République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

Université Yahia Fares De Médéa

Faculté des Sciences et de la Technologie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Chimie

Option : Normes et contrôle de qualité

THEME

Utilisation des matrices naturelles et traitée pour la purification des eaux potables

Présenté par :

CHOUIT Amel

HABIRECHE M'barka

propose et dirige par :

Dr .CHERIFI Hakima

M^me^. *YOUS Radhia*

2015-2016



Remerciement

Un grand merci c'est à dieu le très haut qui m'aidé de réaliser ce travail. Nous remercions vivement notre encadreur Dr Cherifi Hakima avec disponibilité son savoir-faire, ses conseils, son guide, sa patience et tolérance et sa gentillesse, elle m'a permis de réaliser cette mémoire dans les meilleures conditions. Sa compétence, sa patience, son enthousiasme et l'attention particulière avec laquelle elle a suivi et dirigé ce travail ont permis son abouti ossement à temps. J'ai acquis une méthodologie de travail bien organisée afin de ne pas se tromper de chemine

Nous remercions aussi notre promotrice Mme Yous Radia qui nous a extrêmement aide et encouragé tout au long de ce travail.

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.

Nos remercîment également au chef du laboratoire M^{me} DJAZARE Souad et M^{me} LOUANESS Monnia de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Médéa et à tous les fonctionnaires du laboratoire de chimie d'ADE.

Dédicace

Je le dédie d'abor les deux prunelles de mes yeux

Mais adorables mon père, ma mère

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de vos Sacrifice

Ames collègues sont qui est toujours à mes cotés

Vos encouragements constants ont toujours été pour moi

Des plus précieux.

Et surtout mes frères et mes sœurs Basma Naçira Anissa Mohammed une spéciale dédicace mes Chorouk Rania Rayane Rahim

À toutes ma famille Habireche

Et à tous mes amis surtout. Mon binôme Amel

Et la direction de l'ADE

Pour tout l'encouragement et le soutien que j'ai trouvé

Auprès de vous.

Je vous aime tous et j'espère que la vie vous préservera

Plein de bonheur,

De réussite, de prospérité et une très bonne santé.

M'barkadidja

Dédicace

Je dedie ce modest travail et ma profonde gratitude à les plus Etres au monde mon chèr grand pére qui est toujour a coté de moi Et ce lui qui ma toujour encorager et qui attendre le fruit de mes etudes

Je le dédie

Les deux prunelles de mes yeux Mais adorables mon père, ma mère

Mes grande parents et je profite l'occasion de leurs dire que je vous Aime trés forts

A mon marie Mourad qui ma donné le courage et le que

Soutien mon partie de rêve et toutes sa famille

A mes sœurs Zahra Romaissa Loubna et Hadjer

Tutu Samouha et Amina

A mon frère mehmoud

A mes ancles et mes tantes

A mes cosins et cousines

A toutes les familles CHOUIT,BESSEM et LAGHOUATI

Et à tous mes amis surtout. Mon binôme M'barka

A Sabuha, Khalida ,Sabrina et Zuzu ,Besmaet Tuha

A toute la promotion norme et contrôle de qualite

2015/2016

AMEL

Sommaire

Introduction Générale	01
Chapitre I : l'eau et la pollution	
I .1. Définition de l'eau	02
I.2. Cycle de l'eau dans la nature	02
I.3. Les ressource en eaux	03
I .4. Caractéristique de potabilité	03
I .5. Les paramètres de la pollution de l'eau	04
I .5.1. Les paramètres physiques	04
I.5.2. Les paramètres chimiques	04
I.5.3 .Les paramètre de la pollution particulaire	06
I.5.4. Les paramètre de la pollution organique	06
I .5.5. Les paramètres de la pollution dissoute	07
I .5.6 . Les paramètres microbiologiques	08
I .6. Traitement de l'eau	08
I.7 . Les colorants	09
I. 7.1. Généralités sur les colorants	09
I .7.2 .Définition d'un colorant	10
I .7.3. Classification des colorants	10
I.8. Utilisation des colorants	13
I.9 .Le Colorant étudie : fuchsine acide	14
I.9.1.Définition de la fuchsine et Propriétés physiques et chimiques	14
I .9.2. Les fuchsines acides Propriétés chimiques	15
Chapitre II : Généralités sur L'adsorption	
II.1. Introduction	16
II.2 Définition et description générale de l'adsorption	16
II.3 Paramètres influant sur l'adsorption	16
II.4 Mécanisme de l'adsorption	17
II.5.Type d'adsorption	18
II.5.1. Physisorption	18
II.5.2 .Chimisorption	18
II.6. .Cinétique d'adsorption	19
II.6.1. Modèle cinétique du pseudo premier ordre	20
II.6.2. Modèle de la cinétique du pseudo- second ordre	20
II.7.Isothermes d'adsorption	20

II.7.1.Modèle d'isotherme d'adsorption	21
II.7.1.1. Modèle de Langmuir	21
II.7.1.2.Modèle de Freundlich	22
II.8 .Types d'adsorbants	22
II.8.1. Charbons actifs	22
II.8.2.Adsorbants minéraux	23
II.8.3.Adsorbants à base de polymère	23
II.9.Facteurs influençant le phénomène d'adsorption	24
II.9.1.La température	24
II.9.2. Facteurs caractérisant l'adsorbat	24
II.9.3. Facteurs caractérisant l'adsorbant	24
II.10. Description et Propriété des charbons actifs	25
II.10.1. Définition	25
II.10. 2 .Origine de charbon	26
II.10.3 Propriétés	27
II.10.4 Qualité et performances	29
II.10.5 Fabrication	29
II.11 Conclusion	31
Chapitre III : Matériels et méthodes	
III.1. Introduction	32
III.2. Matériels et produits utilisés	33
III.2.1. Matériels	33
III.2.2. Produit utilisés	33
III.2. 3 .Réactifs et Matériels utilisé pour le dosage	33
III.3. Préparation de charbon actif à partir d'écorce de grenade	35
III.4 .Caractérisation de charbon	35
Chapitre IV : Résultats et discutions	
IV.1.Introduction	37
IV.2. Détermination de λ max	37
IV.3. Courbe d'étalonnage la fuchsine acide	38
IV.4. Caractérisation de charbon	38
IV.5.Caractérisation par spectroscopie infrarouge (FTIR)	39
IV.6.Cinétique de sorption de colorant en milieu acide	40

IV.6.1. L'effet du temps de contact	40
IV.6.2.Modélisation des cinétiques d'adsorption	41
IV.6.3. Effet de la masse de charbon actif	43
IV.6.4. Effet de la concentration initiale en colorants	44
IV.6.5. Effet de température	44
IV.7.Isothermes d'adsorption de la fuchsine acide par le charbon actif étudié	45
IV.7. 1. Modélisation des isothermes d'adsorption	46
IV.8. Les résultats des analyses physicochimiques	48
IV.9.Conclusion	50
Conclusion Générale	52
Sources bibliographiques	54
Annexe	

Liste des tableaux

les tableaux	Pages
Tableau I .1 : Exemples de paramètres mesurés pour le contrôle de l'eau potable.	**03**
Tableau I .2 : Propriétés physico-chimiques de la fuchsine	**14**
Tableau I. 3: Propriétés physico-chimiques de la fuchsine acide	**15**
Tableau. IV.1:Valeur de λ max.	**38**
Tableau .IV.*2*: Caractéristiques physico-chimique du charbon actif d'origine naturel	**39**
Tableau .IV.*3*: Paramètres équationnels des modèles cinétiques pseudo-premier-ordre et pseudo-second-ordre d'adsorption de la fuchsine acide sur le charbon actif en fonction de la concentration initiale	**43**
Tableau .IV. *4*: Paramètres équationnels des modèles de Freundlich et de Langmuir de l'adsorption du colorants sur le charbon actif.	**48**
Tableau. IV.*5* : Paramètres de l'eau brute, traitée par l'ADE, eau traitée par le charbon et Normes Algérienne.	**49**

Liste des figures

Les Figures	pages
Figure I.1: cycle de l'eau	**02**
Figure I.2 : Structure chimique de la fuchsine acide	**15**
Figure II.1: Etapes décrivant le phénomène d'adsorption	**17**
Figure II.2 : Schéma de l'adsorption physique	**18**
Figure II.3: Structure du volume poreux d'un bon adsorbant	**19**
Figure. II.4: Modèle d'adsorption en monocouche	**21**
Figure II.6.: Charbon actif	**25**
Figure II.7: Charbon actif en poudre	**26**
Figure II.8 : Charbon actif en grain	**26**
Figure. II.5: formation du charbon	**27**
Figure II.9: Les étapes de fabrication du charbon actif	**30**
Figure III.1 : Organigramme de la préparation du charbon actif a partir d'écorce de grenade	**35**
Figure IV.1: Courbes Absorbance = f (λ)	**38**
Figure IV.2: Courbe d'étalonnage	**39**
Figure IV. 3 : spectre FTIR Avant et après l'adsorption de la fuchsine acide	**40**
Figure IV. 4: La cinétique d'adsorption de colorante fuchsine sur charbon actif préparé à partir d'écorce de grenades	**42**
Figure IV. *5* : représentation graphique de la modélisation de la cinétique d'adsorption de la fuchsine acide -le modèle de pseudo-premier-ordre	**Annexe**
Figure IV. 6 : représentation graphique de la modélisation de la cinétique d'adsorption de la fuchsine acide - le modèle de pseudo-second-ordre	**43**
Figure IV. 7 : Influence de la masse du charbon actif sur l'adsorption du colorant (fuchsine acide)	**44**
Figure IV. *8* : Effet de la concentration initiale des colorants en solution sur l'adsorption	**45**
Figure IV. *9*: Effet de la température sur l'adsorption du colorant (Fuchsine Acide)	**46**
Figure IV.10 : Les isothermes d'adsorption de la fuchsine acide sur le charbon actif issu d'écorce de grenade	**46**
Figure IV.11: modélisation linéaire par le modèle de Freundlich	**47**
Figure IV.12: modélisation linéaire par le modèle de Langmuir	**48**

Liste des abréviations

Symbole	Signification
COT	carbone organique total
CAP	Charbon actif en poudre
CAG	Charbon actif en grain
CA	Charbon actif
CB	Charbon brute
DBO5	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
Mg/l	milligramme par litre.
NTU	unité néphélométrie de turbidité
RS	Résidu sec
STEP	station d'épuration.
TA	Titre Alcalimétrique simple
TAC	Titre Alcalimétrique Complet.
TH	Titre Hydrotimétrique ou la dureté de l'eau.
UV	ultra violet.

Nomenclature et symboles

symbole	signification	Unité
A	surface spécifique de la biomasse	$m^2. g^{-1}$
C	colloidalité	%
Cond	conductivité	µs/cm
C_0	concentration initiale de soluté	mg/L
C_e	concentration de soluté à l'équilibre	mg/L
C_B	concentration de la bentonite m= $1,5.10^{+3}$	$g.m^{-3}$
d_p	diamètre moyen du grain du biosorbant d_p	m
d_p	diamètre moyen du grain de la charbon actif $d_p= 0.063. 10^{-3}$	m
H	l'humidité	(%)
HSE	Hygiène, sécurité et environnement	**HSE**
K_F et **n**	les constantes de Freundlich	-
m_0	masse du charbon actif avant séchage	g
m_1	masse du charbon actif après séchage (g).	g
m	masse d'adsorbant	g
m_e	masse de l'éthanol rajouté pour remplir le pycnomètre	g
ρ_E	masse volumique de l'éthanol	g/cm^3
ρ_r	masse volumique réelle	g/cm^3
ρ_{app}	masse volumique apparente de la charbon actif	$g.m^{-3}$
pH	potentiel Hydrogène	
q_e	quantité de soluté adsorbé à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant	mg/g
q_e	quantité adsorbée à l'équilibre	mg/g
q_m	quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale d'adsorption	mg/g
S	surface spécifique de la particule adsorbée par unité de volume de la solution	m^2/m^3
t	Temps	min
V_0	volume du pycnomètre	cm^3
Vs	volume du surnageant	ml

Nomenclature et symboles

V	volume de la solution	L
X	quantitéde soluté adsorbé à l'équilibre	mg
R^2	Coefficient de corrélation	/
K_a	Constante de vitesse	/

ملخص

الطلب المتزايد على ممتصات مستخدمة في عمليات حماية البيئة يكلف نفقات كبيرة على نحو متزايد و التي تحتاج بشكل ملموس إلى بحوث تكميلية لتصنيع مواد جديدة غير تقليدية وهي الكتلة الحية.

في هذا العمل البحثي قمنا بإعداد مواد غنية بالكربون من خلال قشور الرمان عن طريق التنشيط الكيميائي بواسطة منشطات مختلفة . سيتم استخدام فحم منشط في تنقية المياه المشحونة بالصبغيات الكتيونية (بالفوكسين حمض) قمنا بدراسة تحليلية للممتصات بواسطة الأشعة الحمراء FTIR .

تمت دراسة تأثير مختلف المعايير مثل درجة الحرارة, التركيز, الكتلة ووقت الاتصال. تميزت الممتصات بواسطة نموذج حركية الإمتزاز موافقة لنموذج النظام التفاعل الثاني و نموذج Langmuir.

النتائج المحصلة عليها بالنسبة لحمض بالفوكسين في وسط مائي بواسطة الفحم المنشط المتحصل عليه مكنتنا من اختبار فعالية الفحم المنشط.

كلمات مفتاحية:الفحم المنشط, قشور الرمان, الإمتزاز الأصباغ ,حمض بالفوكسين

Résumé

La demande croissante des adsorbants utilisés dans les procédés de protection de l'environnement a fait que leur prix coûte de plus en plus cher ce qui suscite une recherche complémentaire pour la fabrication de nouveaux matériaux adsorbant moins coûteux à partir de matières qui ne sont pas classiques, concrètement à partir de la biomasse.

Dans ce travail nous avons préparé des matériaux riches en carbone, à partir des bases végétales écorces des grenades qui ont été activés chimiquement par différents agents. Le charbon actif est utilisé comme adsorbant pour la purification des eaux chargées en colorant cationique (fuchsine acide). L'influence des différents paramètres tels que la température, la concentration, la masse et le temps de contact ont été étudié

Les adsorbants ont été caractérisés par FTIR. La modélisation de la cinétique obéit au modèle de pseudo seconde ordre et le modèle de Langmuir décrit correctement les isothermes d'adsorption. Les résultats obtenus pour l'adsorption de fuchsine acide en milieu aqueux nous ont permis de vérifier l'efficacité de charbon actif.

Mots clés : Charbon actif, Ecorce des grenades, Adsorption, Colorants, Fuchsine acide.

Abstract

The increasing request for adsorbents used in the processes of environmental protection cost increasingly large expenses which concretely need a complementary research for the new adsorbent materials from non-conventional matters namely vegetal wastes.

In this work we prepared materials rich in carbon, using bases vegetal ecorse grenade, by chemical activation with different agents. Activated carbon will be used as adsorbent for the purification of water polluted by cationic dye (fuchsin acid) the influence of various parameters such as temperature, concentration, adsorbent mass and contact time was studied.

The adsorbent were characterized by, FTIR . Kinetics obeys pseudo-second order and the Langmuir model adequately describes the adsorption isotherms. The result of adsoption of Fuschin acid from aqueous solution approved the efficacity of Activated carbons.

Keywords: Activated carbon, Ecorce grenade, Adsorption, dye , Fuchsin acid,

Introduction générale

Chapitre III : Matériels et méthodes

Chapitre II : Généralité sur l'adsorption

Chapitre I : l’eau et la pollution

Chapitre IV : Résultats et discutions

I .1. Définition de l'eau

L'eau est un chimique ubiquitaire sur la Terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques.

L'eau en trois états : liquide, solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ce dernier état de l'eau se retrouve dans l'air. Les nuages sont des accumulations de gouttelettes d'eau dans l'air. **[1]**

I.2. Cycle de l'eau dans la nature

A l'état naturel l'eau se présente sous trois (3) forme : liquide gazeux (vapeur) ou bien solide (glace) .Lorsqu'elle s'évaporée à la surface (des fleuves, des lacs, des mères, et des océans), la vapeur d'eau se condense sous forme de fines gouttelettes qui constituent D'abord les nuages, puis les pluies .L'eau résultent perd sa pureté initiale en traversant l'atmosphère.

Une partie ruisselle à la surface du sol, elle se charge en autre de débris de roche, de sable, d'argile ou végétaux arraches au terrain, et l'autres s'infiltrent à traverse le sol, chargée certaine tenure en matières dissoutes d'origine minérale ou organique.

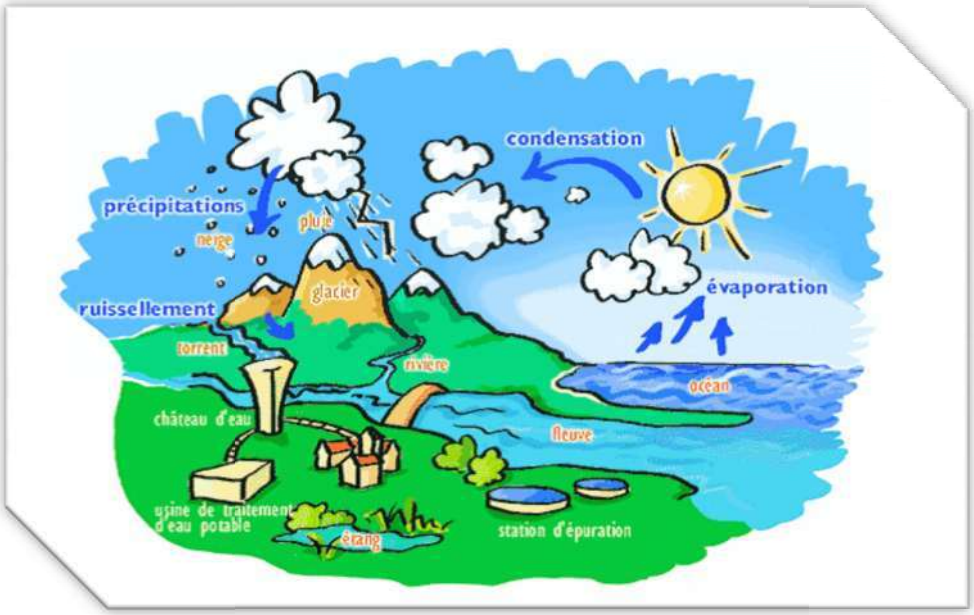


Figure I.1 : Cycle de l'eau **[1]**

I .3. Les ressources en eaux

I .3.1. Les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles sont rarement potables sans aucun traitement et elles sont plus ou moins polluées par divers rejets urbaine, industrielle et agricole **[2]**

I .3.2. Les eaux souterraines

Les nappes sont continues dans des réservoirs appelés aquifères, la Porosité et la structure du sol déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine.

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonyme d'eaux propres répondant naturellement aux normes potabilité. Ces eaux sont en effet, moins sensible à la pollution accidentelle.

I.3.3. Les eaux de mer et eaux saumâtres

La salinité observée dans les différents océans ou mers du globe, résulte d'un équilibre entre évaporation, pluie et apports des fleuves (salinité faible) d'une part et d'échange d'eau avec les autres mers ou océans auxquels ils sont d'autre part.

I.4. Caractéristique de potabilité

Ces critères concernent en premier lieu l'eau brute, que l'on capte dans une nappe d'eau souterraine ou dans une eau de surface et à partir de laquelle on va produire de l'eau potable. Cette eau brute que l'on prélève dans le milieu naturel doit répondre à des exigences de qualité. Elle subit un traitement de potabilisation plus ou moins poussé selon sa qualité. L'eau produite qui est ensuite distribuée aux consommateurs doit être potable c'est-à-dire conforme aux exigences de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. Les normes algérienne ou seuils pour l'eau brute et l'eau distribuée sont représentées dans l'annexe. **[3]**

Tableau I. 1 : Exemples de paramètres mesurés pour le contrôle de l'eau potable.

Exemples de paramètres mesurés pour le contrôle de l'eau potable	
Critères organoleptiques	Coloration, turbidité, odeur, saveur
Critères physico-chimiques	pH, oxygène dissous, DCO (Demande Chimique en Oxygène)….
Substances indésirables	Nitrates, hydrocarbures…
Substances toxiques	Arsenic, cadmium, cyanures..
Microbiologie	Coliformes, streptocoques…

I. 5.Les paramètres de la pollution de l'eau

Un paramètre est un élément dont on va rechercher la présence et la quantité.. La charge polluante est une donnée de base de l'auto surveillance. Sa connaissance nécessite la mesure d'un débit en continu ainsi que la détermination de la qualité de l'effluent à partir d'analyses effectuées sur des prélèvements d'échantillons représentatifs.

La norme est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. **[4]**

Pour apprécier la qualité des eaux en général, différents paramètres sont utilisés que nous classerons ainsi :

I.5.1.Les paramètres physiques

a) ***L'odeur de l'eau :***

Les mauvaises odeurs des effluents sont quelque fois dus à l'arrivée d'eaux septiques (climat chaud et/ou réseau) qui contiennent des corps tels que le sulfure d'hydrogène ou des mercaptans,…etc.

b) La température

C'est un facteur important pour la vie aquatique car son élévation affectera les propriétés physico-chimiques (comme le degré de solubilité de l'eau) et peut entrainer de graves conséquences sur les organismes vivants dans ces écosystèmes. **[4]**

c) La couleur

Les couleurs qui apparaissent le plus souvent dans les eaux naturelles sont le jaune et le brun, cette coloration est due à des matières colorantes présentes dans l'eau d'origine organique, végétale et minérale.

I.5 .2. Les paramètres chimiques

a) Le pH (potentiel hydrogène)

Le potentiel hydrogène (ou pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) (appelés aussi couramment protons) en solution. Notamment, en solution aqueuse plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C :

- une solution de pH = 7 est dite neutre.

- une solution de pH < 7 est dite acide ; plus son pH s'éloigne de 7 (diminue) et plus elle est acide.
- une solution de pH > 7 est dite basique ; plus son pH s'éloigne de 7 (augmente) et plus elle est basique.

Le pH du rejet doit être compris entre 5.5 et 8.5. Plus un effluent s'éloigne du pH neutre, plus la vie biologique est difficile.

La mesure du pH se fait avec la méthode normalisée NF T 90-008. Elle peut être réalisée à l'aide d'un pH-mètre. **[5]**

a.1) L'acidité

On dit qu'une solution est acide si son pH est inferieur à 7. L'acidité de l'eau est attribuable à la présence d'anhydride carbonique libre,

Comme on peut aussi trouver des sels d'acides forts et des bases faibles, ainsi que des acides minéraux dans l'eau. Leur teneur correspond aussi à l'acidité de cette eau. **[6]**

a.2) L'alcalinité

Toute solution de pH supérieur à 7 est considérée comme basique ou alcaline. L'alcalinité d'une eau est attribuable à la présence des Hydrogénocarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et d'hydroxydes (OH^-). **[7]**

b) La conductivité

L'eau est légèrement conductrice, la conductivité de l'eau la plus pure est de 4 ,2 micros-siemens par mètre à 20°C.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau la conductivité augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température. **[5]**

c) L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est indispensable à toute forme de vie aquatique animale. La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique.

Il existe ainsi deux types d'analyse qui permettent de déterminer la quantité d'oxygène dans l'eau :

- une mesure directe de la teneur en oxygène dissous dans un échantillon prélevé (cette mesure donne une indication sur la santé du cours d'eau à un instant et un endroit

donné).

- une mesure de la quantité de matières organiques qui, lors de leur décomposition, sont susceptibles de consommer l'oxygène présent (cette mesure, nommée demande en oxygène, permet d'apprécier la santé globale d'un cours d'eau). **[6]**

I.5.3.Les paramètres de la pollution particulaire

a. Les matières en suspension (MES)

La pollution d'une eau peut être associée à la présence d'objets flottants, de matières grossières et de particules en suspension. En fonction de la taille de ces particules, on distingue généralement :

- les matières grossières (décan tables ou flottables).
- les matières en suspension (de nature organique ou minérale) qui sont des matières insolubles, fines. **[8]**

b. La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoute. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. **[4]**

I.5.4.Les paramètres de la pollution organique

A. La DBO_5 (demande biologique en oxygène)

La DBO, exprimée en mg d'oxygène par litre, permet l'évaluation des matières Organiques biodégradables dans les eaux. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux Phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

La DBO5 est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux, dans les eaux pures elle est inférieure à 1 mg d'O2/l, et quand elle dépasse les 9 mg/l l'eau elle est considérée comme étant impropre. Le résultat est exprimé en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours. **[9]**

B. La DCO (demande chimique en oxygène)

La DCO correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans un échantillon d'eau de 1 litre.

Elle est moins représentative que la DBO de la décomposition des matières organiques qui a lieu dans le milieu naturel mais elle est rapide, et contrairement à cette dernière, possède une bonne reproductibilité.

La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel Le résultat est exprimé en mg/l d'oxygène**. [10]**

I .5 .5.Les paramètres de la pollution dissoute

a- Les composés azotés

L'azote représente la majeure partie de l'atmosphère, il est également présent dans les autres compartiments de la biosphère (eau, sol, êtres vivants) ou il est impliqué dans des composés chimiques minéraux et organiques.

Les nitrates proviennent généralement du lessivage des engrais, de l'azote reminéralisé sur les zones de culture des eaux usées domestiques et parfois des eaux usées industrielles.

Ils constituent l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Les nitrates participent à la croissance des végétaux dans l'eau, étouffant les autres organismes vivants et provoquant ce que l'on appelle un phénomène d'eutrophisation. Ils constituent donc un danger pour la faune et la flore lorsqu'ils sont présents en quantité trop importante. Des programmes d'action contre les nitrates, notamment d'origine agricole,

Toutes ces formes de l'azote sont intégrées dans un cycle complexe (le cycle biogéochimique de l'azote) qui représente l'ensemble des transformations qu'elles peuvent subir. L'azote est présent sous forme organique (urée, protéines, acides aminés,..) et sous forme minérale (l'ammonium (NH^+_4), les nitrites (NO^-_2), nitrates (NO^-_3), et l'azote gazeux (N_2). **[11]**

b- Les composés phosphorés (PT)

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle mais leur présence dans les eaux sont plus souvent d'origine artificielle (engrais, détergents, lessives, produits chimiques,
Les phosphates favorisent la croissance des végétaux dans l'eau et la prolifération des algues, étouffant les autres organismes vivant dans l'eau, générant des odeurs et contribuant au phénomène d'eutrophisation. Par ailleurs, les détergents génèrent la formation de mousses dans les égouts, la station d'épuration et le milieu naturel. Les résultats de mesure du phosphore sont exprimés en mg/litre. **[11]**

c- Les métaux lourds

Les métaux lourds ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique. Les éléments métalliques surveillés sont les suivants : Fer, Chrome, Zinc, Nickel, et métaux lourds : mercure, cadmium, plomb, arsenic, etc. **[11]**

d- Les hydrocarbures

Toxiques et peu biodégradables, les hydrocarbures s'accumulent et enrobent les plantes, limitant les échanges vitaux et empêchant le développement de la faune et de la flore. Formant un film à la surface de l'eau, ils s'opposent à l'oxygénation naturelle de l'eau et empêchent les rayons lumineux de passer. **[11]**

I .5 .6 .Les paramètres microbiologiques

L'analyse microbiologique de l'eau consiste à dénombrer ou à chercher les microorganismes suivants :

La flore mésophile totale (germes totaux) : ce sont des germes aérobies mésophiles, elles se développent dans un milieu aérobie non sélectif à 20°C en 72 heures ou 37°C en 24 heures. **[12]**

Coliformes totaux : ce groupe comprend ; Escherichia Coli, nitrobacter. Ils sont fréquent dans les animaux et l'homme, les coliformes totaux fermentent le lactose et le glucose avec une production du gaz et acides en 45 heures à 35-37°C. **[13]**

Coliformes fécaux : ils sont responsables de la fermentation de matières organiques générant du gaz et acide à 44°C. **[12]**

Streptocoques fécaux : ce sont des microorganismes appartenant au genre Entérobactérie, aéra-anaérobies facultatives fermentant le glucose avec peu de production de gaz. Les streptocoques fécaux sont tés fréquent dans l'industrie alimentaire comme contaminants et surtout comme agent de fermentation. **[12]**

I .6. Traitement de l'eau

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, qui la rend "potable", c'est à dire consommable sans risque. Avant d'arriver à nos robinets, l'eau captée doit subir une série d'opérations afin de répondre à toutes les exigences de qualité. Pour rendre l'eau potable, on lui applique des traitements variés qui obéissent tous au même **[14]**

- **Le dégrillage :** Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter le s corps flottants et les gros déchets.
- **Le tamisage :** C'est un filtrage plus fin, à travers des tamis destinés à arrêter les déchets plus petits.
- **La clarification** : Elle permet de rendre l'eau limpide en la débarrassant des matières en suspension qu'elle contient. On injecte dans l'eau un réactif chimique (coagulant) qui permet le regroupement de ces particules. C'est la floculation.
- **La décantation :** Plus grosses et plus lourdes, les nouvelles particules sont envoyées dans des bassins de Décantation où elles se déposent au fond.
- **La filtration** : L'eau est ensuite envoyée dans des bassins filtrants à travers des couches de sable et de gravier, à travers des charbons actifs ou à travers une membrane. La filtration sur lit de sable élimine les derniers flocons. Elle consiste à faire passer l'eau à travers une épaisse couche de sable fin, les particules encore présentes dans l'eau sont alors retenues au fil de leur cheminement. On utilise des filtres à charbon actif. Il se forme une sorte d'éponge très poreuse qui peut retenir des molécules de toutes tailles.

La filtration sur membranes est de plus en plus utilisée : elle se fonde sur l'utilisation de minces surfaces percées de pores réguliers de très petites dimensions.

- **L'ozonation :** Epurée, l'eau est soumise à une stérilisation par l'ozone, qui va oxyder les pollutions Dissoutes et éliminer tous les micro-organismes dangereux.
- **La chloration :** L'ajout de chlore détruit les dernières bactéries et maintient un e bonne qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations. L'eau est ainsi désinfectée.

I.7.Les colorants

I. 7.1. Généralités sur les colorants

Les colorants constituent un groupe très diversifié de composés ayant en commun propriété de colorer d'une manière permanente les tissus, cuirs ou papiers. Tous ces colorants sont des composés aromatiques dont les électrons très délocalisés peuvent absorber la lumière pour certaines longueurs d'ondes **[15].** Les propriétés colorantes des composés organiques dépendent de leur structure et de leur composition chimique. En général, les produits utilisés comme colorants sont des composés organiques insaturés et aromatiques **[15].**

Les colorants rejetés par les industries textiles et les officines de nettoyage des vêtements, ont peu ou pas biodégradables et résistent bien aux traitements classiques d'épuration. Ils créent surtout une nuisance visuelle dans les eaux contaminées bien qu'un certain nombre d'entre eux est mutagène et cancérogène **[16].**

I .7.2 .Définition d'un colorant

Un colorant est une matière colorée par elle-même, capable de se fixer sur un support .La coloration plus ou moins intense des différentes substances est liée à leur constitution chimique **[17].** En fait, un colorant est un corps susceptible d'absorber certaines radiations lumineuses et de réfléchir alors les couleurs complémentaires **[18].** Ce sont des composés organiques comportant dans leurs molécules trois groupes essentiels: le chromophore l'auxochrome et la matrice **[19].** Le site actif du colorant est le chromophore, il peut se résumer à la localisation spatiale des atomes absorbant l'énergie lumineuse. Le chromophore est constitué de groupes d'atomes dont les plus classiques sont le nitro (─NO2), le diazo(─N═N─), le nitroso (─N═O), le thiocarbonyl (─C═S), le carbonyl (─C═O), ainsi que les alcènes (─C═C─). L'absorption des ondes électromagnétiques par le chromophore est due à l'excitation des électrons d'une molécule **[19].** La molécule qui les contient devient chromogène **[18].** La molécule chromogène n'a des possibilités tinctoriales que par l'adjonction d'autres Groupements d'atomes appelés «auxochrome» **[18].** Ces groupes auxochrome permettent la fixation des colorants et peuvent modifier la couleur du colorant .Ils peuvent être acides (COOH, SO3, OH) ou basiques (NH2, NHR, NR2) **[20].** Le reste des atomes de la molécule correspond à la matrice. La troisième partie du colorant **[19].**

I .7.3. Classification des colorants

Les colorants sont classés en fonction de leurs origines **[21]**

- ***Origine naturelle:***

a) végétale: indigo, garance, roucon, safran, orseille, cachou, curcuma, naprum pastel, noix de galle, gaude,…

b) animale: cochenille, kernès, pourpre,…

c) minérale: oxyde de fer, bleu de Prusse, graphite, …..

- ***Origine synthétique:***

La classification chimique des colorants se base sur la structure de leurs molécules et en particulier sur la nature des groupes actifs qu'elles comportent **[17].** Le composé coloré doit en outre pouvoir se fixer sur la fibre et, une fois fixé, y rester en résistant au lavage **[22].** Se son alors les propriétés tinctoriales des différents textiles qui conduisent à choisir telle ou telle classe de colorants **[22].**

I .7.3.1. Les colorants solubles dans l'eau

Dans cette classe de colorants, on a plusieurs sous classes:

a) Les colorants acides

Comme leur nom l'indique, se sont des «acides», la molécule comporte une ou plusieurs fonctions acides ($SO3H^-$ et COOH) **[17].** Leur nature acide explique leur affinité pour les fonctions basiques des fibres, comme les polyamides**[21].**

b) Les colorants directs ou substantifs

Ce sont des colorants acides comme ceux du groupe précédent, contrairement à ces derniers, ils n'adhèrent pas chimiquement mais physiquement à la fibre. Ainsi, ils peuvent teindre directement le coton, le lin, la viscose, la laine et la soie. Cette possibilité de teindre simultanément les fibres végétales et animales est précieuse car elle permet de les utiliser sur les tissus mixtes **[21].** Malheureusement, ces colorants ne sont pas toujours très solidement fixés sur le coton, pour résoudre ce problème, un traitement de solidification est nécessaire **[17].**

c) Les colorants mordonçables

On aide souvent la fixation du colorant en le complexant avec un cation comme $Al^{3+,}$ Cr^{3+}, qui sert de liant avec la fibre. Les hydroxydes métalliques correspondant sont appelés mordants, d'où le nom de colorants mordonçables. Pour que la complexation se fasse efficacement, on cherche à former des chélates. **[22].**

Les colorants «au chrome» constituent une famille particulière des colorants mordonçables, ce type de colorants présente la propriété particulière de se combiner avec le chrome pour former des laques insolubles. Du fait que certaines fibres: laine, soie, ont la propriété de retenir énergétiquement le chrome, on obtient par ce moyen des teintures très solides. La fixation initiale de chrome se nomme «mordonçange» **[21].**

d) Les colorants basiques:

Leur appellation découle de leur nature chimique: ce sont des bases .Les groupements basiques peuvent s'unir aux fonctions acides des fibres animales. Ces colorants peuvent teindre directement la laine, la soie et les fibres acryliques. Bien que ces colorants n'aient pas d'affinité naturelle pour les fibres cellulosiques ,après mordonçage de ces dernières avec des «tannins », on peut obtenir une teinture assez solide **[21].**

e) Les colorants métallifères:

Dans ce cas, l'élément métallique est inclu dans la molécule de colorant, qui est par lui-même un complexe. Par rapport aux colorants pour mordants, la teinture se trouve donc simplifiée puisque l'une des phases de l'opération a été réalisée au cours de la fabrication du colorant **[17].** Les nuances obtenues sont très solides à la lumière et à l'eau **[23].**

I.7.3.2 .Les colorants insolubles dans l'eau

Dans le but d'effectuer la teinture sur les fibres d'acétates de cellulose, il a donc fallu essayer des colorants solubles dans des milieux autres que l'eau, car la molécule d'acétate est assez hydrophobe **[17].**

a) *Les colorants de cuve*

Ce sont les colorants les plus anciennement connus, leur emploi se base sur une technique particulière de teinture. Dans un premier temps, la matière colorante est ramenée à l'état de produit incolore (leuco-dérivé), par réduction .Cette opération se réalise en milieu alcalin dans une cuve, ce qui explique la désignation de ces colorants. Le dérivé incolore caractérisé par sa solubilité en réducteur , présente une grande affinité pour les fibres textiles. Lorsque celles-ci sont imprégnées, elles sont abandonnées à l'air, et l'euco-dérivé se réoxyde lentement. Le colorant est donc régénéré, mais entre temps il est emprisonné au sein de la fibre et il devient insoluble. Les teintures obtenues sont très solides. L'indigo est un colorant de cuve le plus connu depuis longtemps **[17,23]**

b) ***Les colorants azoïques insolubles***

Appelés aussi les colorants développables ou colorants naphtol-base, ils sont faits par une réaction chimique entre un constituant Déjà fixé sur la fibre et un constituant dissous dans une solution **[23,17].** Primitivement, Le processus de formation se décompose en deux parties **[21]:**

- Imprégnation de la fibre par un phénol ou une amine suivie d'un bain dans un composé diazoïque aromatique «le diazo ».
- Par une réaction nommée copulation, le phénol et le diazo ou l'amine et le diazo se lient entre eux pour former un colorant insoluble, le colorant azoïque.

c) Les colorants formés par oxydation

Certains corps tels que l'aniline, peuvent être absorbés directement ou après mordonçage des fibres végétales ou animales, et donner après oxydation (traitement à l'eau oxygénée par exemple) des produits quinoniques colorés. Le plus connu est le «noir d'aniline» **[21].**

d) Les colorants platosolubles

Appelés encore colorants dispersés, ils sont utilisés pour teindre les fibres hydrophobes, c'est -à-dire n' ayant aucune affinité pour l'eau (acétate et triacétate, polyamides, chlorofibres) **[17,21].**

e) Les colorants réactifs

C'est la plus récente classe de colorants. Elle résulte de la découverte de produits intermédiaires obtenus au cours de la synthèse de certains colorants, susceptibles de former des combinaisons stables avec la cellulose et pouvant être utilisés comme matières colorantes. C'est le fait de réagir avec la matière constituée de la fibre qui les a fait nommer «colorants réactifs» **[21].**

I.7.3.3.Les colorants pigmentaires

Ce sont des composés insolubles dans tous les solvants usuels. A la différence des produits précédents, ils ne sont plus absorbés sur les fibres, mais en quelques sortes appliqués sur leur surface. La liaison pigment-fibre est réalisée au moyen d'un liant approprié, par exemple: une résine synthétique. Ces pigments peuvent également être dispersés au sein de lamasse filable (par exemple un collodion d'acétate). La coloration qui est en somme intégrée dans la fibre, est particulièrement solide **[17].**

I.8. Utilisation des colorants

L'industrie des colorants constitue un marché économique considérable car des nombreux produits industriels peuvent être colorés, principalement **[24]** :

- dans l'industrie textile, fourrure, cuir (textiles à usage vestimentaire, de décoration du bâtiment, du transport, textiles à usage médical…) ;
- dans l'industrie des matières plastiques (pigments) ;
- dans l'industrie du bâtiment : peintures (pigments), matériaux de construction, céramiques...
- dans l'imprimerie (encres, papier) ;
- dans l'industrie pharmaceutique (colorants) ;
- dans l'industrie des cosmétiques (dont les colorations capillaires) ;
- dans l'industrie agroalimentaire (colorants et additifs alimentaires…) ;

I.9 .Le Colorant étudie : fuchsine acide

I.9.1.Définition de la fuchsine et Propriétés physiques et chimiques

La fuchsine est un colorant de couleur rouge. Dans certains cas, elle peut virer au violet (fuchsia). Elle est utilisée dans la coloration de Gram, une coloration qui permet d'obtenir des informations sur les bactéries présentes dans une substance. En radiothérapie, elle sert à réaliser des tracés (tatouages). On distingue trois types de fuchsines : la fuchsine basique, la fuchsine de Schiff L et la fuchsine de Schiff C. Elle contient une concentration élevée d'acide arsénieux. **[25]**

Tableau I .2 : Propriétés physico-chimiques de la fuchsine **[26]**

Propriétés chimiques	
Formule brute	$C_{20}H_{20}ClN_3$ [Isomères]
Masse molaire[1]	337,846 ± 0,02 g/mol C 71,1 %, H 5,97 %, Cl 10,49 %, N 12,44 %,
Propriétés physiques	
T° fusion	235 °C (Décomposition)
Solubilité	2 650 mg·L^{-1} d'eau à 25 °C
Point d'éclair	200 °C

I .9.2. Les fuchsines acides Propriétés chimiques

Elles sont incolores. En effet, ce sont des leuco dérivés (c'est-à-dire des dérivés blancs) de la fuchsine basique obtenue par réaction avec cette dernière et de l'oxyde de soufre. Elles prennent une coloration rose en cas de réduction. Exemples d'utilisation :

- la réaction de Schiff pour mettre en évidence les aldéhydes
- la coloration à l'acide périodique utilisée en histologie utilisant le même principe. **[25]**

Tableau I.3: Propriétés physico-chimiques de la fuchsine acide **[27]**

Propriétés chimiques	
Formule brute	$C_{20}H_{17}N_3Na_2O_9S_3$
Masse molaire[1]	585.53 g·mol^{-1}
Formule: • 1 g fuchsines acides • 1 ml d'acide acétique • 100 ml d'eau distille	

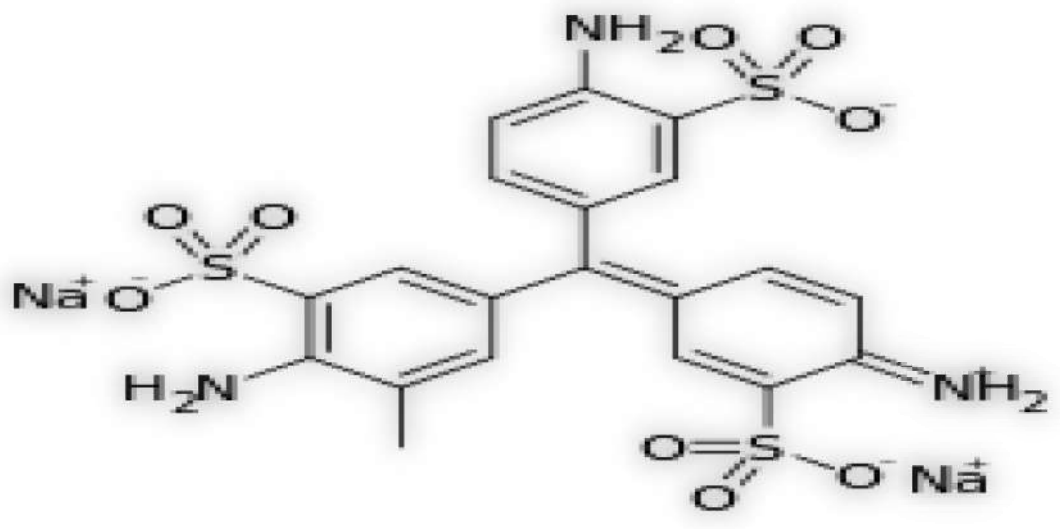


Figure I.2 : Structure chimique de la fuchsine acide

II.1. Introduction

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui 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. Dans ce chapitre nous allons donner quelques généralités sur l'adsorption pour mieux définir l'importance de ce processus, expliquer sa cinétique, ses caractéristiques et les éléments influant l'adsorption.

II.2.Définition et description générale de l'adsorption

L'adsorption est un phénomène d'interface (phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide) pouvant se manifester entre un solide et un gaz, ou entre un solide et un liquide. Le phénomène est général pour toutes les surfaces .Aux interfaces, les attractions intermoléculaires ne sont pas compensées dans toutes les directions, et il subsiste par des forces résiduelles dirigées vers l'extérieur. Ces forces représentent une énergie superficielle par unité de surface, comparable à la tension superficielle des liquides. Ces forces sont neutralisées lorsque des particules mobiles (un gaz ou un soluté) se fixent en surface, on dit qu'elles s'adsorbent **[27]**. Cette adsorption se produit spontanément et s'accompagne d'une diminution de l'énergie libre du système, c'est un phénomène toujours exothermique .L'étude des équilibres d'adsorption permet de connaître le degré maximal de séparation susceptible d'être obtenu dans des conditions thermodynamiques données.

La vitesse avec laquelle on s'approche de l'état d'équilibre relève de l'étude cinétique d'adsorption, celle-ci dépend de la vitesse avec laquelle les constituants du mélange à séparer diffusent dans l'adsorbant et dans le fluide.

II.3.Paramètres influant sur l'adsorption

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour favoriser le processus d'adsorption. Il est important de rappeler que la capacité d'adsorption d'une molécule à éliminer est proportionnelle à la surface spécifique de l'adsorbant. De plus, il faut que le diamètre des pores soit supérieur à la taille de la molécule pour que celle-ci puisse diffuser rapidement et atteindre le site d'adsorption.

L'adsorption est fortement influencée par la structure du composé à piéger: surface, volume, groupements fonctionnels induisant des effets de polarisabilité, solubilité…

Un mélange de composés à traiter va impliquer une compétition d'adsorption(sélectivité) entre les différents constituants et réduire les capacités unitaires d'adsorption(adsorption d'un composé pur).

L'humidité de l'air joue un rôle dans le cas du traitement de gaz. En effet, il y a compétition entre l'eau et le composé à adsorber préférentiellement. Ainsi, une humidité importante lors du piégeage de traces de solvant sera néfaste tandis qu'une humidité relative forte en présence d'une concentration élevée (C> 10 g. Nm-3) de polluant n'aura aucun effet. **[28]**

II.4.Mécanisme de l'adsorption

Lors d'un transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbat vers une phase solide avec rétention des solutés à la surface du solide appelé adsorbant. L'adsorption peut être décomposée en quatre étapes (figure II.1):

Etape 1:Transfert de la particule-Très rapide.

Etape2:Déplacement de l'eau liée jusqu'à être en contact du solide-Rapide.

Etape 3: Diffusion à l'intérieur du solide sous l'influence du gradient de concentration-Lente.

Etape 4:Adsorption dans un micropore-Très rapide.

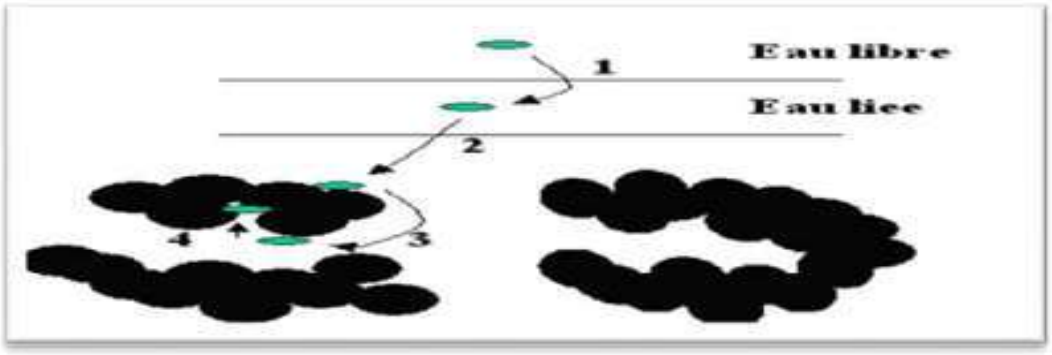


Figure II.1: Etapes décrivant le phénomène d'adsorption **[29]**

II.5.Type d'adsorption

Selon les types et la nature des interactions adsobat-adsorbant ou les forces qui maintiennent les adsorbats sur la surface solide, on distingue deux types d'adsorption : la physisorption et la chimisorption.**[30]**

II.5.1.Physisorption

C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals (figure II.2).

Ce type d'adsorption se caractérise par :

- ✓ La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide
- ✓ Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé;
- ✓ Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité. **[31]**

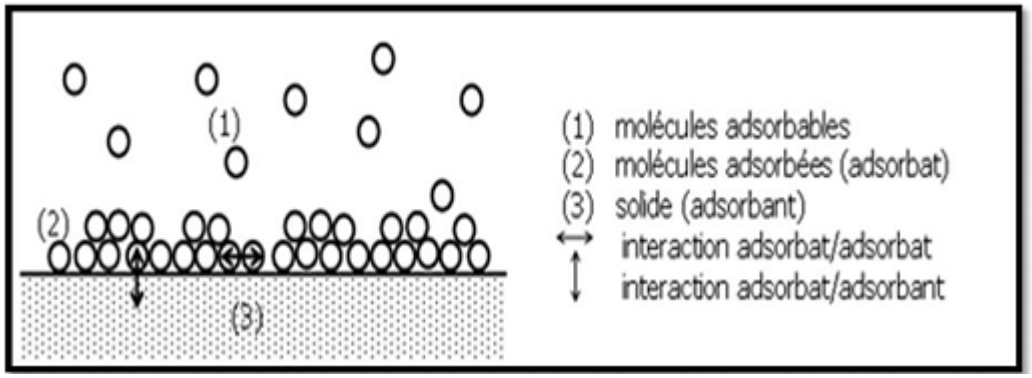


Figure II.2 : Schéma de l'adsorption physique **[31]**

II.5.2.Chimisorption

C'est une adsorption de type chimique, qui résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert d'électrons; il y a donc des ruptures et des créations de liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant.

La chimisorption se caractérise par :

- ➢ Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide;
- ➢ Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température;

- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction(de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique;
- La non-réversibilité;
- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats.

Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se super poser à l'adsorption physique. **[31]**

II.6. Cinétique d'adsorption

Plusieurs processus physiques et physico-chimiques sont susceptibles de déterminer la cinétique d'adsorption d'un polluant en solution aqueuse sur un adsorbant.**[32]**

A/ Une adsorption spécifique sur les parois des pores.

B/ Des interactions plus ou mois fortes dues aux fonctions chimiques superficielles des matériaux carbonés.**[33]**

C/ La diffusion du polluant dans le volume poreux (figure II.3).

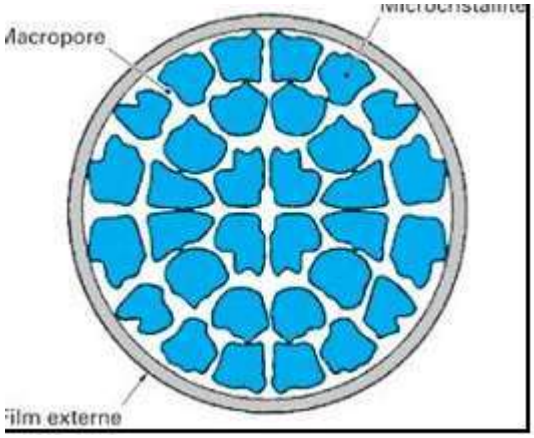


Figure II.3: Structure du volume poreux d'un bon adsorbant **[34].**

Les mécanismes d'adsorption peuvent être décomposés en plusieurs étapes faisant appel à des processus diffusionnels, en particulier 4 phases peuvent être distinguées:

1/ Transfert de matière de la solution vers la couche limite entourant la particule;

2/ Transfert de la couche limite vers la surface absorbante (diffusion externe);

3/ Transfert de la surface vers les sites adsorbants (diffusion intra particulaire dans le solide et dans les micropores et les macropores);

4/ Fixation, complexation ou précipitation des solutés.

II.6.1.Modèle cinétique du pseudo premier ordre

Il a été supposé dans ce modèle que la vitesse d'adsorption à l'instant t est proportionnelle à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre $\mathbf{q_e}$ et la quantité $\mathbf{q_t}$ adsorbée à cet instant et que l'adsorption est réversible **[35].** La constante de vitesse d'adsorption du premier ordre est déduite à partir du modèle établi par La loi de vitesse s'écrit **[36] :**

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \qquad \text{(II-1)}$$

L'intégration de l'équation donne :

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2{,}30\ 3}t \qquad \text{(II-2)}$$

II.6.2 .Modèle de la cinétique du pseudo- second ordre

L'équation du pseudo-second ordre est souvent utilisée avec succès pour décrire la cinétique de la réaction de fixation des polluants sur l'adsorbant **[37].** Le modèle du pseudo-second ordre permet de caractériser la cinétique d'adsorption en prenant en compte à la fois le cas d'une fixation rapide des solutés sur les sites les plus réactifs et celui d'une fixation lente sur les sites d'énergie faible :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)2 \qquad (II-3)$$

L'intégration de l'équation donne :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e 2} + \frac{t}{q_e} \qquad \text{(II-4)}$$

II.7.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

Entre la quantité de soluté adsorbé par unité de masse d'adsorbant q_e ou X/m et la concentration de soluté en solution Ce.

On obtient une telle courbe à partir des résultats d'essais de laboratoire effectués à une température constante. Pour ce faire, on introduit des quantités connues d'adsorbant dans des volumes d'eau à traiter et, après un temps de contact donné, on mesure la concentration résiduelle de soluté en solution **[38].**

La quantité de soluté adsorbé est calculée à l'aide de l'équation:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{(Co-Ce).V}{m} = \frac{x}{m} \qquad \text{II-5)}$$

Certains auteurs ont compilé de nombreuses isothermes de Langmuir et ont constatéqu'elles présentaient 4 types, qui ont été reliés assez précisément à divers modes de fixation**[38]**

II.7.1.Modèle d'isotherme d'adsorption

D'assez nombreux auteurs ont proposé des modèles théoriques ou empiriques pour d'écrire la relation entre la masse d'adsorbat fixée à l'équilibre et la concentration sous laquelle alieu. Il s'agit de relation non cinétique que l'on nome isotherme. En pratique, on observe qu'une massed'adsorbant ne peut fixer une quantité illimitée de substance, elle se sature. Ce phénomène de saturation n'est pas expliqué par toutes les formules, dont nousn'exposerons que les plusutilisées.

II.7.1.1. Modèlede Langmuir

L'équation de Langmuir **[39]** est donnée par la relation :

$$\frac{q\,e}{qm} = \frac{bCe}{1+bCe} \qquad \text{(II-6)}$$

b: constante reliée à l'énergie libre d'adsorption($b \alpha e^{-\Delta G/RT}$) (1/mg) R représente la constante des gaz parfaits et T la température d'adsorptio

La théorie de Langmuir implique en fait:

- ✓ L'existence de sites définis d'adsorption;
- ✓ Une et une seule entité adsorbée par site;
- ✓ Une énergie d'adsorption constante;
- ✓ L'absence d'interaction entre molécules adsorbées.

Ce modèle est compatible avec la saturation. Son point faible est de supposer une monocouche**[40]**, ce qui n'est pas toujoursvrai(figure. II.4).

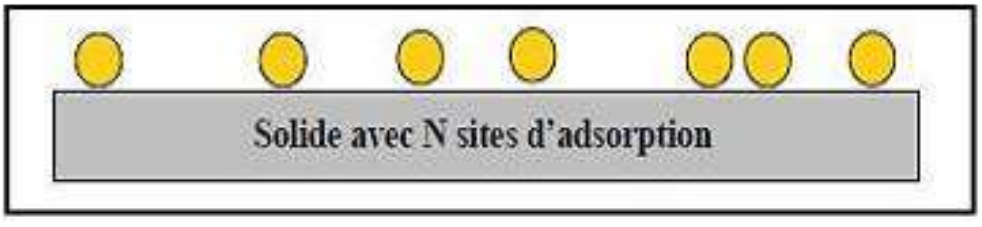


Figure. II.4: Modèle d'adsorption en monocouche **[41]**

II.7.1.2.Modèle de Freundlich

Freundlich **[42]** avait remarqué que souvent la tension superficielle σ en fonction de la concentration Ce pour un corps dissous est donnée par l'équation :

$$\mathbf{D'ou\ q_e} = \mathbf{k_f} \cdot \mathbf{c_e^{1/n}} = \frac{\mathbf{x}}{\mathbf{m}} \qquad \text{(II-07)}$$

Des valeurs élevées de K_F et n traduisent une forte adsorption dans l'intervalle des concentrations étudiées. Inversement, les faibles valeurs indiquent une faible adsorption pour des faibles concentrations en soluté.

Ce modèle est très valable pour les solutions diluées, mais il est incompatible avec la saturation, car q_e croît sans limite C_e croît.

Cette équation se différencie de la précédente (Langmuir) par le fait qu'elle ne prévoit pas de limite supérieure à l'adsorption et qu'elle admet la possibilité d'interactions entre particules adsorbées.

La forme linéarisée de l'équation de Freundlich est :

$$\mathbf{\ln q_e = \ln k_f + \frac{1}{n}\ \ln qc_e} \qquad \text{(II-08)}$$

Si l'équation de Freundlich est vérifiée, nous obtenons une droite de pente 1/n et d'ordonnée à l'origine égale à ln K_f. D'après Halsey **[43]** :

$$\mathbf{k_f} = \frac{\mathbf{q_m}}{\mathbf{c_e^{\frac{1}{n}}}} \qquad \text{(II-09)}$$

Pour atteindre la capacité maximale d'adsorption, il est nécessaire d'opérer à concentration initiale C0constante et des masses de charbon actif variables; ainsi ln q_m est la valeur extrapolée de ln que pour $C=C_0$

II.8. Types d'adsorbants

L'adsorption est un phénomène de surface d'où l'intérêt de connaissance des propriétés physiques des matériaux adsorbants tel que, la porosité, la surface spécifique, la densité apparente et réelle.

II.8.1.Charbons actifs

Les charbons actifs sont préparés par pyrolyse d'une matière contenant du carbone ,charbon ou matériau végétal, pour conduire à un charbon de bois qui est ensuite oxydé par la vapeur d'eau dans des conditions contrôlées pour créer une structure microporeuse. Il existe plusieurs centaines de qualités de charbons actifs, suivant le précurseur et les conditions de traitement. On peut aussi trouver des charbons actifs dits « chimiques », car activés à chaud en présence d'agents chimiques déshydratants, comme l'acide phosphorique ou le chlorure de zinc ce sont des adsorbants hydrophobes dont la surface spécifique se situe entre 500 et 1500m2/g.

Leur porosité, leur vaste domaine d'application et leur coût font des charbons actifs les adsorbants les plus répandus.**[44]**

II.8.2.Adsorbants minéraux

Les adsorbants minéraux peuvent exister à l'état naturel ou synthétisés.

II.8.2.1.L'argile

Les argiles sont des aluminosilicates. Ce sont des produits naturels, qui sont activées pour avoir de meilleures propriétés adsorbantes.

II.8.2.2.La zéolithe

Les zéolithes sont des adsorbants de squelette cristallin aluminosilicate tridimensionnel constitué de tétraèdresSiO4et AlO4, de formule globale (AlO2M, nSiO2)où M représente le plus souvent un métal alcalin ou alcalino-terreux. Il existe plus de 100espèces de zéolithes, différant par la valeur de n **[45].**

II.8.2.3.L'alumine activée

Les alumines activées sont obtenues par thermolyse flash du trihydroxyde d'aluminium Al(OH)3qui conduit à un produit de composition approximative Al2O3, 0.5 H2O, possédant une structure poreuse résultant du départ de molécules d'eau. La surface des pores est couverte de groupements Al-OH, et l'adsorption se fait préférentiellement par liaison hydrogène**[46].**

II.8.2.4.Le gel de silice

Les gels de silice sont préparés à partir de Si(OH)4en phase aqueuse, obtenu par Acidification d'un silicate de sodium, ou bien à partir d'un sol de silice. Les groupements Si-OH conduisent à des liaisons hydrogène.**[47].**

II.8.3.Adsorbants à base de polymère

Ce sont pour la plupart des produits en développement qui n'ont actuellement que des Applications très spécifiques et peu nombreuses/

Une caractéristique importante de ces adsorbants est qu'ils sont très hydrophobes. Ces produits peuvent être utilisés tel quel ou subir une carbonisation. On obtient alors des adsorbants voisins des charbons actifs. Si le polymère initial est préparé en fibres, on peut le tisser et obtenir des tissus de charbon actif.

Le diamètre de fibre étant de l'ordre de 10 microns, le temps de transfert est beaucoup plus rapide que pour tous les autres adsorbants **[48].**

II.9.Facteurs influençant le phénomène d'adsorption

Plusieurs paramètres influent sur l'adsorption les plus importants; la température, la nature de l'adsorbat et de l'adsorbant.

II.9.1 La température

La quantité adsorbée à l'équilibre augmente quant la température diminue, de plus, l'adsorption libère une chaleur d'adsorption comme toute réaction exothermique, elle est donc favorisée par les basses températures.

II.9.2 Facteurs caractérisant l'adsorbat

Toutes les substances ne sont pas adsorbables au même titre. La capacité de rétention d'un polluant est fonction :

- De l'énergie de liaison de la substance à adsorber;
- De la structure et la taille des molécules: un haut poids moléculaire réduit la diffusion et par conséquent la fixation de l'adsorbat ;
- De sa solubilité : moins une substance est soluble, mieux elle est adsorbée.
- De sa concentration.

II.9.3.Facteurs caractérisant l'adsorbant

Un solide adsorbant est caractérisé par des propriétés physicochimiques, mécaniques Et géométriques, les plus importantes sont les propriétés géométriques.

La surface spécifique

La surface spécifique est une mesure essentielle de la capacité de sorption de l'adsorbant. Elle désigne la surface accessible rapportée à l'unité de poids d'adsorbant. Une surface spécifique est d'autant plus grande, si l'adsorbant est plus divisé.

La structure de l'adsorbant

L'adsorption d'une substance croit avec la diminution de la taille des particules et les dimensions des pores de l'adsorbant. Mais si le diamètre des pores est inférieur au diamètre des molécules, l'adsorption de ce composé sera négative, même si la surface de l'adsorbant a une grande affinité pour le composé.

La polarité

Les solides polaires adsorbent préférentiellement les corps polaires, et les solides apolaires adsorbent les corps apolaires. L'affinité pour les substrats croit avec la masse moléculaire de l'adsorbat. **[49].**

L'adsorption est plus intense pour les corps qui ont relativement plus d'affinité pour le soluté que pour le solvant **[50].**

II.10. Description et Propriété des charbons actifs

II.10.1. Définition

Le charbon actif ou encore **charbon activé** est une poudre noire, légère, constituée essentiellement de matière carbonée à structure microporeuse.
C'est, en fait, une sorte de charbon de bois présentant une très grande surface spécifique qui lui confère un fort pouvoir adsorbant.



Figure II.5.: Charbon actif

Le charbon actif est disponible sous deux formes différentes: en poudre ou en granulé.

- **Charbon actif en poudre (CAP)**

Le charbon actif est pulvérisé en fines particules de taille comprise entre 1 et 100 µm. Il est utilisé pour le traitement d'effluents liquides. **[51]**



Figure II.6:Charbon actif en poudre

- ***Avantages*** : Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le charbon en grain. L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible.
- ***Inconvénients*** : le charbon actif ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde, Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impuretés sans ajouter une quantité très importante de charbon actif en poudre.**[51]**

- **Charbon actif en grain (CAG)**

Le charbon actif en grain ou en granulé CAG est formé de particules de 0,5 à 10 mm. Les caractéristiques physiques des granulés de charbon actifs varient considérablement selon les produits. Les granulés utilisés pour le traitement des gaz proviennent essentiellement d'une activation physique



Figure II.7: Charbon actif en grain

La mise en œuvre utilisée est sous forme de lits ou de colonnes ou de cartouches parcourus par le fluide à traiter. Ses propriétés filtrantes (type filtres à sable) et absorbantes sont mises à profit aussi bien pour des applications en phase liquide qu'en phase gazeuse

. **II.10. 2.Origine de charbon**

Au cours de plusieurs millions d'années, l'accumulation et la sédimentation de débris végétaux dans un environnement de type tourbière provoque une modification graduelle des conditions de température, de pression et d'oxydo -réduction dans la couche de charbon qui conduit, par carbonisation, à la formation de composés de plus en

plus riches en carbone: la tourbe(50 à 55%), le lignite(55 à 75%), la houille(75à 90%) et l'anthracite(> 90%) .La formation des plus importants gisements de charbon commença au carbonifère, environ de-360 à-295 Ma .Dans son appellation courante, le terme désigne généralement la houille. Autrefois, il était appelé charbon de terre en opposition au charbon de bois.**[52].**

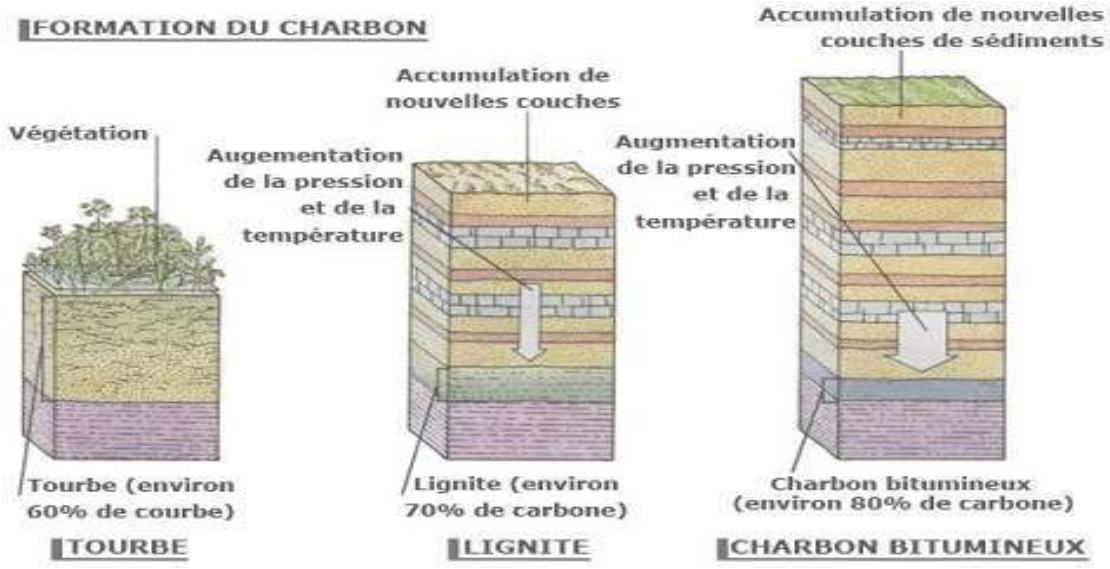


Figure. II.8.: formation du charbon **[53]**

II.10.3.Propriétés

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 L'aire spécifique.

Un pore est par définition une cavité plus profonde que large qui existe dans un grain de matière. L'étendue de l'interface existant entre un solide poreux et une phase fluide doit tenir compte de l'aire latérale de tous les pores appelée surface interne par opposition à la surface externe qui est l'enveloppe des particules. La Somme de la surface externe et de la surface interne est la surface totale.

Plusieurs paramètres permettent de caractériser un charbon actif.

II.10.3.1Le volume poreux et la taille des pores

Un solide poreux peut être défini à partir du volume de substance adsorbée, supposée liquide, nécessaire pour saturer tous les pores ouverts d'un gramme de ce Solide. Un pore ouvert débouche à la surface du grain et est donc accessible au fluide.

Ce volume poreux est donc uniquement caractéristique de la porosité ouverte. Il est habituellement exprimé en centimètres cube par gramme d'adsorbant. **[53]**

II.10.3.2.Le degré d'activation

Le degré d'activation(ou taux d'activation) est un facteur important. Il est Souvent appelé «burn-off» et caractérise la qualité de la porosité. En effet, la réaction D'activation produit un matériau poreux de masse inférieure à sa masse initiale. **[55]**

II.10.3.3.La surface spécifique

Par définition, la surface spécifique d'un adsorbant est une surface par unité de Masse, généralement exprimée en $m^2.g^{-1}$, représentant l'aire disponible pour adsorber Une monocouche de molécules. Pour un charbon actif, cette aire spécifique est Comprise entre 500 et 1500 $m^2.g^{-1}$. Ce sont essentiellement les micro-et méso-pores qui créent de la surface. Plus la surface d'adsorption est grande, plus la quantité de matière adsorbée est importante**[56].**

II.10.3.4 .Les caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques du grain de charbon actif permettent de déterminer les conditions d'utilisation du charbon actif **[57].**

II.10.3.5.La granulométrie

Conditionne la vitesse d'adsorption (plus le grain est petit, plus le transfert Vers le centre est rapide) et la perte de charge à travers le lit.

II.10.3.6 .La masse volumique

Est aussi un paramètre à prendre en compte lors du remplissage des Installations et de la manipulation.

II.10.3.7.Les caractéristiques chimiques

Les propriétés chimiques superficielles d'un charbon actif dépendent fortement de la présence et de la nature des complexes oxygénés. Ceux-ci sont responsables en Grande partie de ses propriétés acido-basiques superficielles. Lesquelles jouent un rôle important dans le phénomène d'adsorption **[58].**

Les charbons sont classés en deux types, selon leur caractère acido-basique :

- **Les charbons de type L** qui présentent un caractère acide, et qui possèdent des caractéristiques de nature hydrophile

- **Les charbons de type H** au caractère basique possédant une surface de nature hydrophobe.

II.10.4.Qualité et performances

Outre la surface spécifique, la taille des pores, la densité et le taux de cendre présentés dans les propriétés des charbons actifs, plusieurs caractéristiques sont primordiales pour la définition de la qualité d'un charbon actif et ses performances**[59]**

- ***Le taux d'humidité***

Rend compte de l'eau physiquement liée au charbon actif. Une valeur classique de La teneur en eau varie entre 1 à 5 % en masse.

- ***L'indice d'iode***

(En $mg.g^{-1}$) permet de mesurer la microporosité d'un charbon actif grâce à une Solution d'iode. Cette valeur est à corréler avec la surface spécifique BET. Elle traduit L'affinité d'adsorption du matériau pour de petites molécules.

- ***L'indice de bleu de méthylène***

(En $mg.g^{-1}$) peut aussi être mesuré pour chiffrer les mésopores et les macrospores .Il est synonyme d'une capacité d'adsorption forte pour de grosses molécules.

- ***L'indice de phénol***

Permet d'établir si l'adsorbant est approprié aux molécules aromatiques, causant des odeurs et du goût.

II.10.5 Fabrication

Le charbon actif est obtenu par pyrolyse de différents composés organiques : bois, coques de fruits (noix de coco), noyaux de fruits, bambous, os, charbon, lignite, tourbe et résidus pétroliers.

Le matériau est calciné en absence d'oxygène pour obtenir un solide amorphe riche en carbone. En conséquence, le pouvoir adsorbant du charbon est créé ou augmenté en éliminant par un procédé d'activation les goudrons et autres matières carbonées désorganisées issues de la décomposition du composé organique qui obstruent les pores physique, ou l'activation chimique.

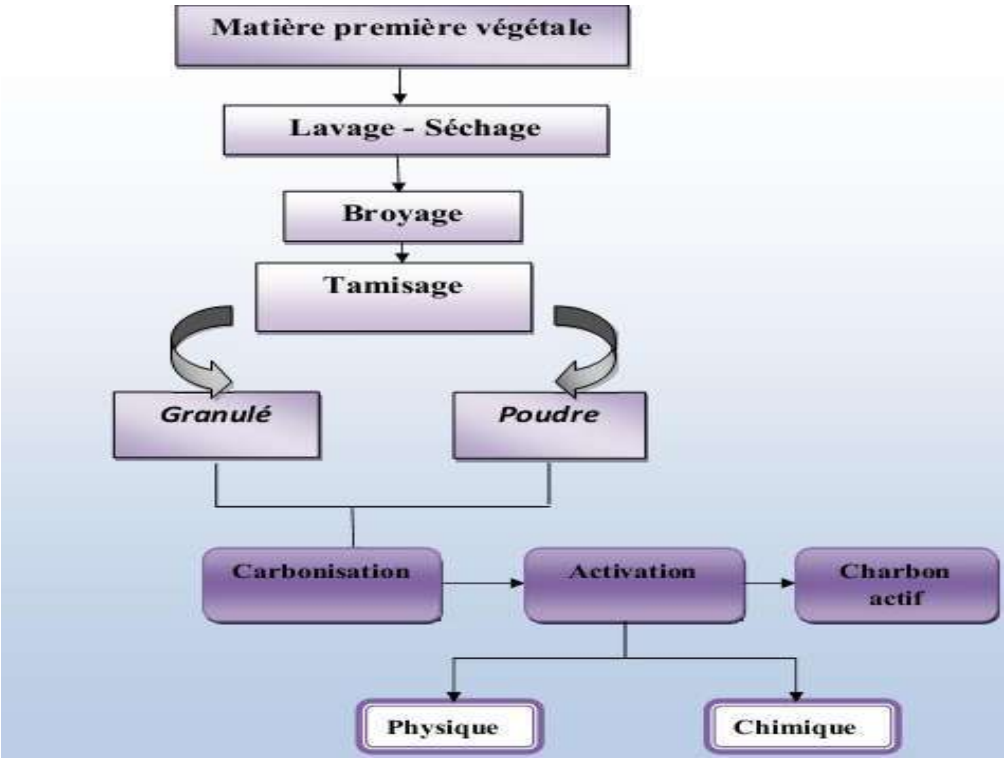


Figure II.9: Les étapes de fabrication du charbon actif

- Etape de calcination ou carbonisation (ou pyrolyse), cette étape est nécessaire pour transformer la matière première en charbon carbonisé qui est la première étape Pour faire du charbon actif.

Le charbon issu de matières premières carbonées est très caractéristique : c'est une matière qui présente une infinité de pores (quelques Angströms) obstrués par de la matière organique. Pour être transformée en charbon activé, cette matière carbonée Doit être débarrassée de tous ces produits organiques. Pour cela, on chauffe à haute Température (300°C) dans un four rotatif ou vertical **[60].**

- Etape d'activation consiste à augmenter le pouvoir adsorbant, notamment en Éliminant les goudrons qui obstruent les pores et ce selon deux procédés distincts:

  - ***L'activation physique***

Le matériau brut est carbonisé à une température d'environ 600°C pendant 6 à 8 heures. L'activation physique consiste en une oxydation du carbonisât obtenu à haute température (750-1000°C) par un agent gazeux faiblement oxydant pendant 24 à 72 heures. Les gaz principalement utilisés, seuls ou en mélange, sont l'air, la vapeur d'eau ainsi que le dioxyde de carbone. Généralement, les charbons actifs produits par cette activation physique présentent une structure poreuse fine. **[61].**

$$\mathbf{C + H_2\,O \;\rightarrow\; CO + H_2}$$

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2HO_2$$

- ***L'activation chimique***

La carbonisation et l'activation sont réalisées simultanément entre 400 et 600°C en présence de catalyseurs d'oxydation : acide phosphorique, acide sulfurique, sulfure de potassium, chlorure de zinc (interdit pour les applications agroalimentaires), sels de cuivre, potasse...

Ces agents chimiques favorisent la déshydratation. Le matériau brut est imprégné de ces agents mis sous forme de pâte puis ce mélange est chauffé.. Généralement, les charbons actifs produits par cette activation chimique présentent une structure poreuse ouverte (les pores débouchent à la surface du grain), idéale pour l'adsorption de grosses molécules.**[61]**

II.11Conclusion

Au cours de ce chapitre, il nous a été possible de définir l'adsorption comme étant essentiellement une réaction de surface et de différencier entre la physisorption et la chimisorption. Nous avons présenté aussi les différents types d'isotherme d'adsorption et exposé les modèles les plus utilisés pour illustrer ces isothermes. Enfin, nous avons cité quelques matériaux adsorbants provenant de différentes origines, parmi ces adsorbants les plus répondus, on trouve les charbons actifs.

Introduction

Dans ce travail, on s'est intéressé à l'élimination d'un colorant acides (fuchsine acide) sur un charbon actif d'origine végétale préparé a partir d'écorce de grenade).

III.1.Matériels et produits utilisés

L'ensemble des matériels utilisés dans cette présente étude est divisé en deux parties. Dans la première partie on présente les matériels utilisés dans l'étude d'adsorption et la deuxième partie, les matériels utilisés dans l'étude du traitement des eaux potable au niveau de l'Algérienne des eaux (ADE).

III.1.1. Matériels utilisés dans l'étude de l'adsorption

- ✓ pH-mètre (Hanna instruments HI8519N)
- ✓ Etuve
- ✓ Spectrophotomètre (UV 1600PC)
- ✓ Four à moufle (nuve MF180)
- ✓ Agitateur
- ✓ Plaque chauffante
- ✓ Thermomètre (by Hanna)
- ✓ Balance (KERN-4Nprécision A=0.1mg)
- ✓ Minuterie
- ✓ Mortier
- ✓ FTIR (fourier tronsforme infrared) Spectrophotomètre

III.1.2.Produit utilisés dans l'étude de l'adsorption

- ✓ La fuchsine acide ($C_{20}H_{17}N_3Na_2O_9S_3$) M=33585.53 g/mol
- ✓ Acide nitrique (HNO3) M=63 ,01g/mol de pureté 65% et de type Reidel- de Haén
- ✓ Carbonate de sodium Na_2CO_3 M=105.98 g/mol de pureté 98%et de type AnalaR
- ✓ Le Charbon actif
- ✓ Oxyde de Magnésium (MgO) M=40,31g /mol de pureté 98%
- ✓ L'éthanol
- ✓ La matière brute à base naturel

III.1. 3 Matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques

❖ ***Solutions et réactifs et leurs compositions chimiques***

- ***Dosage de nitrates***

*** Solution de salicylate de sodium 0.5%

Salicylate de sodium……..0.5 g.

Eau distillée……..100 ml.

*** Solution de soude et de tartrate double de sodium et de potassium

Hydroxyde de sodium NaOH……400 g.

Tartrate de sodium et de potassium ……60 g.

Eau distillée…….1000 ml, laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml.

*** Acide sulfurique pur (H2SO4)

Acide sulfurique……..150 ml.

Eau distillée…….150 ml.

- **Dosage d'ammonium:**

***Réactif I:

Acide dichloroisocyanurique……...2 g.

Hydroxyde de sodium NaOH……..32 g.

Eau distillée……100 ml.

*** Réactif II (coloré):

Tricitrate de sodium……130 g.

Salicylate de sodium……130 g.

Nitroprussiate de sodium…….0.97 g.

Eau distillée……1000 ml

- ***Appareillage***

✓ plaque chauffante " FALC "

✓ Turbidimètre " HACH 2100 N Turbidimètre "

✓ pH-mètre " HANNA HI 2211 pH / ORP mètre "

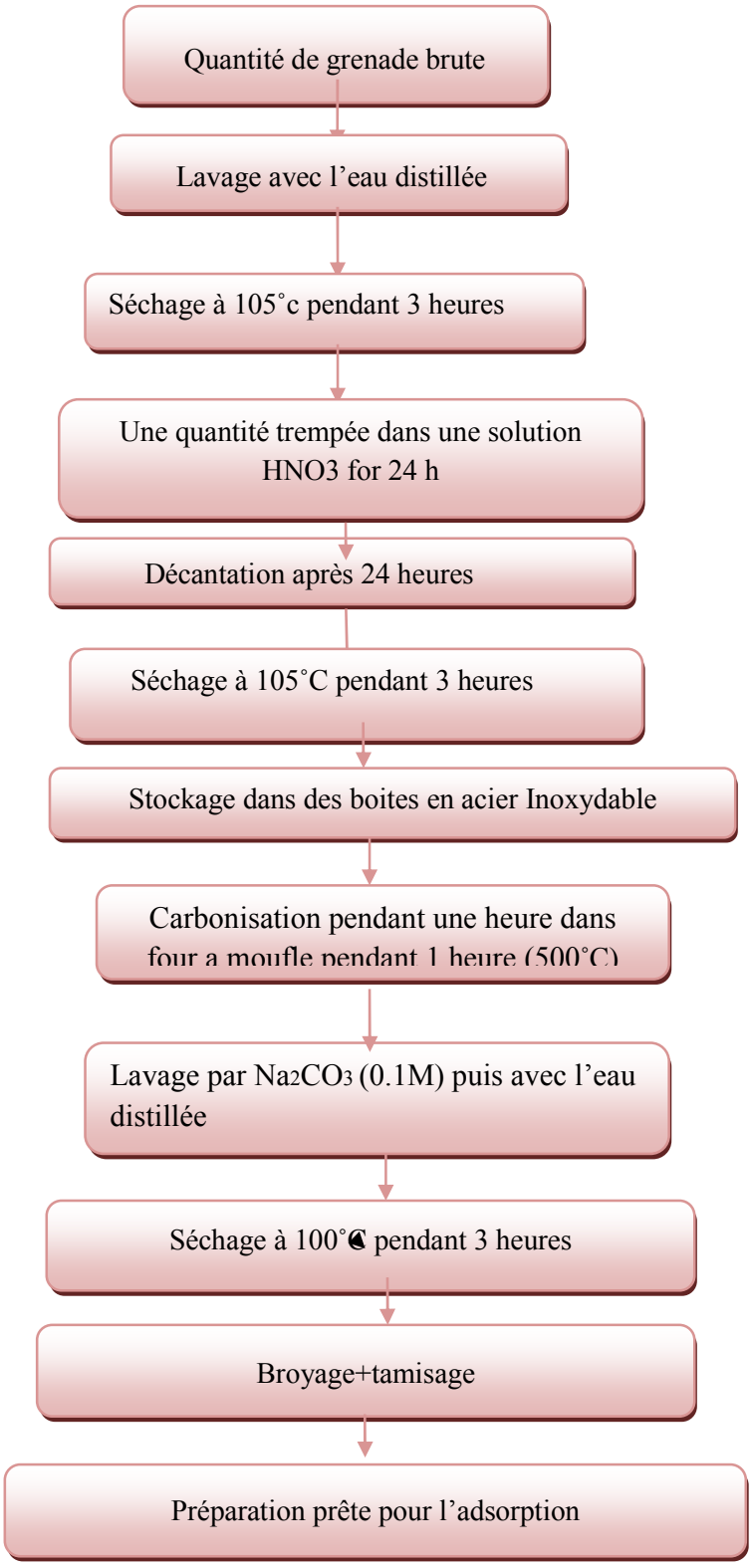
- ✓ Conductimètre " HACH Session 3 "
- ✓ Photomètre à flamme " CIBALORNIN"
- ✓ Balance analytique " AG 204 Delta Range "
- ✓ Etuve réglable " PROLAB "
- ✓ Agitateur " FALC "
- ✓ Papier pH
- ✓ Thèrmo-mètre mobile

III.2. Méthodes

Dans cette partie, on présente les différentes méthodes utilisées pour réalise ce travail, on commence par la préparation de charbon actif à partir d'écorce de grenade. Puis on donne les principales méthodes utilisées lors de la caractérisation de ce charbon.

III.2.1. Préparation du charbon actif à partir d'écorce de grenade

Pour la préparation du charbon actif nous avons suivi les étapes mentionnés sur l'organigramme (III.1)



Organigramme (III.1) : Préparation du charbon actif à partir d'écorce de grenade

III.2.2. Caractérisation de charbon

1. Humidité

Peser 1 ± 0.01g de charbon actif puis sécher dans une étuve jusqu'au que le poids reste constant et ce ci pendant 2 Heures à une température de 105°C.
Peser l'échantillon séché.

Teneur en eau exprimée en pourcentage massique est donnée par la formule suivante:

$$\boldsymbol{H}(\%) = \frac{(\boldsymbol{m_0} - \boldsymbol{m_1})\mathbf{100}}{\boldsymbol{m_0}} \qquad \textbf{(III-1)}$$

m_o: masse du charbon avant séchage11

m_1 : masse du charbon après séchage

2. Masse volumique apparente

La détermination de la masse volumique apparente consiste à introduire une masse M_0 du charbon actif, broyé et séché, dans une éprouvette de volume V_0 égal à 10 ml. La masse volumique apparente est calculée par la relation suivante :

$$\rho_{app} = \frac{M_0}{V_0} \qquad \textbf{(III-2)}$$

3. Masse volumique réelle

La masse volumique réelle a été déterminée en introduisant une masse M_0 du charbon actif broyé et séché. Le vide existant entre les particules a été comblé par un liquide, l'éthanol de masse volumique 0,8172 g/cm^3 à la température d'expérience qui est égale à 25°C. La masse volumique est déterminée par la formule ci-dessous :

$$\rho_r = \frac{M_0}{V_0 - V_T} = \frac{M_0}{\left(V_0 - \frac{M_E}{\rho_E}\right)} \qquad \textbf{(III-3)}$$

4. Surface spécifique par unité de volume de la solution

La surface spécifique d'une particule est le rapport entre la surface de cette particule et son volume. Cependant, ces particules sont supposées sphériques. La valeur de la surface peut s'évaluer d'après la relation suivante

$$S = \frac{6\,C_B}{d_{p.}\,\rho_{app}} \qquad \textbf{(III-4)}$$

Avec $m = 1{,}5.10^{+3}\ g.m^{-3}$,

$d_p = 0.063.\ 10^{-3}\ m$,

5. Surface spécifique par unité de masse des particules

La connaissance de la surface spécifique est d'une grande importance dans la caractérisation d'une poudre ou d'un solide. La surface spécifique représente la surface totale par unité de masse du produit. Elle est calculée à partir de l'expression suivante:

$$A = \frac{6}{\rho_{app}.\,d_p} \qquad \textbf{(III-5)}$$

6. Colloidalité

La Colloidalité est déterminée par une mise en suspension de 1 g charbon brute dans 100 ml d'eau, aux quels on ajoute 0,2 g de MgO pour permettre la défloculation. On agite la suspension pendant quelque temps puis on la laisse au repos pendant 24 heures. La colloidalité C du charbon actif est mesurée, en appliquant la formule suivante:

C = 100 – V **(III-6)**

7. pH (10% suspension)

On mélange 1g de charbon actif avec 100ml d'eau distillée. Après agitation, on mesure

Le pH de la solution grâce à un pH-mètre.

8. Conductivité

On mélange 1g de charbon actif avec 100ml d'eau distillée. Après agitation, on mesure La conductivité de la solution grâce à un conductivimètre.

IV.1.Introduction

Une nouvelle alternative de la technologie à été mise au point pour éliminer les métaux lourds toxiques et les substances organiques et inorganiques dans les effluents industriels. Elle est appelée : biosorption, efficace, simple et pas chère.

L'objectif de notre travail correspond à l'utilisation d'un biomatériau pour la fixation d'un colorant par adsorption.

IV.2. Détermination de λ max de colorant

la mesure de λ max a été faite avec des solutions de concentrations 10 et 20 mg/L en colorant préparées par dilution à partir de sa solution mère (C0= 1000 mg/L) obtenue précédemment. Les résultats obtenus sont présentés respectivement sur la Figure

Tableau IV.1:Valeur de λ max.

Λ(nm)	400	450	500	550	600	650	700
A	0.03	0.409	1.343	2.153	0.103	0.038	0.035

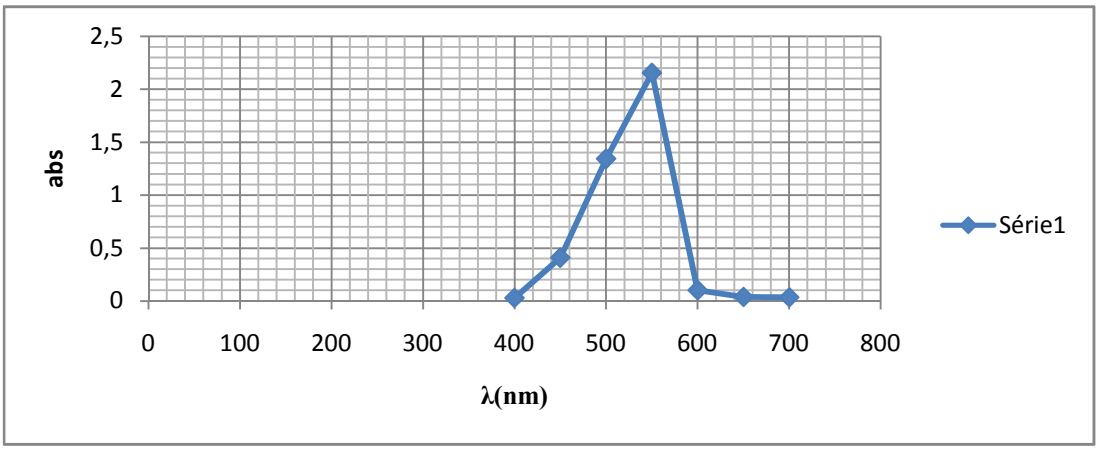


Figure IV.1: Courbes Absorbance = f (λ) de la fuchsine

IV.3. Courbe d'étalonnage la fuchsine acide

Pour établir la courbe d'étalonnage, le domaine des concentrations variait entre 20 et 100 mg/l.

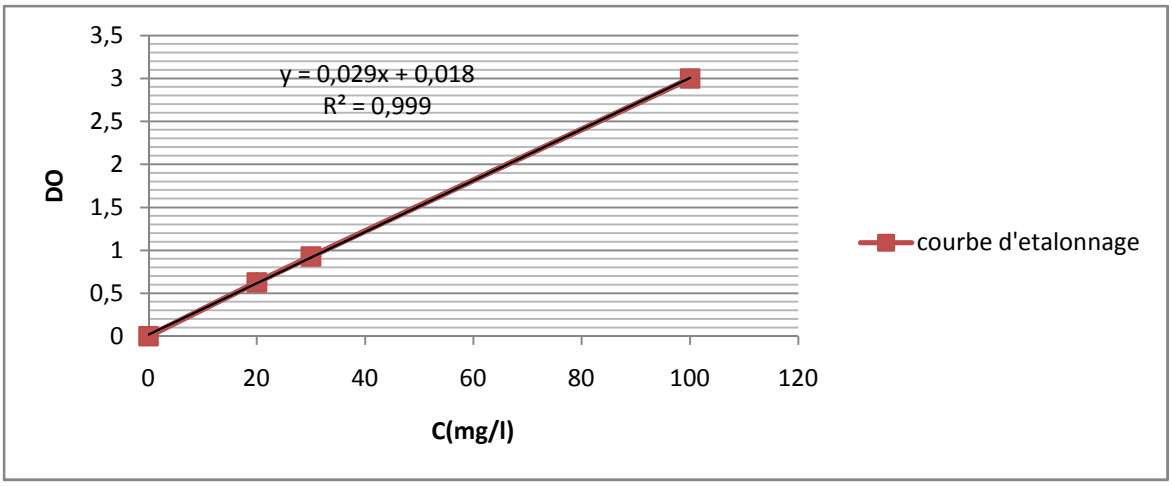


Figure IV.2: Courbe d'étalonnage du spectrophotomètre la fuchsine acide

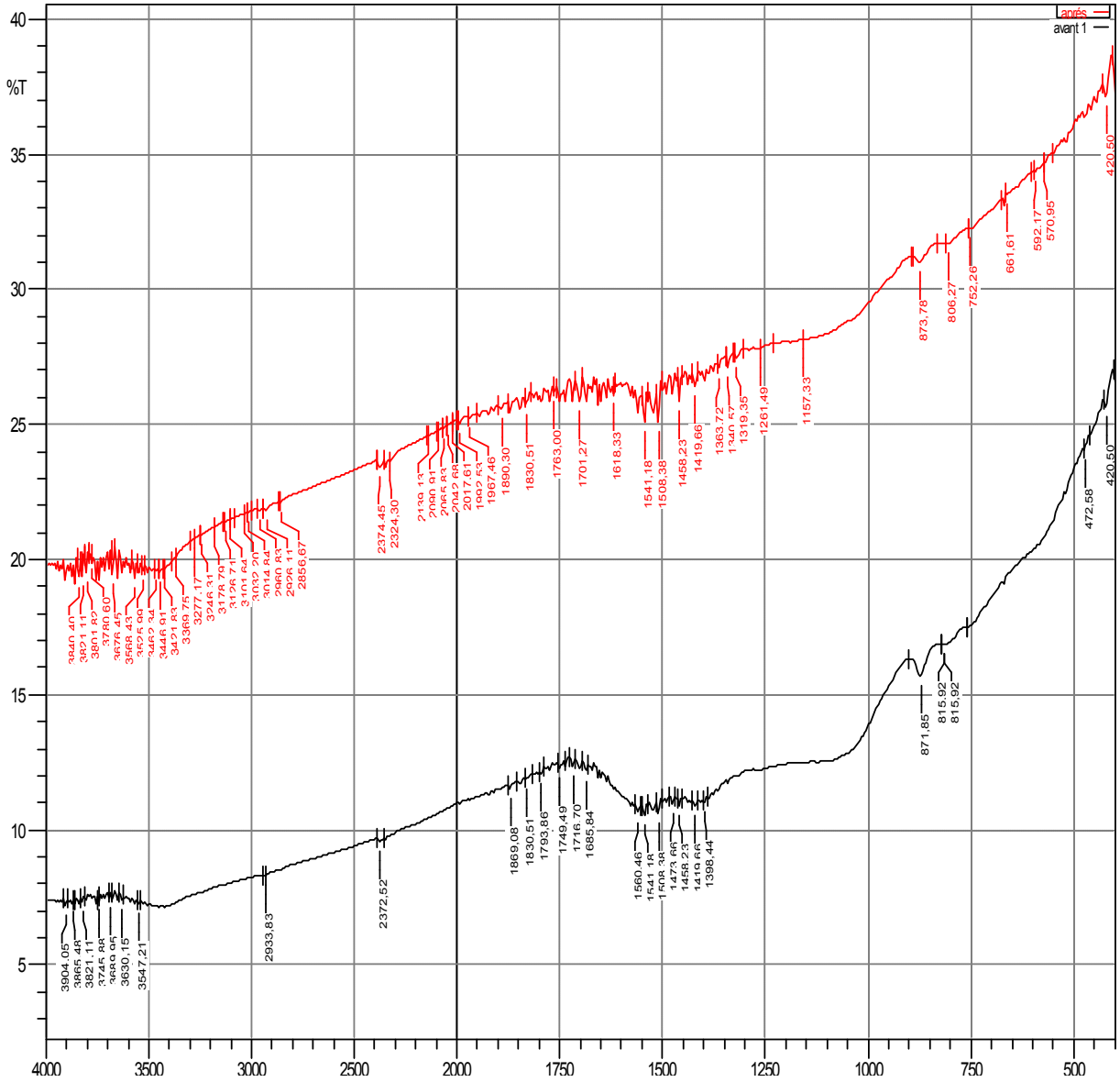
IV.4. Caractérisation de charbon

Avant la réalisation des expériences d'adsorption, nous avons procédé à la détermination de quelques paramètres caractéristiques de l'échantillon. Les paramètres examinés sont : humidité (teneur en eau), masses spécifiques réelles et apparente, surface spécifique par unité de volume de la solution et par unité de masse de la particule, pH, conductivité, colloidalité.

Tableau .IV.2: Caractéristiques physico-chimique du charbon actif d'origine naturel

Humidité %	pH	Conductivité (µs/cm)	Colloidalité	Masse volumique ($g/cm^{3)}$		Surface spésifique (m^2/m^3)	
				apparente	réelle	Par unité de volume de la solution	Par unité de masse de la particule
46	9,5	719,64	99 ,5	0,1	0,1204	95,23	$9,523.10^3$

IV.5.Caractérisation par spectroscopie infrarouge (FTIR)



Avant l'adsorption de la fuchsine ——————

Après l'adsorption de la fuchsine ——————

Figure. IV. 3 : spectre FTIR Avant et après l'adsorption de la fuchsine acide

L'analyse des matériaux par spectroscopie infrarouge (IR) a été réalisée au laboratoire de Hall technologie à l'Université de Médéa, afin d'identifier le plus complètement possible les principales fonctions chimiques présentes à la surface de ces derniers. Cette analyse a été menée sur un appareil de spectroscopie infrarouge de type

FTIR 8400S Shimadzu utilisant la technique de la pastille KBr sous haute pression. L'analyse a été faite sur une plage de longueur d'ondes allant de 400–4000 cm^{-1}.

Les spectres d'analyse par infra rouges sur le charbon actif sont représentés sur la **Figure. IV. 3** Les bandes les plus intenses sont reportés dans la large bande d'absorption comprise entre 3462.34–3032.20 cm^{-1} correspond aux vibrations d'élongation de l'hydrogène des groupes hydroxyles O-H (de carboxyles, phénols ou alcools) et de l'eau adsorbée**.** Elle correspond aussi au vibration d'élongation d'O-H de cellulose, pectine et lignine. Les spectres d'IR montrent des bandes d'absorption comprises entre 2926.11 et 2856.67cm^{-1}. Résultant principalement des vibrations d'élongation de C–H des molécules aliphatiques.

Les spectres d'IR montrent des bandes d'absorption comprises entre 570.95et 592.17cm^{-1}de liaison C-I (fort liaison). Et de liaison C-Cl de valeur 752.26 cm^{-1}; 661.61cm^{-1} band de C-Br. (fort liaison).

IV.6.Cinétique de sorption de colorant en milieu acide

IV.6.1.L'effet du temps de contact

L'adsorption a été étudiée en fonction du temps pour déterminer la quantité de colorant adsorbé à différents intervalles de temps.

L'adsorption de la fuchsine acide sur l'adsorbant d'écorce des grenades est effectuée en « batch », les conditions travail est [Fuchsine] =400 mg/l, masse d'adsorbant =0,75g, V =250 ml, vitesse d'agitation=250 tr/min, pH =5.02 ± 0,2 et température =25 ± 2 °C

L'analyse de la concentration de colorant initiale ou résiduelle est effectuée par spectroscopie d'adsorption UV-Visible. Les différents résultats obtenus sont tracés sous forme de courbe q_{ads}= f(t).

La quantité de colorant adsorbée est calculée comme suit :

$$q_{ads}=\frac{(Co-Ce)*V}{m} \qquad \text{(II-5)}$$

Le rendement d'élimination des colorants est défini par:

$$R\%=\frac{(Co-Ce)*100}{Co} \qquad \text{(IV.1)}$$

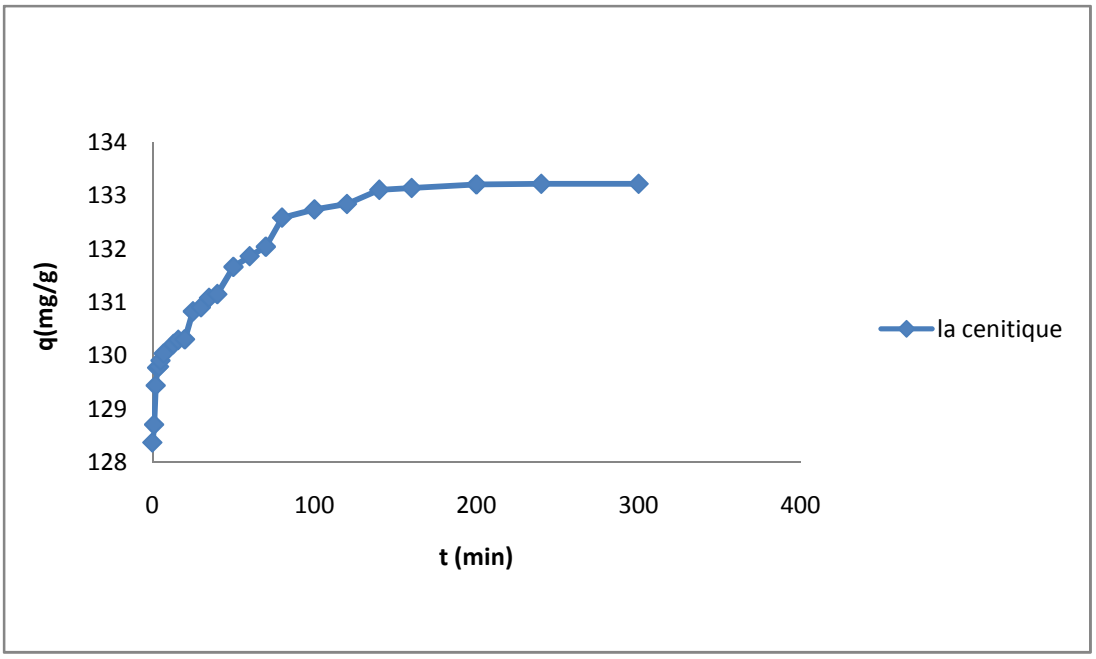


Figure. IV.4: La cinétique d'adsorption de colorante fuchsine sur charbon actif préparé à partir d'écorce de grenades

(v=250ml ;$m_{adsorbant}$=0.75g ;w=250tr/min ;pH=5.02 ;T=25C°)

La courbe obtenu présentent une allure caractérisée par une forte adsorption pour le premiers temps de contact solution-sorbant qui atténue pour atteindre finalement un état d'équilibre. Ce phénomène peut être expliqué en premier lieu par l'existence des site d'absorption facilement accessibles, suivie d'une diffusion vers des sites d 'absorption moins accessibles avant d'atteindre un état d'équilibre.

IV.6.2.Modélisation des cinétiques d'adsorption

La connaissance de la cinétique d'adsorption présente un intérêt pratique considérable dans l'utilisation optimale d'un adsorbant au cours d'une opération industrielle.

Deux équations cinétiques simples sont largement utilisées comme modèles de connaissance des phénomènes qui prédominent les processus d'adsorption des systèmes : Les équations de pseudo premier ordre et de pseudo second ordre.

- ***Equation du pseudo premier ordre***

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \left(\frac{k_1}{2.303}\right) \qquad (1)$$

- ***Equation du pseudo second ordre***

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_e q_e^2} - \frac{t}{q_e} \qquad (2)$$

Les résultats obtenus sont représentés sur les **Figure. IV.5 (A-6)** et **Figure. IV.6** et les constantes obtenues partir des différents modèles sont rassemblés dans le **Tableau IV.3.**

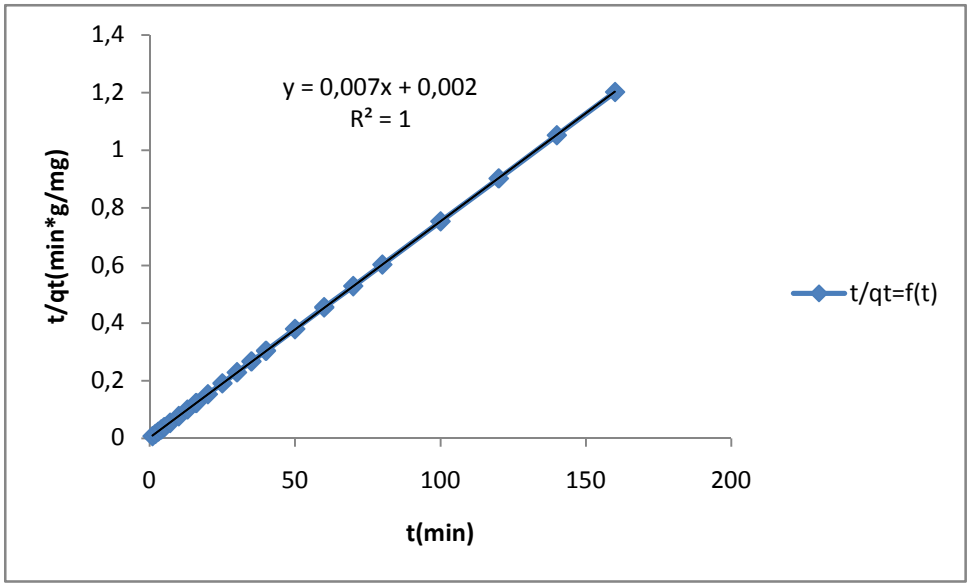


Figure. IV.6: représentation graphique de la modélisation de la cinétique d'adsorption de la fuchsine acide - le modèle de pseudo-second-ordre

Tableau .IV.3. : Paramètres équationnels des modèles cinétiques pseudo-premier-ordre et pseudo-second-ordre d'adsorption de la fuchsine acide sur le charbon actif en fonction de la concentration initiale

			modèle du pseudo-premier ordre $\log(q_e - q_{t)=log q_e - \frac{k_1}{2.303}}$			modèle du pseudo- seconde ordre $\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2}\frac{1}{q_e^2} - \frac{t}{q_e}$		
Paramètres	q_e(mg/g)	C(mg/l)	K_1 (min^{-1})	q_{ecal}(mg/g)	R^2	K_1 (g/mg/min)	qecal (mg/g)	R^2
Adsorbant	133.86	400	0.051	57.08	0.953	0.006	136.54	1

A partir des résultats de tableau nous remarquons que le modèle qui présente un facteur de corrélation le plus élevé est celui du modèle de pseudo-second-ordre avec un facteur R^2=1 pour toutes les concentrations, on peut en déduire donc que le modèle de pseudo-second-ordre est celui qui décrit mieux le processus d'adsorption de colorant fuchsine acide sur le charbon actif (écorce de grenade).

aussi que les quantités adsorbées calculées par ce modèle sont plus proches à des quantités adsorbées expérimentalement. Les vitesses d'adsorption (k_2) diminuent lorsque la concentration de colorant augmente ceci revient à l'augmentation de la compétition sur les sites d'adsorption

par contre la compétition diminue sur les sites actifs de l'adsorbant pour les faibles concentrations .

IV.6.3. Effet de la masse de charbon actif

L'effet de la masse de charbon actif sur l'adsorption du fuchsine acide est représenté sur la **figure IV.7**. On fait varier la masse de charbon actif de 0.05g à1.5g, la concentration de colorant C_0=100 mg/l, V =50 ml, vitesse d'agitation=250 tr/min, temps de contact=3 heures, pH =5.02 ± 0,2 et Température =25 ± 2 °C.

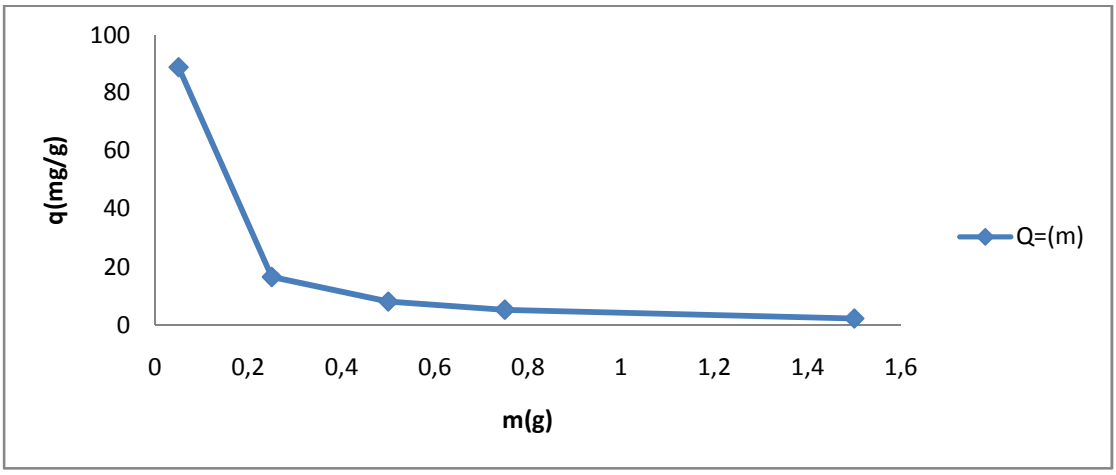


Figure. IV.7: Influence de la masse du charbon actif sur l'adsorption du colorant (fuchsine acide)

Nous remarquons d'après la figure que pour une concentration initiale 100mg/l pour un temps d'équilibre égal à 3 heurs, une diminution de la masse du charbon de 0.1g à0.2 g entraîne une variation plus ou moins significative de la concentration résiduelle. En effet la quantité de fixation de l'élément étudié passe d'environ 90mg/g pour une masse de 0.1g à

une quantité d'environ 7.55mg/g pour une masse de 0.1g. Au delà de cette masse la quantité d'adsorption est devenue stable.

En effet la capacité d'adsorption diminue avec la masse de l'adsorbant bien que le charbon actif atteint la saturation à une masse optimale de 0.1g.

IV.6.4. Effet de la concentration initiale en colorants

L'effet des concentrations initiales en colorants a été étudié. Les valeurs des concentrations étudiées sont : 50, 100, 150, 200, 250, 300,350 mg/L.

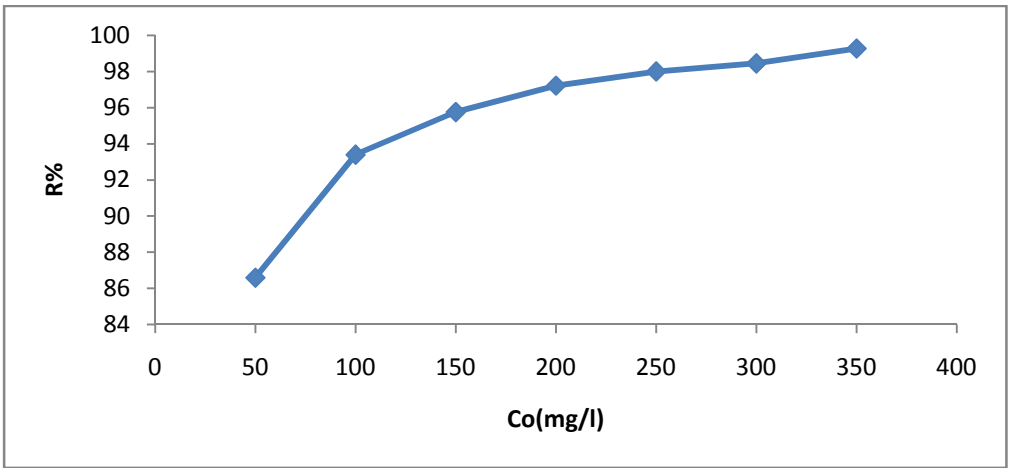


Figure. IV.8: Effet de la concentration initiale des colorants en solution sur l'adsorption

On constate d'après la **Figure. IV.8** que la capacité d'adsorption de colorante fuchsine acide parle CA augmente avec l'augmentation des concentrations initiales de colorant. L'augmentation de la concentration induit une élévation de la force d'entraînement du gradient de concentration donc l'augmentation de la diffusion des molécules en solution sur la surface de l'adsorbant.

IV.6.5. Effet de température

L'influence de la température à été étudiée avec condition de travail est [Fuchsine Acide] =100mg/l masse d'adsorbant =0.005g, V eau=50 ml, vitesse d'agitation=250tr/min, temps de contact=3 heures et pH =5.02± 0,2 ., plongées dans un bain marie thermostat pour préserver la température désirée constante, les valeurs des températures étudiées étaient (25,35 ,45 et 55).

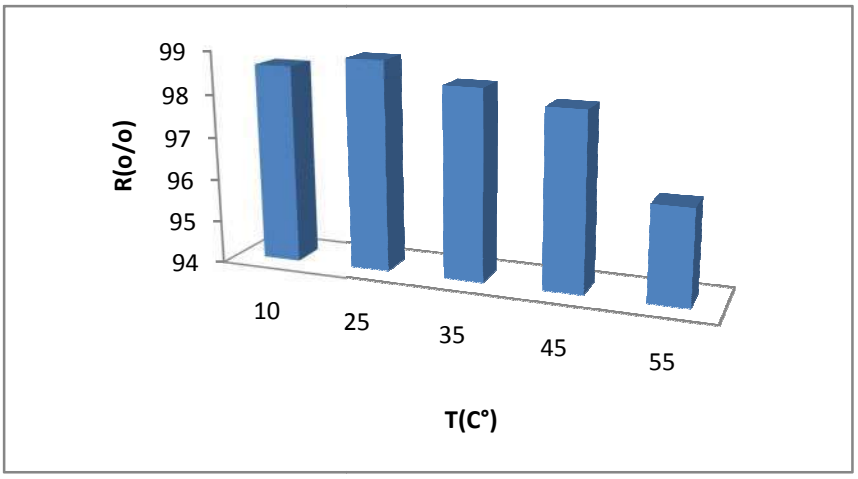


Figure. IV.9: Effet de la température sur l'adsorption du colorant (Fuchsine Acide)

Les résultats indiquent que l'adsorption s'est améliorée par augmentation de la température jusqu'à 25°C d'où un taux d'adsorption égale à 98.89%. Cela signifie que la température a favorisé l'énergie cinétique fuchsine acide et par conséquent leur diffusion vers la surface du charbon. En revanche une augmentation de la température au delà de cette valeur cause une chute dans l'adsorption, ce phénomène inverse, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent, notamment sous l'action de l'élévation de la température, s'appelle la désorption.

IV.7.Isothermes d'adsorption de la fuchsine acide par le charbon actif étudié

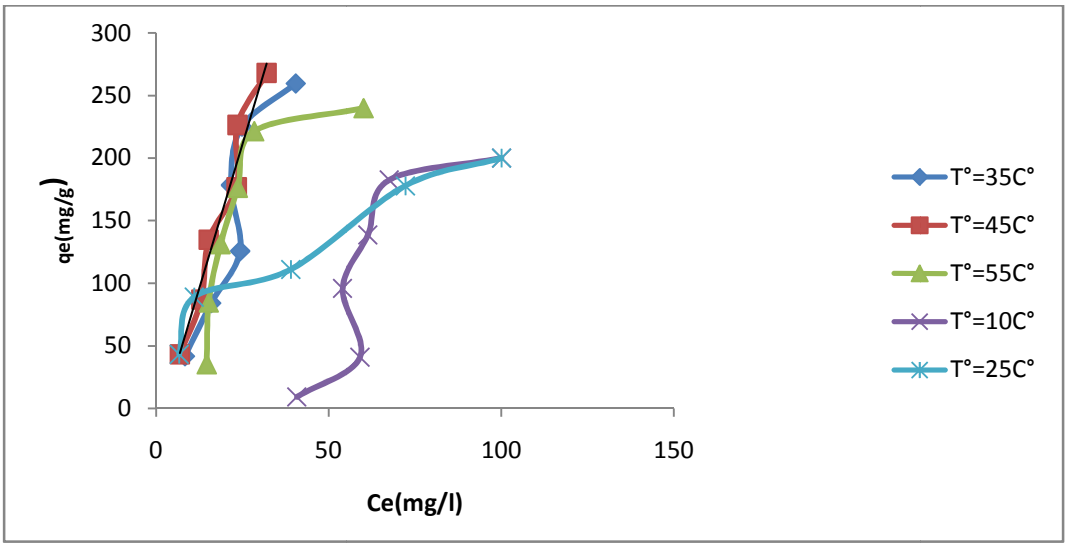


Figure. IV.10: Les isothermes d'adsorption de la fuchsine acide sur le charbon actif issu d'écorce de grenade

En se référant toujours à la **Figure. IV.10**, on remarque que l'affinité de charbon actif sur l'élimination du colorant est très grande dès les premières concentrations.

IV.7. 1. 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 propriétés de surface et les affinités adsorbant-adsorbat. Les deux modèles à deux paramètres les plus couramment employés sont les modèles de Langmuir et Freundlich. Le meilleur modèle applicable sera évalué à partir de coefficient R^2 sera élevé ou pas. Le meilleur modèle applicable parmi ceux que nous avons choisis sera évaluer à partir de ce coefficient R^2 ($0 < R^2 < 1$) et la valeur de la quantité maximum obtenue à partir des deux modèles et celle obtenue expérimentalement.

Les deux modèles linéaires de Langmuir et Freundlich pour la température ambiante sont représentés sur les **Figures. IV.11et 12.**

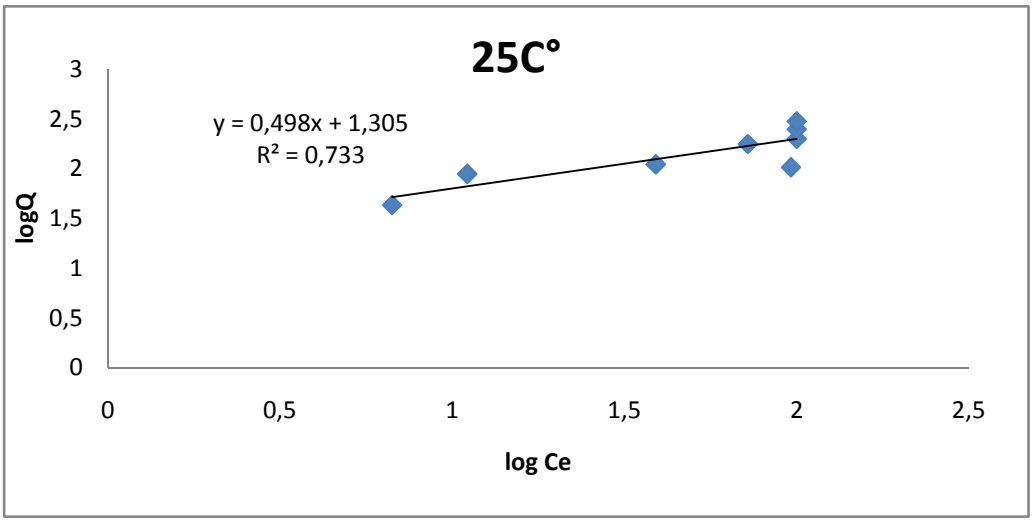


Figure. IV.11: modélisation linéaire par le modèle de Freundlich

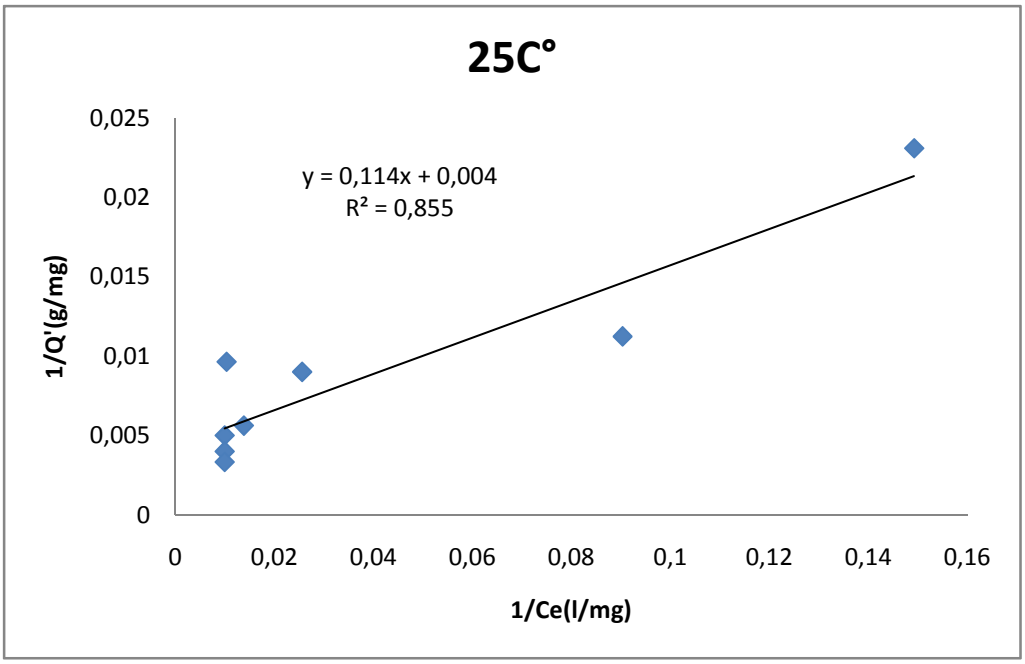


Figure. IV.12 : modélisation linéaire par le modèle de Langmuir

Tableau .IV. 4: Paramètres équationnels des modèles de Freundlich et de Langmuir de l'adsorption du colorants sur le charbon actif.

	Langmuir			**Freundlich**		
Paramètres / **T°C**	b (l/mg)	q_m(mg/g)	R^2	K_A	1/n	R^2
T=10°	0,0129	10,869	0,69	1828.100	3,262	0,662
T=25°	0,035	250	0,855	20.183	0,498	0,733
T=35°	0,0089	500	0,962	3.169	1,229	0,891
T=45°	0,0114	500	0,984	3.723	1,267	0,965
T=55°	0,0172	166,67	0,546	4.226	1,07	0,602

Les résultats des autres températures sont obtenus pour les différentes constantes calculées à partir de la modélisation linéaire des modèles utilisés.

A partir des résultats de modélisation des isothermes donnés dans le **Tableau IV.4,** on observe que les modèles linéaires représentent bien les isothermes d'adsorption du fuchsine acide sur le charbon actif(écorce de grenade)

Dans l'ensemble nous constatons que le modèle linéaire de Langmuir est le modèle le plus Crédible qui décrit mieux nos résultats expérimentaux, avec des q max=500mg/g, et R^2= 0.984pour l'adsorption de la fuchsine

Le modèle de Langmuir montre que les surfaces de nos échantillons sont homogènes sur le plan énergétique et une adsorption monomoléculaire de la fuchsine sur le charbon actif.

IV.8. Les résultats des analyses physicochimiques

Les analyses physicochimique des eaux traité et brutes montre la conformité de ses paramètres avec les normes de l'Organisation Mondiale Sante (OMS) et absence des paramètres de polluant le tableau suivant porte de tous les paramètres analysées

Tableau .IV.5 : Paramètres de l'eau brute, traitée selon l'Algérienne Des Eaux (ADE) et l'eau traitée par notre charbon actif selon les Normes Algérienne (voir l'annexe).

Paramètre	Eau brute	Eau traitée par l'ADE	Eau traitée par le charbon	Normes
Cond($\mu s/cm$)	2210	2260	2330	2800
T°($C°$)	18.9	11.8	18.4	25
Sal(mg/l)	1.2	1.1	1.2	1.2
TD	OFL	OFL	OFL	OFL
NTU	1.73	1.42	4.62	5
PH($mg\ /l$)	8.05	7.89	8.57	6.5-8.5
TH($m\ g/l$)	180.4	73	110	110
Ca^{2+}(mg/l)	200.4	160.32	252.5	200

$Mg^{2+}(mg/l)$	114.21	80.19	145.8	150
TAC(mg/l)	143.5	122.5	211	211
$HCO_3^-(mg/l)$	164.09	149.45	257.42	257.42
$NO_2^-(mg/l)$	0.0264	00	0.07	0.1
$NH_4^+(mg/l)$	0.16	00	0.28	0.5
$NO_3^-(mg/l)$0ç!!	6.688	4.981	5.617	50
$PO4^{3-}(mg/l)$	0.1	00	0.2	0.5
$SO4^{2-}(mg/l)$	1726.8	150.78	1296.6	400
MO(mg/l)	4	03	8.80	8.80
$CL^-(mg/l)$	418.15	496.342	538.886	500
$Fe^{3+}(mg/l)$	0.040	0.0012	0.060	0.3
$Mn^{2+}(mg/l)$	*00*	00	0.0011	0.5
$Na^{2+}(mg/l)$	675	480	525	200
$K^+(mg/l)$	09	10.1	50	20
R-S(mg/l)	1095	1820	1748	2000
DBO5	03	_	00	05_10

D'après le **Tableau IV. 5**, nous remarquons que tous les éléments analysés chimiquement et physiquement sont conformes aux normes de l'eau potable. Ces résultats sont encourageants,

- **Potassium k^+**

D'après les résultats obtenues selon les normes Algériennes on remarque que les différent échantillons d'eau traite par le charbon montrent que touts le teneur en potassium K sont légèrement supérieur aux normes à 20mg/l mais dans l'eau brute on remarque valeur admissible.

- **Calcium Ca^{2+}**

On peut conclure que les valeurs de calcium ne conforme pas les normes à 200 mg/l.

IV.9.Conclusion

Le charbon actif préparé à partir d'écorce de grenade est efficace pour l'élimination de la fuchsine acide. L'optimisation des conditions opératoires constitue un facteur important pour l'amélioration du pouvoir adsorbant du charbon actif.

L'étude effectuée pour l'évaluation de la capacité d'adsorption du matériau choisi à savoir le charbon actif préparé à partir des écorce de grenade nous a permis d'aboutir à des valeurs optimales dans telles conditions de travail.

la caractérisation du produit élaboré a montré que le charbon actif a des propriétés texturales et structurales très développées ce qui confirme leur grande caractère adsorbant. L'analyse chimique élémentaire effectuée par un spectromètre montre que le charbon actif élaboré à partir des écorces de grenade est un bon adsorbant des polluants organiques et inorganiques présents dans l'eau. Il pourrait être utilisé dans les stations d'épuration.

Conclusion général

L'objectif de cette étude consiste à la préparation du charbon actif à partir de déchet d'origine végétale, des écorce de grenade ; afin d'obtenir un produit applicable dans le traitement des eaux. Les agents d'activation chimiques utilisés sont : l'acide nitrique (HNO3) et le carbonate de sodium (Na2CO3).

- La synthèse de charbon actif par la méthode d'activation chimique a fait l'objet de nombreuses études. Le choix de l'activation chimique vient de fait que la préparation du charbon actif se fait à basses température et un coût d'activation moindre. En plus, ce procédé permet d'atteindre un charbon actif de bonne qualité avec une structure poreuse très importante et de grande surface spécifique.
- Les spectres IR de charbon actif comporte les bandes de vibrations d'élongation de l'hydrogène des groupes hydroxyles O-H (de carboxyles, phénols ou alcools).
- L'étude de la cinétique en fonction de la concentration de la fuchsine acide sur la capacité d'adsorption du charbon actif a montrée que : la quantité adsorbée augmente avec l'augmentation de la concentration initiale des solutions.
- La valeur de la masse d'adsorbant qui donne meilleure rendement est de 0.1g.
- Le modèle de pseudo-second-ordre est le modèle établi dans cette étude pour simuler les cinétiques d'adsorption du colorant sur le charbon active avec un facteur de corrélation $\boldsymbol{R^2 = 0.998}$ pour toutes les concentrations.
- Les isothermes d'adsorption sont simulées très correctement par le modèle linéaire de Langmuir puisque c'est le modèle le plus crédible qui décrit mieux nos résultats expérimentaux, avec une quantité maximale q_m= 133.86mg/g et R^2= 0.962

A la fin de ce travail, nous nous sommes intéressés à la qualité de l'eau de la station d'ADE DE MEDEA de **Barrage Ghrib** par des analyses physicochimiques et bactériologiques.

Vu les risques de contaminations, nous avons opté pour un contrôle de la qualité de l'eau. La station de traitement de cette eau afin de s'assurer du bon fonctionnement de la station et de la conformité de la qualité de l'eau selon les normes internationales.

Le DBO_5 mesure la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour l'oxydation des matières organique dans l'échantillon d'eau. La valeur de DBO_5 nul de l'eau traité par notre charbon actif confirme l'absence des bactéries dans nos échantillons d'eau.

- Les écorces de grenades forment un résidu naturel non coûteux représentant aujourd'hui un avantage majeur pour le traitement des eaux. En effet, il est possible de les utiliser comme des adsorbants moins onéreux et très efficaces pour l'élimination de colorant après leur carbonisation et activation dans des conditions optimales bien définies.

Notre contribution ouvre la voie à des investigations futures pour la valorisation des déchets végétaux à savoir écorce de grenades ou autres en l'exploitant dans le domaine d'épuration des eaux par le procédé d'adsorption étant donné que ce dernier est très utile pour minimiser le degré de pollution et aussi dans la purification des effluents industriels et de protection de l'environnement d'une manière générale.

[1] http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau.

[2] Mémento technique de l'eau 2eme édition.

[3] http://www.coursdeau.com/junior_4/dossiers/eau_potable_criteres.html

[4] Sierra Legal. Canada's Sewage Report Card results: Embarrassingly Low grades for coastal cities; Victoria suspended. Septembre **2004**.

[5] Alburquerque, J. A., Gonzalvez, J., Garcia, D. & Cegarra, J. **2006**.

[6] NFT 90-008 – avril **1953** tp.com/IMG/pdf/fiche_ressource_n03_cle889a33.pd

[7] **Dr. R. Salghi**, différentes filières de traitement des eaux usées. Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir (**1997**). ENSA.

[8] NF EN 872 - avril **1996**

[9] NF T 90-103 - décembre **1975**.

[10] NF EN 25663 - janvier **1994**.

[11] NF EN 1189 – janvier **1997**.

[12] **Galzy. P.** et **Guiraud.J**, L'analyse microbiologique de l'eau in analyse microbiologique dans l'industrie alimentaire.ED.usine. (**1980**).

[13] **J.A. Moore**, «Chimie organique moderne, travaux pratiques».Université de Delaware–Traduit par Colette et Alain Staub. Editions HRW LTEE, Montréal, Toronto–Distributeur exclusif pour l'Europe, MASSON, **1975**.

[14] Fiche ressources N3-les différentes étapes de traitement de l'eau :http://colleges.planete-

[15] **K. Mehdjoubi, M. Belmimouni**, « Essais d'élimination d'un colorant basique en solution aqueuse synthétique par certains matériaux déchets traités». Mémoire de fin d'études DEUA Chimie, Université de Tlemcen, **2010**.

[16] **F. Ramade**, « Dictionnaire encyclopédique des pollutions ». Editions science International, Paris, 2000, 110.

[17] **J. MAJAULT**, « Textiles chimiques, fibres modernes».Editions Eyrolles, 161.

[18] **M. Flandrin-Bletty**, «Technologie et chimie des textiles».2ème Editions CEPADUES, Toulouse, **1991**, 185.

[19] **A.D. Laurent, V. Whathelet, M. Bouhy, D. Jacquemin, E. Perpète**, «Simulation de la perception des couleurs de colorants organiques».Techniques de l'Ingénieur, AF 6810, **2010**,3-4.

[20] «Les hommes et les colorants», site internet.

[21] M. Lemonnier, M. Viguier, «Les textiles et leur entretien».Editions Jacques Lanor Paris 7e, **2002**, 104-105.

[22] **J**. **Levisalles, B. Castro, P. Caubère, M. Josefowicz**, « Chimie organique, 3. Composés organique complexes».Editions Flammarion Sciences, Paris 6e, **1974**, 232-235.

[23] I. Brossard, «Technologie des textiles».4ème Editions DUNOD, Paris, 1970,254.

[24] Zhenwang L., **Zhenlu C**., **Jianyan L.,** The PT dye molecular structure and itschromophoric luminescences mechanism.15th World Conference on Non-Destructive Testing, 15-21 October 2000, Rome.I.9 Le Colorant étudie : fuchsine acide

[25] « Fuchsine - Définition » issu de Sante-Medecine (sante-medecine. comment camarche.net) est soumis au droit d'auteur.

[26] Masse molaire calculée d'après « Atomic weights of the elements 2007 » [archive], sur www.chem.qmul.ac.uk.

[27] Fuchsine [archive] sur cnrtl.fr

[28] P Wuithier, Raffinage et génie chimique, Édition Technip. Paris, **1972**.

[29] http://fr.wikipedia.org/w/index.php title=Charbon_actif&oldid=75679853.

[30] http://www.lenntech.fr/adsorption.htm

[31] C.E. Chitour, Physico -chimie des surfaces, Volume 2, Les interfaces gaz-solide et liquide- solide, Édition O.P.U. Alger. (**1992**).

[32] E. Koller, Aide-mémoire Génie chimique, 2ème Edition DUNOD. Avril(**2005**) 364-366.

[33] C. Faur-Brasquet, Z. Reddad, K. Kardirvelu, P. Le Cloirec,Modeling the adsorption of metal ions (Cu2+, Ni2+, Pb2+) onto ACCS using surface complexation models, Applied Surface Science.196(**2002**) 356-365.

[34] J. P. Chen, M. Lin,Surface charge and metal ion adsorption on H-type activated carbon: Experimental observation and modeling simulation by the surface complex formation approche, Carbone.39(**2001**)1491-1504.

[35] Technique de l'ingénieur.www.technique-ingeieur.fr. **J1092**

[36] Ho, Y.S., **McKay**, **G**., Process. Biochem. 34 (**1999)** 451 .

[37] L., **MING SUN, F., MEUNIER**, adsorption, aspect théorique, édition technique de L'ingénieur, j 2730**, (2003) .**

[38] L., **MELJAC**, 2004, étude d'un procédé d'imprégnation de fibre de carbones activés modélisation des interactions entre ces fibres et le sulfure d'hydrogène, thèse de doctorat, Université de jean Monnet, st-Etienne.

[39] R. Desjardins, Le traitement des eaux. 2éme Edition revue et améliorée, Édition de l'Ecole Polytechnique de Montréal. (**1990**).

[40] F. Edeline, L'épuration physico-chimique de l'eau. 4 ème Edition, CEBDOC Tec & Doc, Paris. (**1998**).

[41] I. Langmuir, Mödling of adsorption, Phys. Rev.6(**1915**) 78-80.

[42] Braz, J. Chem. Eng.vol.26no.2São PauloApr.**2009**.

[43] Barka, Etude comparative des propriétés d'adsorption de quelques micro-polluants sur les phosphates naturels et le charbon actif, Mémoire de fin d'étude, université Mentouri à Constantine.(**2004**).

[44] H.Freundlich, An adsorption insolution. **Z.Physik**. Chime. 57(**1906**) 385-471.

[45] G.D. Halsey, The role of surface heterogeneity, Advances Catalysis. 4**(1952)** 259-269.

[46] Fiani, Adsorption de polluants gazeux sur des filtres à charbon actif, Modélisation des échanges couplés de matière et de chaleur, INPG-EMSE.Saint-Etienne.France. **(2000).**

[47] Barrer, Zeolites and clay minerals as sorbents and molecular sieves, Academic Press.1978.

[48] Industrialalumina chemicals, ACS Monograph. 184 (1986).

[49] C. Moreno-castilla, Adsorption of organic molecules from aqueous solution on carbon materials, (2004) 42, 83, 94.Availableonline atwww.sciancedirect.com

[50] L. Robert, F. Dardel, Adsorption J2730, Traité Génie des procédés. (**1988**).

[51] www. fr.wikipedia.org/wiki/Charbon actif

[52] Degremonts, Memoto-Technique de l'eau, Lavoisier et Documentation. (**1989**).

[53] www.planete-energies.com/...charbon/la-formation-du-charbon-55.html.

[54] http://www.lenntech.fr/francais/charbonactif-grain-poudre.htm.

[55] Cours de **Tamar Kohm**, water et waste water Treatment, Adsorption, solide. 16-23

[56] T.wigmans, carbon 27,113-22**(1989)**

[57] ww.grese.ch/.../Evaluation%20de%20charbons%20actifs%20en%20poudre.pdf

[58] wikipedia.org/wiki/Charbon.

[59] N. Bouziane, Elimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, Mémoire de Magister En Chimie, Université Mentouri de Constantine. **(2007).**

[60] http://en.wikipedia.orgwiki /activated_carbon.

[61] M. A. Slasli, Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux:Approches théorique et expérimentale, Thèse de l'Université de Neuchâtel, Faculté Des Science**. (2002)**

[62] M. A. Slasli, Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux: Approches théorique et expérimentale, Thèse de l'Université de Neuchâtel, Faculté Des Science**. (2002)**

[63] F. Roussac, A. Roussac, Analyses chimique, méthode et technique instrumentales modernes, Edition Masson. **(1994).**

[64] Grini, Z., Belazouz, **N**., Elimination des métaux lourds à l'aide d'un biosorbant d'origine végétale, Mémoire de Master, Médéa, **2013.**

ANNEX

Tableau (A-1): Normes Algérienne de la potabilité des eaux de consommation

(NA6360du journal officiel n°57, le 20/08/1992)

Annexe n° 1 : Normes Algériennes (NA 6360)

Le Tableau indique les Concentrations Maximales admissibles Algériennes

(Chimiques et Bactériologiques) pour des eaux différentes

les norme de potabilité

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Facteurs organoleptiques			
Odeur	Seuil de perception à 25°C	0	4
Saveur	Seuil de perception à 25 °C	0	4
Couleur	mg/l échelle Pt/Co	0	25
Turbidité	NTU	1	5
Facteurs physico-chimiques			
PH	/	/	6,5 – 8,5
Conductivité	µs/cm à 20 °C	/	2800
Température	°C	/	25
Résidu Sec	mg/l après séchage à 105 °C	/	2000
Dureté Totale	mg/l $CaCO_3$	200	500
Calcium Ca^{2+}	mg/l	75	200
Magnésium Mg^{2+}	mg/l	/	150
Sodium Na^{2+}	mg/l	/	200
Potassium K^{+}	mg/l	/	20
Sulfates SO_4^{2-}	mg/l	200	400
Chlorures Cl^{-}	mg/l	200	500
Oxygène dissous	mg/l	5	8
Facteurs de pollutions			
Nitrates NO_3^{-}	mg/l	/	50
Nitrites NO_2^{-}	mg/l	/	0,1
Ammonium NH_4^{+}	mg/l	0,05	0,5
Phosphate PO_4^{3-}	mg/l	/	0,5
Facteurs indésirables			
Fer Total	mg/l	/	0,3
Manganèse Mn^{2+}	mg/l	/	0,5
Aluminium Al^{3+}	mg/l	/	0 ,2
Facteurs Bactériologiques			
Germes Totaux 37°C 24h 22°C 24h	 Nbr./1 ml Nbr./1ml	 10 100	 / /
Coliformes Totaux	Nbr./100 ml	/	0
Colibacilles	Nbr./100 ml	/	0
Streptocoques fécaux	Nbr./100 ml	/	0
Clostridium sulfitoréducteurs	Nbr./10 ml	/	0

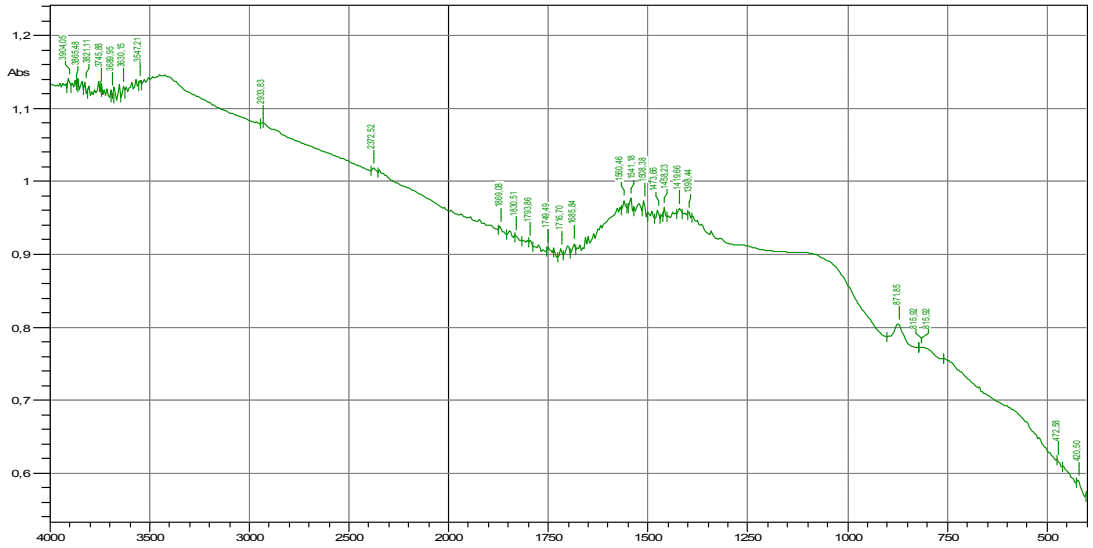


Figure (A-1): spectre FTIR Avant l'adsorption (absorbance)

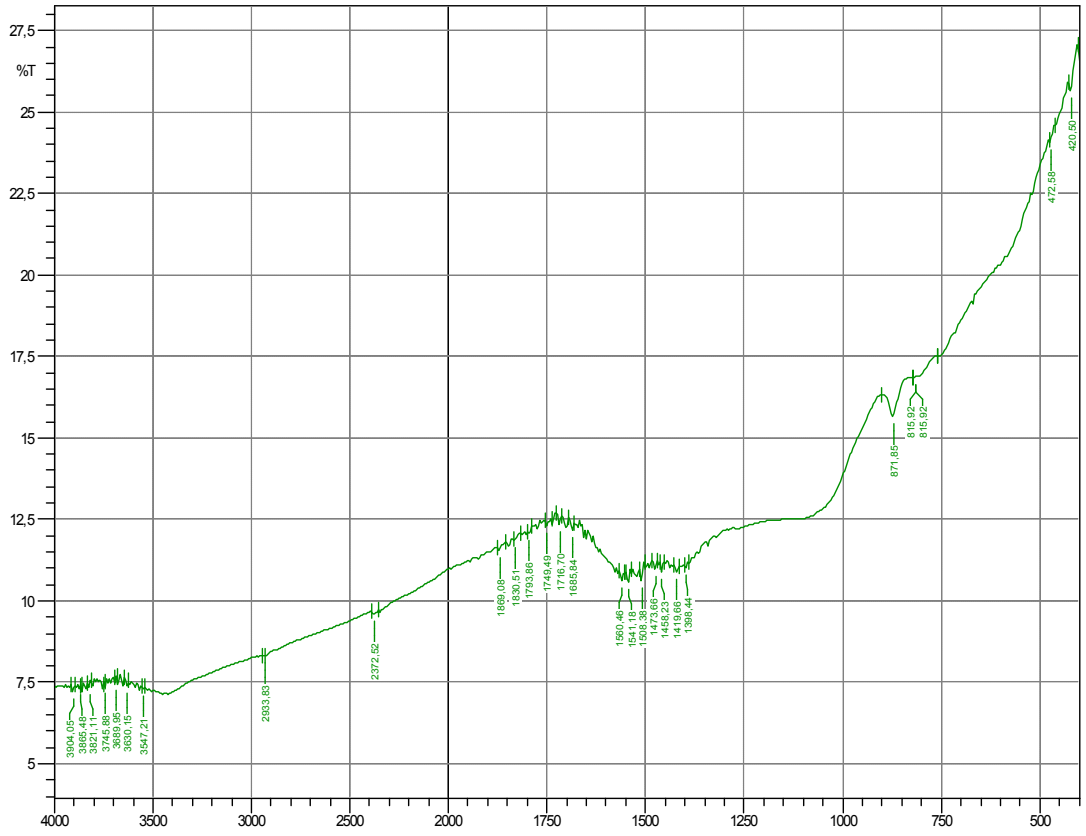


Figure (A-2): spectre FTIR Avant l'adsorption (transmitance)

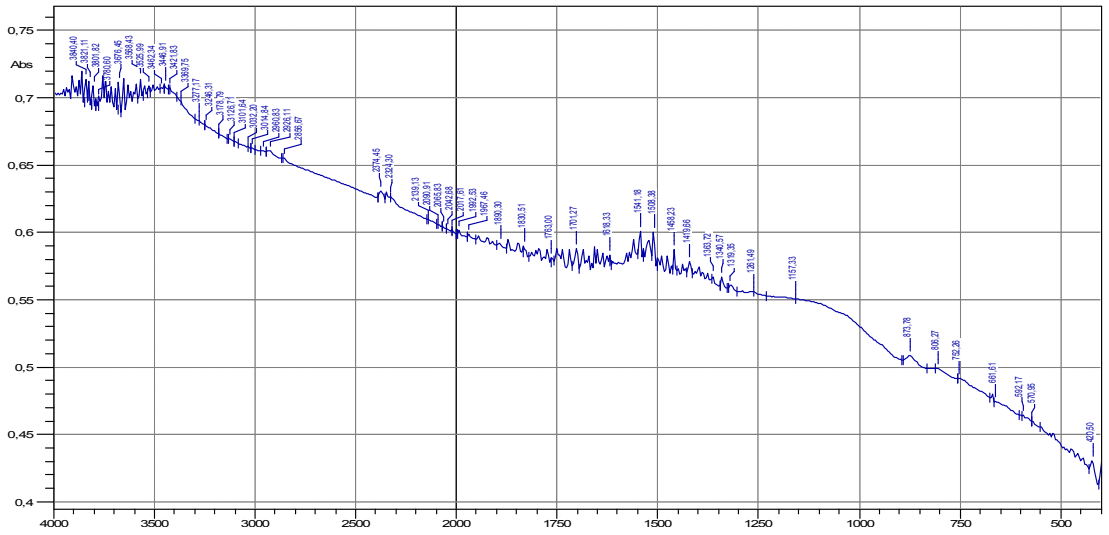


Figure (A-3): spectre FTIR Après Adsorption

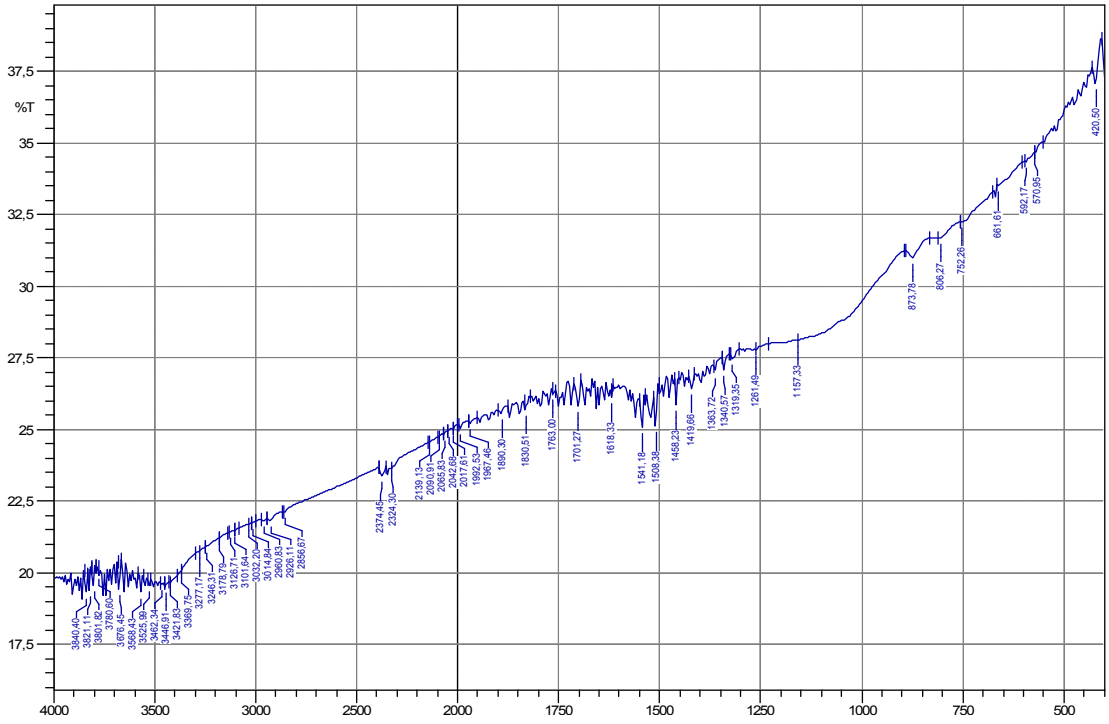


Figure (A-4): spectre FTIR Après transmitance

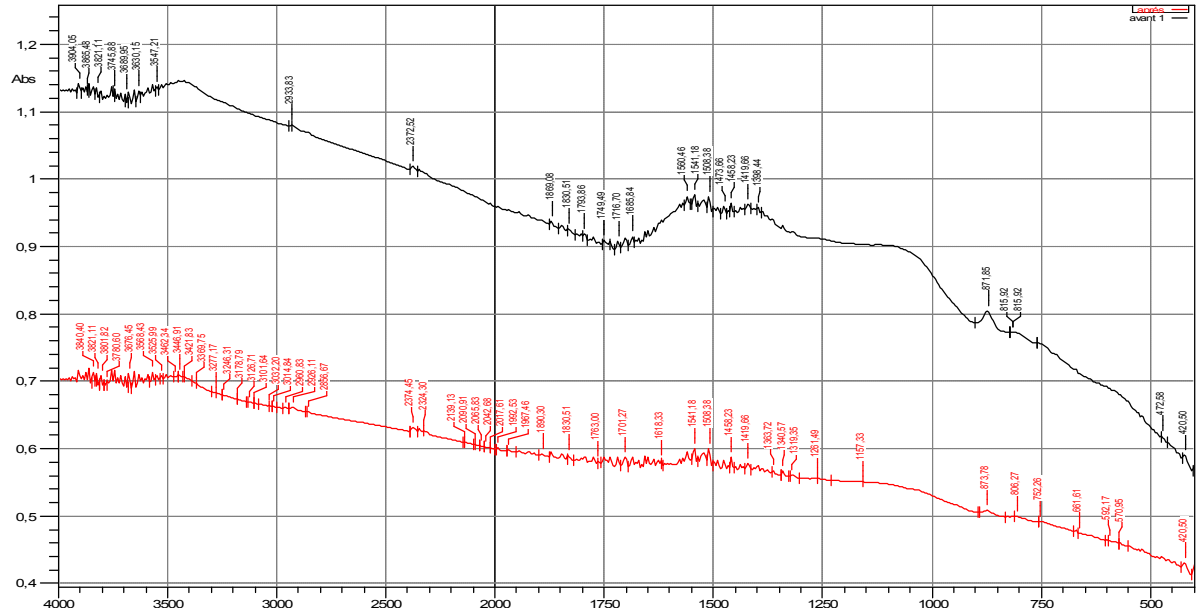


Figure (A-5): spectre FTIR Avant + après 'superposition ' l'adsorption (absorbance)

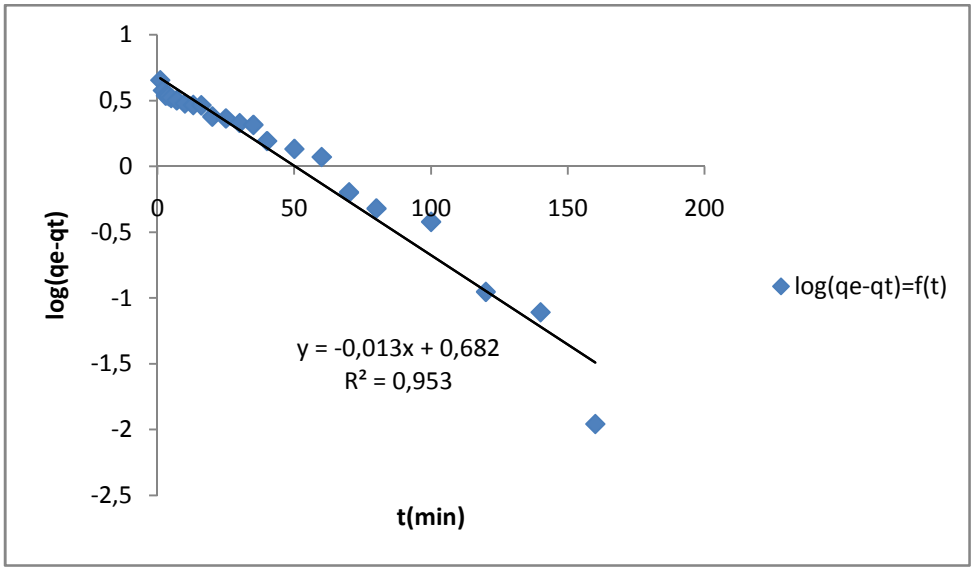


Figure. IV.5(A-6): représentation graphique de la modélisation de la cinétique d'adsorption de la fuchsine acide -le modèle de pseudo-premier-ordre