REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Traitement de l'eau de barrage Ghrib: Application sur un biomatériau

---

Présenté par :

MAZARI ZINEB

LAROUCI DILMI INES

Proposé et Dirigé par:

Pr: CHERIFI HAKIMA

Mme: DJEZAR SOUAD

Promotion 2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions **ALLAH** de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour achever ce travail.

Ce travail a été réalisé au laboratoire de génie Chimique, de **l'Université Yahia Farés de Médéa** et au laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (**ADE**), Unité de Médée.

Nos remercions à la promotrice **Pr. CHERIFI Hakima** qui nous a encadrée et orientée, nous les remercions pour tous leurs conseils, et leurs aides à progresser dans nos travail. Nos remercîment également au Co-promotrice **M^{me} DJEZAR Souad,** chef du laboratoire l'Algérienne Des Eaux (**ADE**) de Médéa ainsi que **Mme LOUNIS Mounia** et à tous les fonctionnaires du laboratoire de chimie l'**ADE.**

Nous adressons nos sincères remerciements aux Dr. **YOUS Rahdia** et Dr. **KHALLADI Razika** pour leurs précieux conseils et aides.

Nous remercions aussi tout le personnel et membres de l'ADE Médéa et du Labo pédagogique.

Nous remercions vivement les membres du jury qui nous ont fait le grand honneur pour la lecture de ce mémoire et aussi d'avoir accepté de juger notre travail.

Dédicaces

Nous dédies ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :

A mes chers parents, à qui je dois tout ; ma vie, ma réussite et mon épanouissement. Eux qui ont tout donné pour faire de moi celle que je suis aujourd'hui,

A mes chers frères et mes chères sœurs

A **INES**, ma binôme, celle qui m'a toujours encouragé, qui a rendu l'ambiance des études agréable et avec qui j'ai partagé des moments inoubliables;

A mes amies intimes

A mes collègues MASTER.

A tous les enseignants que j'ai eus durant tout mon cursus qui m'ont beaucoup aidé à progresser.

ملخص

في هذه الدراسة استخدمنا مادة حيوية محترقة (LC) قائمة على اللوفا و فحم تجاري (CAP) لتنقية المياه الملوثة بالصبغة مثل الفوشين القاعدي. تم إجراء توصيف لـ (LC) لفحص خصائصها الكيميائية و الفيزيائية.
كما درسنا أيضا تأثير مختلف العوامل (درجة الحرارة, وقت التلامس, تركيز الإمتزاز ,تركيز المادة الممتزة) على قدرة الإمتزاز LC و CAP. و أظهرت النتائج التجريبية أن امتزاز صبغة الفوشين الأساسي على المواد الحيوية LC بلغ 51.74مغ/غ، و على CAP بلغ 49.82 مغ/غ، كما تخضع النتائج المتحصل عليها للنماذج الجزئية كان نموذج الدرجة الثانية هو الأفضل للنظام المدروس بالإضافة إلى نموذج لانجمير يصف نتائجنا الإيزوماتر إمتزاز. في النهاية قمنا بإختبار المادة الحيوية LC على سد غريب.
الكلمات المفتاحية : الإمتزاز،الفوشسين القاعدي, الفحم النشط، الملونات

Résumé

Dans cette étude, nous avons utilisé un biomatériau carbonisé à base de luffa LC et un charbon commercialisé CAP pour la purification des eaux chargées en colorant tel que la fuchsine basique. Une caractérisation de la luffa LC a été effectuée afin de voir ces prospérités chimique et physique. Nous avons également étudié l'effet des différents paramètres tel que (la température, le temps de contact, la concentration de l'adsorbat et la concentration de l'adsorbant) sur la capacité d'adsorption de LC et CAP. Les résultats expérimentaux ont montré que la quantité maximale d'adsorption de la fuchsine basique sur LC a atteint 51.74 mg/g et sur CAP a atteint 49.82 mg/g. Le modèle pseudo-second ordre est adéquat pour la modélisation cinétique des deux systèmes étudiés. De plus, le modèle de Langmuir d'écrit mieux les résultats des isothermes d'adsorption pour les deux systèmes. Une application a été réalisé afin de tester notre biomatériau LC sur l'eau du barrage Ghrib.

Mots clés : adsorption, fuchsine basique, charbon actif, colorants

Abstract

In this study, we used a carbonized biomaterial based on luffa LC and a commercially a vailable activated carbon (CAP) for the purification of water comntaminated with dyes such as basic fuchsin. Characterization was performed on LC to asses its chemical and physical properties. We also investigated the effects of different parameters such as temperature, contact time, adsorbate, concentration, and adsorbent concentration on the adsorption capacity of LC and CAP. The experimental results showed that the maximum adsorption capacity of basic fuchsin on LC reached 51.74 mg/g, while on CAP itreached 49.82 mg/g. The pseudo-second-order model was found to be suitable for the kinetic modeling of both systems. Additionally, the langmuir model provided a better description of the adsorption isotherms for both systems.

Finally, we tested our LC biomaterial on water from the Ghrib reservoir.

Keywords: adsorption, basic fuchsin, activated carbon, colorants.

Table des matières

Dédicace

Remerciements

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : LA POLLUTION DES EAUX

INTRODUCTION.....4

I.1 LA POLLUTION DE L'EAU.....4

I.1.1 Définition…….. …..4

I.1.2 Les types de pollution de l'eau…… 5

I.1.2.1 La pollution physique.....5

I.1.2.2 Pollution biologique.....5

I.1.2.3 La pollution chimique 5

I.1.2.4 La pollution agricole.....5

I.1.3 Les polluants de l'eau 6

I.2 LES COLORANTS.....6

I.2.1 Définition.....6

I.2.2 Classification des colorants 6

I.3 La Fuchsine basique.....6

I.3.1 Propriétés de la fuchsine.....7

I.3.2 Utilisation de la fuchsine basique 8

I.3.3 Effet de la fuchsine sur l'environnement et l'homme.....8

I.3.3.1 Effet de la fuchsine sur l'homme 8

I.3.3.2 Effet de la fuchsine sur l'environnement.....9

I.4 TRAITEMENT DE L'EAU.....9

I.4.1 Les procédés de traitement de l'eau.....9

I.4.1.1 Dégrillage.....9

I.4.1.2 Tamisage.....10

I.4.1.3 Dessablage.....10

I.4.1.4 Décantation.....11
I.4.1.5 Filtration sur sable 11
I.4.1.6 L'ozonation.....12
I.4.1.7 La chloration 12
I.5 Les paramètres de pollution.....13
Conclusion.....14

CHAPITRE II : L'ADSORPTION

INTRODUCTION.....16
II.1 L'ADSORPTION.....16
II.1.1 Généralité sur l'adsorption 16
II.1.2 Les types d'adsorption 16
II.1.2.1 L'adsorption physique.....16
II.1.2.2 L'adsorption chimique.....16
II.1.3 Mécanisme d'adsorption.....17
II.1.4 Facteurs influant sur l'adsorption 18
II.1.4.1 Paramètres liés à l'adsorbant 18
II.1.4.2 Paramètres liés à la nature de l'adsorbat.....18
II.1.4.3 Les paramètres physico-chimiques du milieu 18
II.1.5 Isothermes d'adsorption 19
II.1.5.1 Classification des isothermes 19
II.1.6 Modèles mathématiques des isothermes d'adsorption.....20
II.1.6.1 Isotherme de Langmuir 20
II.1.6.2 Modèle de Freundlich 21
II.1.7 Cinétique d'adsorptions.....22
II.1.7.1 Modèle de Lagergren (pseudo-premier-ordre).....22
II.1.7.2 Modèle cinétique du pseudo-second ordre 22
II.2 LE CHARBON ACTIF..... 23
II.2.1 Définition 23
II.2.2 Différentes formes du charbon actif 23
II.2.2.1 Le charbon actif extrudé (CAE).....23
II.2.2.2 Charbon actif en poudre (CAP) 23
II.2.2.3 charbon actif en granulaire (CAG) 24
II.2.3 Utilisation du charbon actif 24

II.2.4 Propriétés du charbon actif 24
II.2.5 Préparation et régénération du charbon actif.....25
II.2.5.1 Préparation..... 25
II.2.5.2 Procédés d'activation.....25
II.2.6 Réactivation du charbon actif.....26
II.2.6.1 Méthodes de réactivation.....26
II.2.7 Les applications des charbons actifs.....27
II.2.7.1 Adsorbant.....27
II.2.7.2 Catalyseur 27
CONCLUSION..... 27

CHAPITRE III : Partie Exprementale: Résultats et Discussions

INTRODUCTION..... 29
Partie A : Matériels et Méthodes..... 29
III.A.1 Matériels utilisés 29
III.A.2 Produits utilisés.....31
III.A.3 Méthodes 31
III.A.3.1 Préparation du charbon actif.....31
III.A.3.2 Procédure expérimentale.....33
III.A.3.3 Courbe d'étalonnage 33
Partie B : Résultats et discussions..... 34
III. B.1 Caractérisation physico chimique de la luffa carbonisé 34
III. B.1.1 Spectroscopie IR du le charbon actif biomatériau 34
III. B.1.2 Analyse par MEB.....36
III. B.2 Etude paramétrique.....37
III. B.2.1 1Influence la concentration initiale de la fuchsine.....37
III. B.2.2 Influence la concentration du charbon (biomatériau LC et commercial CAP)38
III. B.2.3 Influence de la température.....39
III. B.2.4 Etude de la cinétique d'adsorption.....41
III. B.2.5 Modélisation de la cinétique d'adsorption 42
III. B.2.6 Etude des isothermes d'adsorption 44
III. B.2.7 Modélisation des isothermes d'adsorption.....46
III.B.3 Application sur l'eau de barrage Ghrib 48
CONCLUSION..... 50

Conclusion générale..... 52
Référence Bibliographique..... 55

Liste des abréviations

Abs : Absorbance.

ADE : Algérienne des eaux.

BT: Constante liée à la chaleur d'adsorption (J/mol).

Ce : Concentration en soluté de la solution à l'équilibre (mg/l).

C0 : Concentration initiale de la solution (mg/l).

Ct : Concentration résiduelle de la solution à l'instant t (mg/l).

CA : Charbon actif.

CAG : Charbon actif en grain.

CAP : Charbon actif poudre(commercial).

Ca : Calcium.

Cl : Chlore.

DCO : demande chimique en oxygène.

DBO : demande biochimique en oxygène.

Fe : Fer.

FB : fuchsine basique.

G : Représente une molécule d'adsorbat.

I_0 : D'intensité.

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry.

K : constante d'adsorption.

KF : Constante de Freundlich qui donne une indication grossière de la capacité d'adsorption de l'adsorbant (mg1-1/n.L1/n. g-1).

KL : Coefficient d'adsorption ou constante de Langmuir relative à la capacité et à la vitesse d'adsorption (l/mg).

KT : Constante d'équilibre correspondant à l'énergie de liaison maximale (l/g).

K1 : constante de vitesse de premier ordre (min-1).

K2 : Constante de vitesse de second ordre (g.mg-1.min-1).

LC : Charbon actif biomatériau carbonisé à base luffa.

m : Masse de l'adsorbant (g).

MES : Matières en suspension.

MO : Matière organique.

MSR : méthode des surfaces de réponse.

Mg : Magnesium.

n : Coefficient de Freundlich.

NTU : Turbidité.

NO_2 : Nitrite.

NH_4 : Ammonium.

N_a : Sodiumm.

OMS : Organisation Mondiale Sante.

PH : Potentiel Hydrogéné.

PO_4 : Phosphate

Q_e : Quantité de soluté adsorbé par unité de masse d'adsorbant à l'équilibre (mg/g). **Q m** : Quantité nécessaire pour couvrir la surface d'un gramme d'adsorbants d'une couche Mono-moléculaire de soluté (mg/g).

q_e et **q_t** : sont respectivement les quantités de soluté adsorbées en (mg/g) à l'équilibre et à l'instant t.

R : Constante des gaz parfaits.

R2 : Coefficient de corrélation.

RL : Le facteur de séparation.

Sal : Salinité.

SO_4 : Sulfat.

T : Température absolue (°K).

TDS : Total dissolved solide

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TH : Titre hydrométrique.

t : Temps (min).

UV : Ultraviolet.

V : Volume de la solution (l).

x : Quantité de soluté adsorbé (mg).

ε : Coefficient d'abondance (l. mol-1 .cm -1).

λ : Longueur d'onde du rayon lumineux traversant la solution (nm).

.

Liste des figures

Figure I.1: La pollution de l'eau.	**4**
Figure I.2:structure de la fuchsine basique.	**7**
Figure I.3: Colorant fuchsine basique.	**8**
Figure I.4: Dégrilleur automatique pour traiter les eaux.	**10**
Figure I.5:système de tamisage.	**10**
Figure I.6 : Le dessableur – dégraisseur.	**11**
Figure I.7: Le procédé de décantation.	**11**
Figure I.8: Filtration sur sable.	**12**
Figure I.9: Traitement de l'eau à l'ozone.	**12**
Figure I.10: Traitement et désinfection de l'eau (l'eau potable).	**13**
Figure II.1 : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.	**16**
Figure II.2: Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux.	**18**
Figure II.3: Classification des isothermes d'adsorption.	**20**
Figure II.4: Le charbon actif.	**23**
Figure II.5:Les étapes de fabrication du charbon actif.	**25**
Figure III.1 : Spectrophotomètre infrarouge a transformé de fourrier FTIR (SHIMADZU, RTIR 8400).	**29**
Figure III.2 : Spectrophotomètre UV-VISIBLE (UV-mini 1240 SHIMADZU).	**30**
Figure III.3 : pH Mètre (OHAUS, STARTER3100)	**30**
Figure III.4 : Etuve (MEMMERT) 105°C (UNB).	**30**
Figure III.5: Four à moufle (Nabertherm, L151T3RN LT.	**31**

Figure III.6: Agitateur chauffant (OV AN/HELDOLPH, MCG15E/MR–Standard.	**31**
Figure III.7: Les étapes de préparation du charbon actif.	**32**
Figure III.8(a) : La solution mère.	**33**
Figure III.8(b): Les solutions diluées.	**33**
Figure III.8(c): Analyse par UV-visible.	**33**
Figure III.9: Courbe d'étalonnage de fuchsine basique.	**34**
Figure III.10(a) : Spectre IR de biomatériau carbonisé avant adsorption.	**35**
Figure III.10(b) : Spectre IR de charbon actif biomatériau après l'adsorption.	**35**
Figure III.11: Charbon actif de la luffa observé au microscope électronique à balayage (x 100).	**36**
Figure III.12(a): La quantité adsorbée et le rendement en fonction de concentration initiale d'adsorbat. **Ca=1g/l (biomatériau).**	**37**
Figure III.12(b): La quantité adsorbée et le rendement en fonction de la concentration initiale d'adsorbat. **Ca=1g/l (CAP).**	**37**
Figure III. 13(a): La quantité adsorbée et le rendement en fonction de concentration d'adsorbant **(biomatériau).**	**38**
Figure III.13(b): La quantité adsorbée et le rendement en fonction de la concentration d'adsorbant **(CAP).**	**39**
Figure III. 14(a): Evolution de la quantité adsorbée en fonction de la température **C_0 =100mg/l, C_a=2.5g/l (LC).**	**40**
Figure III.14(b): Evolution de la quantité adsorbée en fonction de la température **C_0=100mg/l, C_a=1.5g/l (CAP).**	**40**
Figure III.15(a): Cinétique d'adsorption de la fuchsine basique sur LC.	**41**
Figure III.15(b): Cinétique d'adsorption de la fuchsine basique sur CAP.	**42**

Figure III. 16(a): Modèle cinétique de pseudo-première et pseudo-second ordre (**Fuchsine/LC**).	**43**
Figure III.16(b): Modèle cinétique de pseudo-première et pseudo-second ordre (**Fuchsine/CAP**).	**43**
Figure III.17(a): Isotherme d'adsorption de la fuchsine basique sur LC, **C_a=2.5g/l ; T=20C° ; C_e=150mg/l.**	**45**
Figure III.17(b): Isotherme d'adsorption de fuchsine basique sur CAP, **C_0=3g/l ; T=20C° ; C_e=150mg/l.**	**45**
Figure III.18(a) : Modélisation des isothermes selon le modèle de Langmuir (**LC**).	**46**
Figure III.18(b): Modélisation des isothermes selon le modèle de Langmuir(**CAP**).	**46**
Figure III.19(a): Modélisation des isothermes selon le modèle de Freundlich (**LC**).	**47**
Figure III.19(b): Modélisation des isothermes selon le modèle de Freundlich **(CAP).**	**47**

Liste des tableaux

Tableau I.1: Des types de pollution de l'eau.	**5**
Tableau I.2: Propriétés physico-chimiques de la fuchsine.	**7**
Tableau II.1: La différence entre l'adsorption physique et chimique.	**17**
Tableau II.2: Les avantages et les Inconvénients du charbon actif en poudre.	**24**
Tableau III.1 : Présentation du matériel.	**29**
Tableau III.2 : La valeur λ max de l'adsorbat.	**33**
Tableau III.3 : Les pics IR du biomatériau.	**36**
Tableau III.4 : Les valeurs des paramètres de pseudo-premier ordre et pseudo-second ordre.	**44**
Tableau III.5 : Les paramètres du modèle de Langmuir et Freundlich pour l'adsorption de la fuchsine basique sur **LC** et **CAP**.	**48**
Tableau III.6 : Paramètres de l'eau brute, traitée selon l'Algérienne Des Eaux (ADE) et l'eau traité par les deux supports **LC** et **CAP**.	**49**

Introduction

Générale

Introduction générale

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation des ressources en eau potable. La dégradation de l'état de l'eau de consommation a différents impacts directs ou indirects sur la santé des populations humaines en contact avec cette eau.

Les polluants qui modifies la qualité des eaux sont divers et diversifiés notamment les colorants. Ces derniers sont largement employés dans plusieurs domaines (alimentaires, textile, peinture etc.). Certains de ces colorants sont très toxiques, et par conséquent, ils peuvent porter atteinte à l'environnement. Cette situation incite les services chargée à la préservation et la protection de l'environnement à contrôler périodiquement les rejets industriels et ménagers, afin d'intervenir si nécessaire [1].

Le choix d'un procédé de traitement dépend, entre autres, des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques de la ressource utilisée. Ces caractéristiques varient en fonction de la nature de la ressource, du sol et des activités locales (agricoles, industrielles et domestiques). De nombreuses méthodes ont été développées au cours de ces dernières années, pour le traitement des eaux polluées par les colorants, tel que la coagulation et la floculation, la biodégradation, la filtration membranaire, l'oxydation chimique, l'ozonation, échange d'ions, les méthodes électrochimiques et l'adsorption [2].

L'objective de notre recherche est d'étudier le procédé de l'adsorption pour éliminer un composé organique d'une eau sans être modifiés. Le charbon actif est considéré comme un adsorbant le plus utilisé dans le traitement des effluents toxique.

Dans ce travail on a choisi la fuchsine basique comme produit représentatif de la pollution organique. Et valorisé un produit agricole tel que la luffa cylindrique comme adsorbant, ce support a été activé chimiquement et carbonisé afin de l'utilisé dans l'étude de phénomène d'adsorption.

Pour ce faire, nous avons divisé ce travail en trois chapitres, le premier chapitre présente une revue bibliographique sur la pollution, les colorants et les méthodes de traitement de l'eau.

Le deuxième chapitre est consacré sur la présentation des notions de base de phénomène d'adsorption, les différents paramètres influençant sur ce phénomène, les isothermes, la cinétique d'adsorption et le charbon actif.

Le dernier chapitre représente les matériels et les méthodes, les produits utilisés ainsi que le protocole expérimental, puis une représentation des résultats avec des discussions et des interprétations des résultats.

A la fin du mémoire une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre I

La pollution des eaux

INTRODUCTION

La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de micro organismes extérieurs, de produits chimiques ou de déchets industriels. Cette pollution due principalement aux activités humaines entraîne une dégradation de la qualité de l'eau et perturbe le milieu aquatique [3].

La pollution environnementale par les colorants ne cesse d'augmenter. En raison de leurs différentes caractéristiques spécifiques, les colorants sont largement utilisés dans les nouvelles technologies (la peinture et la teinture du papier, de la peau des cheveux et des vêtements), en conséquence, leurs sources anthropiques sont vastes. Ce sont des polluants toxiques, qui peuvent s'accumuler dans les tissus vivants causant divers maladies et désordres [4].

I.1 LA POLUTION DE L'EAU

I.1.1 Définition

La pollution de l'eau (Figure I.1) est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. Donc on dit qu'une eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme. La pollution de l'eau a pour origines principales : l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels [5].



Figure I.1: La pollution de l'eau.

I.1.2 Les types de pollution de l'eau

Le tableau I.1 présente les différents types de pollution de l'eau :

I.1.2.1La pollution physique

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive.

I.1.2.2Pollution biologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classée en quatre grands groupes, par ordre croissant de la taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

I.1.2.3La pollution chimique

Les pollutions chimiques humaines croissent avec la civilisation industrielle. Leurs origines sont multiples : agriculture, industrie, vie en agglomération, transports, vie dans le monde moderne, accidents et négligences (parfois même intention coupable).

I.1.2.4La pollution agricole

La pollution par des produits d'origine agricole affecte les Eaux superficielles et les Eaux souterraines ; elle s'accuse, d'ailleurs, avec l'emploi généralisé et intensif des engrais chimiques et des pesticides [6].

Tableau I.1: Des types de pollution de l'eau [7].

La pollution organique	Matière biodégradables
La pollution physique	Matière en suspension, chaleur, radioactivité.
La pollution micro organique	Virus, bactéries.
La pollution chimique	Substances indésirables ou dangereuse.

I.1.3 Les polluants de l'eau

Parmi les polluants qui existent dans les eaux contaminés on peut citer :

- ✓ Polluants organiques biodégradables.
- ✓ Matière en suspension.
- ✓ Les polluants inorganiques (acides et bases, sels).
- ✓ Les micropolluants (métaux lourds).
- ✓ Les agents pathogènes.
- ✓ Les chaleurs.
- ✓ Les radioactifs.

I.2 LES COLORANTS

I.2.1 Définition

Les colorants sont définis comme étant des produits capables de teindre une substance d'une manière durable, grâce à des groupements qui lui attribuent la couleur : dites chromophores (groupes aromatiques conjugués, comportant des doublets non liants ou des complexes de métaux de transition) et des groupements qui permettent sa fixation : dites auxochromes [8].

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 400 à 800 nm), l'absorption sélective d'énergie par les groupes d'atomes qui attribuent la couleur. Plus la facilité de ces atomes à donner un électron est grande, plus la couleur sera intense [9].

I.2.2 Classification des colorants

Il y a une classification selon la constitution chimique des colorants, tenant compte de la nature des chromophores (groupement azoïque, anthraquinone, triaryléthane, phtalocyanine), et une classification selon la diversité d'application technologique : colorants anioniques (acide, à mordant acide, réactifs, du cuve colorant au soufre), ou colorants cationiques (basiques), Donc la classification des colorants n'obéi à aucune règle absolue [10].

I.3 LA FUCHSINE BASIQUE

Dans ce travail, nous sommes intéressés à l'étude de la Fuchsine basique. C'est un colorant solide, il forme des cristaux vert foncé. En plus de la teinture des textiles, la fuchsine est utilisée

pour tacher les bactéries et parfois comme désinfectant. La structure chimique de la fuchsine basique est présentée sur la figure I.2 et les propriétés physico-chimiques sur le (tableau I.2).

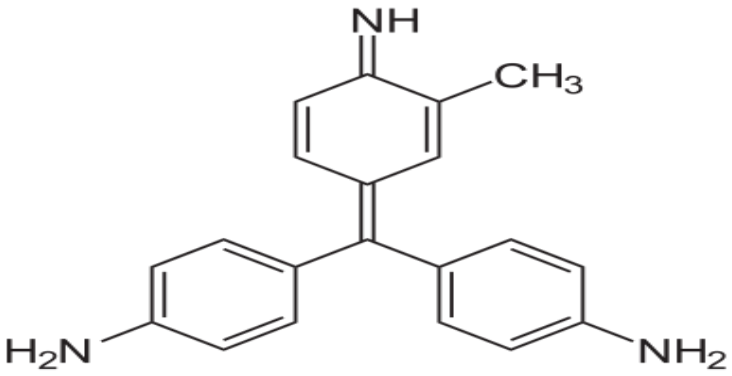


Figure I.2: Structure de la fuchsine basique.

Tableau I.2: Propriétés physico-chimiques de la fuchsine.

Dénomination	Fuchsine basique
Appellation chimique	2-METHYL-4 ,4 '-(4-IMINO-2,5-CYCLOHEXADIEN-1-ylidene) (methylen) dianilinemonohydrochloride
Formule brute	$C_{20}H_{20}ClN_3$
Masse molaire	337.85g/mol
pH	8.13
T° fusion	235°C
Solubilité	2650mg/l d'eau à 25°C
Point d'éclaire	200°C

I.3.1Propriétés de la fuchsine

Les "cristaux", illustrés à droite sur la figure ci-après, sont de la fuchsine basique, également connue sous le nom de violet basique 14, rouge basique 9, pararosanaline où CI 42500. Leur structure diffère de la structure indiquée précédemment par l'absence du groupe méthyle sur l'anneau supérieur, sinon ils sont assez similaires (figure I.3).



Figure I.3: Colorant fuchsine basique.

Ils possèdent un lustre métallique fort et une couleur jaune vert. Ils laissent des stries verdâtres foncées sur le papier et lorsqu'elles sont humidifiées avec un solvant, la forte couleur magenta apparaît. Les deux taches magenta sur le papier ont été faites en plaçant une goutte d'éthanol-eau [11].

I.3.2Utilisation de la fuchsine basique

La fuchsine basique est largement utilisée en biologie pour colorer le noyau dans la coloration de Gram, mais aussi dans les milieux de culture bactériens, coloration des textiles, marquage de matériaux et coloration des préparations chimique.

Dans un tout autre domaine, la fuchsine est aussi utilisée pour faire des tracés à la peau (aussi appelés « tatouages ») persistants notamment en radiothérapie externe et pour la fabrication du réactif de Schiff doivent avoir une teneur élevée en pararosaniline [11].

I.3.3 Effet de la fuchsine sur l'environnement et l'homme

I.3.3.1 Effet de la fuchsine sur l'homme

La fuchsine a plusieurs effets toxiques sur l'organisme humain [12]:

- Toxicité aigu ;
- Irritation cutanée ;
- Oculaire grave/sévère irritation des yeux ;
- Sensibilisation respiratoire ;
- Peut entraîner des cancers.

I.3.3.2 Effet de la fuchsine sur l'environnement

Les grandes usines textiles ou pharmaceutiques du monde sont situées dans des pays sous développés pour des raisons économiques de faible coût de main d'œuvre. Bien que des observations montrent qu'elles sont très polluantes, il n'y a ni de données sur l'effet de leur pollution dans les milieux naturelles, ni d'étude toxico-écologique.

En général, les administrations locales exigent des normes réglementaires sur la quantité d'eau journalière à traiter dans les stations de traitement des eaux usées. Mais il faut noter que pour les eaux fortement chargées de colorants et certains dérivés pharmaceutiques, les usines ont du mal à faire du traitement à cause d'un coût élevé des réactifs et la nécessité d'un traitement spécifique.

Ces polluants spécifiques peuvent réduire le pouvoir d'autoépuration du milieu récepteur et mettent en péril la vie des microorganismes. Pour les composés pharmaceutiques et les colorants ils n'existent pas de quantités admissibles normées mais les études ont montré que la fuchsine inhibe la croissance des algues et des petits crustacés pour des concentrations minimales de 1mg/L et 20mg/L respectivement [12].

I.4 TRAITEMENT DE L'EAU

Ce traitement a souvent un double but. Le premier objectif consiste à faire précipiter certaines matières organiques ou minérales qui s'oxydent avec l'élément rajouté dans l'eau. Ces résidus seront ainsi mieux filtrés. Le second objectif vise à détruire les microorganismes, qui vivent dans l'eau. Le chlore est largement utilisé pour préserver l'équilibre sanitaire de l'eau potable et éviter la prolifération des microorganismes jusqu'au robinet. C'est pourquoi la concentration en chlore est ajustée en fonction de l'évolution de la qualité microbiologique de l'eau [13].

I.4.1Les procédés de traitement de l'eau

Il y a une chaine de procédés de traitement de l'eau, on peut citer :

I.4.1.1Dégrillage

La première étape de prétraitement, qui est le dégrillage permet (figure I.4):

- De protéger les ouvrages en aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer le colmatage dans les différentes unités de l'installation.

- De séparer les matières qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements, par une grille métallique qui retient les éléments volumineux comme les plastiques et les morceaux de bois.

Tout d'abord, l'eau prélevée dans les fleuves ou les rivières passe à travers des grilles qui retiennent les déchets les plus gros comme des branches afin de protéger les installations [14].



Figure I.4: Dégrilleur automatique pour traiter les eaux.

I.4.1.2 Tamisage

L'eau passe ensuite dans des tamis de maille de plus en plus fines retenant les déchets plus petits comme des feuilles, de l'herbe ou des cailloux (figure I.5) [15].



Figure I.5: Système de tamisage.

I.4.1.3 Dessablage

Le dessablage est une opération physique qui consiste à retenir les sables entraînés avec l'écoulement des eaux brutes, afin d'éviter les dépôts dans les canalisations et à protéger les pompes (Figure I.6) [16].



Figure I.6 : Le dessableur – dégraisseur.

I.4.1.4 Décantation

La décantation est un processus de séparation des solides et des liquides qui repose sur le principe basique de la pesanteur. Les matières organiques ou minérales grenues et les matières floculeuses en suspension chutent au fond du bassin ou demeurent en suspension dans les eaux (Figure I.7) [17].



Figure I.7: Le procédé de décantation.

I.4.1.5 Filtration sur sable

La filtration par le sable est l'une des méthodes de traitement de l'eau les plus anciennes. Un filtre à sable est constitué par une couche de sable de qualité adéquate, à travers laquelle l'eau circule à vitesse relativement faible. Le filtre à sable purifie l'eau de trois manières différentes (Figure I.8):

- La filtration permet d'intercepter les dernières particules visibles à l'œil nu de l'eau à traiter.
- Floculation pendant laquelle les substances se collent à la surface du sable et viennent grossir la taille de ce dernier.
- Assimilation par des micro-organismes qui se nourrissent des polluants de l'eau [18].



Figure I.8 : Filtration sur sable.

I.4.1.6 L'ozonation

L'eau épurée est soumise à une stérilisation par l'ozone, qui va oxyder les pollutions dissoutes et éliminer tous les micro-organismes dangereux (figure I.9) [19].



Figure I.9: Traitement de l'eau à l'ozone.

I.4.1.7 La chloration

En fin de traitement, la désinfection (figure I.10) permet l'élimination des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus). On utilise pour cela soit un désinfectant chimique comme le chlore, ces traitements permettent de corriger si besoin la dureté et l'acidité de l'eau afin de protéger les canalisations de la corrosion et de l'entartrage.



Figure I.10: Traitement et désinfection de l'eau (l'eau potable).

I.5 Les paramètres de pollution

Le traitement de l'eau potable est conçu pour éliminer les contaminants et les impuretés présents dans l'eau afin de la rendre propre à la consommation humaine. Cela implique généralement des processus de coagulation, de floculation, de décantation, de filtration et de désinfection. Le but est d'éliminer les substances indésirables telles que les bactéries, les virus, les produits chimiques, les métaux lourds, les sédiments et les goûts et odeurs désagréables, afin de garantir la sécurité et la qualité de l'eau potable.Plusieurs paramètres de pollution à suivre au cours de traitement des eaux, on cite :

- Température.
- Le pH.
- La turbidité.
- La conductivité.
- La matière organique(MO) : les bactéries ou des champignons inférieurs, descadavres d'animaux et de végétaux.
- Les matières en suspension (MES) : des matières organiques et minérales.
- Alcalinité.
- La dureté.
- Composés minéralisation: Magnésium et Calcium ; Sulfate ; Chlorure et sodium.
- Composés azotés : Ammonium ; Nitrate ; Nitrite.
- Composé phosphoré : Phosphate.
- Les métaux lourds : Fer, Chrome, Zinc, Nickel, et métaux lourds : mercure, cadmium, plomb, arsenic, etc.
- La DCO (demande chimique en oxygène).
- La DBO (demande biochimique en oxygène).

- Analyses microbiologiques.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu comprendre les impacts des colorants sur l'environnement et la santé humaine d'où la nécessité de prévoir des traitements adéquats pour l'élimination de la pollution par l'adsorption ce qui va faire l'objet du prochain chapitre.

Chapitre II

L'adsorption

INTRODUCTION

Le procède de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies les plus importantes, elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques [20].

II.1 L'ADSORPTION

II.1.1 Généralité sur l'adsorption

Adsorption est un phénomène du surface et technique de séparation qui consiste à réaliser un transfert des molécules contenues dans un fluide (gaz ou liquide) et appelée adsorbat, se fixent à la surface d'un solide appelée adsorbant (figure II.1).

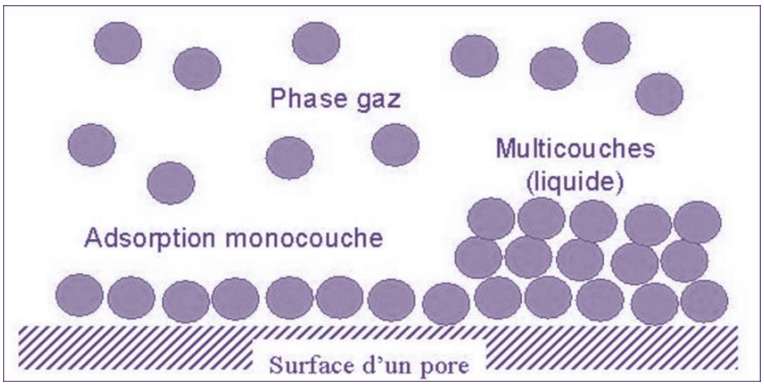


Figure II.1 : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.

II.1.2 Les types d'adsorption

II.1.2.1 L'adsorption physique

L'adsorption physique ou physisorption met en jeu de très faibles interactions entre entités moléculaires comme les forces d'attraction de Van der Waals et des forces dues aux interactions électrostatiques de polarisation, elle est réversible et peu spécifique. L'adsorption physiques est rapide et généralement limitée par les phénomènes de diffusion [21].

II.1.2.2 L'adsorption chimique

Dite chimisorption, est un phénomène irréversible dû à une liaison chimique forte de type covalente entre les atomes superficiels du solide et les molécules adsorbées. Ce type d'adsorption met en jeu des énergies d'attractions élevées, qui conduisent à des chaleurs d'adsorption élevées[22].

- La différence entre l'adsorption physique et chimique est présentée sur le (tableau II.1).

Tableau II.1: La différence entre l'adsorption physique et chimique [23].

Propriétés	**Adsorption physique**	**Adsorption chimique**
Température de processus	Relativement basse	Plus élevé
Chaleur d'adsorption	5 kcal/mol environ	10kcal/mol environ
Liaisons	Physique: Van der Waals	Chimiques
Cinétiques	Rapide, réversible	Lente, irréversible
Spécificité	Processus non spécifique	Processus très spécifique
Désorptions	Facile	Difficile
Couche formées	Mono ou multicouche	Uniquement monocouche

II.1.3 Mécanisme d'adsorption

L'adsorption se traduit de façon globale par la baisse de la concentration en un ou plusieurs éléments de la phase liquide (figure II.2) ; elle est aussi le résultat de la succession de plusieurs étapes intermédiaires. En effet, pour que l'adsorbat termine son parcours fixé à un site adsorbant, il faut qu'il ait franchi au moins quatre étapes énumérées comme suit :

1. Diffusion de l'adsorbât de la phase liquide externe vers celle située au voisinage de la surface de l'adsorbant.
2. Diffusion extra-granulaire de la matière (transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface des grains).
3. Transfert intra-granulaire de la matière (transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface extérieure des graines vers les sites actifs).
4. Réaction d'adsorption au contact des sites actifs, une fois adsorbée, la molécule est considérée comme immobile [24].

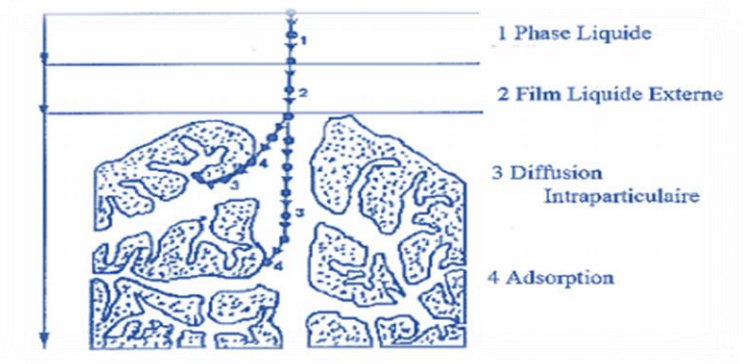


Figure II.2: Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux.

II.1.4 Facteurs influant sur l'adsorption

Un grand nombre de paramètres et de propriétés, du support et du substrat, peuvent influencer le processus d'adsorption et notamment la capacité et la cinétique de rétention d'une substance sur un support [11]. Il s'agit des paramètres suivants :

II.1.4.1 Paramètres liés à l'adsorbant

- La Surface spécifique.
- La distribution de la taille des pores.
- La polarité [25].

II.1.4.2 Paramètres liés à la nature de l'adsorbat

- La masse molaire.
- La polarité.
- La solubilité.
- La taille des molécules.
- La nature des groupements fonctionnels (acides ou basiques) [25].

II.1.4.3 Les paramètres physico-chimiques du milieu

II.1.4.3.1 La température

L'adsorption est un processus global résultant de plusieurs processus à l'interface solide liquide. Elle peut être exothermique (dégagement de chaleur), endothermique ou athermique. Elle est donc conditionnée par la température.

II.1.4.3.2 Le pH

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant et de l'adsorbat ainsi que le mécanisme d'adsorption. Ce facteur dépend de l'origine des eaux à traiter et du procédé de leurs traitements (coagulation, floculation, oxydation …). Donc, il est judicieux de connaitre l'efficacité de l'adsorption à différents pH.

II.1.5 Isothermes d'adsorption

On peut décrire un processus d'adsorption à l'aide d'une isotherme d'adsorption. Une telle isotherme est une courbe qui représente la relation à une température constante entre la quantité de soluté adsorbée sur le solide (q_e) et la concentration à équilibre en soluté (C_e). On peut calculer la quantité de soluté adsorbée à l'aide de l'équation (II.1): [26].

$$q_e = (C_0 - C_e) * (V / m) \qquad \textbf{(II.1)}$$

Où

V: Volume de la solution (l).

m: Masse de solide adsorbant utilisé (g).

C_0**:** Concentration initiale en phase liquide (mg/l).

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

II.1.5.1 Classification des isothermes

L'isotherme d'adsorption est une représentation graphique de la quantité adsorbée par unité de masse ou unité de surface en fonction de la concentration du soluté à l'équilibre. Cette représentation permet de caractériser les interactions adsorbant/adsorbat en étudiant l'effet de la concentration initiale du soluté sur la capacité d'adsorption des adsorbants [26]. Sont proposés par 4 types comme l'indique la figure II.3 :

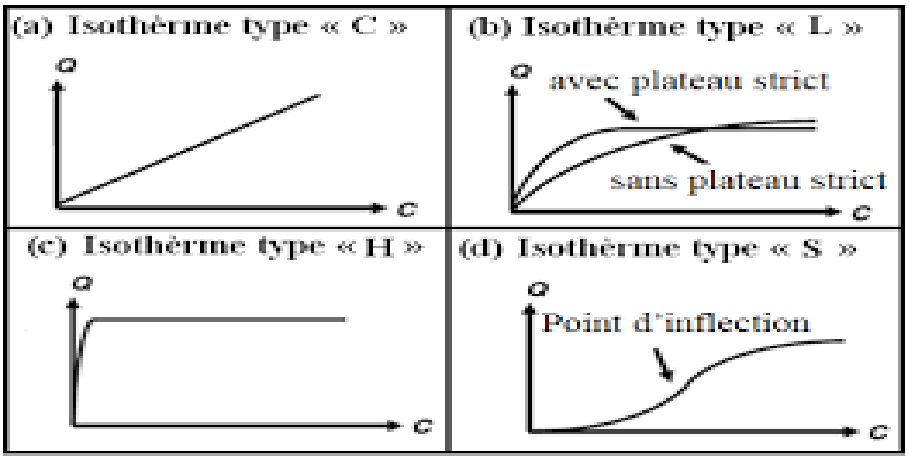


Figure II.3: Classification des isothermes d'adsorption.

La forme C, dite de « partition constante »

La forme « C » est une droite passant par zéro ce qui signifie que le rapport Qe/Ce (appelé coefficient de distribution k_d) est constant. C'est souvent le cas de l'adsorption sur les argiles [27].

La forme L, dite de « Langmuir »

Le rapport entre la concentration dans la solution aqueuse et la quantité adsorbée diminue lorsque la concentration du soluté augmente, l'allure de la courbe est concave, une saturation progressive de l'adsorbant [27].

La forme H, dite de « haute affinité »

La forme « H » est un cas particulier de la forme « L », où la pente initiale est très élevée. C'est le cas quand le soluté exhibe une forte affinité pour le solide [28].

La forme S, dite « sigmoïdale »

Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut. Présente un point d'inflexion révélateur d'au moins deux mécanismes d'adsorption. C'est le cas, par exemple, quand une première couche de soluté est d'abord adsorbée puis quand l'adsorption d'une ou plusieurs couches supplémentaires devient favorisée [28].

II.1.6 Modèles mathématiques des isothermes d'adsorption

Dans cette étude deux modèles ont été utilisés :

II.1.6.1 Isotherme de Langmuir

L'isotherme de Langmuir repose sur plusieurs hypothèses lesquelles sont:

- L'adsorption se produit sur des sites localisés d'égale énergie,
- L'adsorption se produit en monocouche,
- Il n'y a pas d'interaction latérale entre les molécules adsorbées à la surface,
- La réaction est réversible (c'est-à-dire qu'il y a un équilibre entre l'adsorption et la désorption),
- Le nombre de sites d'adsorption sur la surface est limité. L'isotherme est représentée par l'équation (II.2) :

$$q_e = q_m[K_L * C_e/(1 + K_L * C_e)] \qquad \textbf{(II.2)}$$

Avec :

$\mathbf{C_e}$: Concentration à l'équilibre, exprimée en (mg/l).

$\mathbf{q_e}$: Quantité du produit adsorbée par unité de masse d'adsorbant exprimée en (mg/g).

$\mathbf{q_m}$: Capacité maximale d'adsorption théorique exprimée en (mg/g).

$\mathbf{K_L}$: Constante de l'équilibre thermodynamique d'adsorption.

La linéarisation de l'équation II.3de Langmuir donne :

$$C_e/q_e = [1/q_m] * C_e + 1 / (K_L * q_m) \qquad \textbf{(II.3)}$$

On obtient l'équation d'une droite de pente $1/q_m$ et d'ordonnée à l'origine $1/ (K_L*q_m)$ [29].

II.1.6.2 Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich suppose que la surface de l'adsorbant est hétérogène avec une distribution énergétique non uniforme des sites d'adsorption sur la surface.

La forme non linaire de ce modèle est exprimée par l'équation (II.4) :

$$q = K_f * C_e(1/n) \qquad \textbf{(II.4)}$$

Avec :

q: Quantité d'adsorption en mg/g ;

$\boldsymbol{K_f}$: Constante de Freundlich qui exprime l'affinité d'adsorption ;

$\mathbf{C_e}$: Concentration à équilibre du soluté en mg/L ;

1/n : Constante de Freundlich qui traduit l'intensité d'adsorption.

Les constantes K_f et 1/n peuvent être déterminées à partir de la forme linéaire (II.5):

$$\log(q) = \log(K_f) + (1/n)\log(C_e) \qquad \textbf{(II.5)}$$

Une valeur de K_f élevée signifie que le pouvoir adsorbant de la phase solide est importante. Tandis qu'une valeur de 1/n inférieure à 1 indique que le processus d'adsorption est favorable [30].

II.1.7 Cinétique d'adsorptions

La cinétique d'adsorption permet de déterminer le temps nécessaire à la mise en équilibre entre le soluté et l'adsorbant. Elle permet d'avoir aussi une idée sur le mécanisme d'adsorption et le mode de transfert entre les deux phases liquide et solide. Dans le présent travail, deux modèles cinétiques ont été sélectionnés pour étudier le comportement cinétique des polluants à la surface des argiles, à savoir le modèle cinétique pseudo premier ordre et le modèle cinétique pseudo-second ordre [25].

II.1.7.1 Modèle de Lagergren (pseudo-premier-ordre)

Selon ce modèle la cinétique d'adsorption peut être exprimée par l'équation (II.6):

$$(dq/dt) = K_1(q_e - q) \qquad \textbf{(II.6)}$$

L'intégration de cette équation (II.6) donne l'équation linéaire ci-dessous II.7 :

$$\log(q_0 - q) = \log(q_e - K_1) * (t/2.303) \qquad \textbf{(II.7)}$$

Avec :

- q_e et q : quantité d'adsorbat adsorbée sur 1g d'adsorbant (mg g^{-1}) à l'équilibre et au cours du temps.
- K_1 : constante de vitesse de Lagergren pour un processus d'ordre 1 (min^{-1}) [25].

II.1.7.2 Modèle cinétique du pseudo-second ordre

Ce modèle permet de caractériser la cinétique d'adsorption en admettant une adsorption rapide du soluté sur les sites d'énergie élevée et une adsorption relativement lente sur les sites d'énergie faible. Le modèle cinétique du pseudo-second ordre est exprimé selon l'équation II.8 :

$$(d_{q_t}/d_t) = K_2(q_e - q_t)^2 \qquad \textbf{(II.8)}$$

Avec ; K_2 constante de vitesse du pseudo-second ordre ($g.mg^{-1}.min^{-1}$). Après intégration, l'équation (II.8) devient II.9 :

$$(t/q_t) = (1/K_2 * q_e^{\,2}) + (1/q_e) * t \qquad \textbf{(II.9)}$$

La quantité adsorbée q_e et la constante de vitesse K_2 peuvent être déterminées à partir de la pente et de l'ordonné à l'origine de la courbe t/q en fonction de t [26].

II.2 LE CHARBON ACTIF

II.2.1 Définition

Utilisé depuis des siècles pour ses propriétés d'adsorption intrinsèques, la production de charbon actif (figure II.4) commence par une phase de carbonisation de la matière première (bois, charbon, noix de coco, résidus pétroliers, margine, etc..), suivie par une phase d'activation du produit carbonisé à haute température, sous une atmosphère contrôlée [31].

Donc le charbon actif est utilisé dans plusieurs domaines, comme la purification de l'eau, le traitement des eaux usées, la médecine …etc. Nous le retrouvons le plus souvent en traitement d'affinage d'eau potable ou d'eau industrielle de haute pureté, dans ce cas le charbon actif fixe les micropolluants organiques (souvent à l'origine de goûts et des saveurs désagréables) présents dans l'eau [32].

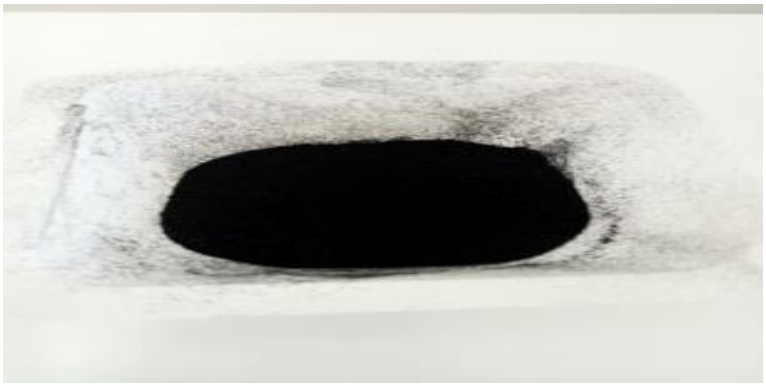


Figure II.4: Le charbon actif.

II.2.2 Différentes formes du charbon actif

II.2.2.1 Le charbon actif extrudé (CAE)

Le charbon actif extrudé est de forme cylindrique avec des diamètres allant de 0.8 mm à 5 mm. Il est principalement utilisé pour des applications en phase gazeuse à cause de sa faible perte de charge, de sa grande résistance mécanique et de sa faible teneur en poussières [32].

II.2.2.2 Charbon actif en poudre (CAP)

Le charbon actif en poudre ou CAP prend la forme de grains de taille comprise entre 10 et 50 µm et il est généralement utilisé en combinaison avec un traitement clarificateur [33].

II.2.2.3 charbon actif en granulaire (CAG)

Ce sont des particules de formes irrégulières parmi une gamme de tailles allant de 0.2 mm à 5 mm. Ce type de charbon est utilisé pour des applications en phase liquide et gazeuse [33].

II.2.3 Utilisation du charbon actif

Le charbon actif est utilisé en combinaison avec un traitement de clarification. Le charbon actif en poudre est ajouté continuellement avec l'eau à traiter avec des agents floculants. Il est recommandé d'utiliser des clarificateurs pour augmenter le temps de contact entre le charbon et l'eau. La dose d'ozone nécessaire dans le cadre d'un inter oxydation est alors réduite. La principale conséquence est que le nombre de sous-produits d'ozonation diminue [34].Les avantages et les inconvénients du charbon actif en poudre sont présentés sur le tableau 4.

Tableau II.2: Les avantages et les Inconvénients du charbon actif en poudre [35].

Les avantages	Les inconvénients
Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le charbon actif en granulé.	Le charbon actif en poudre ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde.
Des quantités supplémentaires peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentelles ou temporaires.	Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impuretés sans ajouter une quantité très importante de charbon actif en poudre.
L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible.	La détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration applicable est limitée.

II.2.4Propriétés du charbon actif

La surface développée par le charbon actif est énorme: un gramme de charbon actif a une surface spécifique comprise entre 400 et 2500 m², il est hydrophobe. L'adsorption des gaz nécessite des pores de 1 à 2nm, alors que des pores de 2à 10nm suffisent pour l'adsorption des liquides.

Cette poudre de charbon actif (comme tout charbon de bois) est très salissante. Un charbon actif est un matériau poreux, c'est-à-dire qu'il possède des cavités ou des canaux, appelés pores, dont les parois sont responsables d'une augmentation de la surface spécifique [36].

II.2.5 Préparation et régénération du charbon actif

II.2.5.1 Préparation

Le charbon actif est obtenu par la pyrolyse de différents composés organiques: bois, coques de fruits (exp : noix de coco), noyaux de fruits, os et résidus pétroliers. La structure et la nature chimique d'un charbon actif évoluent tout au long des processus de fabrication (figure II.5). En conséquence, le pouvoir adsorbant du charbon est crée ou augmenté par un procédé d'activation [35].

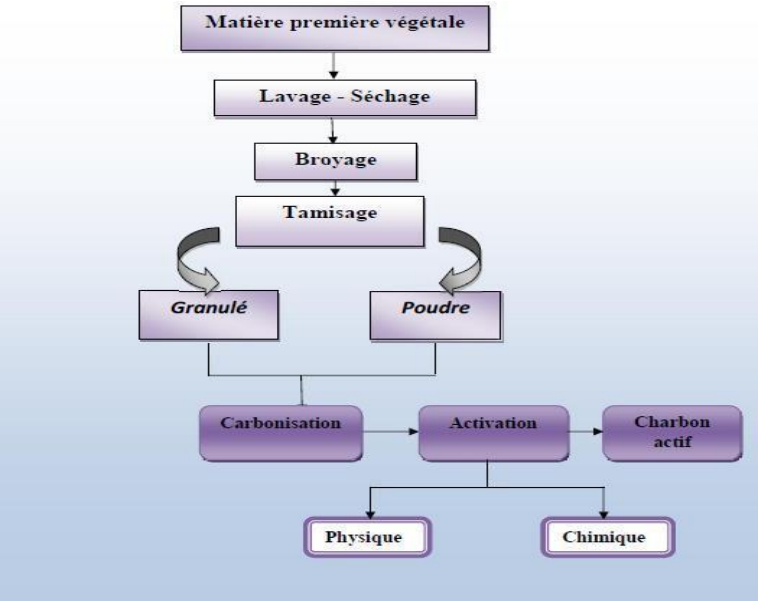


Figure II.5: Les étapes de fabrication du charbon actif.

II.2.5.2 Procédés d'activation

II.2.5.2.1 Activation chimique

On mélange la substance carbonée (bois, tourbe, paille, papier, os, coquilles de noix, …) avec des réactifs déshydratants et oxydants, on chauffe le mélange, puis on lave. Parmi les réactifs chimiques utilisés: $ZnCl_2$, H_3PO_4, H_2SO_4, NaOH, KOH….

On cherche actuellement à produire des adsorbants de moindre qualité mais à partir de déchets tels que les ordures urbaines [35], cette activation se faite à une température de 500°C qui donne un charbon actif où les pores plus larges méso- et macropores prédominent.

II.2.5.2.2 Activation par les gaz

On part d'un matériau déjà charbonneux (charbon, anthracite, lignite, coke, charbon de coco,…), qu'on broie finement puis qu'on presse en briquettes avec un liant approprié. Ensuite, on les soumet à la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone CO_2 ou leurs mélanges. Il y a oxydation d'une partie en CO ou CO_2, et le reste est devenu poreux, donc actif. La température d'activation varie de 300 à 1000°C qui produit un charbon actif dans lequel dominent les pores étroits (micropores) [35].

II.2.6 Réactivation du charbon actif

Est un produit relativement couteux. Une fois tous les sites d'adsorptions saturés, le charbon actif est dit saturé ou sur saturé, c'est pourquoi il est très souvent régénéré. La réactivation appelée aussi régénération consiste à désorber les molécules captées par le charbon actif. Le charbon actif saturé est considéré comme un déchet dangereux et doit être traité par des services spécialisés en interne ou en faisant appel à des entreprises compétentes [35].

II.2.6.1 Méthodes de réactivation

Il existe trois méthodes de régénération :

a. Régénération à la vapeur

Cette méthode est réservée à la régénération des charbons actifs qui ont simplement adsorbés des produits très volatils. Cependant, le traitement à la vapeur peut être utile pour déboucher la surface des grains de charbons et désinfecter le charbon [37].

b. Régénération thermique

Cette opération est réalisée par pyrolyse ou en brulant les matières organiques adsorbées par les charbons actifs. Le charbon actif est chauffé à environ 800°C sous atmosphère contrôlée [38].

c. Régénération biologique

Elle consiste à utiliser des bactéries. Cette méthode de régénération n'a pas encore été appliquée à l'échelle industrielle [38].

d. Régénération chimique

Procédé utilisant un solvant utilisée à une température de 100 °C et avec un pH important. L'avantage de cette méthode réside dans la minimisation des pertes de charbons (environ 1%). Les polluants sont ensuite détruits par incinération [37].

II.2.7Les applications des charbons actifs

II.2.7.1 Adsorbant

Le charbon actif est un bon adsorbant, utilisé dans différents domaines :

- ✓ Le traitement des eaux potables ou des eaux industrielles.
- ✓ Le traitement tertiaire des eaux résiduaires ou industrielles.
- ✓ Le traitement des eaux résiduaires industrielles.
- ✓ La purification industrielle des produits pharmaceutiques, chimiques ou alimentaires (Sucre, huiles végétales…) [38].

II.2.7.2 Catalyseur

Le charbon actif peut agir comme catalyseur dans différents réactions grâce à ses propriétés. Les plus importantes applications industrielles de charbon dans ce domaine sont la production de phosgène et l'oxydation des gaz nocifs [38].

CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons présenté l'adsorption d'une façon générale, les différents types et classent. Ainsi les facteurs influençant le phénomène d'adsorption et les méthodes de préparation et régénération du charbon actif avec leurs applications. Comme une matrice sorptionnel on à choisi le charbon actif à base végétale, ce support est utilisé pour le traitement des eaux pollués synthétiquement par un colorant suivi par une application sur les eaux de barrage Ghrib que nous allons présenter dans le chapitre suivant.

Chapitre III:

Partie expérimentale :

Résultats et discussion

INTRODUCTION

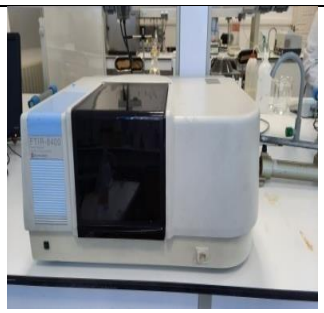
L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la capacité d'adsorption de la fuchsine basique sur un charbon actif commercialisé et un biomatériau carbonisé. Pour se faire, une étude paramétrique ainsi une application sur les eaux de barrage Ghriba été effectuée. Toutes les expériences dans ce travail ont été réalisées au niveau des laboratoires du Hall Technologique de l'université Dr. Yahia Farès de Médéa et le laboratoire d'analyse de l'algérienne des eaux (ADE).

Partie A : Matériels et Méthodes

III.A.1 Matériels utilisés

Le matériel utilisé dans cette étude est présenté dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Présentation du matériel

Matérielles	Définition	Les images
Infrarouge.	La spectrophotométrie est une technique d'analyse quantitative et qualitative basée sur l'interaction des électrons des molécules du soluté (appelé chromophore) avec la lumière. Elle permet, entre autres d'identifier une substance chimique par sa longueur d'onde qui correspond à absorption maximale (du λ max), et aussi de déterminer la concentration d'un soluté dans une solution en utilisant une courbe d'étalonnage. Lorsqu'un faisceau lumineux d'intensité I_0 traverse une solution d'un chromophore, ce dernier absorbe plus que d'autres certaines longueurs d'onde et restitue une intensité I du faisceau initial.	 **Figure III.1 :** Spectrophotomètre infrarouge a transformé de fourrier FTIR (SHIMADZU, RTIR 8400).

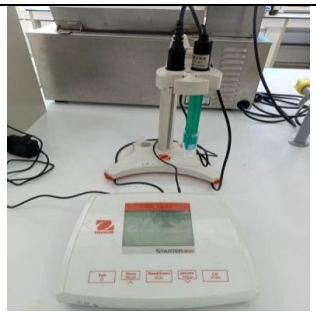
Spectrophotomètre UV.	La spectrophotométrie est une technique d'analyse quantitative et qualitative basée sur l'interaction des électrons des molécules du soluté (appelé chromophore) avec la lumière. Elle permet, entre autres d'identifier une substance chimique par sa longueur d'onde qui correspond à absorption maximale (du λ max), et aussi de déterminer la concentration d'un soluté dans une solution en utilisant une courbe d'étalonnage.	 **Figure III.2 :** Spectrophotomètre UV-VISIBLE (UV-mini 1240 SHIMADZU).
pH-mètre.	Le pH-mètre est un appareil constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur numérique du pH et d'une sonde de pH constituée d'une électrode de verre permettant la mesure du pH d'une solution.	 **Figure III.3 :** PH Mètre (OHAUS, STARTER3100)
Étuve.	Est un appareil de chauffage et de stérilisation fonctionnant le plus souvent à température régulée.	 **Figure III.4 :** Etuve (MEMMERT) 105°C (UNB).
Four à moufle.	Le four à moufle de laboratoire est un appareil utilisé pour les traitements thermiques des matériaux à haute température. Les températures des fours à moufle sont généralement comprises entre 300 et 1600°C.	

		Figure III.5: Four à moufle (Nabertherm, L151T3RN LT.
Agitateur chouffant.	Agitateur chouffant utile pour homogénéiser une solution à doser, accélérer la dissolution d'un composé dans un solvant, effectuer une recristallisation.	 **Figure III.6:** Agitateur chauffant (OV AN/HELDOLPH, MCG15E/MR–Standard.

III.A.2 Produits utilisés

- La fuchsine basique $C_{20}H_{20}ClN_3$, 337.85g/mol (C.I. 42510) DC.
- Le charbon actif en poudre commercialisé.
- Le charbon actif a base végétale.
- L'eau bidistillée.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) de pureté 98%.
- HCl de pureté 98%.

III.A.3Méthodes

III.A.3.1 Préparation du charbon actif

Pour la préparation du charbon actif nous avons suivi les étapes mentionnés sur l'organigramme (figure III.7). Le charbon actif obtenu est stocké dans un dessiccateur en vue de son utilisation.

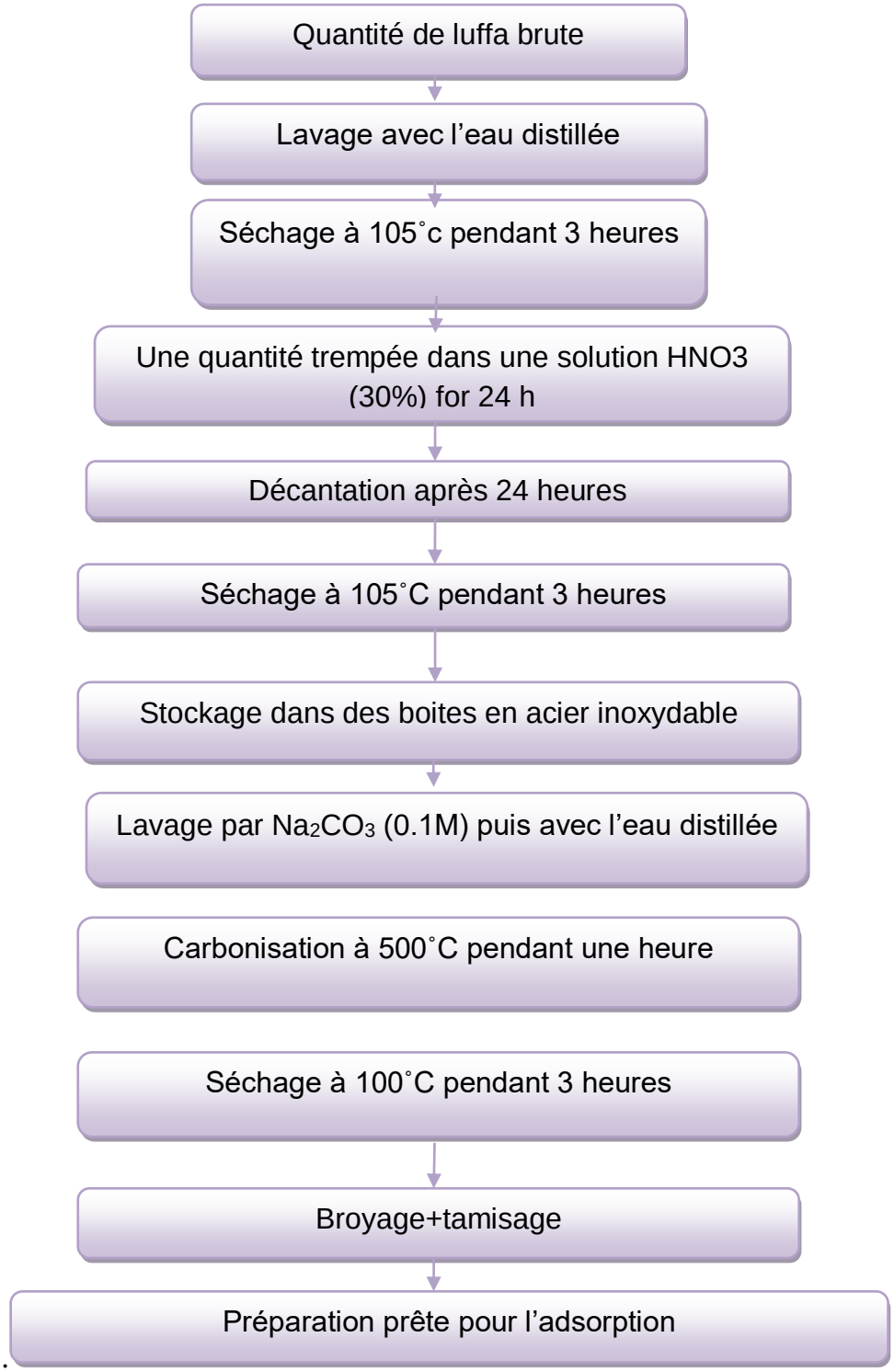


Figure III.7: Les étapes de préparation du charbon actif.

III.A.3.2 Procédure expérimentale

Les expériences d'adsorption a été effectuées réalisés en agitant (à 250 rpm) 1g de charbon actif dans 1000 ml de solution synthétique de la fuchsine basique à différentes concentration initiales. La solution colorée a été séparée de l'adsorbant par filtration. L'absorbance du surnageant a été mesurée en utilisant un spectromètre UV/visible à la longueur d'onde qui correspond à l'absorbance maximale de la solution de fuchsine basique (λ = 563.5 nm). La concentration en colorant résiduel a été déterminée à l'aide de la courbe d'étalonnage réalisée avec une gamme de concentrations connues de colorant. La capacité d'adsorption du colorant par le charbon actif a été calculée en utilisant la formule (II.1) et le taux d'élimination (ou Le rendement) E est défini par l'équation III.1

$$\boldsymbol{E = ((C_0 - C)/C_0) * 100} \qquad \textbf{(III.1)}$$

III.A.3.3 Courbe d'étalonnage

Pour tracer la courbe d'étalonnage de la fuchsine basique (figure III.11), nous avons préparé une solution mère de concentration 100 mg/l, à partir de cette solution mère, nous préparons par dilution successive une série de solution filles (les figures III.8(a), (b) et (c)) correspondant aux différentes concentrations connues. Les valeurs λ max de l'adsorbat est présenté sur le tableau III.2.

Tableau III .2 : La valeur λ max de l'adsorbat.

L'adsorbat	**λ_{max} (nm)**	**La formule**
Fuchsine basique	563.5	$C_{20}H_{20}ClN_3$



Figure III.8(a) : La solution Mère.



Figure III.8(b): Les solutions diluées.

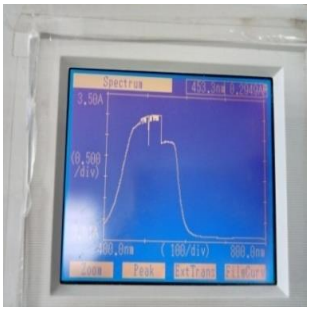


Figure III.8(c): Analyse par UV-VISIBLE.

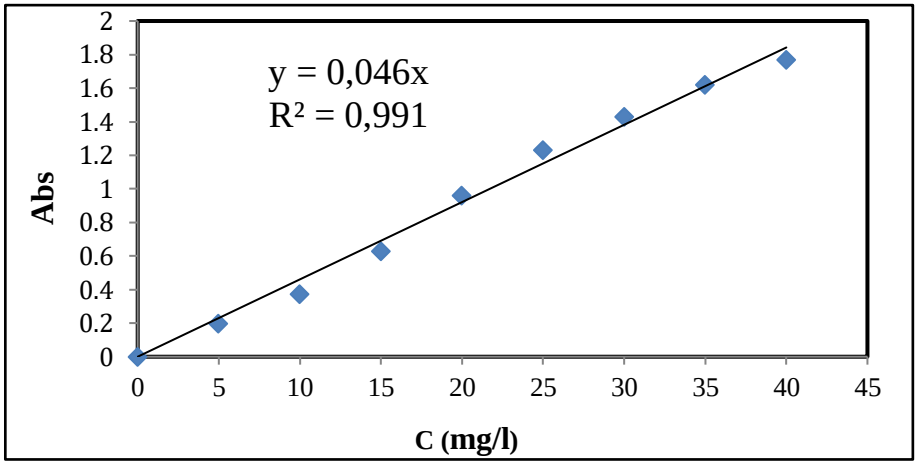


Figure III.9: Courbe d'étalonnage de fuchsine basique.

La courbe est une droite qui passe par l'origine soumis à la loi de Beer- Lambert, et l'équation obtenue utilisée pour déterminer les concentrations inconnues des solutions aqueuses de la Fuchsine, et dont on a mesuré l'absorbance.

Partie B : Résultats et discussions

III. B.1 Caractérisation physico chimique de la luffa carbonisé

La Caractérisation physico chimique de la luffa carbonisé a été effectué par l'analyse IR et par microscope électronique à balayage MEB. Les résultats sont présentés sur les figures III.10 et III.11.

III. B.1.1 Spectroscopie IR du le charbon actif biomatériau

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier par Réflexion a été utilisée afin d'étudier les caractéristiques chimiques du biomatériau carbonisé. Chaque liaison présente des vibrations caractéristiques de fréquences bien déterminées les figures III.10(a) et (b).

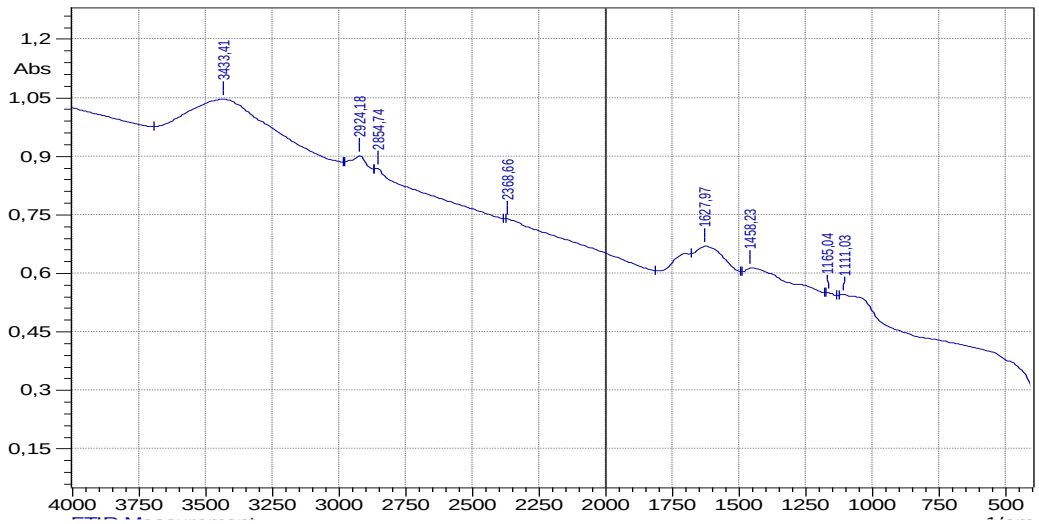


Figure II.10(a): Spectre IR de biomatériau carbonisé avant adsorption.

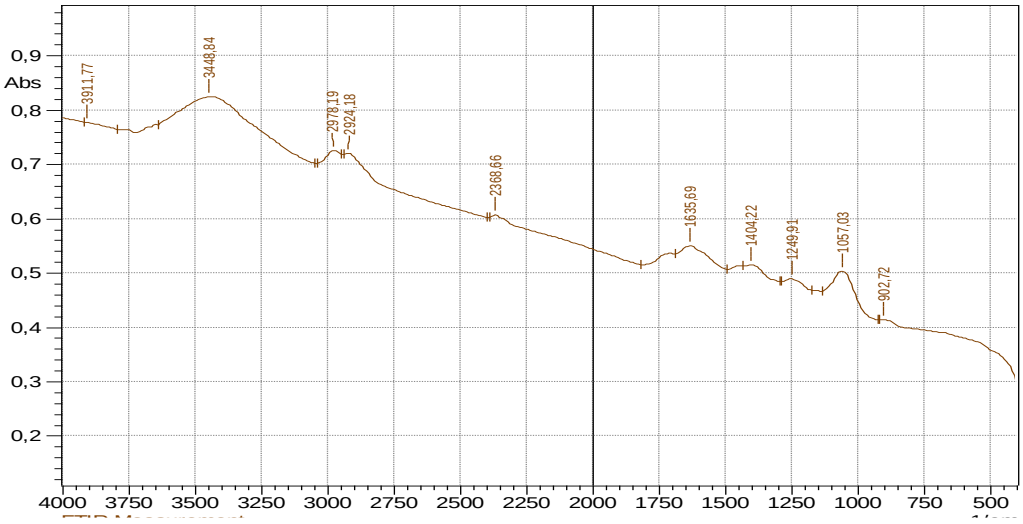


Figure III.10(b): Spectre IR de charbon actif biomatériau après l'adsorption.

Les pics caractéristiques de chaque spectre observé pour les échantillons de charbon actif avant et après adsorption sont regroupés dans le tableau III.3. On remarque l'apparition de nouvelle laissons après adsorption de la fuscine basique comme N-H et H-O-H.

Tableau III.3 : Les pics IR du biomatériau.

Pic (cm^{-1}) avant adsorption	Liaison	Pic (cm^{-1}) après adsorption	Liaison
3433.41	O-H (lié)	3448.84	N-H
2924.18	C-H	2978.19	C-H
2854.74	C-H	2924.18	C-H
1627.97	C=C	2368.66	H-O-H
1458.23	C=C (aromat)	1635.69	C=C
1186.04	C-C	1404.22	C-H (alcane)
1111.03	C-N (amine)	1249.91	C-C
		1057.03	C-O
		902.72	C-C (alcane)

III. B.1.2 Analyse par MEB

Les observations au *MEB* ont été effectuées sur un appareil *JEOL JMS 610*. La figure (III.11) montre l'existence des cordons des fibres carbonisés, quelles que soient leurs localisations sont constitués de plus d'une centaine de fibres allongées à parois épaisses et avec des pores de forme tordue et irrégulière.

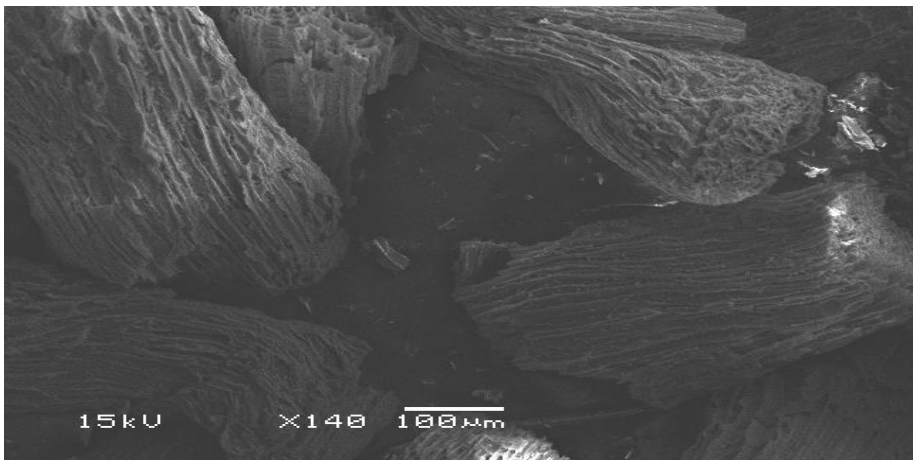


Figure (III.11) : Charbon actif de la luffa observé au microscope électronique à balayage (x 100).

III. B.2 Etude paramétrique

III. B.2.1 1Influence la concentration initiale de la fuchsine

L'influence de la concentration initiale de la fuchsine sur la capacité d'adsorption due la luffa carbonisée (**LC**) et le charbon commercialisé (**CAP**) a été étudié. La concentration d'adsorbant est de **C_a=1g/l** et la concentration initiale de l'adsorbat (la fuchsine) est varie de **100** à **300mg/l** à température ambiante **T=20C°.**

Les figures (III.12(a) et (b)) représentent l'effet de la concentration initiale de la fuchsine basique sur les quantités adsorbées et le rendement des deux charbons.

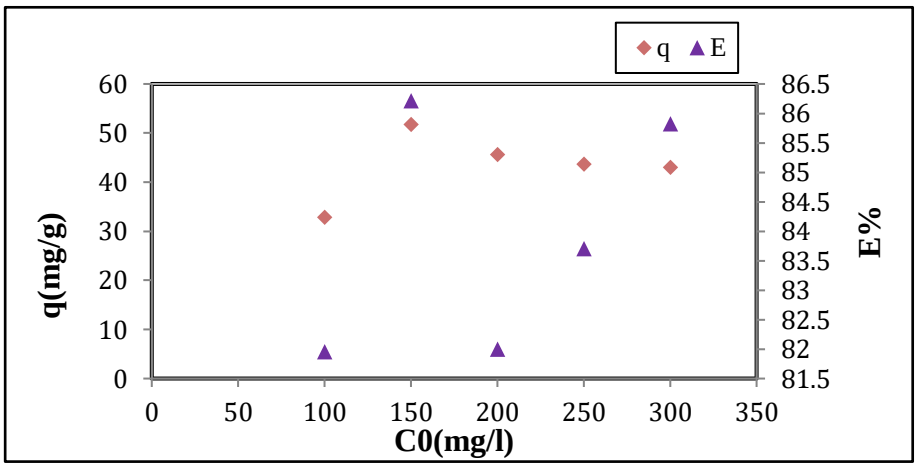


Figure III.12(a): La quantité adsorbée et le rendement en fonction de concentration initiale d'adsorbat. **C_a=1g/l (LC), C_0 =100** à **300mg/l**, **T=20C°.**

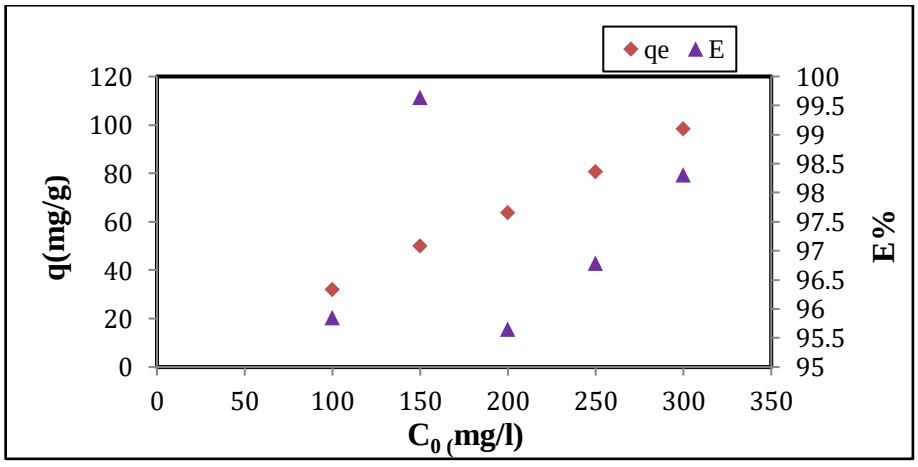


Figure III.12(b): La quantité adsorbée et le rendement en fonction de la concentration initiale d'adsorbat. **C_a=1g/l (CAP), C_0 =100** à **300mg/l**, **T=20C°.**

D'après les figures III. 12(a) et (b), on remarque que la capacité d'adsorption de la fuchsine sur **LC** et **CAP** augmente avec l'élévation des concentrations initiale du colorant. Donc, l'augmentation de la concentration entraîne une augmentation de la force motrice du gradient de concentration, ce qui à son tour favorise une diffusion accrue des molécules en solution sur la surface de l'adsorbant. La valeur optimale de la concentration du colorant c'est la valeur ou le rendement est le plus élevé, donc **C_0=150 mg/l**. pour les deux adsorbants.

III. B.2.2 Influence la concentration du charbon (biomatériau LC et commercial CAP)

La concentration initiale de la fuchsine est fixée pour **C_0=100mg/l** et la concentration des charbons actif est varie de **1** à **3g** à **T=20C°**.

Les résultats de cette étude sont représentés sur les figures III.13(a) et (b).

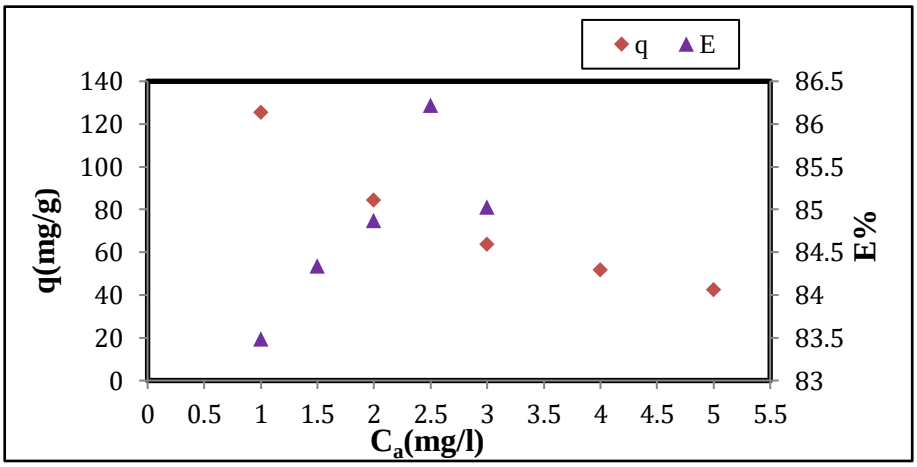


Figure III. 13(a):La quantité adsorbée et le rendement en fonction de concentration d'adsorbant **(LC), C_0=100mg/l, C_a=1** à **3g** à **T=20C°**.

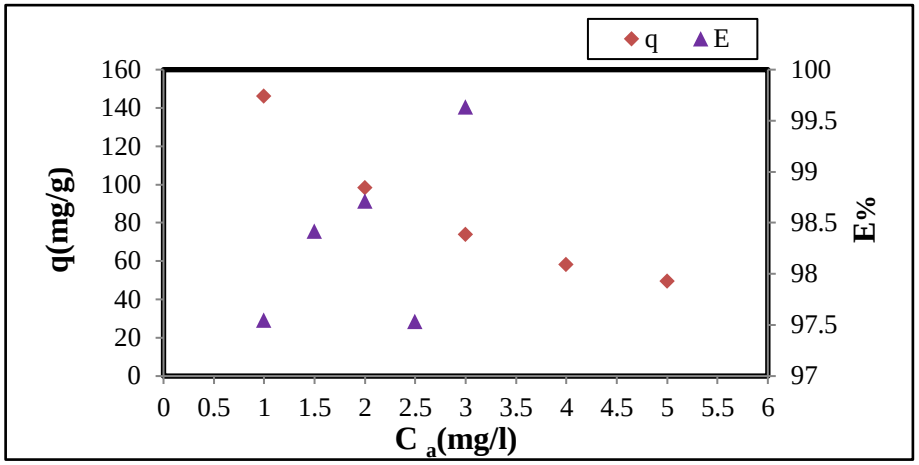


Figure III.13(b): La quantité adsorbée et le rendement en fonction de la concentration d'adsorbant **(CAP) C_0=100mg/l, C_a=1** à **3g** à **T=20C°**.

La variation de la quantité de fuchsine adsorbée en fonction de la quantité du charbon actif est représentée dans les figures III.13(a) et (b). A partir de ces figures, on observe une relation inversement proportionnelle entre la quantité adsorbée et la concentration initiale de l'adsorbant. En d'autre termes, plus la quantité d'adsorbants augmente, moins la quantité de fuchsine adsorbée est importante par exemple lorsque la masse de l'adsorbant passe de **1** à **3g**, la quantité de fuchsine adsorbée diminue de **125.22** à **42.51 mg/g**.

On remarque que le rendement est plus élevé pour les deux adsorbants pour une valeur optimal de CAP de **C_a =3g/l** et la valeur optimal de LC de **C_a=2.5g/l.**

III. B.2.3 Influence de la température

Pour déterminer l'effet de la température sur l'équilibre d'adsorption de la fuchsine sur les charbons actif, nous avons préparé des solutions de **C_0=150mg/l, C_a=2.5g/l** (**LC**) et **C_a=3g/l** (**CAP**) à différents température de**10, 20, 30, 40 et 45C°.**

Les résultats expérimentaux obtenus illustré dans les figures III.14(a) et (b).

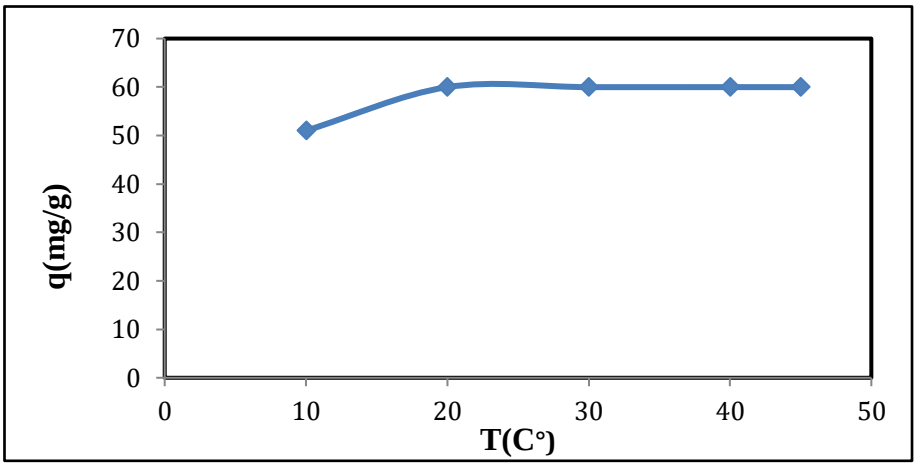


Figure III. 14(a):Evolution de la quantité adsorbée en fonction de la température **C_0=100mg/l, C_a=2.5g/l (LC).**

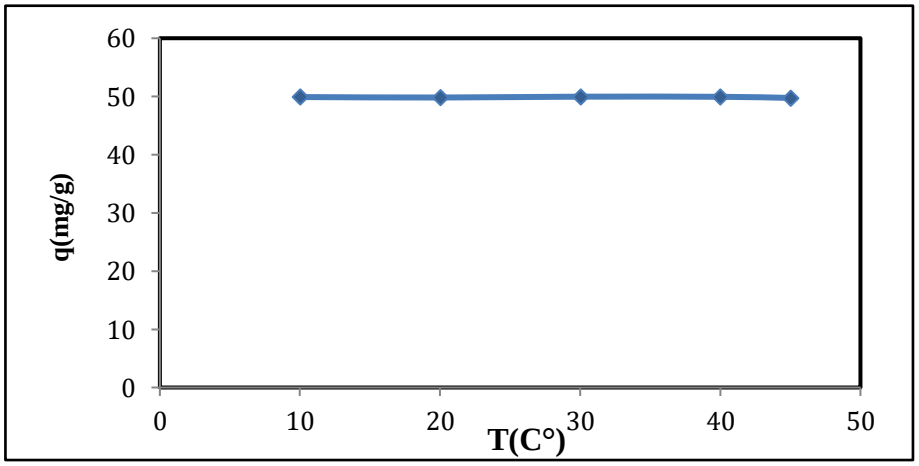


Figure III.14(b): Evolution de la quantité adsorbée en fonction de la température **C_0=100mg/l, C_a=3g/l (CAP).**

Les résultats obtenu sont illustrées sur les figures III.14(a) et (b).On observe que l'effet de la température sur la capacité d'adsorption est négligeable pour les deux supports LC et CAP. Par conséquent la température ambiante **20C°**est utilisée comme température réactionnelle pour l'étude de la cinétique d'adsorption.

III. B.2.4 Etude de la cinétique d'adsorption

L'étude cinétique de l'adsorption de la fuchsine acide sur les deux supports s'est faite sur la base de prélèvement de **10ml** de la solution après mise en contact avec le charbon actif à des intervalles de temps bien définis. Les résultats obtenus sont consignés dans les figures III.15(a) et (b).

En utilisant les conditions opératoires optimales suivantes :

- Concentration initiale en colorant **C_0=150mg/l** ;
- Volume de l'eau distillé **V=250ml** ;
- Vitesse d'agitation **V=250tours/min** ;
- Concentration d'adsorbant (CL) **C_a=2.5g/l** ;
- Concentration d'adsorbant (CAP) **C_a=3g/l** ;
- Température ambiante **T=20°C**.

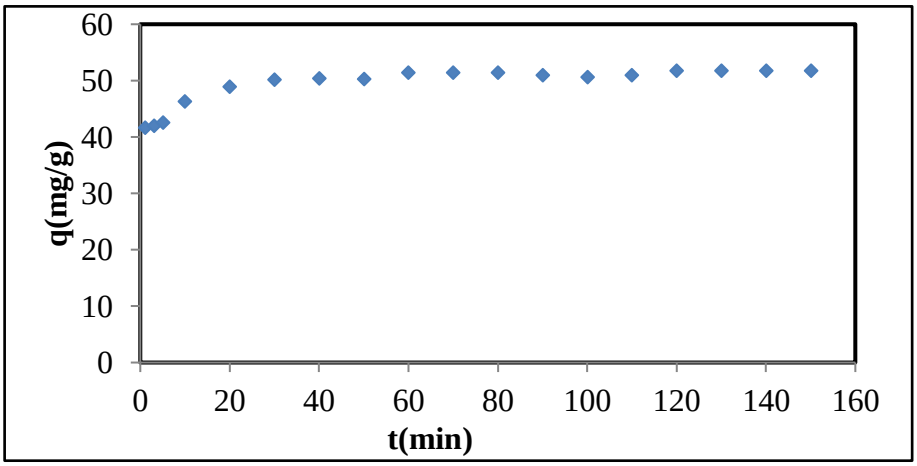


Figure III.15(a): Cinétique d'adsorption de la fuchsine basique sur LC, **C_0=150mg/l**, **C_a=2.5g/l, T=20°C**.

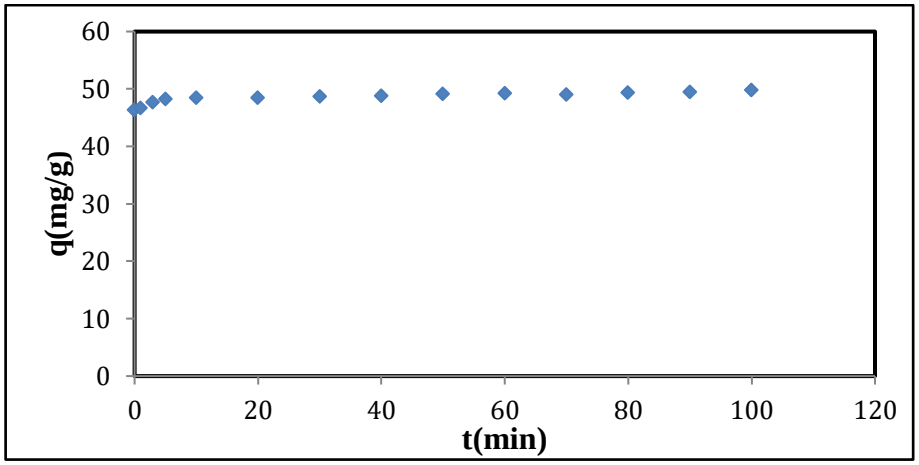


Figure III.15(b): Cinétique d'adsorption de la fuchsine basique sur CAP, **C_0=150mg/l**, **C_a=3g/l, T=20°C**.

- La lecture de ces graphes montre que ces courbes sont divisées en trois étapes.

La première étape : très rapide de **t=0** min jusqu'à **t=50** min pour le premier graphe et jusqu'à **t=30min** pour le deuxième graphe, Après le premier contact avec le charbon actif la quantité absorbée de colorant augmente considérablement avec le temps

La deuxième étape : de **t=50min** jusqu'à **t=120min et t=30min à t=100min** pour les deux graphes successivement, Après un temps de contact on réaliser une faible vitesse d'adsorption et la quantité adsorbée augmente lentement.

La troisième étape : les courbes d'adsorption de **t=120min à t=160min** et **t=100min à t=170min** successivement, l'équilibre est atteint avec une quantité adsorbée de 51,74mg/g et 49.82 mg/g pour LC et CAP respectivement.

Nous considérons que l'adsorption de la fuchsine basique sur les deux adsorbant LC et CAP est un processus rapide, mais le temps d'équilibre du charbon actif commercialisé CAP plus court que LC avec une quantité adsorbé de LC est 51.74mg/g et CAP est 49.82mg/g**.** Dans le reste de notre étude nous allons travailler avec un temps de contacte de **200min**.

III. B.2.5 Modélisation de la cinétique d'adsorption

Pour d'écrire la cinétique d'adsorption pour les deux charbons on utilise les deux modèles le pseudo-premier ordre et pseudo-second ordre, on trace la courbe $log(qe - qt) = f(t)$et la courbe $t\ /\ q = f(t)$.

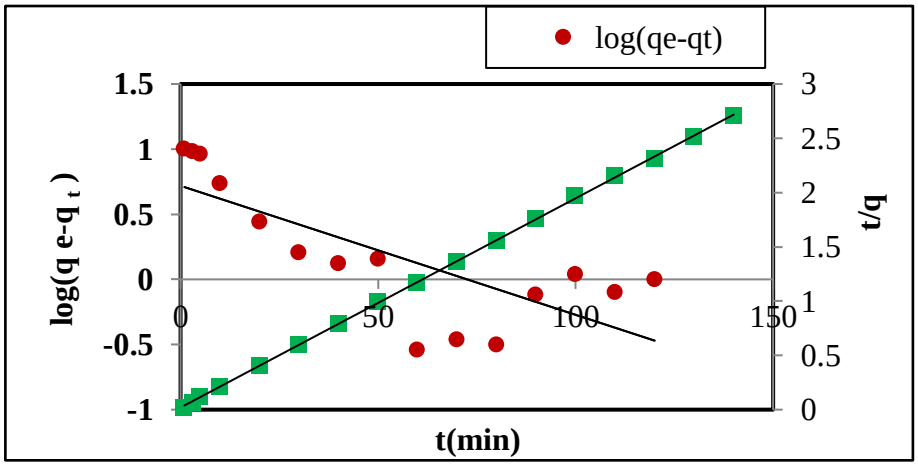


Figure III. 16(a):Modèle cinétique de pseudo-première et pseudo-second ordre (**Fuchsine/LC**).

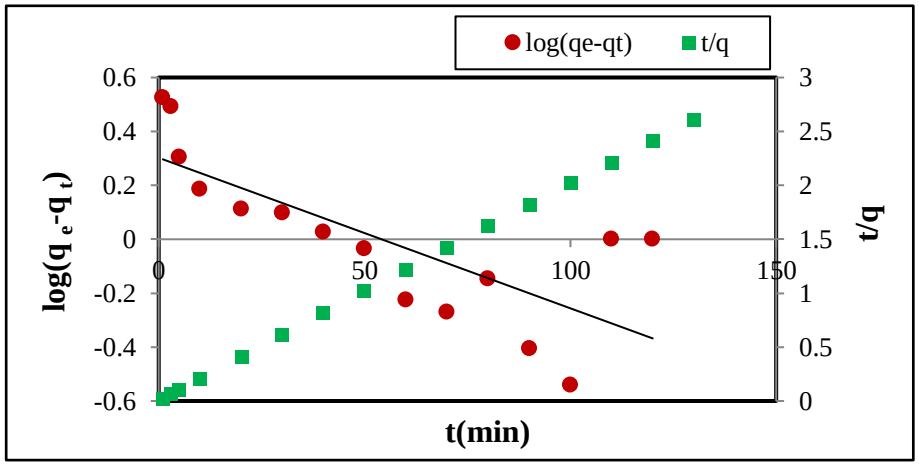


Figure III.16(b): Modèle cinétique de pseudo-première et pseudo-second ordre (**Fuchsine/CAP**).

En se référant aux figures (figure III.16(a) et (b)), on peut observe que les courbes illustrant le modèle de Lagergren du pseudo-premier ordre pour l'adsorption de fuchsine basique sur le charbon ne sont pas linéaires. Cela suggère que l'équation de Lagergren n'est pas applicable à ce processus d'adsorption.

En revanche, les courbes du pseudo-second ordre sont linéaires. Ce dernier modèle réussit à décrire avec précision la cinétique de la réaction d'adsorption du polluant sur l'adsorbant.

Le modèle du pseudo-second ordre permet de caractériser la cinétique d'adsorption en tenant compte à la fois d'une fixation rapide des solutés sur les sites les plus réactifs et d'une fixation plus lente sur les sites d'énergie faible.

Tableau III.4 : Les valeurs des paramètres de pseudo-premier ordre et pseudo-second ordre.

Cinétique du 1er ordre						**Cinétique du 2ème ordre**					
CAP			**LC**			**CAP**			**LC**		
q_e (mg/g)	K_1 (min^{-1})	R^2	q_e (mg/g)	K_1 (min^{-1})	R^2	q_e (mg/g)	K_2 $g.mg^{1}.min^{-1}$	R^2	q_e (mg/g)	K_2 $g.mg^{1}.min^{-1}$	R^2
0.50	0.012	0.576	0.191	0.021	0.587	50	0.04	0.99	52.63	0.019	0.99

D'après le tableau III.4, nous remarquons que l'ordre de la réaction du pseudo-second ordre s'applique bien pour les deux systèmes adsorbant/adsorbat étudiés vu les valeurs obtenues des coefficients de détermination R^2.

III. B.2.6 Etude des isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption sont importantes pour désigner le mécanisme d'adsorption et pour la détermination de la capacité d'adsorption des adsorbats sur l'adsorbant. Pour trouver le modèle qui décrit notre système, nous avons testé les deux modèles suivants : Langmuir et Freundlich.

Les essais ont été effectués à la température ambiante, la concentration initiale variant de **100** à **300 mg/l**, au **pH=8.11** et les adsorbants égale (**LC=2.5g/l, CAP=3g/l**) sont agitées pendant **150min** afin que l'équilibre soit atteint, les volumes prélevés sont ensuite filtrer et dosés par l'UV-VIS. Les résultats sont présentés sur les figures (III.17(a) et (b)).

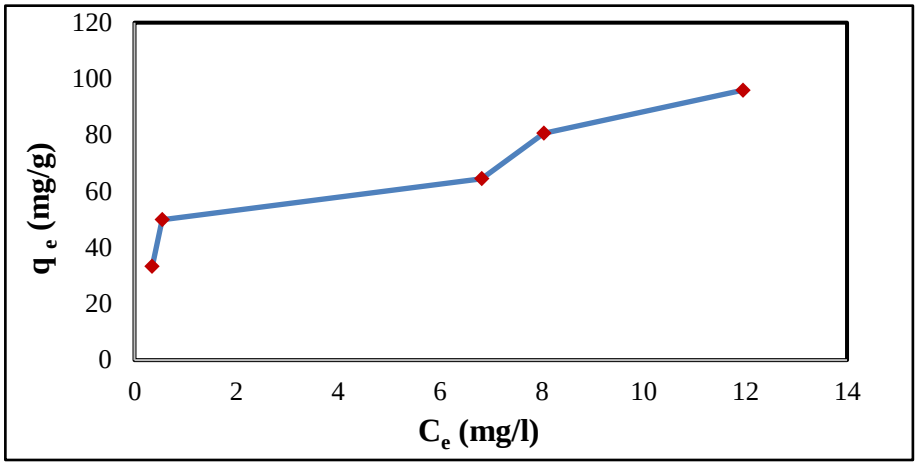


Figure III.17(a): Isotherme d'adsorption de la fuchsine basique sur **LC, C_a=2.5g/l ; T=20C° ; C_e=150mg/l.**

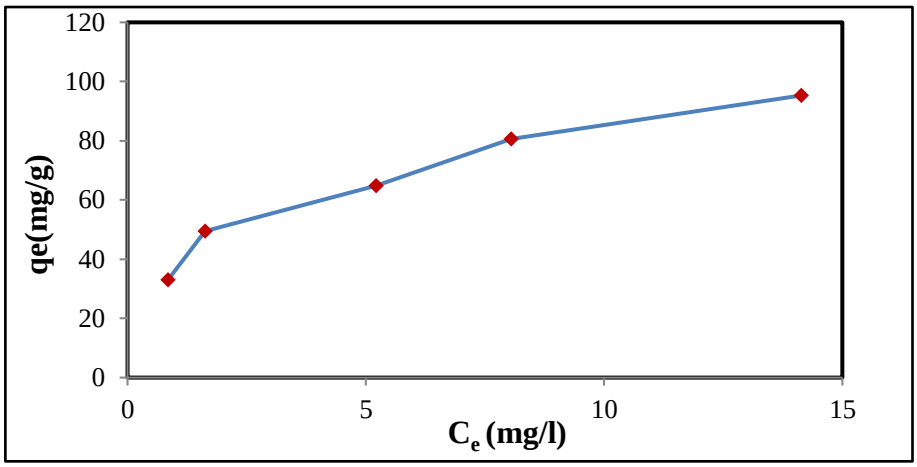


Figure III.17(b): Isotherme d'adsorption de fuchsine basique sur **CAP, C_0=3g/l ; T=20C° ; C_e=150mg/l.**

Les résultats montrent que la quantité de colorant adsorbée augmente progressivement avec la concentration initiale du colorant. Le profil de ces isothermes correspond à celui de l'isotherme de type S présente un point d'inflexion révélateur d'au moins deux mécanismes d'adsorption.

III. B.2.7 Modélisation des isothermes d'adsorption

Les paramètres obtenus à partir de la modélisation des isothermes fournissent des informations importantes sur le mécanisme d'adsorption, les deux modèles les plus couramment employés sont de Langmuir et Freundlich.

Les deux modèles linéaires de Langmuir et Freundlich pour la température ambiante sont représentés sur les figures (III.18(a) et (b)).

- **Modèle de Langmuir**

Le modèle de Langmuir repose sur l'hypothèse que l'adsorption a lieu aux emplacements homogènes spécifiques dans l'adsorbant.

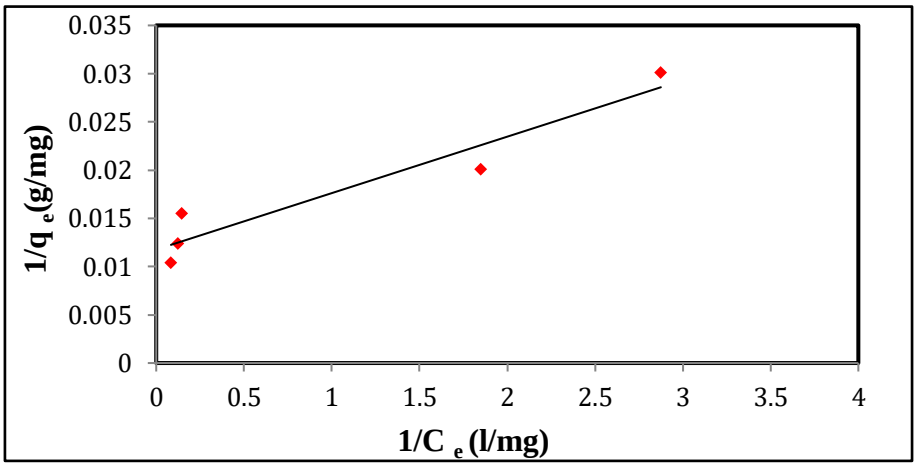


Figure III.18(a): Modélisation des isothermes selon le modèle de Langmuir(**LC**).

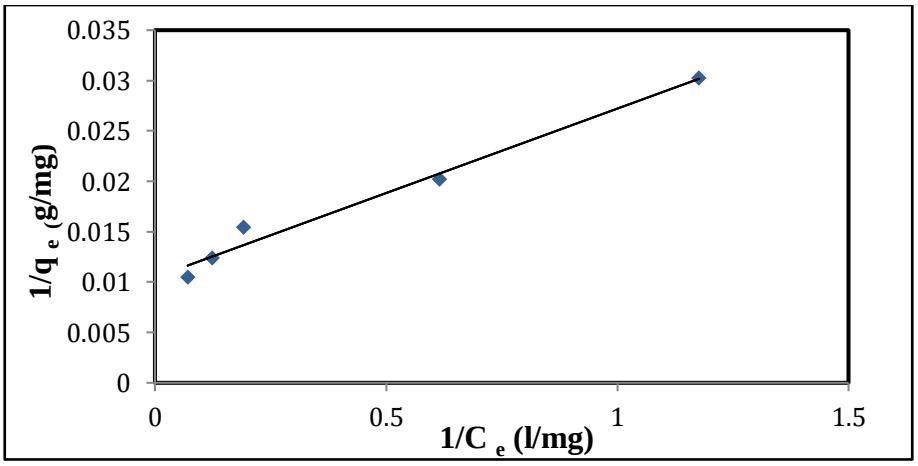


Figure III.18(b): Modélisation des isothermes selon le modèle de Langmuir(**CAP**).

Les résultats obtenus de modèle de Freundlich sont regroupé dans le tableau III.5.

- **Modèle de Freundlich**

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

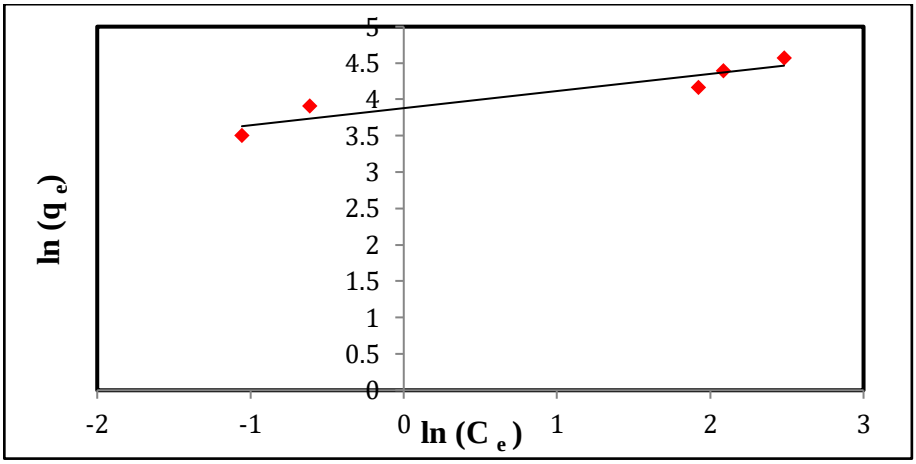


Figure III.19(a) : Modélisation des isothermes selon le modèle de Freundlich (**LC**).

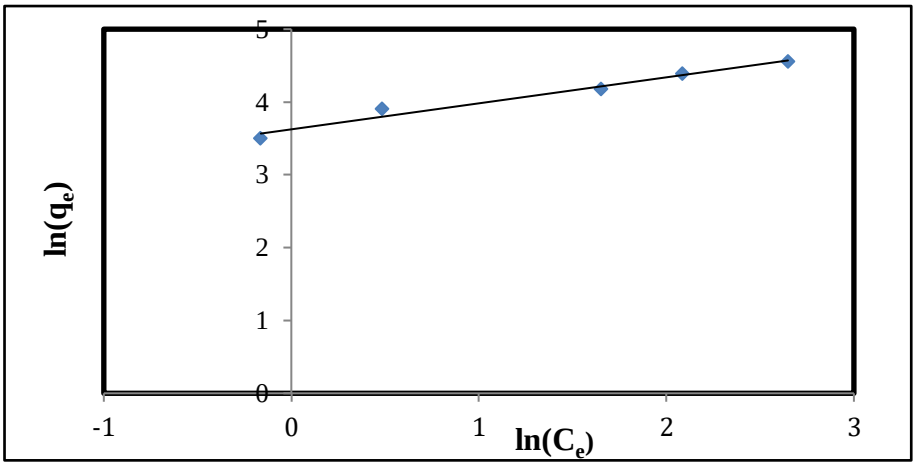


Figure III.19(b): Modélisation des isothermes selon le modèle de Freundlich **(CAP).**

Les résultats obtenus de modèle de Freundlich sont regroupé dans le tableau III.5.

Tableau III.5 : Les paramètres du modèle de Langmuir et Freundlich pour l'adsorption de la fuchsine basique sur LC et CAP.

	Paramètres	**LC**	**CAP**
Modèle de Langmuir	K_L (L/ mg)	2.20	0.625
	q_m(mg/g)	90.90	100
	R^2	0.916	0.981
Modèle de Freundlich	K_f (mg/g)	48.37	37.48
	n_f	4.25	2.80
	R^2	0.878	0.974

En se basant sur les résultats montrés dans les figures (III.19(a) au (b)) ainsi que le tableau III.5, les coefficients de corrélation sont de **0.916**et**0.981** pour Langmuir et **0.878** et **0.974** pour Freundlich respectivement, on observe que le procédé d'adsorption du la fuchsine basique sur le **LC** et **CAP** suit le modèle de Langmuir.

III.B.3Application sur l'eau de barrage Ghrib

- **Les résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques**

Le tableau III.6 porte de tous les paramètres analysés pour l'eau brute et traité par Coagulation floculation (Par ADE) et traité par les deux supports LC et ACP.

D'après le tableau III.6, les analyses physicochimiques des eaux traitées et brutes montrent la conformité de ses paramètres avec les normes de l'Organisation Mondiale Sante (OMS) et absence des paramètres de pollution. On remarque que une certaine coloration de l'eau après traitement avec les deux supports LC et CAP est ce ci due probablement a la couleur noir de ces charbons.

On peut conclure que les (TH, Mg^{2+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}) sont présents avec des valeurs considérables dans l'eau brute mais après le traitement d'eau par LC on remarque clairement une augmentation dans les valeurs d'eau traité par ce que le charbon actif (LC) est traité.

Tableau III.6 : Paramètres de l'eau brute, traitée selon l'Algérienne Des Eaux (ADE) et l'eau traité par les deux supports LC et CAP.

Paramètre	Eau brute	Eau traitée par l'ADE Eau (après 3 heures	Eau traitée par le LC (après 1 heure)	Eau traitée par LC (après 3 heures)	Les normes
Couleur (mg/g)	25	0	7	9	TRANSPARENT <15
T° (C°)	21.6	20	21.2	21	<25
Conductivité (ms/cm)	2100	2033	2070	2060	<2800
Sal	1.1	1.1	1.1	1.1	<1.2
TDS	OFL	OFL	OFL	OFL	OFL
NTU	3.92	1.26	2.96	1.49	<5
pH	8.13	7.09	7.85	7.70	6.5-8.5
Ca^{2+} (mg/l)	182.52	174.58	235.07	178.55	<200
TH	690	630	800	700	<500
Mg^{2+} (mg/l)	55.89	46.17	48.6	60.75	<150
NH_4^+ (mg/l)	0.021	0	0.310	0.357	<0.5
NO_2^- (mg/l)	0.055	0	0.060	0.060	<0.2
PO_4^{3-} (mg/l)	00	0	00	00	<5
Cl^- (mg/l)	400.4	336.025	421.85	543.4	500
TAC (mg/l)	103.5	103.5	96.3	85	pas de norme
SO_4^{2-} (mg/l)	624.4	783	865.8	1032	400
Fe^{3+} (mg/l)	00	00	00	00	<0.3
Mn^{2+} (mg/l)	00	00	00	00	<0.05

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats et les interprétations concernant l'adsorption de la fuchsine basique en solution aqueuses par le charbon actif (LC, CAP). La cinétique et la modélisation de cette adsorption sont présentées et discutées. Ainsi que les modèles des isothermes d'adsorption de Langmuir et de Freundlich. Et les résultats des analyses physicochimiques de l'eau de barrage.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans le cadre de la réduction et de la diminution des polluants tels que les colorants, nous avons opté pour l'adsorption en tant que procédé efficace pour ce faire nous avons utilisé un biomatériau telle que la luffa carbonisée comme adsorbant et la fuchsine basique comme adsorbat.

La carbonisation de la luffa par $Zncl_2$ + H_3PO_4 est effectué pour un activation chimique, cette matrice a été caractérisé par IR et par MEB, les résultats montrent que ce charbon contient des groupements responsables à l'adsorption tell que C-H, H-O-H et CH_3. Et l'image de l'analyse élémentaire présente une texture fibreuse et poreuse de notre matériau.

L'étude paramétrique a été effectuée par la variation de la masse de l'adsorbant, la concentration initiale de la fuchsine, le temps de contact et la température pour but d'optimiser l'adsorption de fuchsine sur le charbon actif préparé à base de luffa (**LC**) et commercialisé (**CAP**).

- La concentration initiale optimale de fuchsine basique pour une meilleure capacité d'adsorption est de150mg/l pour les deux supports.
- La concentration optimale du l'adsorbant : 2.5g/l pour le LC et 3g/l pour le CAP.
- La température affectant l'adsorption est une température ambiante de 20°C.
- Le temps de contact à l'équilibre est de 120min pour le LC et 100min pour le CAP avec un pH réactionnel de 8.11.
- Les cinétiques d'adsorption présentent les mêmes allures caractérisées par une forte adsorption de fuchsine basique par les charbons actifs LC et CAP, a donné un coefficient de corrélation hautement significatif pour le modèle du pseudo- seconde ordre.
- L'isotherme d'adsorption de la fuchsine basique, par les charbons actifs LC et CAP est de type S.
- Pour la modélisation des isothermes d'adsorption se rapproche plus le modèle de Langmuir, qui donnent les meilleures corrélation dans les deux cas sont respectivement 0.916 et 0.981.

A la fin de ce travail, nous nous sommes intéressés à une application de charbon à base de luffa et commercialisé afin de valoriser notre produit. Les analyses des eaux de barrage Ghrib obtenues au niveau du laboratoire d'analyse physico-chimique de l'Algérienne des eaux (unité de Médéa) après traitement par LC montre une efficacité importante comparable avec le CAP.

Nous pouvons conclure que l'adsorption de la fuchsine basique sur le biomatériau carbonisée, a donné des meilleurs résultats, il peut être employé afin de dépolluer les eaux contenant des colorants organiques.

A l'issue de cette étude, nous pouvons émettre quelques suggestions telle que :

- Tester l'efficacité les matériaux utilisés dans cette étude sur d'autres composés.
- Améliorer les performances de ces matériaux par d'autre activation thermique et chimique.

Référence Bibliographique

Référence Bibliographique

[1] S. Rangabhashiyam, N. Anu, N. Selvaraju. (2013).""Sequestration of Dye From Textile Industry Wastewater Using Agricultural Waste Products As Adsorbents". Journal of Environement Chemistry Engineering.

[2] David, F., Diop, K., Naulet, F., Riquelme, A.S., Lecorre, M., Achouline, S., 2020. Potabilisation des eaux de surface en Afrique de l'Ouest: Solutions techniques adaptées de l'expérience de la vallée du fleuve Sénégal, Quae.

[3] : OLIVIER KIMA (média terre, le système d'information mondial francophone pour le développement durable) https://www.mediaterre.org/afrique-ouest/actu,20150830173937.html (30 /08/ 2015).

[4] :F. LACHENANI ; H. YKRELEF ‹‹Adsorption des colorants sur la paille de blé et bentonites: étude et modélisation››. Mémoire de Fin d'Études (2015) ; p05.

[5] : pollution du l'eau (dictionnaire environnement et développement durable) https://www.dictionnaire-environnement.com/pollution_de_eau_ID1033.html. (14/02/2023).

[6] : Chartier Marcel M. fichier(Les types de pollutions de l'eau) 09/11/2019.

[7] : W.GUERMAZI, cours de pollution et nuisances, faculté de science, université de GABES, 6,2017.

[8] : https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/colorant.

[9] :F.HARRLEKAS «couplage des procédés membranaires aux technique physicochimique ou biologique pour le traitement des rejets liquides, l'industrie de textile »thèse de doctorat université Cadi Ayyad de marrakech et institut national polytechnique de lorraine 2008 ; p9.

[10] : S.HELLAL, I.BOUAMRA, Etude et Caractérisation physicochimique d'un biomatériau local. Comportement vis à vis de certains polluants, Mémoire de Fin d'Études(2020), p33.

[11] : https://en.wikipedia.org/wiki/Fuchsine.

[12] :F.LATRECHE, M. ALI MOUSSA‹‹ELIMINATION PAR ADSORPTION D'UN POLLUANT ORGANIQUE SUR DIFFERENTES MATRICES››UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA, Algerie, 2021, p14,15.

[13] : M.Benseddik, Projet de fin d'études, Détermination de la teneur des métaux lourds (Fe, Cu) dans l'eau par Spectrométrie d'Absorption Atomique, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 2010.

[14] : http://traitementeaux.e-monsite.com/pages/iii-procedes-de-traitement/iii-a-lesprincipaux-procedes-de-traitement-physique/1-le-pretraitement.html, consulter le 19/02/2020.

[15] : M.BENSEDDIK‹‹ Détermination de la teneur des métaux lourds (Fe, Cu) dans l'eau par Spectrométrie d'Absorption Atomique›› UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH, 2010, p9.

[16] :http://traitementeaux.e-monsite.com/pages/iii-procedes-de-traitement/iii-a-lesprincipaux-procedes-de-traitement-physique/2-la-decantation.html, consulter le 26/02/2020.

[17] :http://traitementeaux.e-monsite.com/pages/iii-procedes-de-traitement/iii-a-lesprincipaux-procedes-de-traitement-physique/3-la-filtration-sur-sable.html, consulter le 26/02/2020.

[18] : https://colleges.planete-tp.com/fichier Les différentes étapes du traitement de ***l'eau*** pour la rendre potable.

[19] : N. Sedira. Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes. Mémoire de magister (2013), p 30.

[20] : N. BOUZIANE, «Elimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre,» Constantine.

[21] : S.Bouacherine‹‹ Eliminations des polluants spécifiques par adsorption sur charbon actif et argile traitée et non traitée›› Université Mohamed Chérif Messaadia –Souk-Ahras, Algerie MEMOIRE En vue de l'obtention du Diplôme de Magister 2013, p12.

[22] : W. J. Weber., B. M. Vanvielt., Ann. Arbor. Sci. Publ., Ann. Arbor., 1, 15,1980.

[23] :N. Ayawei, A.N. Ebelegi, D. Wankasi, Modelling and interpretation of adsorption isotherms, Journal of Chemistry (2017).

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

[25] : Y.BENTAHAR‹‹ Caractérisation physico-chimique des argiles marocaines : application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse›› Thèse Doctorant, UNIVERSITE DE NICE-SOPHIA ANTIPOLIS - UFR Sciences.2016, p44.

[26] : A.BENYABA, M.ALIOUA‹‹Adsorption isotherme et thermodynamique du colorant organique (Rhodamine B) ››MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT, UNIVERSITE AHMED DRAIA D'ADRAR Algerie, 2020, p13.

[27] : S. Boulaajoul, Etude Cinétique De L'adsorption Statique Du4-Nitrophénol Sur Charbon Actif Commercial(Nc60), Université KasdiMerbeh Ouargla, 2013.

[28] :https://www.memoireonline.com/05/10/3518/m_Etude-comparative-des-proprietes-dadsorption-de-quelques-micro-polluants-sur-les-phosphates-

natu5.html#:~:text=3.1%20Classification%20des%20isothermes%20d,et%20C%20(partition%20Constante).

[29] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Isotherme_de_Langmuir.

[30] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Isotherme_de_Freundlich.

[31] : https://cesi-safewater.com/upload/negoce_fiche_technique_charbon_actif.pdf.

[32] : ALICE MEULLEMIESTRE ; 2014 : valorisation des déchets de la filière " bois " en deux étapes : isolation des molécules extractibles puis fabrication de charbon actif : cas du pin maritime. Génie des procédés. Université de la rochelle, Français. submitted ; 2015, p28.

[33] : https://www.lenntech.fr/francais/charbonactif-grain-poudre.htm.

[34] :I.AZZI‹‹ Etude de l'adsorption de certains colorants par spectrophotométrie UV-visible et spectroscopie IR›› ; UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM Algérie ; Mémoire MASTER II EN CHIMIE; 2015, p15.

[35] :M.Mazouz, L.Khelaifia‹‹ EVALUATION DU POUVOIR D'ADSORPTION D'UN CHARBON ACTIF COMMERCIAL›› ; UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI, Algérie ; mémoire diplôme master ; 2018 ; p24.

[36] : https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Charbon-active-page-2.html.

[37]:https://www.lenntech.fr/francais/charbonactif-regeneration.htm.

[38] : M. Salah, préparation et caractérisations d'un charbon actif à partir d'un bitume d'origine. pétrolière activation par voie chimique. Mémoire de master en chimie (2011), p18 ,25.