un paramètre très influant sur l'adsorption, elle peut limiter l'efficacité de décontamination, dans cette étude les expériences ont été réalisées avec différentes concentration (40, 75, 100, 150 et 200 mg/l).

Les résultats obtenus sont représentées sur la **Figure II.6**.

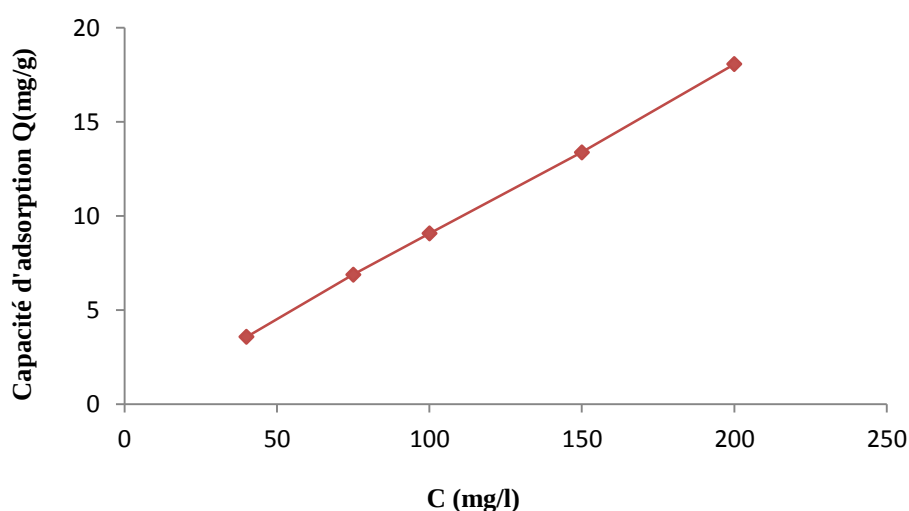


Figure II.6: Effet de la concentration sur l'adsorption du FB dans les conditions :
 $m = 0.5\text{g}$, $t = 2\text{h}$, $T = 25^\circ\text{C}$

La **Figure II.6** représentant la quantité adsorbée du colorant en fonction de la concentration du FB, nous remarquons que la quantité adsorbée augmente avec l'augmentation de la concentration de FB. Cette quantité adsorbée subie une augmentation de 3.57 à 18.068 mg/g lorsque la concentration augmente de 40 mg/l à 200 mg/l, ce résultat s'explique par la grande disponibilité des sites actifs à la surface de contact offerte par l'adsorbant.

Chapitre II : Résultats et discussion

II.4.5. Effet de la force ionique :

Pour connaître l'effet de la force ionique sur l'adsorption du FB, nous avons préparé des échantillons de solution de NaCl à différentes concentrations variées entre (10 g/l, 30 g/l et 50 g/l). Les résultats expérimentaux de cet essai sont présentés dans la **Figure II.7**.

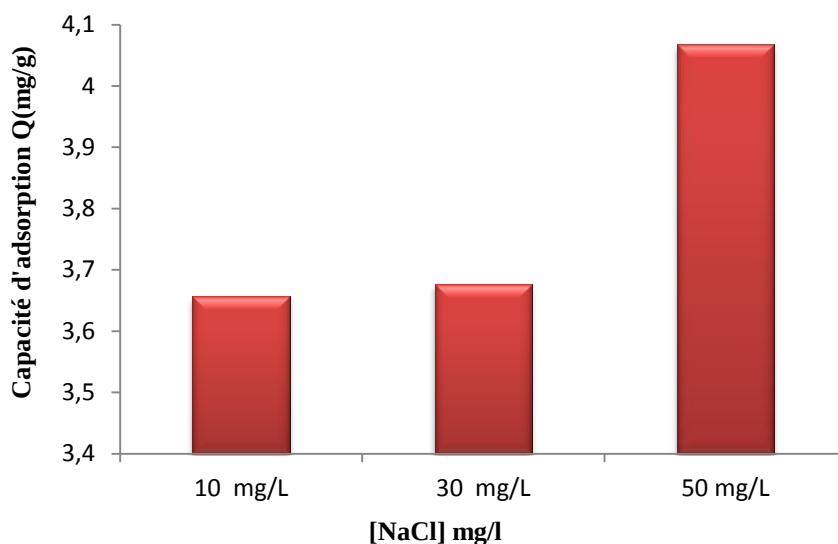


Figure II.7: Effet de la force ionique sur l'adsorption du FB dans les conditions :

[FB]= 100 mg/l, $t= 2h$, $m= 1g$, $T= 25^{\circ}C$

D'après les résultats illustrés dans la **Figure II.7**, nous constatons qu'à concentration élevée du NaCl, la quantité adsorbée augmente en parallèle et vice versa, la quantité adsorbée de la fuchsine augmente à 4.067 mg/g à l'existence d'une concentration de 50 mg/l du NaCl, et diminue à 3.656 mg/g à l'existence d'une concentration de 10 mg/l du NaCl, ceci est probablement dû à l'effet de concurrence entre les ions pour occuper les sites de notre adsorbant.

II.4.6. Effet de la température:

La température est aussi un facteur important dans l'adsorption de fuchsine basique. Ce facteur permet de déterminer la nature du processus d'adsorption, l'augmentation de la température peut entraîner soit une augmentation soit une diminution de la quantité adsorbée. On teste l'influence de la température sur l'adsorption de FB sur le LC dans les conditions suivantes : $C = 50$ mg/l, 75 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l et 200 mg/l, $T = 25^{\circ}C$ (température ambiante), $35^{\circ}C$, $45^{\circ}C$ et $55^{\circ}C$. L'agitation est assurée pendant 1h à une vitesse de 150tr/min. Les résultats expérimentaux obtenus illustrés dans la **Figure II.8**.

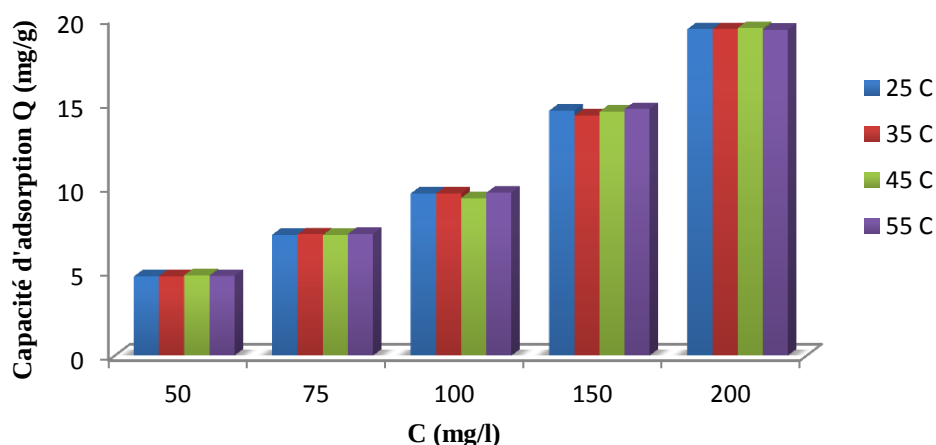


Figure II.8: Effet de la température sur l'adsorption du FB dans les conditions :
[FB]= 50 mg/l, 75 mg/l, 100mg/l, 150mg/l et 200 mg/l, m= 1g

Les résultats obtenus montrent que le facteur de température ne semble pas avoir une influence sur la quantité du colorant adsorbée sur le *Luffa Cylindrica*, dans cet intervalle de température, la structure de l'adsorbant n'est pas affectée et il en est de même pour la stabilité du colorant. Par conséquent, le procédé d'adsorption peut être mené à la température ambiante, procédé économique pour le traitement des solutions colorantes.

II.5. Etude cinétique :

Plusieurs modèles de cinétique ont été utilisés afin d'interpréter les données expérimentales, pour donner des informations essentielles pour l'utilisation de *Luffa Cylindrica* dans le domaine d'adsorption.

Nous avons adopté deux modèles de cinétique, ces modèles sont :

- ✓ Modèle de pseudo-premier-ordre (PPO).
- ✓ Modèle de pseudo-second-ordre (PSO).

II.5.1. Modèle de pseudo-premier ordre (Modèle de LAGERGREN):

Le modèle des cinétiques de premier ordre est le plus adapté pour les plus faibles concentrations de soluté. Cette modèle est présente par la relation de LAGERGREN basé sur la quantité adsorbée, est la première équation de vitesse établie pour décrire la cinétique

Chapitre II : Résultats et discussion

d'adsorption dans un système liquide/solide. Ce modèle de pseudo-premier-ordre est représenté par la relation suivante. [17]

$$\frac{dq}{dt} = K_1(q_e - q_t) \quad (\text{Eq.II.1})$$

Avec :

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

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

K_1 : Constante de vitesse de premier ordre en (g/min).

L'intégration de l'équation (Eq.II.1) donne :

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \quad (\text{Eq.II.2})$$

La modélisation des résultats expérimentaux de la cinétique de l'adsorption FB sur le LC par ce modèle est présentée sur la figure suivant:

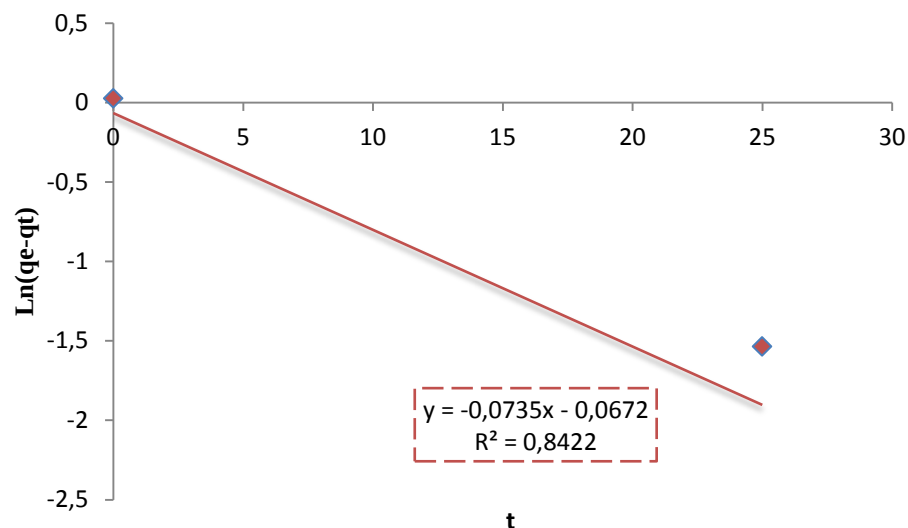


Figure II.9: Modèle cinétique du pseudo-premier ordre pour l'adsorption de fuchsine basique sur le *Luffa Cylandrica*

Chapitre II : Résultats et discussion

II.5.2. Modèle de pseudo-second ordre :

L'équation du pseudo second ordre est souvent utilisée avec succès pour décrire la cinétique de la réaction de fixation des polluants sur l'adsorbant. La vitesse de réaction de pseudo second ordre dépend de la quantité adsorbée sur la surface de l'adsorbant et la quantité adsorbée à l'équilibre. L'équation de la cinétique de pseudo-second ordre obéit à la relation suivante : [18]

$$\frac{dq_t}{dt} = K_2(q_{eq} - q_t)^2 \quad (\text{Eq.II.3})$$

L'intégration de l'équation (Eq.II.3) donne : [19]

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_{eq}^2} + \frac{1}{q_{eq}^2} t \quad (\text{Eq.II.4})$$

La modélisation des résultats expérimentaux de la cinétique de l'adsorption FB sur le LC par ce modèle est présentée sur la figure suivante:

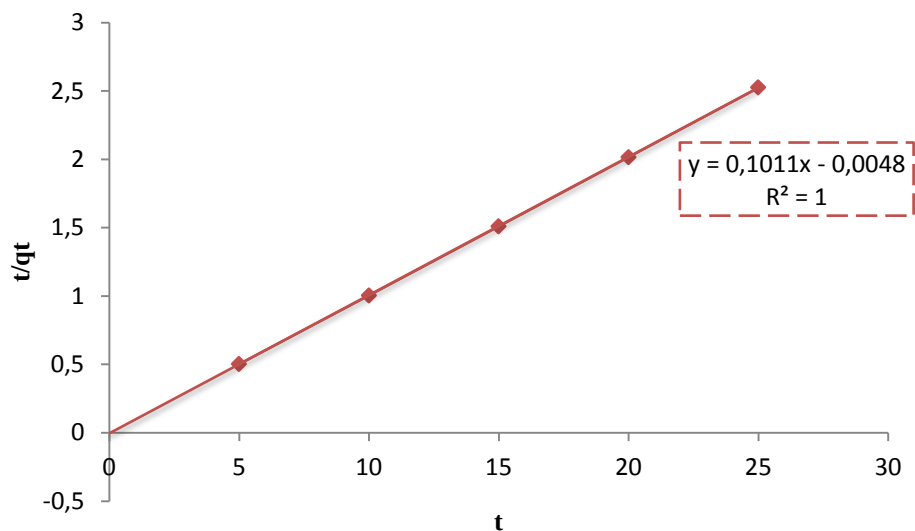


Figure II.10: Modèle cinétique du pseudo-second ordre pour l'adsorption de fuchsine basique sur le *Luffa cylindrica*

Chapitre II : Résultats et discussion

Tableau II.1 : Paramètres cinétiques d'adsorption de FB.

Pseudo-premier ordre			
$q_{e\text{ exp}} \text{ (mg/g)}$	$q_{e\text{ cal}} \text{ (mg/g)}$	$K_1 \text{ (g/min)}$	R^2
9.93	1.069	0.0735	0.8422
Pseudo-second ordre			
$q_{e\text{ exp}} \text{ (mg/g)}$	$q_{e\text{ cal}} \text{ (mg/g)}$	$K_2 \text{ (g/min)}$	R^2
9.93	9.90	25.176	1

D'après les résultats obtenus, la faible valeur du coefficient de régression (R^2) du modèle cinétique du premier ordre, laisse supposer que l'adsorption n'obéit pas à ce type de cinétique.

La capacité d'adsorption vient confirmer cette hypothèse, puisque leur valeur obtenue graphiquement ne correspond pas à celle trouvée expérimentalement. D'après le **Tableau II.1**, le pseudo-second ordre est le modèle approprié à l'adsorption du FB sur notre adsorbant, puisque la valeur de coefficient de corrélation R^2 est égale à 1. Ceci est confirmé par le fait que la valeur de capacité maximale d'adsorption expérimentale et théorique est identique.

II.6. Etude isothermique :

Les tracés des relations des concentrations initiales de l'adsorbat en fonction de la quantité à l'équilibre par unité de masse sont appelées isothermes d'adsorption [20]. Plusieurs modèles mathématiques d'adsorption qui ont été développés. Les résultats de nos essais ont été évalués sur ces modèles comme celui de Langmuir, et de Freundlich. [21]

II.6.1. Isotherme de Freundlich :

Cette isotherme est représentée par la relation suivant : [22]

$$q_e = k_f \cdot C_e^{1/n}$$

(Eq.II.5)

Chapitre II : Résultats et discussion

Linéarisable en:

$$\text{Ln} q_e = \text{Ln} k_f + \frac{1}{n} \text{Ln} C_e \quad (\text{Eq.II.6})$$

k_f : Constante de la relation de Freundlich.

n : Coefficient de l'équation de Freundlich.

La représentation linéaire de valeur expérimentale du processus d'adsorption de colorant FB sur le LC selon le modèle de Freundlich est illustrée dans la figure suivante :

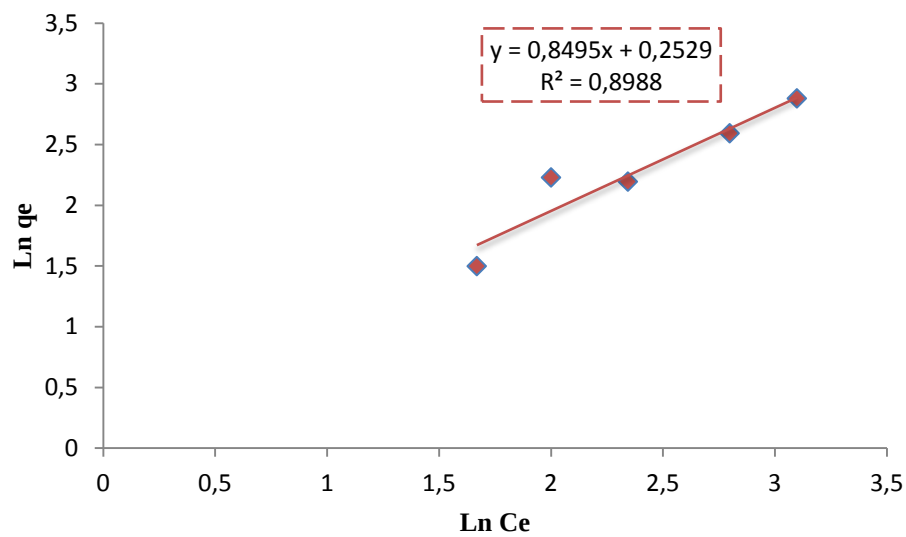


Figure II.11: Représentation linéaire de l'isotherme de Freundlich à l'adsorption de fuchsine basique sur le *Luffa Cylindrica*

La représentation de $\text{Ln } q_e$ en fonction de $\text{Ln } C_e$ donne une droite d'équation : $\text{Ln} q_e = 0.8495x + 0.2529$ Avec $R^2 = 0.8988$.

II.6.2. Isotherme de Langmuir :

Le modèle de Langmuir représente bien les isothermes d'adsorption de type I.

Cette isotherme est représentée par la relation suivant : [14]

$$q_e = q_m \frac{k_L C_e}{1 + k_L C_e} \quad (\text{Eq.II.7})$$

Chapitre II : Résultats et discussion

Avec :

C_e : Concentration à l'équilibre, exprimé en (mg/l).

q_e : Quantité du produit adsorbé par unité de masse d'adsorbant exprimé en (mg/g).

q_m : Capacité maximale d'adsorption théorique exprimée en (mg/g).

k_L : Constante de l'équilibre thermodynamique d'adsorption.

Cette équation peut être linéarisée sous la forme suivante : [23]

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m k_L} + \frac{C_e}{q_m} \quad (\text{Eq.II.8})$$

Les résultats obtenus ont permis de tracer les formes linéaires selon le modèle de l'isotherme de Langmuir est représentés selon la figure suivant :

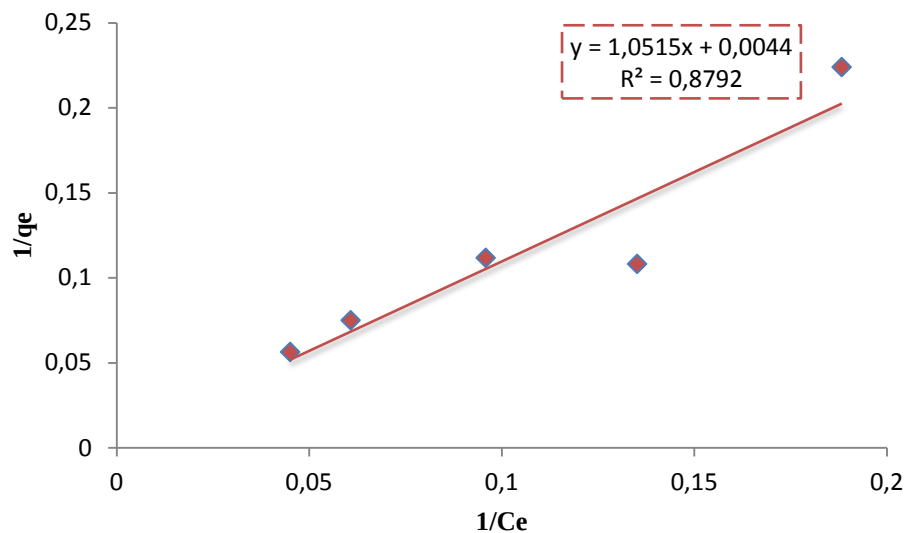


Figure II.12: Représentation linéaire de l'isotherme de Langmuir à l'adsorption de fuchsine basique sur le *Luffa cylindrica*

La représentation de $\frac{1}{q_e}$ en fonction de $\frac{1}{C_e}$ donne une droite d'équation :

$$\frac{1}{q_e} = 1.0515x + 0.0044 \text{ Avec } R^2 = 0.8792.$$

Chapitre II : Résultats et discussion

Les constantes q_m et b (Caractérisation du modèle de Langmuir) et K_F et $\frac{1}{n_f}$ (spécification au modèle de Freundlich) sont regroupées dans le tableau suivant (**Tableau II.2**).

Tableau II.2 : Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de FB.

Freundlich		
R^2	$K_F (mg^{n-1}.l^n.g^{-1})$	$\frac{1}{n_f}$
0.8988	1.2865	1.1778
Langmuir		
R^2	$K_L (L/mg)$	$q_{max} (mg/g)$
0.879	0.0038	250

D'après les résultats, nous pouvons observer que le modèle de Freundlich possède la plus grande valeur du coefficient de détermination $R^2 = 0.8988$ par rapport aux l'isotherme de Langmuir ce qui suggère que l'adsorption de FB sur le *LC* est une adsorption multicouche. La valeur de la constante de Freundlich (n) indique la faisabilité du processus d'adsorption.

II.7. Etude comparative avec d'autres travaux antérieurs :

Nous allons comparer les capacités d'adsorption obtenues sur le *Luffa Cylindrica* avec d'autres adsorbants rapportés dans la littérature. Le **Tableau II.3** indique la capacité d'adsorption du FB.

Chapitre II : Résultats et discussion

Tableau II.3 : La capacité d'adsorption du FB sur différents adsorbants.

Adsorbant	Temps d'équilibre	pH optimal	Modèle cinétique	Isotherme	$Q_{\max}$ (mg/g)	Référence
<i>Luffa Cylindrica</i> (LC)	5 min	4.02	Pseudo-second ordre	Freundlich	250	Cette étude
<i>Eucalyptus globulus</i> (EUCA)	120 min	6.7	Pseudo-second ordre	Langmuir	111	[24]
<i>Cynaracardunculus</i> (CARD)	60 min	6.7	Pseudo-second ordre	Langmuir	21.95	
<i>Prunus cerasifera</i> (PRUN)	90 min	6.7	Pseudo-second ordre	Langmuir	135.14	
<i>Coquille d'œuf en poudre</i>	25 min	9	Pseudo-second ordre	Freundlich	111.111	[25]

Les différents résultats du **Tableau II.3** et après comparaison, on peut dire que le biosorbant utilisé dans notre étude a une meilleure capacité d'adsorption par rapport aux autres adsorbants néanmoins notre adsorbant n'est ni traité ni activé. Ce qui donne un avantage économique et technique pour être utilisé en cas d'absence d'autres adsorbants meilleurs.



Conclusion générale



Conclusion générale

Parmi les nombreux procédés de traitement utilisés pour l'élimination des polluants des eaux de surface et des eaux usées, l'adsorption reste l'une des techniques les plus prometteuses en raison de sa mise en œuvre simple et sa commodité.

Ce pendant, durant les trois dernières décennies, l'utilisation universelle du charbon actif comme adsorbant à cause de son coût très élevé. De nombreux chercheurs s'attachèrent alors à démystifier ce phénomène. Ils se sont plus particulièrement intéressés à remplacer le charbon par d'autres matériaux, naturels ou synthétiques, qui seront à la fois disponibles en grandes quantités et à bas prix, plus performants et, le plus important, amis de l'environnement.

Le *Luffa Cylindrica* est une plante naturelle cultivée en Algérie utilisée dans cette étude a été trouvé être un adsorbant efficace et peu coûteux et largement disponible pour l'adsorption de colorant «Fuchsine basique».

Ce travail a pour objectif l'étude en particulier de l'influence de certains paramètres tels que le technique IR, la masse du l'adsorbant, le pH de la solution, le temps se contacts, la concentration du soluté, la force ionique et la température, suivie par une étude cinétique et une étude isothermique, sur l'élimination de fuchsine basique par le *Luffa Cylindrica*.

A travers tous les résultats obtenus à partir de ces effets, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- ✓ L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) a montré la présence de nombreuses bandes d'absorption qui reflètent les fonctions chimiques de *Luffa Cylindrica*.
- ✓ La capacité d'adsorption diminue avec une augmentation dans la quantité d'adsorbant jusqu'à une masse optimale est égale à 0.05g.
- ✓ L'étude de l'effet du pH sur la rétention de FB par le LC a montré une grand capacité d'adsorption en milieu acide $\text{pH} = 4.02$ (< 7 milieu acide).
- ✓ Le taux d'adsorption maximal de colorant sur l'adsorbant est atteint au bout d'un temps d'équilibre de 5 min avec une capacité d'adsorption 9.93 mg/g.
- ✓ L'adsorption est proportionnellement liée avec l'augmentation de la concentration de l'adsorbat.

Conclusion générale

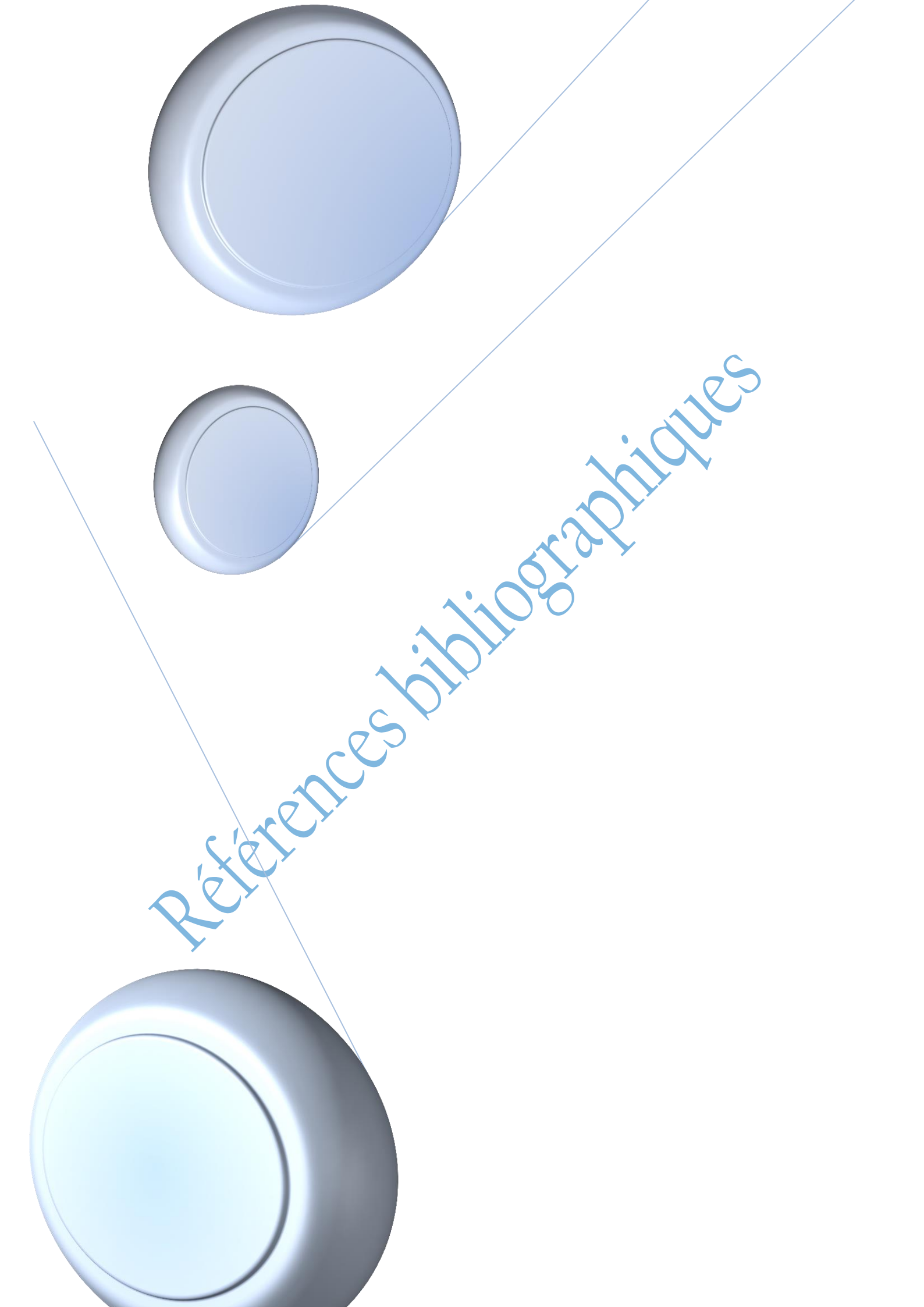
- ✓ La présence de salinité (NaCl) indique que le taux augmente à mesure que la concentration en électrolyte augmente, ce qui conclut que la force ionique augmente la quantité adsorbée.
- ✓ L'augmentation de la température ne présente aucun effet sur l'élimination de FB par le LC.
- ✓ Le modèle cinétique de pseudo-second ordre est le plus adapté pour décrire la cinétique d'adsorption de FB par le LC, avec un coefficient de corrélation R^2 égale à exactement ($R^2=1$).
- ✓ Les isothermes d'adsorption établies ont montré que l'adsorption de FB par LC est en parfaite corrélation avec le modèle de Freundlich.
- ✓ La quantité d'adsorption $Q_{\max}=250$ mg/g.

Les résultats obtenus lors de cette étude à l'échelle laboratoire, confirment l'intérêt pratique et économique de l'utilisation du *Luffa Cylindrica* dans le domaine de la dépollution des eaux contaminées par les polluants.

A travers l'étude comparative de *Luffa Cylindrica* avec une autres plantes naturelles, nous pouvons juger que le *Luffa Cylindrica* est un bon adsorbant marche à faible couts et qui possède une grande capacité pour éliminer « Fuchsine basique » .

Enfin, afin d'enrichir ce travail on recommande de compléter cette étude par :

- ✓ Des caractérisations plus approfondies de notre adsorbant par différentes techniques d'analyse (MEB.. ect).
- ✓ Activation physique et chimique du biosorbant.
- ✓ Utilisation de ce biosorbant pour l'élimination d'autres polluants inorganiques tel que les métaux lourds, et organiques pharmaceutiques, pétroliers... ect.

The image features three blue spheres of varying sizes. One large sphere is at the top left, a medium-sized sphere is in the center, and another large sphere is at the bottom left. Two thin, light blue lines intersect diagonally across the page, one running from the top right towards the bottom left, and the other from the top left towards the bottom right. The text 'Références bibliographiques' is written in a blue, serif font, oriented diagonally and positioned between the two lines.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1]-**M.S. METAHRI**, « Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la Step est de la ville de Tizi Ouzou », Thèse de Doctorat, Tizi Ouzou, 2012.
- [2]-**D. DJEDOUANI**, «Etude de l'élimination de l'oxytétracyclinehydrochloride par adsorption sur charbon actif », Thèse de Doctorat, Alger, 2016.
- [3]-**B. DOCZEKALSKA, K. KUSMIEREK, A. SWIATKOWSKI, M. BARTKOWIAK**, «Adsorption of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid and 4-chloro-2-metylphenoxyacetic acid onto activated carbon derived from various lignocellulosic materials», Journal of Environmental Science and Health, Part B 53 (2018) 290-297.
- [4]-**KHALFAOUI AMEL**, «Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels: Application aux Peaux d'Orange et de Banane », Thèse doctorat, 2012, P(2).
- [5]-**L.NAIDJA**, « Elimination du colorant orange en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption », mémoire de magistère en chimie, université de Mentouri Constantine, 2010, P(23).
- [6]-**I. BOUNOUR**, «Modélisation des isothermes d'adsorption dans le cas de : phénol et de bleu de méthyle sur le charbon actif en grain», mémoire d'ingénieur d'état, école nationale supérieure polytechnique, 2009, P(3).
- [7]-**Namane Zahira, Rahmi Wissam**, « Etude de la Dégradation de la Fuchsine basique en Phase Homogène par la Photolyse de H_2O_2 », Mémoire de Master, Université A.M. Oulhadj-Bouira, 2018, P(27,28).
- [8]-**Dahmane Zahra, Khiter Soulaf**, « Rétention des Colorants Textiles par Adsorption sur Charbons Actifs Elaborés à Partir de la Luffa », Mémoire de Master, Université de Blida 1, 2018, P(20,21).
- [9]-**Yahiatene Djazia**, « Mise au Point et Validation d'une Méthode de Dosage de la Méthylprédnisolone par Spectrophotométrie UV/Visible », Diplôme de Master, 2016, P(24).
- [10]-**GUESMIA SOUAD**, « L'adsorption des colorants (bleu de méthylène et chrome III) sur la bentonite », Mémoire de Master, Université Mohamed Khider – Biskra, Juin 2015, P(30,35).

Références bibliographiques

- [11]-**Benchikh Ibtihel, Ouamri Badreddine**, «Adsorption d'un Colorant par un Nano Ferrite dans L'eau », Mèmoire de Master, Université Abdelhamid Iben Badis-Mostaganem, 2019, P(31).
- [12]-**BELAID SAMIA**, « Fixation d'un colorant sur une colonne d'adsorption garni de charbon actif granulé », Mémoire de Master, Universite Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem, 2014, P(29).
- [13]-**Fouzia Bouanaka**, « Spectroscopie D'émission Optique(SEO) par Analyseur Optique Multicanaux d'un Plasma Basse Pression », Mémoire de Master, Université Mentouri-Constantine, 2008, P(10).
- [14]-**Nordin Narimane**, « Etude Expérimentale du Potentiel d'adsorption de Polluants Métalliques sur la Sciure de bois Brute et Modifiée. Analyse Cinétique et thermodynamique », Thèse de Doctorat, Université Djilali Liabes-Sidi Bel Abbès, 2018, P(52,86).
- [15]-**S, Arris**, « Etude Expérimentale de L'élimination des Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Sous Produits de Céréales », Thèse de Doctorat, Université de Constantine, 2008, P(80).
- [16]-**JOZJA.N**, « Etude de Matériaux Argileux Albanais : Caractérisation Multi-échelle d'une Bentonite Magnésienne, Impact de L'interaction avec le Nitrate de Plomb sur la Perméabilité», Thèse de doctorat, Université d'Orléans, 2003, P(273).
- [17]-**NOUR BOUANIMBA**,«Modélisation et optimisation de la cinétique de degradationphotocatalytique de polluants organique en solution aqueuse», Mémoire de magister, Universite Mentouri -Constantine, 2009, P(74,75).
- [18]-**NOUR BOUANIMBA**,«Etude comparative de la dégradation photochimique et photocatalytique de quatre colorants: Impact de la structure chimique et corrélation entre l'adsorption et l'activité photocatalytique de TiO₂»,Thèse doctorat, Universite - Constantine 1 Faculté des Sciences exactes, 2014, P(112).
- [19]-**NAIMA GHERBI**, «Etude expérimentale et identification du processus de rétention des cations métalliques par des matériaux naturels»,Thèse doctorat, Faculte des Sciences de L'ingénieur, 2008, P(83).

Références bibliographiques

[20]-**L. Robert**, Opération unitaire: adsorption, traité de génie de procédés chimiques, technique de l'ingénieur, J2730.

[21]-**MASMOUDI TOUFIK**, «Incidence de la minéralisation sur l'élimination du mercure par deux procédés physico-chimiques. Application à deux effluents résiduaire», Thèse doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra, P(105).

[22]-**ALA ABDESSEMED**, «Elimination des polluants organiques par methodes physicochimiques et photochimiques en milieux aqueux. Cas de l'éthyle violet et du rouge congo (séparés et mélangés) et de la monochloramine», Thèse doctorat, Université Mentouri-Constantine, P(30).

[23]-**ZEGHACHE HADJER**, « Etude de l'adsorption des colorants sur un matériau poreux « charbon actif » », Thèse de doctorat, Université Larbi ben M'hidi Oum-El-Bouaghi, 2019, P(25).

[24]-**OULDMOUMNA AOUMRIA**, « Etude de la bisorption de certains colorants basiques», Diplôme de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, 2013, P(95, 104, 117, 118, 140, 142).

[25]-**WAHIBA BESSASHIAA,B , YAMINA BERREDJEMA , ZHOUR HATTABB , MOHAMED BOUOUDINAC**, «Removal of basic fuchsin from water by using mussel powdered eggshell membrane as novel bioadsorbent: equilibrium, kinetics, and thermodynamic studies», journal of Environmental Research, vol.186, April 2020, P(6, 5).



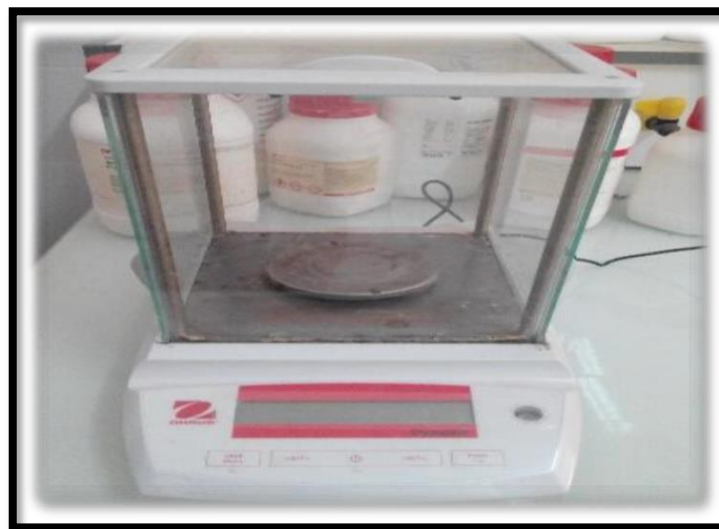
Annexe



Annexe 1 : Solution de FB (1000 mg/l = solution mère ; 100 mg/l = solution fille)



Annexe 2 : Balance électronique



Annexe 3 : Bain marie avec agitation.



Annexe 4: Le pH-mètre



Annexe 5 : Agitateur magnétique



Annexe 6 : Broyeur électrique



Annexe 7 : Tamiseur électrique



ملخص: في هذا العمل، نحن مهتمون بتثمين مادة طبيعية (اللوفة الأسطوانية) من خلال دراسة تجريبية توضح لنا قدرتها على إمتزاز صبغة الفوشن القاعدي (FB)، وتبدو هذه المادة الماصة واعدة جدا للمعالجة بتكلفة أقل. تمت دراسة تأثير العوامل المختلفة مثل وقت التلامس والكتلة والتركيز ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة وتأثير القوة الأيونية. أظهرت نتائجنا أنه يتم الوصول إلى التوازن بسرعة خلال زمن تلامس قدره 5 دقائق، كما تؤدي الزيادة في تركيز الصبغة إلى زيادة الإمتزاز وأن الكمية الممتزة من الفوشن القاعدي تصل إلى أعلى قيمة عند درجة حموضة = 4.02 ب 55.53 ملغ / غ. تخضع النمذجة الحركية لنموذج الرتبة الثانية، وفي الأخير وجدنا أن إمتزاز صبغة الفوشن القاعدي (FB) في اللوفة الأسطوانية كانت وفق إمتزاز فراندلش.

كلمات مفتاحية: الإمتزاز – الفوشن الأساسي – اللوفة الأسطوانية

Memory title : Contribution to the valorization of a local biomaterial of vegetable origin (*Luffa cylindrica*)

Name: Gaoui, Dib

First name: Sarah, Mebarka

Directed by: Dr. Tounsi Aissa

Abstract: In this work, we are interested in evaluating a natural material (*Luffa Cylindrica*) through an experimental study that shows us its ability to adsorption of the dye fuchsin basic (FB), and this absorbent material appears very promising for treatment at lower cost. The influence of various factors such as contact time, mass, concentration, temperature, pH and the effect of ionic strength were studied. Our results showed that the equilibrium is quickly reached within a contact time of 5 minutes, and the increase in the concentration of the dye leads to an increase in adsorption and that the adsorbed amount of fuchsin basic reaches the highest value at pH = 4.02 with 55.53 mg/g. The kinetic modeling obeys the pseudo-second order model, and in the last we found that the adsorption of fuchsin basic (FB) dye in the *Luffa Cylindrica* was according to the adsorption of Freundlich.

Key words: adsorption, fuchsin basic, *Luffa Cylindrica*.

Titre du mémoire : Contribution à la valorisation d'un biomatériau local d'origine végétale (*Luffa Cylindrica*)

Nom: Gaoui, Dib

Prénom : Sarah, Mebarka

Encadreur : Dr. Tounsi Aissa

Résumé : Dans ce travail, nous nous intéressons à l'évaluation d'un matériau naturel (*Luffa cylindrica*) à travers une étude expérimentale qui nous montre sa capacité d'adsorption de la colorante fuchsine basique (FB), et ce matériau absorbant apparaît très prometteur pour un traitement à moindre coût. L'influence des différents paramètres tels que le temps de contact, la masse, la concentration, la température, le pH et l'effet de la force ionique ont été étudiés. Nos résultats ont montré que l'équilibre est rapidement atteint en un temps de contact de 5 minutes, et que l'augmentation de la concentration du colorant entraîne une augmentation de l'adsorption, et que la quantité adsorbée de fuchsine basique atteint la valeur la plus élevée à pH = 4,02 à 55,53 mg/g. La modélisation de la cinétique obéit au modèle de pseudo seconde ordre, et dans le dernier, nous avons constaté que l'adsorption de la colorante fuchsine basique (FB) dans le *Luffa Cylindrica* était conforme à l'adsorption de Freundlich.

Mots clés : adsorption, fuchsine basique, *Luffa Cylindrica*.

Le résumé doit être rédigé en deux langues différentes au moins