



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



Université Amar Telidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : **Gotteicha Abdelrahmane**

Aouay Elhachemi

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie Chimie

Thème

**Exploration des Capacités d'un Biomatériau
Local dans l'Adsorption d'un Polluant Toxique**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Pr. BENALIA Mokhtar	Professeur	Président
Dr. AD Chifaa	MCA	Examinatrice
Dr. BOUDAUD Asma	MCA	Rapportrice
M ^{me} MECHRAOUI Nesrine	Doctorante	Co-rapportrice

Promotion : JUIN 2024

Dédicace

A mon père, que DIEU lui protège, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie .

A ma mère, que DIEU lui protège, qui a été le secret de ma patience et la poursuite de mes études et qui a oeuvré pour ma réussite .

A mes frères et soeurs, que DIEU leur protège, qui m'ont soutenu à tout moment.

A tous ceux qui m'aident et me conseillent.

A mes chers amis.

A ceux qui m'aiment.

Je vous dédie tous ce travail

Abdalrahmane

Dédicace

*A mon père, que DIEU lui protège , qui peut
être fier et trouver ici le résultat de longues années de
sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans
la vie.*

*A ma mère, que DIEU lui protège, qui a été le secret de
ma patience et la poursuite de mes études et qui a
œuvré pour ma réussite.*

A mes frères et soeurs, que DIEU leur protège, qui m'ont soutenu à tout moment.

A tous ceux qui m'aident et me conseillent.

A mes chers amis .

A ceux qui m'aiment.

Hicham

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU, sans Lui ce manuscrit n'aurait pu exister et m'aurait amené à ce niveau de science.

Je tiens à exprimer ma grande considération et ma vive reconnaissance aux sincères professeurs de l'université "Amar Telidji-Laghauat", surtout ceux du département de Génie des procédés.

J'adresse mes sincères remerciements à mes encadrants, le Dr BOUAOUD Asma et le Mme MECHRAOUI Nesrine, pour leur grande contribution et leurs conseils dans la réalisation de cette thèse..

Je remercie également les membres du jury qui ont bien voulu examiner et évaluer ce travail.

Mes plus vifs remerciements à tous mes amis de la promotion pour leur soutien et les moments sympathiques que nous avons passé ensemble.

Je remercie également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sommaire

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciement	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
Chapitre I : Aperçu théorique	
I.1. Introduction.....	02
I.2. Pollution de l'eau	02
I.3. Types de pollution	02
3.1. Pollution physique.....	02
3.2. Pollution chimique.....	03
3.3. Pollution biologique.....	03
I.4. Sources de pollution de l'eau.....	03
4.1. La pollution naturelle.....	03
4.2. La pollution industrielle.....	03
I.5. Les colorants.....	04
5.1. Généralités.....	04
5.2. Définitions.....	04
5.3. Classification des colorants.....	05
5.4. Toxicité des colorants.....	06
5.5. Procédés d'élimination des colorants.....	06
I.6. Adsorption.....	07
6.1. Définition de l'adsorption	08
6.2. Nature de l'adsorption.....	09
6.3. Mécanismes d'adsorption.....	09
6.4. Les facteurs influençant des paramètres d'adsorption	10
6.5. Modélisation des isothermes.....	13
6.6. Cinétique d'adsorption	14
6.7. Les adsorbants	15
6.8. Domaine d'application de l'adsorption	15

Chapitre II: Protocole Expérimental

II.1. Introduction.....	17
II.2. Appareillages et réactifs.....	17
2.1. Appareillages.....	17
2.2. Réactifs chimique utilisés.....	17
II.3. Préparation des solutions de réactifs.....	18
3.1. Préparation de l'adsorbant.....	19
II.4. Techniques d'analyse.....	19
4.1. Spectrophotométrie UV-Visible.....	19
4.2. Traçage de la courbe d'étalonnage.....	20
II.5. Essais d'adsorption.....	21
5.1. Influence de masse d'adsorption.....	21
5.2. Influence de pH.....	22
5.3. Influence du temps de contact.....	22
5.4. Influence de la température	22

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1. Introduction.....	23
III.2. La capacité d'adsorption.....	23
III.3. Les effets des certains paramètres opératoires.....	24
3.1. Effet de la masse d'adsorbant.....	24
3.2. Effet de temps de contact	25
3.3. Effet de concentration initiale.....	25
3.4. Effet de pH	26
3.5. Effet de température.....	27
III.4. Étude cinétique d'adsorption.....	28
III.5. Étude isothermes d'adsorption.....	29
III.6. Étude comparative	31
Conclusion.....	33
Références bibliographiques	34
Annexe	38

Liste des abréviations

A: Absorbance de la solution

DA : Déchet Agricole

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

FB : Fuchsine basique

H₂SO₄: Acide sulfurique

I: L'intensité de longueur d'onde transmise à travers une solution de concentration

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

K₁ : constante de vitesse de réaction de premier ordre d'adsorption

K₂ : constante de vitesse de réaction de second ordre d'adsorption

L: Trajet optique

M : Masse molaire

NaOH : Hydroxyde de sodium

nm : nanomètre

P : Pureté %

pH: potentiel d'hydrogène

PPO : Pseudo-premier ordre

PSO : Pseudo-second ordre

Q: Quantité adsorbé

C₀: Concentration initiale

C_e: Concentration à l'équilibre

m: masse

V : volume

R : Rendement (%)

R² : Coefficient de corrélation

T : Température

UV-Visible : Ultraviolet –Visible

λ : Longueur d'onde

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption	8
Figure I.2 : Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain	10
Figure I.3 : Les différents types d'isothermes d'adsorption	12
Figure II.1 : Poudre d'adsorbant local préparé	19
Figure II.2 : Courbe d'étalonnage du FB	21
Figure III.1 : Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du FB	24
Figure III.2 : Influence du temps de contact sur l'adsorption du FB	25
Figure III.3 : Influence de la concentration initiale de FB sur l'adsorption du FB	26
Figure III.4 : Influence du pH de la solution sur l'adsorption du FB	26
Figure III.5 : Influence de la Température sur l'adsorption du FB	27
Figure III.6 : La modélisation cinétique d'adsorption de FB (à l'aide d'un modèle de PPO)	28
Figure III.7 : La modélisation cinétique d'adsorption de FB (à l'aide d'un modèle de PSO)	28
Figure III.8 : Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le modèle de Langmuir	30
Figure III.9 : Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le modèle de Freundlich	30

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Principaux groupes chromophores et auxo-chromes, classés par intensité croissante	5
Tableau I.2 : Estimation des degrés de fixation de différents colorants aux fibres de textile	7
Tableau I.3 : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique	9
Tableau II.1 : Caractéristiques des réactifs utilisés.	17
Tableau III.1 : Paramètres d'adsorption de FB à 293 K cinétiques	29
Tableau III.2 : Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de FB	31
Tableau III.3 : Adsorption de la fuchsine basique sur différents adsorbants	31

Introduction générale

La pollution engendrée par les activités humaines représente une menace croissante pour l'homme et les écosystèmes. Les effluents industriels chargés de contaminants sont parmi les principales causes de cette pollution environnementale.

Parmi ces effluents, les effluents colorés provenant des usines de fabrication de colorants sont particulièrement préoccupants en raison de leur potentiel de dégradation de l'écosystème. En Algérie, le secteur textile utilise une quantité significative de colorants et de produits chimiques auxiliaires, générant ainsi d'importantes quantités d'effluents colorés.

Ces colorants présents dans les effluents réduisent la pénétration de la lumière solaire dans les eaux réceptrices, perturbant ainsi la photosynthèse et inhibant la croissance de la flore aquatique. De plus, ils peuvent causer des dommages importants lorsqu'ils subissent une dégradation anaérobie dans les sédiments.

Pour remédier à cette menace environnementale, plusieurs techniques de dépollution ont été développées, visant à protéger l'environnement et à réutiliser les eaux usées. Parmi ces techniques, l'adsorption est reconnue comme l'une des meilleures méthodes de traitement.

L'utilisation de biosorbants pour l'élimination des polluants toxiques ou la récupération de ressources précieuses à partir des eaux usées est l'un des développements les plus récents dans le domaine de la protection de l'environnement. Ces biomatériaux présentent l'avantage d'être économiques, efficaces et respectueux de l'environnement.

Ce travail vise l'adsorption de la fuchsine basique, l'un des polluants colorés industriels, par les déchets agricoles.

Le mémoire débutera par un premier chapitre sur la pollution environnementale, mettant l'accent sur la pollution de l'eau, sujet de notre étude. Ensuite, nous expliquerons le phénomène de l'adsorption, ses types, ses applications, ses mécanismes et ses modèles.

Le deuxième chapitre sera expérimental et détaillera les méthodes et expériences réalisées en laboratoire, suivi du troisième chapitre où les résultats seront présentés et discutés.

En conclusion, nous résumerons les principaux points abordés dans ce mémoire et discuterons des implications de nos résultats pour la recherche future dans ce domaine.

Chapitre I

Aperçu théorique

I.1 Introduction

La qualité de l'eau est menacée par divers polluants, dont les colorants industriels jouent un rôle majeur. Issus de secteurs tels que l'industrie textile, alimentaire, pharmaceutique et cosmétique, ces colorants contaminent les cours d'eau, mettant en péril les écosystèmes aquatiques.

Ces polluants persistants, toxiques et capables d'altérer la biodiversité et la santé humaine. Face à ces défis, gouvernements, régulateurs et industriels ont engagé des efforts pour surveiller, traiter et réguler ces eaux contaminées.

I.2 Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est l'interface entre l'air et le sol, subit donc les dégradations de ces deux milieux.

L'eau compte tenu de ses propriétés physico-chimique est trop souvent utilisée par l'homme comme un vecteur d'évacuation de la majorité de ses déchets, ainsi pollué, elle devienne un vecteur de pollution [1].

La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dont on cite [2]:

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées.
- Les eaux de surfaces: les fleuves et les rivières qui sont rouilles par les déversements des eaux non traités.
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau.

I.3 Différents types de pollution

La pollution de l'eau comprend plusieurs formes:

I.3.1 Pollution physique

La pollution physique se caractérise par la présence de particules diverses, rendant l'eau trouble, avec des matières décantées, flottables et non séparables. Elle inclut également la pollution thermique due à des températures élevées et la pollution radioactive d'origine naturelle ou artificielle. [2]

I.3.2 Pollution chimique

La pollution chimique résulte de la libération de substances toxiques telles que les nitrates, les phosphates, les ammoniacs et les ions métalliques. Ces substances rendent les matières organiques plus dangereuses.

Les polluants chimiques sont classés en cinq catégories : substances chimiques indésirables, pesticides, produits apparentés, détergents et colorants, ainsi que d'autres éléments toxiques [3].

I.3.3 Pollution biologique

La pollution biologique est causée par la prolifération de micro-organismes dans l'eau, influencée par des conditions d'hygiène, des populations et des caractéristiques écologiques. Les principaux organismes pathogènes incluent les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, contribuant à la pollution bactérienne, virale ou parasitaire [2].

I.4 Sources de pollution de l'eau

I.4.1 La pollution naturelle

La teneur en substances indésirables n'est pas toujours le fait de l'activité humaine. Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer.

Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, en arsenic, etc. des irrptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions [4].

I.4.2 La pollution industrielle

Si la pollution domestique des ressources est relativement constante, les rejets industriels sont, au contraire, caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel [4].

Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses que [4]:

- **Les métaux** comme le plomb, le zinc, l'arsenic, le cuivre, le mercure et le cadmium dans les eaux usées industrielles nuisent aux humains et aux autres animaux.
- **Les colorants** et adjuvants utilisés par les industries textiles peuvent constituer une menace sérieuse pour l'environnement.

- **La pollution par les hydrocarbures** (industries pétrolières, transports). de la mer provient de fuites provenant de navires, plateformes pétroliers et pipelines.
- **Des matières organiques et des graisses** (abattoirs, industries agro-alimentaires...).
- **Des acides, bases, produits chimiques** divers (industries chimiques, tanneries...).
- **Des eaux chaudes** la pollution thermique correspond à une forte hausse ou diminution de la température d'un milieu par rapport à la température normale, cet écart est du en général à l'action de l'homme
- **Des matières radioactives** (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).
- **Les pesticides** comme le DDT (Dichloro-diphényl, trichloro-éthane; $C_{14}H_9Cl_5$) (insecticides, raticides, fongicides, et herbicides) sont des composés chimiques dotés de propriétés toxicologiques, utilisés dans l'agriculture peuvent contaminer les plans d'eau.

I.5 Les colorants

I.5.1 Généralités

Un colorant doit posséder, outre sa couleur propre, la propriété de teindre. Cette propriété résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre est à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des traitements. En effet, selon le type d'application et d'utilisation, les colorants synthétiques doivent répondre à un certain nombre de critères afin de prolonger la durée de vie des produits textiles sur lesquels ils sont appliqués: résistance à l'abrasion, stabilité photo lytique des couleurs, résistance à l'oxydation chimique (notamment les détergents) et aux attaques microbiennes. L'affinité du colorant pour la fibre est particulièrement développée pour les colorants qui possèdent un caractère acide ou basique accentué. Ces caractéristiques propres aux colorants organiques accroissent leur persistance dans l'environnement et les rendent peu disposés à la biodégradation [5].

I.5.2 Définitions

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

La molécule colorante étant le chromogène. Plus la facilité du groupe chromophore à donner un électron est grande plus la couleur sera intense (groupes chromophores classés par intensité décroissante dans le Tableau I.1. D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore : ce sont les groupes auxo-chromes [5]

Tableau I.1: Principaux groupes chromophores et auxo-chromes, classés par intensité croissante [5].

Groupes chromo-phores	Groupes auxo-chromes
Azo (-N=N-)	Amino (-NH ₂)
Nitroso (-NO ou -N-OH)	Méthyl-amino (-NHCH ₃)
Carbonyl (=C=O)	Diméthyl-amino ((-N(CH ₃) ₂)
Vinyl (-C=C-)	Hydroxyl (-HO)
Nitro (-NO ₂ ou =NO-OH)	Alkoxy (-OR)
Sulphure (>C=S)	Groupes donneurs d'électrons

I.5.3 Classification des colorants

Les principaux modes de classification des colorants reposent soit sur leur constitution chimique (classification chimique), soit sur leurs méthodes d'application aux différents substrats (classification tinctoriale) [7].

a. Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupement chromophore, qui consiste le squelette nécessaire à coloration de la molécule [6,8].

b. Classification tinctoriale

Si la classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Ainsi, il est renseigné sur la solubilité du colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la nature de la fixation. Celle-ci est de force variable selon que la liaison colorant/substrat est du type ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalente. On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les auxo-chromes [8]

I.5.4 Toxicité des colorants

La toxicité des colorants vient de l'ignorance des chercheurs ou des utilisateurs de leurs structures chimiques qui diffèrent d'un type à un autre. Ainsi que du mode de l'emploi lors de l'utilisation. Beaucoup d'étude sont montrés les effets toxiques et/ou carcino-géniques des colorants azoïques, ce qui signifie que les effluents contenant ces colorants doivent être traités avant d'être rejetés en milieu naturel [9].

Leur toxicité est en fait due à la teneur en groupements cancérigènes tels que les groupements aromatiques, phtalogènes, cyanurés, sel de barium et de plomb. Ces groupements cancérigènes (sous forme électrophile ou radicalaire) attaquent les bases pyrimidiques de l'ADN et de l'ARN et causent par conséquent, une altération du code génétique avec mutation et risque de cancer [10]. Parmi les colorants industriels, nous sommes intéressés particulièrement à la toxicité des colorants azoïques, lesquels sont caractérisés par la présence de groupe azo ($-N=N-$).

La rupture des liaisons azoïques de ces dernières entraîne la formation d'amines primaires qui causent la méthémoglobinémie, caractérisée par un empêchement du transport d'oxygène dans le sang. L'allergie respiratoire aux colorants réactifs a été rapportée pour la première fois en par Alanko chez des sujets employés à la pesée et au mélange de ces colorants en poudre depuis deux ans et présentant un asthme et / ou rhinite d'origine professionnelle [11].

I.5.5 Procédés d'élimination des colorants

Des quantités plus ou moins importantes de colorants sont rejetées dans l'environnement. Ceci est dû en grande partie au degré de fixation des colorants aux fibres cellulosiques.

Le tableau I-2 résume l'estimation des degrés de fixation des différents colorants aux fibres de textile. Comme les colorants azoïques représentent la plus grande classe des colorants du Colleur Index (60-70%) et leur majorité est constituée par des colorants acides, réactifs et directs, ils peuvent être considérés parmi les colorants les plus polluants (les plus déversés dans les eaux résiduaires de textile).

Tableau I-2 : Estimation des degrés de fixation de différents colorants aux fibres de textile

[12]

Classe de colorant	Fibre utilisé	Degré de fixation (%)	Pertes dans l'effluent (%)
Acide	Polyamide	80 - 95	5 - 20
Basique	Acrylique	95 - 100	0 - 5
De cuve	Cellulose	80 - 95	5 - 20
Direct	Cellulose	70 - 95	5 - 30
Dispersé	Synthétique	90 - 100	0 - 10
Réactif	Cellulose	50 - 90	10 - 50
Soufré	Cellulose	60 - 90	10 - 40
Métallifère	Laine	90 - 98	2 - 10

Ainsi, des systèmes technologiques pour l'élimination des polluants organiques tels que les colorants sont actuellement bien maîtrisés à l'échelle du laboratoire et appliqués à grande échelle incluant les traitements physiques (adsorption, les technologies membranaires et les procédés de séparation solide-liquide: précipitation, coagulation, floculation et décantation), chimiques (résine échangeuse d'ions, oxydation par: oxygène, ozone, oxydants tels que NaOCl, H₂O₂, réduction (Na₂S₂O₄), ...) et biologiques (traitement aérobie et anaérobie). Les techniques de dépollution des eaux usées chargées des colorants les plus importants, seront brièvement discutés dans le chapitre suivant.

I.6 Adsorption

Les phénomènes dont l'adsorption ont été observés initialement dans les liquides par Lowitz en 1785, La première application industrielle a été réalisée quelques années plus tard dans une raffinerie de canne à sucre pour décolorer les sirops.

En 1860, le charbon de bois a été utilisé pour éliminer le goût et les odeurs des eaux. Par suite début du 20^{ème} siècle les techniques d'adsorption sont développées grâce aux connaissances scientifiques.

Durant la première guerre mondiale, les capacités de purification par le charbon actif ont été mises en évidence dans plusieurs applications [13].

I.6.1 Définition de l'adsorption

Plusieurs définitions ont été données par divers auteurs, nous reportons dans ces paragraphes les plus usuels (Figure I.1) :

- L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscible : (liquide / solide) ou (gaz / sol) on parlera donc de couples (adsorbât / adsorbant);
- L'adsorption par un solide est définie comme étant le phénomène de fixation des molécules d'une phase gazeuse ou liquide, sur la surface de ce solide;
- L'adsorption peut aussi être définie comme étant une opération physique de séparation des mélanges, et le processus dans lequel une substance est éliminée par une autre, dans laquelle elles trouvent concentrée à l'interphase [14].
- L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules d'un fluide (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) selon divers processus plus ou moins intenses grâce aux interactions physiques et/ou chimiques [15].

De manière générale, l'adsorption est définie comme un processus résultant en une accumulation nette d'une substance à l'interface entre deux phases [16].

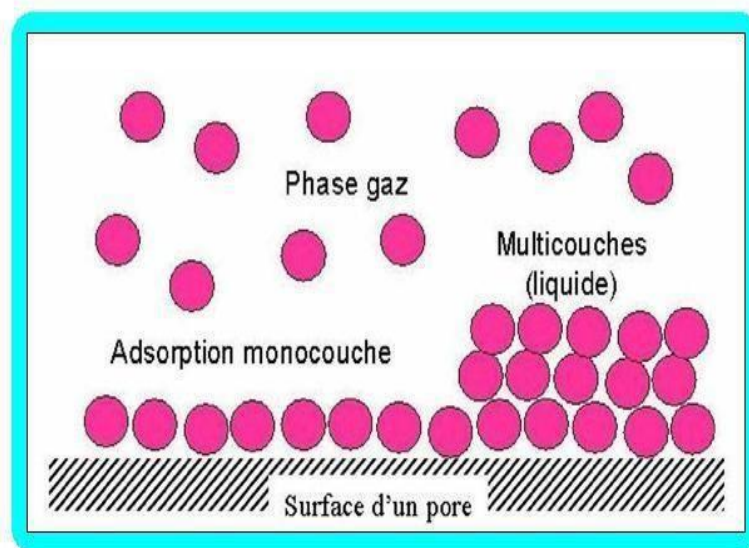


Figure I.1 : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption

I.6.2 Nature de l'adsorption

L'adsorption est parfois différenciée en adsorption physique et chimique (Tableau I.1)

Tableau I.3 : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique [17]

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Types de liaison	Liaison de Van Der Waals	Liaison chimique
Températures du Processus	Relativement faible comparée à la température d'ébullition de l'adsorbat	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbat
Individualité des molécules	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide, indépendante de la Température	Très lente
Chaleur d'adsorption	Inférieure à 10 kcal/mole	Supérieure à 10 kcal/mole
Énergies mises en jeu	Faibles	Élevées
Type de formation	Formation en multicouches et monocouche	Formation en monocouche

I.6.3 Mécanismes 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 [18].

- 1- Transfert de masse externe (diffusion externe) qui correspond au transfert du soluté du sein de la solution à la surface externe des particules.
- 2- Transfert de masse interne dans les pores (diffusion interne) qui a lieu dans le fluide remplissant les pores. En effet, les molécules se propagent de la surface des grains vers leur centre à travers les pores.
- 3- Diffusion de surface : pour certains adsorbants, il peut exister également une contribution de la diffusion des molécules adsorbées le long des surfaces des pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant.

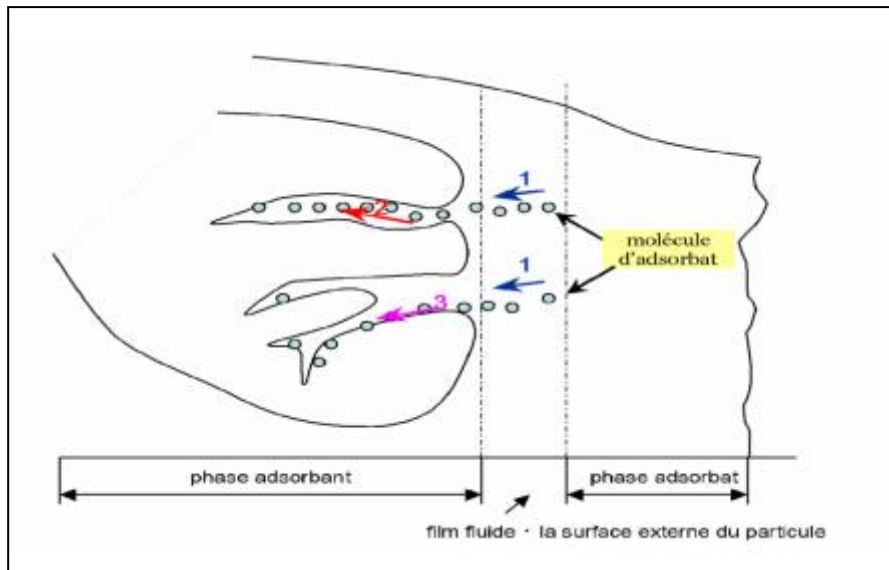


Figure I.2 : Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbant au sein d'un grain [18].

I.6.4 Les facteurs influençant l'adsorption

Quand un solide est mis en contact avec une solution, chaque constituant de cette dernière, le solvant et le soluté, manifeste une tendance à l'adsorption à la surface du solide. Il y'a donc une compétition en surface entre deux adsorptions qui sont Concurrentielles. Le cas le plus intéressant est celui où l'adsorption du soluté est de loin plus importante que celle du solvant. Donc la quantité adsorbée, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont [19]:

a. La température

L'adsorption est un processus exothermique et par conséquent son déroulement doit être favorisé à basse température.

b. Nature de l'adsorbant

L'adsorption d'une substance donnée croît avec la diminution de la taille des particules de l'adsorbant, ce qui permet aux composés de la solution de pénétrer dans les capillaires de la substance, donc la subdivision de la particule du solide influe directement sur les pores de ce dernier ainsi que sur sa surface spécifique qui va être développée. Cependant, si les dimensions des pores sont inférieures, aux diamètres des molécules de l'un des composants de la solution, l'adsorption de ce composé ne se fait pas, même si la surface de l'adsorbant a une grande affinité pour ce composé.

c. Nature de l'adsorbat

Pour qu'il y'ait une bonne adsorption il faut qu'il y'ait d'abord une affinité entre le solide et le soluté. En règle générale, les solides polaires, adsorbent préférentiellement d'autres corps polaires. Par contre les solides non polaires, adsorbent préférentiellement des substances non polaires et l'affinité pour le substrat croît avec la masse moléculaire de l'adsorbat. Ceci a été déjà énoncé par la règle de Traube et complété par Freundlich en écrivant que l'adsorption de substance organique, à partir de solutions aqueuses, augmente fortement et régulièrement quand la longueur de la chaîne croît à l'intérieur d'une série homologue.

d. Orientation des molécules

L'orientation des molécules adsorbées en surface, dépend des interactions entre la surface et les molécules adsorbées en solution. Il est difficile de prévoir l'orientation des molécules d'adsorbat sur le solide, c'est le cas par exemple de l'adsorption des acides gras de formule générale $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ dans un solvant organique adsorbé sur certains métaux comme le platine, l'orientation est verticale et l'aire moléculaire de l'acide est 20.5 \AA^2 par contre sur le noir de carbone la molécule d'acide gras s'oriente à plat 114 \AA^2 , dans les deux cas on obtient une isotherme de type H.

e. Surface spécifique

La surface spécifique est une donnée essentielle de la caractérisation des solides et des matériaux poreux. Il est clair que l'on cherche à conférer aux adsorbants une grande surface spécifique, cette grandeur désigne la surface accessible rapportée à l'unité de poids d'adsorbant.

I.6.5 Isothermes d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme.

Les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante.

a. Classification des isothermes d'adsorption

L'allure de la courbe isotherme varie selon le couple adsorbat-adsorbant étudié. Les isothermes d'adsorption de solutés à solubilité limitée ont été classées par Gilles et Coll (Figure I.3) [19]:

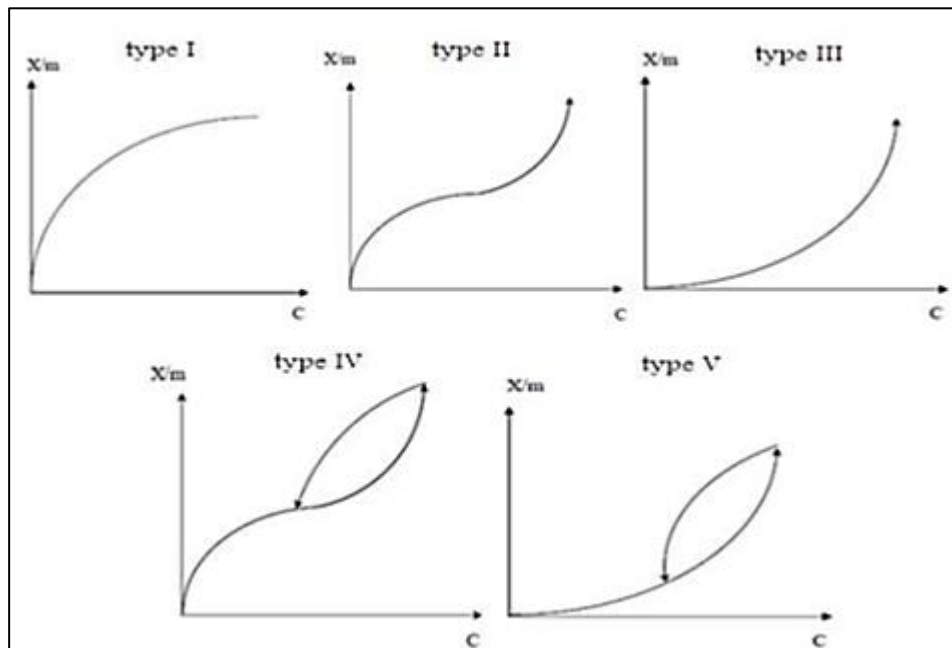


Figure I.3 : Les différents types d'isothermes d'adsorption [19].

- Isotherme de type I: L'interprétation classique de cette isotherme est qu'elle est relative à une formation d'une couche mono moléculaire complète. Cette isotherme est relative à des solides microporeux de diamètre inférieur à 25 Å.
- Isotherme de type II: C'est la plus fréquemment rencontrée, quand l'adsorption se produit sur des poudres non poreuses ou ayant des macro-pores de diamètre supérieurs à 500 Å.
- Isotherme de type III: Cette isotherme est caractéristique des adsorptions où la chaleur d'adsorption de l'adsorbant est inférieure à la chaleur de liquéfaction. Cette isotherme est relativement rare, elle indique la formation de couches poly-moléculaires, dès le début de l'adsorption, et avant que la surface n'ait été recouverte complètement d'une couche mono-moléculaire.
- Isotherme de type IV: Cette isotherme se produit sur des solides ayant des pores, avec des diamètres compris entre 15 et 1000 Å. La pente croît à des pressions relatives élevées, ce qui indique que les pores sont totalement remplis. Comme pour l'isotherme de type II, la poly-couche démarre quand la mono-couche est totalement réalisée.
- Isotherme de type V: Cette isotherme donne aussi comme l'isotherme de type IV lieu à une hystérésis, elle est similaire à l'isotherme du type III, c'est-à-dire que la poly-couche démarre, bien avant que la mono-couche ne soit pas totalement réalisée. Ce type d'isotherme est aussi caractéristique de solides poreux, ayant des diamètres de pores du même ordre que ceux des

solides donnant des isothermes de type IV et V présente à la fin, une pente différente attribuée, à la géométrie des pores.

b. Modélisation des isothermes

Les paramètres obtenus à partir de la modélisation des isothermes fournissent des informations importantes sur le mécanisme d'adsorption, les propriétés de surface et les affinités adsorbant-adsorbat.

Les deux modèles à trois paramètres les plus couramment employés sont les modèles de Langmuir et Freundlich :

- Modèle de Langmuir

Ce modèle est très utile pour l'adsorption mono-moléculaire d'un soluté en formant une monocouche à la surface d'un adsorbant, ce modèle est utilisé quand les conditions suivantes sont remplies [20]:

L'espèce adsorbée est fixée sur un seul site bien défini, chaque site n'est capable de fixer qu'une seule espèce adsorbée, l'énergie d'adsorption de tous les sites est identique et indépendante des autres espèces déjà adsorbées sur des sites voisins.

Il est décrit par l'expression suivante :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{k_1 \times Q_m} \times \frac{1}{c_e} \dots \dots \dots (I.1)$$

Avec:

Q: quantité de substance adsorbée à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant (capacité d'adsorption) (mg/g).

Q_m: Capacité d'adsorption à la saturation (mg/g).

C_e: Concentration du substrat en adsorbat à l'équilibre (mg/l).

K_L: la constante de Langmuir.

- Modèle de Freundlich

Le modèle empirique de Freundlich est basé sur l'adsorption sur des surfaces hétérogènes [21].

$$\ln Q_e = \ln K_F \times \frac{1}{n} \ln C_e \dots \dots \dots (I.2)$$

Avec :

Q_e : quantité adsorbée par gramme du solide.

C_e : concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption.

K_F et $1/n$: constantes de Freundlich caractéristique de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné.

I.6.6 Cinétique d'adsorption

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support.

La détermination des paramètres cinétique doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes.

Le transfert d'un adsorbât de la phase liquide vers un site d'adsorption, fait intervenir les étapes suivantes [22]:

- 1^{ère} étape: transfert de l'adsorbât de la phase liquide vers la couche limite du film liquide liée à la particule solide (par convection ou diffusion). Étape très rapide.
- 2^{ème} étape: Transfert de l'adsorbât à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant. Étape rapide.
- 3^{ème} étape: Diffusion à l'intérieur de la particule d'adsorbant selon deux voies, sous l'influence du gradient de concentration. Étape lente.
 - 3a : Sous l'état adsorbé, par diffusion de surface.
 - 3b : À l'état libre, par diffusion de pore.
- 4^{ème} étape: adsorption dans un micropore. Étape très rapide

Modélisation cinétique

On va présenter deux modèles cinétiques les plus importants pour interpréter des données empiriques pour les résultats d'adsorption, Ces modèles sont:

- Le modèle de pseudo-premier ordre (PPO)

L'expression est donnée par Lagergren [23] :

$$\frac{dQ_t}{dt} = K_1(Q_e - Q_t) \dots \dots \dots (I.3)$$

Où :

K₁: constante de vitesse de réaction de premier ordre d'adsorption.

Q_e: quantité adsorbée à l'équilibre en (mg/g). **Q_t**: quantité adsorbée à l'instant t en (mg/g).

t: temps de contact en (min).

Après intégration avec les conditions initiales $Q_t = 0$ à $t = 0$, l'équation devient:

$$Q_t = Q_e (1 - e^{-K_1 t}) \dots\dots\dots (I.4)$$

La linéarisation de l'équation précédente donne :

$$\ln (Q_e - Q_t) = \ln Q_e - K_1 t \dots\dots\dots (I.5)$$

On trace $\ln (Q_e - Q_t) = f(t)$, on obtient une droite qui donne K_1 et Q_e .

Ce modèle permet de décrire les phénomènes ayant lieu lors des premières minutes du processus d'adsorption [24].

- Le modèle pseudo-second-ordre(PSO)

Le modèle pseudo-second-ordre (PSO) est donné par l'expression suivante [25]:

$$\frac{dQ_t}{dt} = K_2 (Q_e - Q_t)^2 \dots\dots\dots (I.6)$$

Où:

K₂ : constante de vitesse de réaction de second ordre d'adsorption en (mg/g.min).

Q_e : quantité adsorbée à l'équilibre en (mg/g),

Q_t : quantité adsorbée au temps t en (mg/g). t : temps de contact en (min).

Après intégration on obtient:

$$\frac{1}{Q_t} = (1/(K_2 \cdot Q_e)^2 + \left(\frac{1}{Q_e}\right) \cdot t \dots\dots\dots (I.7)$$

On trace $t/Q_t = f(t)$, on obtient une droite qui donne K_2 et Q_e .

Contrairement au modèle de premier ordre, le modèle de pseudo second ordre est applicable à un intervalle de temps plus large.

I.6.7 Les adsorbants

Généralement, les adsorbants permettent de réaliser la séparation des composants d'un mélange entretenant plus ou moins, ceux-ci, par le biais de liaisons dont l'intensité varie selon la nature des molécules présentes dans le mélange. Au sens strict, tous les solides sont des adsorbants. Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante (surface par unité de masse) peuvent avoir des intérêts pratiques. Les adsorbants industriels ont

généralement des surfaces spécifiques au-delà de $100 \text{ m}^2/\text{g}$, atteignant même quelques milliers de (m^2/g).

Ces adsorbants sont nécessairement microporeux avec des tailles de pores inférieures à 2 nm ou méso-poreux avec des tailles de pores comprises entre 2 nm et 50 nm (selon la classification de l'IUPAC).

Les adsorbants industriels les plus courants sont les suivants : les charbons actifs, les zéolithes, les gels de silice, les argiles activées (ou terres décolorantes) et les alumines activées [26].

I.6.8 Domaine d'application de l'adsorption

L'adsorption qui s'avère comme un traitement efficace à l'industrie. En pratique, elle est utilisée dans les cas suivants [22] :

- Séchage;
- Traitement des huiles;
- Traitement des gaz;
- Industrie textile;
- Décoloration et traitement des eaux ;

Chapitre II

Protocole Expérimental

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les différents protocoles expérimentaux, les expériences d'adsorption qui consistent à étudier les paramètres qui influent sur le phénomène d'adsorption de colorant par les déchets agricole tels que le temps, la masse, le pH et la température, suivie d'une étude isothermique et cinétique d'adsorption.

Toutes ces expériences ont été fait au niveau des laboratoires de recherche Génie des Procédés et du département de Génie des procédés de l'université de Laghouat.

II.2 Appareillage et réactifs


II.2.1 Appareillage



- Agitateur magnétique (SCIOLOGEX);
- Bain Marie à agitation du type Nuvest30;
- Un pH-mètre (WTW INOLAB 7310);
- Balance analytique ;
- Spectrophotomètre UV-Visible (UVILINE 9400);

II.2.2 Réactifs chimiques utilisés

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

Tableau II.1 : Caractéristiques des réactifs utilisés.

Produits	Pureté	Etat physique
NaOH	98 %	Solide 

H ₂ SO ₄	95-97 %	Liquide 
Fuchsine basique	-	Poudre 

On choisit le colorant fuchsine basique (**FB**) comme un polluant et qui joue le rôle d'adsorbat dans cette étude.

II.3. Préparation des solutions de réactifs

➤ Préparation de NaOH (0.1N)

- À l'aide d'une balance électrique, on pèse 0.4g de NaOH
- On dissout cette quantité dans l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100ml.

➤ Préparation de H₂SO₄ (0.1N)

- On prend 0.35 ml de H₂SO₄ à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- On dissout cette quantité dans une autre fiole jaugée en verre de 100 ml, ou ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

➤ Préparation de solution mère du FB (1000 ppm)

- On pèse 0.5 g de FB avec une balance électrique;
- On met cette quantité dans une fiole jaugée de 500 mL (en verre), puis on ajoute l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

II.3.1 Préparation de l'adsorbant

L'adsorbant choisi pour cette étude est les déchets Agricoles locaux. Cet adsorbant utilisé est préparé selon les étapes suivantes [27,28]:

- Le lavage à l'eau du robinet puis rinçage à l'eau distillée (3 fois) ;
- Le séchage à l'air libre;
- Le broyage de la plante ;
- Le tamisage, après l'avoir broyée, grâce au passage au tamis pour obtenir la poudre dans sa forme la plus raffinée.



Figure II.1 : Poudre d'adsorbant local préparé.

II.4 Techniques d'analyse

Deux techniques d'analyse ont été considérées dans ce travail. Le dosage de FB est réalisé par spectrophotométrie UV-Visible.

II.4.1 Spectrophotométrie UV-Visible

a. Principe

La spectrophotométrie UV-Visible est la technique utilisée pour déterminer la concentration de FB.

Le principe d'analyse par spectrophotométrie UV-visible est basé sur la loi de Beer Lambert [29]:

$$A = \epsilon \cdot l \cdot C \dots\dots\dots(II.1)$$

Avec :

- A : Absorbance
- ϵ : Coefficient d'absorption moléculaire ou coefficient d'extinction molaire
(l/mol.cm ou cm²/mol)
- l : Trajet optique (cm)
- C : Concentration de la substance dans la solution (mol/l)

En d'autres termes, on mesure la capacité de cette substance à absorber la lumière qui la traverse.

II.4.2 Tracé de la courbe d'étalonnage

Après avoir cherché la longueur d'onde λ_{max} de cette substance. En suivant maintenant la procédure expérimentale pour le tracé de la courbe à l'aide d'une série d'étalons préparés et au moyen d'un spectrophotomètre UV-Visible (Annexe 1) qui a permis de déterminer la teneur du FB. Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe d'étalonnage de cette substance, présenté par la figure (II. 2).

La courbe d'étalonnage de FB de la figure II .2, montre une bonne linéarité avec $R^2 = 0.9905$ passant par l'origine

Les analyses des différentes concentrations du FB, de cette étude sont effectuées sur un spectrophotomètre piloté par ordinateur, à une longueur d'onde ($\lambda = 543$ nm).

Cette courbe d'étalonnage (figure II. 2) nous a permis de déduire les différents teneurs du FB de tous les essais d'adsorption.

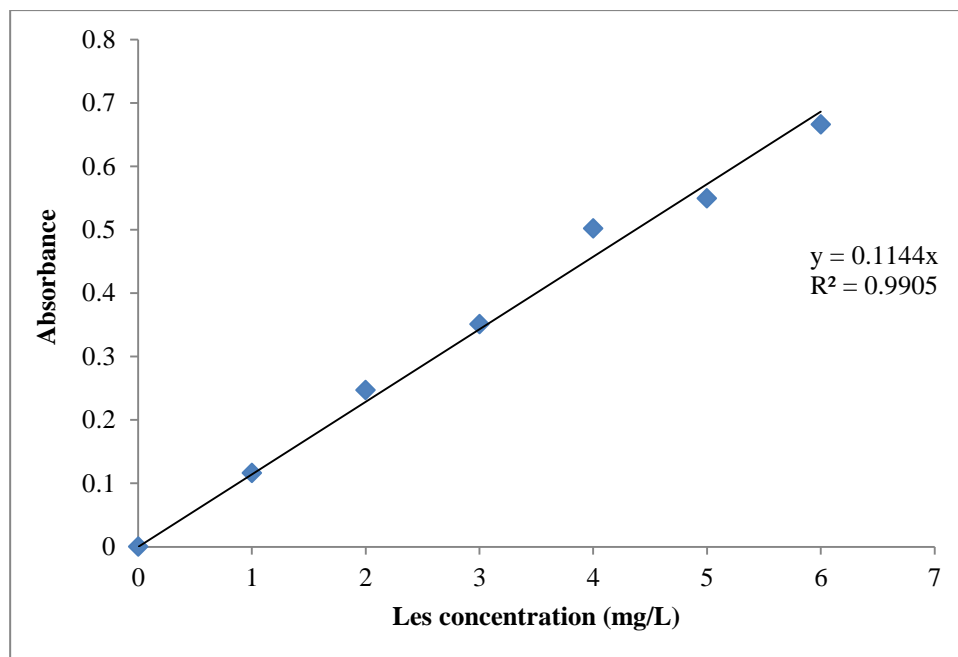


Figure II.2: Courbe d'étalonnage du FB.

II.5 Essais d'adsorption

Les expériences d'adsorption ont été effectuées en système batch dans des béchers de 100 mL.

Dans chaque bécher une masse optimisée d'adsorbant a été soigneusement mélangée avec 50 mL de la solution de FB. Les échantillons sont filtrés et dilués pour mesurer en fin la concentration résiduelle du FB.

II.5.1 Influence de la masse d'adsorbant

On a mis en contact 50 mL de solution de FB à une concentration de 100 mg/L avec différentes quantités de l'adsorbant allant de 0,1g jusqu'à 1,0 g. L'agitation est assurée pendant 2 h dans un Bain marie à agitation (Annexe 2) à une vitesse de 150 tr/min à une température de 20°C.

Les différents échantillons ont été recueillis et filtrés puis dosés par spectrophotométrie UV-Visible.

II.5.2 Influence du pH

Dans cet essai, on doit répartir dans 6 flacons le volume de 50 mL à partir de la solution de FB ($C_1=100$ mg/L), en suite en ajoutant quelques gouttes soit de solution H_2SO_4 (0.1N) ou NaOH (0.1N) pour avoir des solutions de valeurs de pH souhaitées de 2, 4, 5, 6, 7 et 8.

Après avoir fixé le pH dans chaque flacon, on ajoute 0,3 g de l'adsorbant local puis on les fait subir une agitation dans un bain à agitation d'une vitesse de 150 tr/min pendant 2 heures à une $T=20^\circ C$.

II.5.3 Influence du temps de contact

Pour le but d'étudier l'influence de temps de contact et de la concentration initiale:

- On prépare 5 flacons de différentes concentrations, puis les mélangeons avec 0,3 g de l'adsorbant puis on expose ce mélange à une agitation pendant 3 heures (Annexe 3).
- Pendant la durée d'agitation continue de ce mélange, on prélève chaque fois une quantité à des intervalles de temps différents.
- Ces quantités prélevées sont filtrées, diluées pour dosées par la technique UV-Visible.

II.5.4 Influence de la température

Pour l'étude de l'influence de ce paramètre, on mélange une masse optimale de 0,3 g d'adsorbant avec un volume de 50 ml de FB dont la concentration initiale est égale à 100 mg/L.

L'essai d'adsorption a été effectué par une série d'expériences à différentes températures de 30, 40, 50° et 40°C, sous une vitesse d'agitation de 150 tr/min pendant 30 min.

Chapitre III

Résultats et Discussion

III.1 Introduction

Le but de ce chapitre est d'étudier l'influence des paramètres physico-chimiques tels que le temps de contact, la concentration initiale du colorant, la masse de l'adsorbant, le pH de la solution sur l'adsorption par la biomasse calcinée.

Différents modèles cinétiques et d'isothermes ont été utilisés pour modéliser les résultats expérimentaux obtenus.

III.2 La capacité d'adsorption

La quantité d'adsorption du colorant FB a été calculée en utilisant la formule suivante (III.1) [30]:

$$Q_t = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m} \dots \dots \dots (III.1)$$

Q_t : La quantité adsorbée à l'instant t (mg/g).

C_0 : La concentration initiale en colorant (mg/L).

C_e : La concentration en colorant à l'instant t (mg/L).

V : Le volume de la solution (L).

m : La quantité de l'adsorbant en solution (g).

La détermination du taux d'adsorption du colorant, noté R et exprimé en pourcentage (%), il est défini par l'équation (III.2) [30]:

$$R = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \dots \dots \dots (III.2)$$

Où :

C_0 : Concentration initiale du colorant (mg/L).

C_e : Concentration du colorant à l'instant t (mg/L).

III.3 Effet des paramètres opératoires

III.3.1 Effet de la masse d'adsorbant

La figure (III. 1) représente les résultats de l'effet de la masse sur l'adsorption du FB.

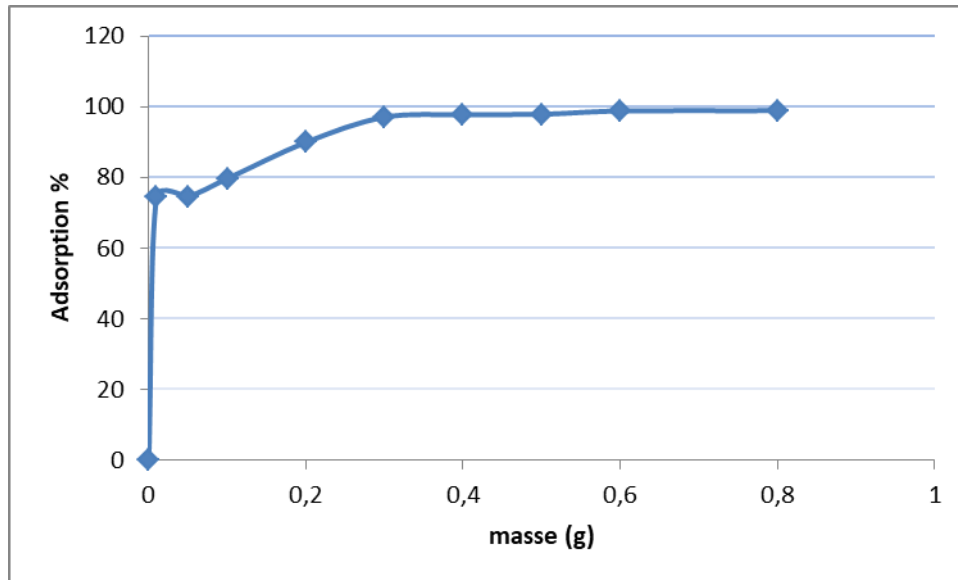


Figure III.1: Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du FB

Figure (III.1) nous donne la quantité du FB adsorbée à l'équilibre en fonction de la masse de l'adsorbant. Cette figure montre que le taux d'élimination des FB augmente lorsque la masse de l'adsorbant augmente. L'augmentation de la masse de l'adsorbant augmente la surface spécifique et donc le nombre des sites disponibles d'adsorption par conséquent l'augmentation de la quantité de colorant adsorbé [31]. Donc l'adsorption augmente avec l'augmentation de la dose d'adsorbant, La courbe de la Figure (III.1) montre que le pourcentage d'élimination des FB est pratiquement (97,58%) pour une masse de 0,3 g de l'adsorbant, et la masse optimale de charbon actif qui sera prise en compte dans les études ultérieures sera 0,3 g.

III.3.2 Effet de temps de contact

La figure (III.2), représentent les résultats sur l'effet du temps de contact sur l'adsorption du FB.

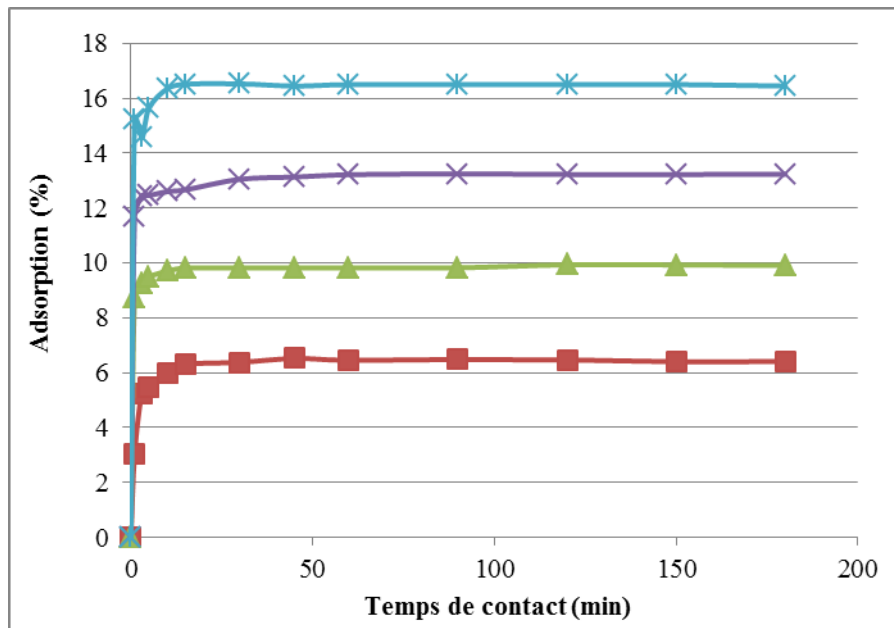


Figure III.2: Influence du temps de contact sur l'adsorption du FB
 $m = 0.3$ g et $T = 25^\circ\text{C}$.

A partir la figure (III.2) nous noter que la cinétique d'adsorption du FB est rapide et augmente au fur et à mesure avec l'augmentation du temps de contact, Où le temps d'équilibre exact est obtenu à partir de 30 minutes. Au-dessus de cette valeur, la quantité absorbée reste constante. Dans le reste de notre étude, nous allons travailler avec un temps de contact optimal: 30 minutes.

III.3.3 Effet de concentration initiale

La figure (III.3) représente les résultats de l'effet de concentration initiale sur l'adsorption du FB.

D'après la figure (III.3), on a remarqué que l'adsorption de FB augment avec l'augmentation de concentration initiale de FB, donc il y a une proportion directe entre l'adsorption et concentration initiale de l'adsorbant [32].

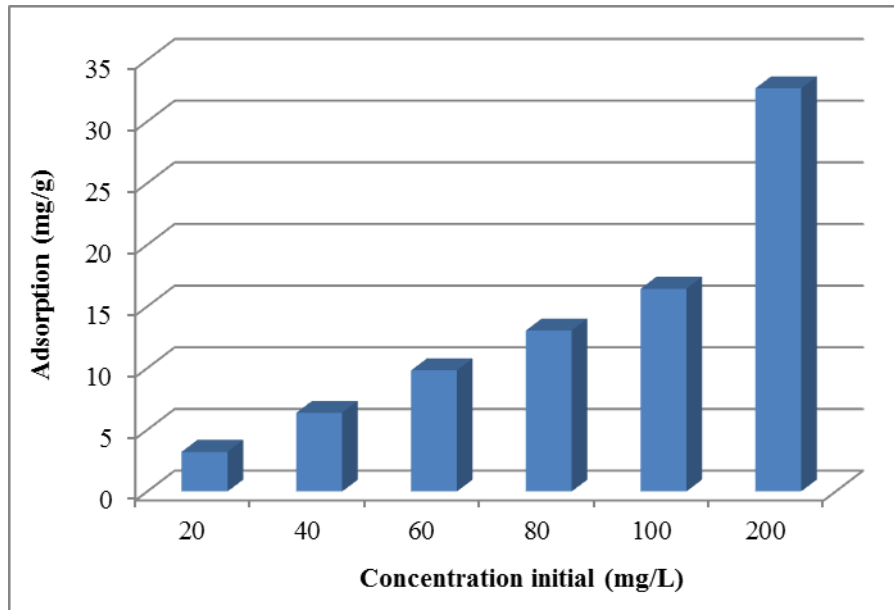


Figure III.3: Influence de la concentration initiale de FB sur l'adsorption du FB
 $m = 0.3 \text{ g}$, $t = 30 \text{ min}$, et $T = 25^\circ\text{C}$.

III.3.4 Effet de pH

La figure (III.4) représente les résultats de l'effet de pH de solution de FB sur l'adsorption du FB.

L'effet du changement de pH sur la quantité adsorbée de FB a été étudié en changeant le pH de 2 à 8 des données et graphiques obtenus.

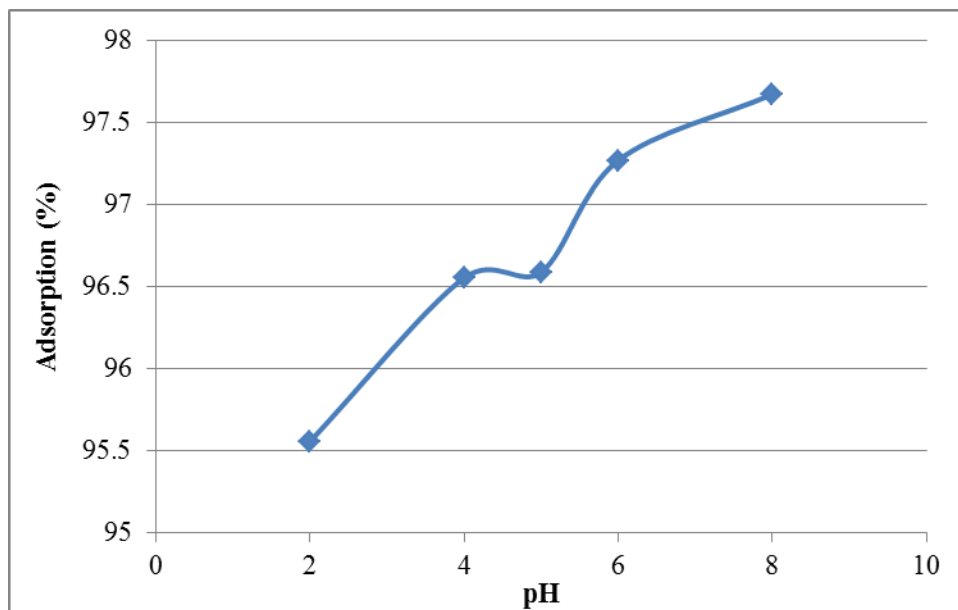


Figure III.4: Influence du pH de la solution sur l'adsorption du FB

[FB] = 100 mg/l, m = 0,3 g et T=25°C.

Nous observons une augmentation significative du taux d'adsorption dans la gamme de pH étudiée jusqu'à la valeur pH égal à 8 (Figure III.4)

Nous concluons donc que la disponibilité des sites destinés à la réparation des colorants cationiques est basée sur le pH.

L'adsorption augmente, en raison de l'attraction de l'électricité statique entre le colorant chargé positivement et la surface du matériau absorbant chargé négativement.

III.3.5 Effet de la température

La figure (III.3) représente les résultats sur l'effet de la température sur l'adsorption du FB.

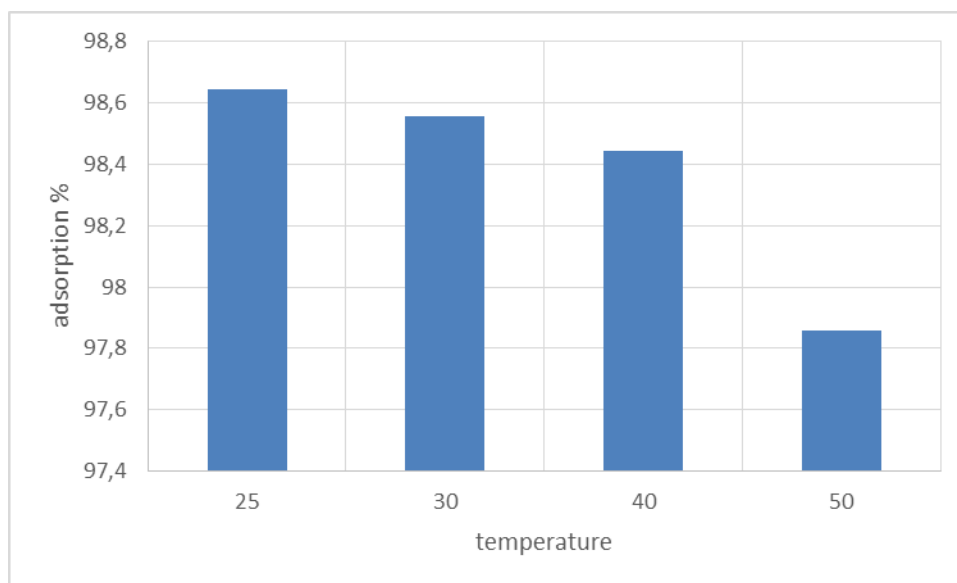


Figure III.6: Influence de la Température sur l'adsorption du FB

[FB] = 100 mg/l, temps de contact = 30 min, m=0,3 g.

À partir de la figure III.5, on remarque que l'augmentation de la température entraîne une diminution de la capacité d'adsorption de FB, indiquant ainsi que le phénomène d'adsorption est exothermique [33]. De plus, on peut montrer que la température appropriée est la température ambiante, qui est de 20 °C.

III.4 Étude cinétiques d'adsorption

L'étude cinétique de l'adsorption de la fuchsine a été réalisée à travers une étude de modélisation linéaire des modèles de pseudo-premier ordre (PPO) et de pseudo-second ordre (PSO) [34,35]

Ces modèles sont représentés dans les courbes des figures (III.6) et (III .7), respectivement.

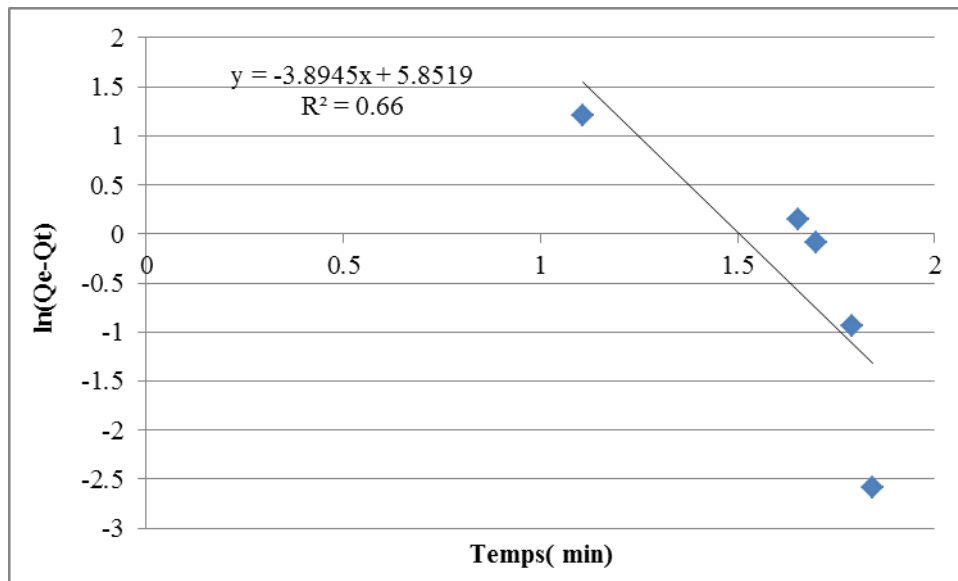


Figure III.6: La modélisation cinétique d'adsorption de FB (à l'aide d'un modèle de PPO) à 298 K

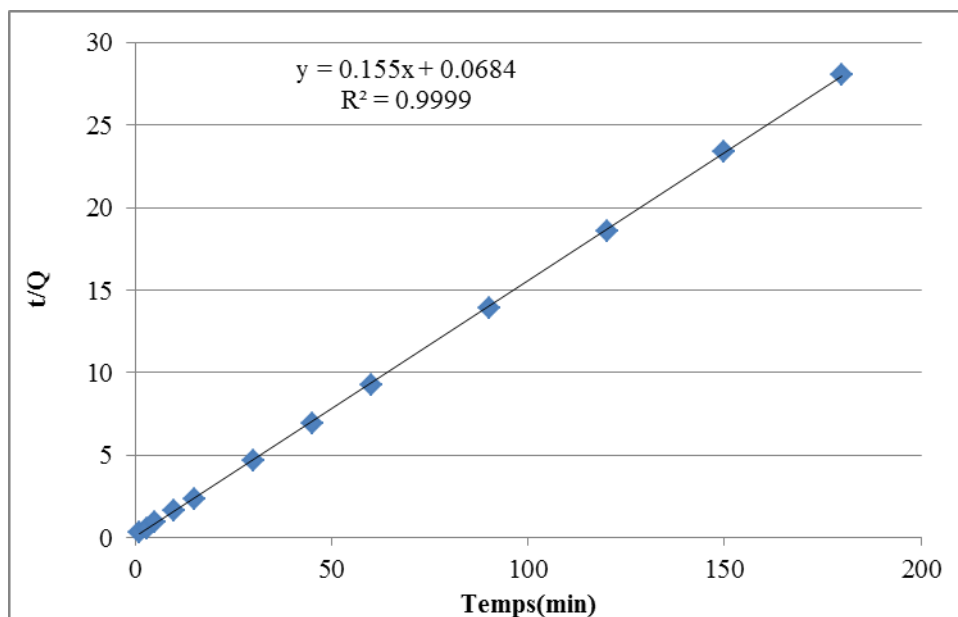


Figure III.7: La modélisation cinétique d'adsorption de FB (à l'aide d'un modèle de PSO) à 298 K

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

	Pseudo- premier ordre			Pseudo-second ordre		
C₀ (mg/L)	Q_e (mg/g)	K₁ (g/min)	R²	Q_e (mg/g)	K₂ (g/mg min)	R²
40	347.894	3.8945	0.6600	6.480	0.353512	0.9990

À partir de les courbes de figure III.6 et III.7 et les valeurs de tableau III.1, on remarque observe que il existe une corrélation entre la quantité d'adsorbant et les périodes de temps et le coefficient de corrélation de modèle pseudo-second ordre plus proche de 1 que le coefficient de modèle pseudo-premier ordre, ce qui indique que ce modèle dépend d'une plus longue période de temps qui entraîne une adsorption proche ou complète de l'absorbant.

Donc pseudo-second ordre est le meilleur modèle pour étudier la cinétique d'adsorption du FB.

III.5 Étude isothermes d'adsorption

Les paramètres obtenus à partir de la modélisation des isothermes fournissent des informations importantes sur le mécanisme d'adsorption, les propriétés de surface et les affinités adsorbant-adsorbat.

Les deux modèles les plus couramment employés sont les modèles de Langmuir et Freundlich [36, 37].

Les figures (III.8-III.9), représentent les courbes linaires des modèles isothermique Langmuir et Freundlich

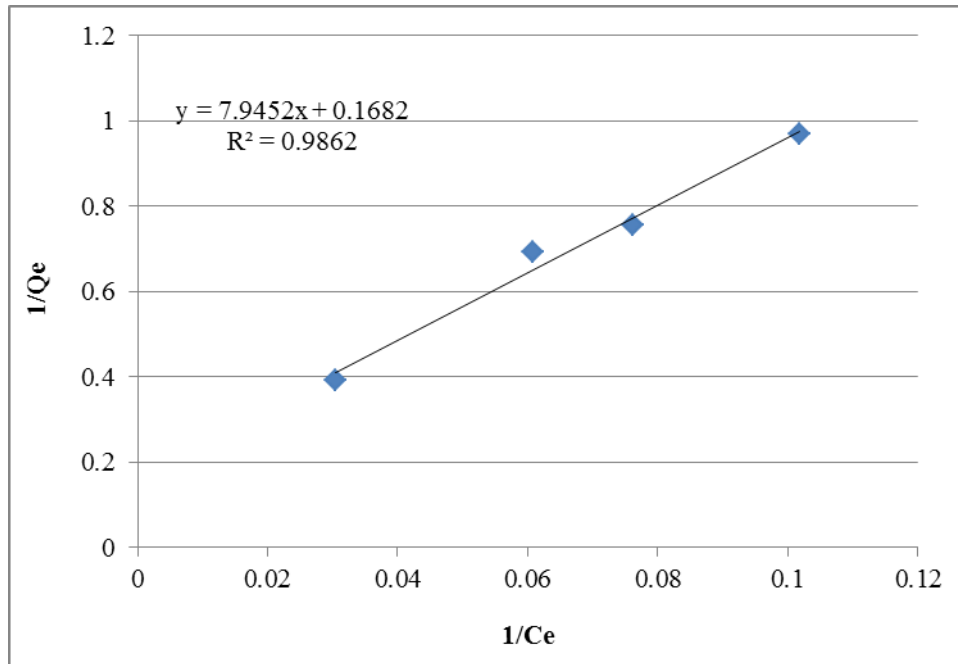


Figure III.8: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le modèle de Langmuir

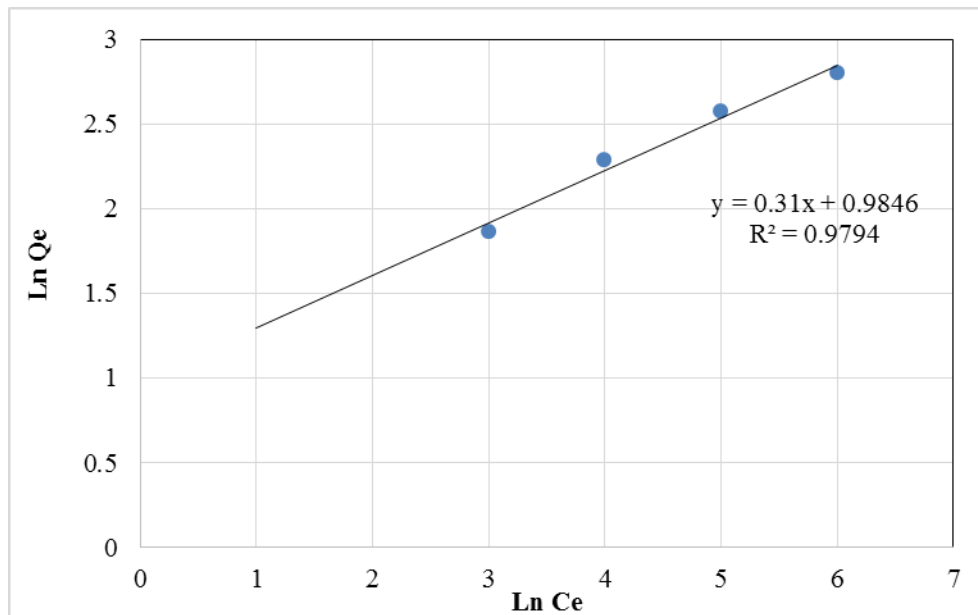


Figure III.9: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de FB selon le modèle de Freundlich

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

T (K)	Langmuir			Freundlich		
	Q _{max} (mg/g)	K _L (L/mg)	R ²	1/n	K _F (mg ¹⁻ⁿ · l ⁿ · g ⁻¹)	R ²
293	5.945	0.02117	0.9862	0.3884	2.67674	0.9794

Expérimentalement, la corrélation entre la quantité d'adsorbant et la concentration de FB à l'équilibre est observée à partir des courbes (figures III.8-III.9), et le coefficient de corrélation du modèle de Langmuir est supérieur à celui du modèle Freundlich (Tableau III.2), ce qui indique que le modèle de Langmuir est préférable pour étudier l'isotherme d'adsorption du FB sur la poudre de l'adsorbant. Ceci s'explique par sa capacité à bien représenter l'adsorption mono-moléculaire de l'adsorbat. Ainsi, la formation d'une monocouche à la surface de l'absorbante offre de meilleurs résultats que les autres modèles. [38]

III.6 Etude comparative

Le tableau III.3, présente une étude comparative qui inclut un groupe d'adsorbants de nature diverse

Tableau III.3: Adsorption de la fuchsine basique sur différents adsorbants.

Adsorbant	Q _{max} (mg/g)	Modèle de l'isotherm	References
Écorces de citron	3.319	Langmuir	[39]
Pastille composite carbone-alumine	181.82	Langmuir	[40]
Purée de sorgho maltée	58.48	Langmuir	[41]
Charbon actif en cuir	139.28	Langmuir	[42]
Déchets Agricole	5.945	Langmuir	Cette étude

Dans le tableau III.3, nous constatons que la valeur d'adsorption obtenue grâce à nos expériences est bonne par rapport aux résultats obtenus grâce aux expériences précédentes, en particulier les Écorces de citron, et faible par rapport au reste des adsorbants.

On peut dire que les déchets agricoles sont considérés comme un matériau efficace comme absorbant pour les colorants, d'autant plus qu'ils sont naturels et respectueux de l'environnement, mais ils ont besoin d'être activés pour augmenter leur efficacité.

Conclusion générale

Dans ce travail, l'efficacité des déchets agricoles en poudre pour éliminer un polluant de l'eau qui est le fuschine basique, a été étudiée.

L'étude a inclus l'étude de l'effet de plusieurs variables sur l'adsorption de fuschine basique, afin de déterminer les meilleurs résultats et les plus idéaux pour la purification de l'eau contaminée en ce colorant.

Les résultats de ces effets sont :

- La masse idéale du poudre pour une meilleure adsorption est 30 mg.
- Le temps de contact pour une adsorption le plus important est de 30 minutes.
- La température affectant l'adsorption et qui a un rôle positif est de 20 °C.
- L'influence du pH , les résultats d'adsorption étaient meilleurs pour un pH de milieux basique.

Les résultats obtenus sont soumis à la modélisation cinétique et celle de l'isotherme, pour connaitre les meilleurs modèles qui étaient:

- Pour le modèle pseudo-second ordre a été le meilleur pour la modélisation cinétique.
- Pour, pour l'isotherme c'était le modèle de Langmuir avec capacité d'adsorption $Q_{\max} = 5.94$ mg/g

En définitive on peut conclure que l'adsorbant utilise est une substance efficace dans l'adsorption de fuschine basique dissout dans les solutions aqueuses et on peut l'utiliser dans le domaine de la lutte contre la pollution de l'eau

Les perspectives de ce travail sont les suivant :

- L'utilisation de ce déchets agricoles sur d'autres types de colorants (ioniques et neutres).
- Élargir l'étude pour inclure (étude de la thermodynamique, analyse infrarouge...etc
- Élargir cette étude sur d'autres types de déchets agricoles .
- Prévoir d'autres types de traitements capables d'améliorer leur capacité d'adsorption

Références bibliographiques

- [1] K. Emillain, Traitement des pollutions industrielles, 2004, 1-24.
- [2] M. Bouzain, L'eau de la pénurie maladie, Ed. Ibn-khaldoun, Oran, 2000, 59-64.
- [3] D. Boudjelal, Pollution de l'oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielle et impact de leur utilisation dans l'irrigation, Thèses ing, tatho des écosystèmes universitaires, Stif (2008), 6-13.
- [4] L. MedLami, C. Smail, L. Smail, Dépollution par charbon actif d'une eau contaminée par bleu de méthylène, Master, Université Hamma Lakhdar - El oue, 2017, 30-33.
- [5] N. Bouanimba, Modélisation et optimisation de la cinétique de dégradation photo catalytique de polluants organiques en solution, Diplôme de Magister, Université Mentouri Constantine Algérie, 2009.
- [6] D. Chebli, Traitement des eaux usées industrielles, Dégradation des colorants azoïques par un procédé intégré couplant un procédé d'oxydation avancée et un traitement biologique, Thèse de Doctorat, Université Farhat Abbas-Sétif-Algérie, 2012.
- [7] E. Guechi, Enlèvement de colorants à partir de solutions aqueuses par des matériaux sorbants non conventionnels et à faible coût, Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba-Algérie, 2013.
- [8] F. Benamraoui, Élimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, Diplôme de Magister, Université Ferhat Abbas –Sétif- Algérie, 2014.
- [9] K.T. Chung, G.E. Fulk, A.W. Andrew, Mutagenicity testing of some commonly used dyes. Appl. Environ, Microbiol, 42, 1981, 641-648.
- [10] H. Zollinger, Color Chemistry – syntheses, proprieties and applications of organic dyes and pigments. VCH Publications, New York, N.Y, 1991.
- [11] A. Boulal, M. Bouachm, Étude cinétique de la dégradation d'un colorant par oxydation, Diplôme de Master, Université des sciences et de la technologie Mohamed Boudiaf- Oran-Algérie, 2014.
- [12] J.R .Easton, The dye maker's view, in Colour in dyehouse effluent, P. Cooper, Editor, 1995, Society of Dyers and Colourists, Bradford, England, 9-21.
- [13] T. Daoud, Biosorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte « La Streptomyces Rimosus », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue hassanbadi, el-harrach -Alger, 2007.
- [14] N. Bougdah, Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite, Mémoire deMagister, Université 20 Août 55-Skikda, 2007.

[15] H. Boulkrah, Étude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, Mémoire de Magister, l'université du 20 août 1955-Skikda, 2008.

[16] K. Chikhi, Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia Master Académique, Université Kasdi Merbah –Ouargla, 2013.

[17] A. Khalfaoui, Étude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels, Application aux Peaux d'Orange et de Banane, Thèse de Doctorat, Université Mentouri -Constantine, 2012.

[18] R. Kanouri, A. Labide, Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia, Mémoire master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2012/2013.

[19] W.J. Weber, B.M. Vanvliet, In, Activated carbon adsorption of organic from the aqueous phase, Ed. I.H. Suffet, M.J, Mc Guire1.

[20] I.D. Mall, V.C. Srivastava, N.K. Agarwal, I.M. Mishra, Removal of congo red from aqueous solution by bagasse fly ash and activated carbon: kinetic study and equilibrium isotherm analyses, *Chemosphere*, 61 (2005) 492-501.

[21] H. Qiu hong , X. Zhiping , Q. Shizhang, F. Haghserht, G. Michael-Wilson , L. Qing , novel color removal adsorbent from heterocoagulation of cationic and anionic clays, *J. Colloid. Inter. Sci.*, 308(2007)191-199.

[22] R. Baccar, M. Sarra, J. Bouzid, M. Feki, P. Blanquez, Removal of pharmaceutical compounds by activated carbon prepared from agricultural by-product, *Chem, Eng, J*, 211-212 (2012)310-317.

[23] C. Chitour, Physico-chimie des surfaces « l'adsorption gaz-solide et liquide solide», Tomes 2, office des publications Universitaires, Edition n°4557,09/2013

[24] S. Langergren, Zurtheorie der sogenannten adsorption gelöster Stoffe. *Kungligasvenska, vetenskapsakademien Handlingar*, 24 (1898)1-3.

[25] O. Joseph, Etude du potentiel d'utilisation de résidus agricoles haïtiens pour le traitement par biosorption d'effluents pollués, École doctorale Chimie de Lyon, 2009.

[26] N. Bouziane, Élimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, Mémoire de Master, Université Mentouri-Constantine, 30/05/2007.

[27] C. Ad, M. Djedid, M. Benalia, A. Boudaoud, H. Elmsellem, F. Ben Saffedine, Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions: Proceedings of Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI-1), Tunisia 2017,1305-1306

- [28] A. Boudaoud, M. Djedid, M. Benalia, C. Ad, N. Bouzar, Removal of nickel (II) and cadmium (II) ions from wastewater by palm fibers, *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 2017, 18,391-406
- [29] T.G. Mayerhöfer, S. Pahlow, and J. Popp, The Bouguer-Beer-Lambert Law: Shining Light on the Obscure, *Chem. Phys. Chem.*, 2020, 21, 1–19
- [30] L.M. Lamin, C. Smail, L. Smail, Dépollution par charbon actif d'une eau contaminée par bleu de méthylène, *Master, Université Hamma Lakhdar - El oued – 2017*, 30-33.
- [31] W.J. Weber, J.C. Morris, Kinetic of adsorption on carbon from solution, *J. Sanit. Div. ASCE*, 1963, 89, 31-59
- [32] M. Chouat, F. laboubi, Etude de l'adsorption du bleu méthylène par charbon actif, *Mémoire de Master, Université Mohamed Khaider-Biskra*, 2013
- [33] C. Chitour, Physico-chimie des surfaces « l'adsorption gaz-solide et liquide solide», *Tomes 2, office des publications Universitaires, Edition n°4556,09/2013*.
- [34] S. Langergren, Zur theorie der sogenannt en adsorption gelosterst offe Kungligasuenska, *Vetenskapsak a demiens Hanalinger*, 1898, 24,1-39.
- [35] O. Joseph, Etude du potentiel d'utilisation de résidus agricoles haïtiens pour le traitement par biosorption d'effluents pollués, *École doctorale Chimie de Lyon*, 2009.
- [36] Y. S. HO, G. Mckay, Sorption of dye from aqueous solution by peat, *Chem. Eng. J.*, 1998, 70, 115- 154.
- [37] H. Qiuhong, X. Zhiping, Q. Shizhang, F. Haghserieht, G. Michael-Wilson, L. Qing, A novel color removal adsorbent from heterocoagulation of cationic and anionic clays, *J. Colloid. Inter. Sci.*, 2007, 308,191-199.
- [38] R. Baccar, M. Sarra, J. Bouzid, M. Feki, P. Blanquez, Removal of pharmaceutical compounds by activated carbon prepared from agricultural by –product. *Chem. Eng. J.*, 211-212 (2012) 310-317.
- [39] N.M Sayed, S.A. Abofarha, Valorization of Lemon Peel as low-cost adsorbent for the removal of Basic Fuchsine and Eosin dyes from aqueous solutions, 2023, 2, 139-153.
- [40] M. Dutta, and J.K. Basu, Fixed-bed column study for the adsorptive removal of acid Fuchsin using carbon–alumina composite pellet, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 2014, 11, 87-96.
- [41] E.O. Oyelude, F. Frimpong, and D. Dawson, Studies on the removal of basic fuchsin dye from aqueous solution by HCl treated malted sorghum mash, *J. Mater. Environ. Sci.* 2016(4), 1126-1136.

[42] J. Kong, L. Huang, Q. Yue, Preparation of activated carbon derived from leather waste by H_3PO_4 activation and its application for basic fuchsin adsorption, *Desalin. Water. Treat.* 2014, 52(13–14), 2440-2449.

Annexes

Annexes

Annexe 01



Annexe 02



Annexe 03



Annexe 04



عنوان المذكرة: استكشاف قدرات المواد الحيوية المحلية في امتصاص ملوث سام

المؤطر: د. بوداود اسماء
مساعد المؤطر: د. مشراوي نسرين

الإسم: عبدالرحمان
الإسم: الهاشمي

اللقب: قطيشة
اللقب: عواي

ملخص: من خلال الدراسة العملية لامتنصاص الفوشين القاعدي على مسحوق النفايات الزراعية، تم فحص مختلف المعلمات، بما في ذلك كتلة المادة المازة، وزمن الاتصال، والتركيز الابتدائي للفوشين القاعدي، ودرجة الحرارة، ودرجة الحموضة في الوسط. تم تحديد الامتنصاص التجريبي المثلى لكل معلمة عن طريق تغيير القيم في كل تجربة. خضعت النتائج المحصل عليها لنمذجة حركية ونمذجة الايزوثيرم. أظهر النموذج الزائف من الرتبة الثانية أنه الأنسب لنمذجة الحركية، بينما اعتبر النموذج لانجمير الأكثر مناسبة للإيزوثيرم. أظهر الممتز المدروس فعالية في ازالة الفوشين القاعدي.

كلمات مفتاحية: امتزاز؛ فوشين قاعدي؛ نفايات زراعية؛ تلوث مياه.

Memory title: Exploration of Local Biomaterial Capabilities in Adsorbing a Toxic Pollutant.

Name: Gotteicha
Name: Aouay
Nesrine

First name: Abdelrahmane
First name: Elhachemi

Directed by: Dr Boudaoud Asma
Co-Directed by: Dr Mechraoui

Abstract: Through practical study of the adsorption of basic fuchsin on agricultural waste powder, various parameters were examined, including the mass of the adsorbent, contact time, initial concentration of basic fuchsin, temperature, and pH of the medium. The optimal experimental adsorption for each parameter was determined by varying values in each experiment. The obtained results underwent kinetic and isotherm modeling. The pseudo-second order model proved most suitable for kinetic modeling, while the Langmuir model was deemed most appropriate for the isotherm. The studied adsorbent demonstrated effectiveness in the adsorption of basic fuchsin.

Keywords: Adsorption; Basic fuchsin; Agricultural waste; Water pollution.

Titre du mémoire : Exploration des Capacités d'un Biomatériau Local dans l'Adsorption d'un Polluant Toxique

Nom : Gotteicha Prénom : Abdelrahmane
Nom : Aouay Prénom : Elhachemi

Encadreur : Dr BOUDAUD Asma
Co-Encadreur : Dr Mechraoui Nesrine

Résumé: À travers l'étude pratique de l'adsorption de la fuschine basique sur la poudre de déchet agricole, divers paramètres ont été scrutés, notamment la masse de l'adsorbant, la durée de contact, la concentration initiale de fuschine basique, la température, et le pH du milieu. L'optimum pour l'adsorption expérimentale de chaque paramètre a été déterminé en variant les valeurs lors de chaque expérience. Les résultats obtenus ont été soumis à une modélisation cinétique et isotherme. Le modèle pseudo-second ordre s'est avéré le plus approprié pour la modélisation cinétique, tandis que le modèle de Langmuir a été jugé le plus adapté pour l'isotherme. L'adsorbant étudié s'est révélé efficace dans l'adsorption de la fuschine basique.

Mots clés : Adsorption; Fuschine basique; Déchet agricole; Pollution de l'eau.