République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Dr. Yahia Farès de Médéa

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département du Génie des Procédés

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté en vue du l'obtention du Diplôme de Master en Génie des Procédés

Option : Pollution Chimique et Gestion Environnementale

Thème

Traitement des eaux usées sur un biomatériau

Présentée par :

M^elle^ SERRAH khedidja

M^elle^ KHEDIM lwiza

Proposée et dirigée par

Dr : H. CHERIFI

Année Universitaire 2015- 2016

Remerciment

Tous d'abord nous remercions le grand Dieu pour nous avoir donnés la santé, le courage et la volonté pour achever ce travail.

Ce travail a été effectué au laboratoire de science biologique du département de science technologie, Faculté des Sciences de la technologie de l'Université de Média.

Nous adressons nos remerciements au Dr. H .CHERIFI et Mme YOUSS, pour nous avoir encadrés et conseillés pendant toute la réalisation de ce travail.

Leurs aides appréciables, leurs encouragements qui nous ont permis d'avancer dans l'élaboration de ce travail et à qui nous témoignons notre profonde reconnaissance.

Nous tenons tiens à remercier les membres d'avoir accepté de juger ce travail.

Nous remercions également tous les enseignants du département de génie des procédés de l'université de Médéa.

Nous adressons notre vifs remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous

Dédicace

Avec toute sincérité et modestie, et à la fin de ma formation,

je tiens à dédier ce modeste Travail à :

Mes plus grands amours après Allah et son prophète, Aux prunelles de mes yeux:

"Mes chères parents":ALI SAADIA RAINI qui ont toujours veillés sur nous et sur notre avenir.

''Mes chères frères'':YAHYA et son marie khalida IBRAHIME MOHAMED .

Une spéciale dédicace à très chers frères AHMED qui mon aidée et remercier beaucoup.

A toutes la famille : SERRAH et RAINI et surtout ma tente HORIA.

''Mes chères soeures'':FATMA et son petit garçon (MOAIED) ; FATIMA ZOHRA et son deux petites filles (ISRAA et SAIDA) ma petite fille : AMINA je souhaite le saccude pour le BAC 2016.

Je didie Les maries de mes soeure ''MOHAMED et

ABDE SLAME ''.

A tout mes chères amies qui y'à proche pour ma coeur : SIHAM, HADDA, FATIMA , WAHIBA , NADIA GASMI ; et je souhaite beaucoup souccée pour l'étude et votre vie.

''Mes cousines '': ZAHRA CHRIFA et tous qui connu pour moi

Et bien sur mon binôme : LWIZA.

A tous qui mon aider de loin et à proche même d'un mot d'encouragement qui ma donnée Pour élevée le moral.

Sans oublier la promotion de génie des procèdes 2016

A tous qui m'ont connue et je n'ai pas cité le nom .

khedidja

Dédicace

Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage pour accomplir ce modeste travail.

A la plus belle bougie qui a éclaircie tout ma vie depuis les neufs mois jusqu'à présent.

Que ALLAH le protège et le garde pour mois; mon petit AYMEN.

"Mes chers parents" : MAILOUDE et FATMA qui ont toujours veillés sur nous et sur notre avenir

Mes chères sœurs : MARYAME et leur petite garçon ABDNOURE et ISAME ; petite fille RITADJE .

Mes chères frères : YOUCEF,YAAKOUBE , AHMED, ISHAKE .

Toutes mes cousines ainsi que toute la famille : khedime et SAADI et je didie principalement grande mère et père MASOUDA, SAADE

Et bien sur mon binôme : khedidja

A mes chères amies: ZOHRA, DALILA, ZAHIYA, FATIHA, FATIMA.

A mes amies de long d'étude.

A tous qui mon aider de prés ou de loin même d'un mot d'encouragement.

LWIZA

Résumé

ملخص

هذه الدراسة تركز على إستعمال ذات أصل نباتي وفي صدد هذا قمنا بإعداد الكربون المنشط من قشور الرمان لمعالجة النفايات الملونة ذات المصادر الصناعية مثل الفيشين .

تمت دراسة مختلف المعايير التي تؤثرعلى اللإمتصاص مثلا درجة الحرارة, الكتلة ,التركيز الأولي,وأظهرت النتائج التجريبية أن إمتصاص الفيشين الموجب على الكربون المنشط90 ٪ في درجة الحموضة الأولية والحرارة الطبيعية.

أظهرت دراسة تأثيرالحرارة على كمية الإمتزاز أن نموذج فرندلش أعطى أحسن نموذج.

الكلمات المفتاحية الكربون, الإمتصاص,النفايات الملونة , الإمتزاز.

Abstract

The present study is to use a new biodegradable natural adsorbent vegetable based. This is part of the preparation of activated carbon from bark of grenadine, to treat colored discharges from industrial sources such as fuchsin (F).And secondly the study of the influence of different experimental parameters: adsorbent mass, temperature, initial concentration. The experimental results showed that adsorption of the dye Basic Fuchsin on activated carbon reaches 90% at initial pH and at room temperature.

The study of the isotherm shows that the model of Freundlich well describes the process of adsorption of fuchsin on manufactured charcoal powder.

Key words: coal, adsorption, colored discharges, cooler

Résumé

La présente étude consiste à utiliser un nouvel adsorbant naturel biodégradable à base végétale. Il s'agit d'une part de la préparation de charbons actifs à partir des écorces de grenadine, pour traiter des rejets colorés d'origine industrielle telles que la fuchsine (F). Et d'autre part l'étude de l'influence de différents paramètres expérimentaux : masse d'adsorbant, température, concentration initiale. Les résultats expérimentaux ont montré que l'adsorption du colorant Fuchsine Basique sur le charbon active atteint 90% à pH initial et à température ambiante**.** L'étude de l'isotherme montre que le model de Freundlich décrit bien le processus de l'adsorption de la fuchsine sur la poudre de charbon fabriqué.

Mot clés : charbon, adsorption, rejets colorés, isotherme.

Sommaire

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale ……..1

Chapitre I: Pollution des eaux

I.1Introduction.....3
I.2 La pollution de l'eau.....3
I.2.1 Définition.....3
I.2.2 Les sources de la pollution.....3
I.2.2.1 Source urbaine.....3
I.2.2.2 Source industrielle.....4
I.2.2.3 Source agricole.....4
I.2.2.4 Source naturelle.....4
I.2.2.5 Source microbiologique.....4
I.2.3Les types de polluants.....5
I.2.3.1 polluants organiques.....5
I.2.3.2 Les polluants biologiques.....5
I.2.3.3 Les polluants chimiques.....6
I.2.3.4 Les polluants physiques.....6
I.2.4 Les paramètres indicateurs de pollution.....6
I.2.4.1 Paramètres physiques.....6
I.2.4.1.1 Couleur.....6
I.2.4.1.2 Odeur.....7
I.2.4.1.3 Turbidité.....7
I.2.4.1.4 Conductivité.....7
I.2.4.1.5 Température.....7
I.2.4.1.6 Matières en suspension.....7
I.2.4.2 Paramètres chimiques.....8
I.2.4.2.1 pH.....8
I.2.4.2.2 Oxygène dissous.....8
I.2.4.2.5 L'azote.....8

I.2.4.2.6 Le phosphore 8
I.3 Les colorants 8
I.3.1 Historique des colorants 8
I.3.2 Définition d'un colorant 9
I.3.3 L'origine de matières colorantes 9
I.3.4 Classification des colorants 9
I.3.4.1 Classification technologique ou (appellation usuelle) 10
I.3.4.2 Classification technique 10
I.3.4.2.1 Les colorants naturels 11
I.3.4.2.2 Les colorants synthétiques 11
I.3.4.3 Classification chimique 11
I.3.4.3.1 Les colorants azoïques 11
I.3.4.3.2 Les colorants anthraquinoniques 12
I.3.4.3.3 Les colorants indigoïdes 12
I.3.4.3.4 Les colorants xanthène 12
I.3.4.3.5. Les phtalocyanines 13
I.3.4.3. 6. Les colorants nitrés et nitrosés 13
I.3.4.3.7. Les colorants triphénylméthanes 13
I.3.5 Utilisation des colorants 14
I.3.6 Procédés de traitement des colorants 14
I.3.7 Toxicité des colorants 15
I.4 Le Colorant étudie : fuchsine basique 15
I .4.1 Les colorants basiques ou cationiques 15
I.4.2 Propriétés physiques et chimiques 16
I.4.3 Informations sur les effets toxicologiques 16
I.4.4 Identificateur de produit 17
I.4.5 Nature des colorants 18
I.5 Conclusion 18

Chapitre II: Généralité sur L'adsorption

II.2 L'adsorption 19
II.2.1 Nature de l'adsorption 19
II.2.1.1 L'adsorption chimique 19
II.2.1. 2 L'adsorption physique 20
II.3 Description du mécanisme d'adsorption 20

II.4 Les facteurs influençant l'adsorption 21
II.4. 1 Effet de la Surface spécifique 21
II.4. 2 Effet de la température 22
II.4. 3 Effet de la concentration 22
II.5 Les isothermes d'adsorption 22
II.5.1 Classification des isothermes d'adsorption 23
II.5.2 Modélisation mathématique des isothermes d'adsorption 23
II.5.2.1 Isotherme d'adsorption de Freundlich 23
II.5.2.2 Modèle de Langmuir 24
II.6 Cinétique d'adsorption 24
II.6.1 Modèle cinétique du pseudo premier ordre 25
II.6.2 Modèle de la cinétique du pseudo- second ordre 25
II.7 Les Adsorbants 26
II.7.1 Charbon actif 26
II.7.2 Les zéolithes 26
II.7 .3 Tamis moléculaires 27
II.7 .4 Alumines 27
II.7.5 Les argile (les bentonites) 27
II.8 Les critères de performance d'un adsorbant 27
II.9 Description et Propriété des charbons actifs 28
II.10 Conclusion 29

Chapitre III: Matériels et méthode

III.1 Introduction 30
III.2 Matériels 30
III.2.1 Appareillage utilisé 30
III.2.2 Produit utilisés 30
III.2.3 Adsorbant 31
III.2.3.1 Préparation du charbon actif 31
III.2.4 Adsorbat 33
III.2.4.1 Préparation des solutions 34
III.3 Choix de la méthode d'analyse 35
III.3.1 Analyse par spectrophotomètre UV/Visible 35
III.3.1.1 La loi de Berr Lambert 35
III.3.2 Les analyses physicochimiques 36
III.3.2.1 Humidité 36
III.3.2.2 Masse volumique apparente 37

III.3.2.3 Masse volumique réelle 37
III.3.2.4 Surface spécifique par unité de volume de la solution 38
III.3.2.5 Colloidalité 38
III.3.2.6 pH 39
III.3.2.7 Conductivité 39

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV.1 Etude Caractéristique du charbon 40
IV.1.1 Caractérisation par spectroscopie infrarouge (FTIR) 40
IV.1.2 Caractérisation physico-chimique du charbon 42
IV.1.3 Etude paramétrique 42
IV.1.3.1 Effet de la masse d'adsorbant 43
IV.1.3.2 Influence de la concentration initiale en colorants 44
IV.1.3.3 Effet du temps de contact 46
VI.1.3.4 Modélisation de la cinétique d'adsorption 47
IV.1.3.5 Influence de la température 49
IV.1.3.6 Modélisation des isothermes d'adsorption 50
Conclusion générale 55

Sommaire

Sommaire

Sommaire

Liste des tableaux

Listes des tableaux

Chapitre I : Pollution des eaux	
Tableau II .1: Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante.	**10**
Tableau I.2: Estimation des degrés de fixation de différents colorants aux fibres de textile.	**15**
Tableau I.3: Propriétés physico-chimiques	**16**
Tableau I.4 : Identification du produit Fuchsine basique	**17**
Chapitre II : Généralité sur l'adsorption	
Tableau II.1: différences entre l'adsorption physique et chimique	**20**
Tableau: II.2 : Principaux modèles « mono soluté »	**24**
Tableau II.3 : Principales caractéristiques du charbon activé	**28**
Tableau II.4: Propriétés physiques de charbon actif	**29**
Tableau II.5: Surfaces spécifiques de quelques matériaux adsorbants	**29**
Chapitre IV : Résultats et discussions	
Tableau IV.1 : Caractérisation physico-chimique du charbon actif d'origine naturel	**42**
Tableau IV.2 : Paramètres cinétiques de l'adsorption de F le charbon active et matière brute	**49**
Tableau IV.3 : Les constantes de Langmuir et Freundlich	**54**

Liste des figures

Liste des figures

ChapitreI : Pollution des eaux	
Figure I.1 Structure chimique des colorants azoïques	**12**
Figure I.2 Structure chimique des colorants anthraquinoniques	**12**
Figure I.3 Structure chimique des colorants indigoïdes	**12**
Figure I.4 Structure chimique des colorants xanthène	**13**
Figure I.5 Structure chimique des colorants phtalocyanines	**13**
Figure I.6 Structure chimique des colorants nitrés et nitrosés	**13**
Figure I.7 Structure chimique des colorants C.I. Basic Green 4	**14**
Figure I.8: formule chimique de Fuchsine	**16**
Figure I.9 : Cystine métalloïde chez Inocybe umbrina observée dans la fuchsine basique à 0,5 % (photo Marcel Lecomte).	**18**
Chapitre II : Généralité sur l'adsorption	
Figure II.1 : Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux	**21**
Figure II.2 : Représentation des différentes isothermes d'adsorption (d'apres Giles et al, 1960)	**23**
Chapitre III : Matériels et méthodes	
Figure III.1 : Organigramme de la préparation du charbon	**32**
Figure III.2 : Charbons actifs obtenus après refroidissement au dessiccateur	**33**
Figure III.3 : Charbon actif en défirent diamètre	**33**
Figure III.4: Structure chimique de la colorante fuchsine	**33**
Figure III.5 : préparation de la colorante fuchsine	**34**
Figure III.6: Spectrophotomètre UV/visible utilisé	**35**
Figure III.7 : La loi de Berr Lambert	**36**

Chapitre IV : Résultats et discussions	
Figure IV.1 : Spectre FTIR de charbon actif avant et après l'adsorption de la fuchsine	**40**
Figure IV.2 : Spectre FTIR de matière brute avant et après l'adsorption de la fuchsine	**41**
Figure IV.3 Effet de la masse de CA et MB sur l'adsorption de la fuchsine	**43**
Figure VI.4 : Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction de la masse sur différents adsorbants testés	**44**
Figure IV.5: Influence de la concentration initiale des colorants en solution (pH=8,23 T°=25C°, V=250tr/min).	**44**
Figure IV.6 : Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction de la concentration sur différents adsorbants testés	**45**
Figure IV.7: Cinétique d'adsorption de la fuchsine sur les charbons activés et matière brute (pH=8, T°=25C°, V=250 rpm, m_{CA}=0.5g et m_B=1g C_0=20(mg/L))	**46**
Figure IV.8 : Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction du temps sur différents adsorbants testés	**46**
Figure IV.9 : Application du modèle du pseudo-premier ordre pour le système CA/ F et MB/F	**48**
Figure IV.10 : Application du modèle du pseudo- seconde ordre pour le système CA/ F et CB/F	**48**
Figure IV.11 : Effet de la température sur l'adsorption de la fuchsine par CA et MB (v=250 tr/min, c_0= 20 mg/l, pH = 8.23)	**49**
Figure IV.12: Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction de la température sur différents adsorbants testés	**49**
Figure IV.13*:* Isothermes d'adsorption de la fuchsine sur le charbon actif	**51**
Figure IV.14*:* Isothermes d'adsorption de la fuchsine sur la matière brute	**51**

Figure IV.15: Isotherme de langmuir pour l'adsorption de la fuchsine sur le charbon actif valorisé.	**52**
Figure IV.16: Isotherme de langmuir pour l'adsorption de la fuchsine sur la matière brute valorisée.	**52**
Figure IV.17: Isotherme de Freundlich d'adsorption du CA/F	**53**
Figure IV.18: Isotherme de Freundlich d'adsorption du MB/F	**53**

Nomenclatures

b : Constante relative à l'énergie d'adsorption (L/mg)

C : La concentration du corps absorbant en mole/l

C : Concentration à équilibre en soluté

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

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

I/I_0 **:** La transmitance.

I_0 **:** L'intensité du faisceau à l'entrée de la cellule

I : L'intensité à la sortie de la cellule

K_F **:** Constante de Freundlich associée à la capacité d'adsorption

L : L'épaisseur de la cellule (épaisseur de la couche traversée) en cm

m : Masse de solide adsorbant utilisé (g)

n : Paramètre énergétique de Freundlich

Qe : Quantité de soluté retenue par le solide

q_e : Quantité du soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre

q_m**:** Capacité d'adsorption maximale (mg/g)

V : Volume de la solution (L)

ξ **:** Le coefficient d'extinction molaire

H (%) : l'humidité

M_0 : masse de charbon active avant séchage (g)

ρ_{app} : masse volumique apparente (g/cm^3)

S : surface spécifique de la particule adsorbée par unité de volume de la solution (m^2/m^3)

d_p: diamètre moyen du grain de charbon active (mm)

ρ_E : masse volumique de l'éthanol (g/cm^3)

M_E **:** masse de l'éthanol rajouté pour remplir le pycnomètre (g)

C_B : concentration de charbon activée ($g.\ m^{-3}$)

C : colloidalité en %

V : volume du surnageant en ml

$\mathbf{V_0}$: volume du pycnomètre (cm^3)

Abréviation

CAP : Charbon actif en poudre

CAG : Charbon actif en grain

CA : Charbon actif

DCO : Demande chimique en oxygène

CB : Charbon brute

DTO : Demande théorique en oxygène

DBO5 : Demande biochimique en oxygène

H : Les isothermes de type haute affinité

L : Les isothermes de type Langmuir

MES : Matières en suspension

MVS : Les matières volatiles en suspension

Liste des abréviations et nomenclatures

Introduction générale

Introduction générale

La qualité de l'eau, à travers l'histoire, a été un facteur important pour assurer le bien être humain. Actuellement, un des problèmes environnementaux les plus graves est la pollution de l'hydrosphère, qui est menacée par l'activité humaine. Dans les pays développés et ceux en voie de développement, la qualité de cet élément vital est en détérioration à cause des déchets des industries chimiques déversés dans la nature.

Parmi les polluants potentiels les colorants industriels occupent une position avancée. Ces colorants sont des composés organiques utilisés dans de nombreuses industries : papeteries, cosmétiques, agroalimentaires, textiles, agriculture produits pharmaceutiques, ainsi que dans des diagnostiques médicales.

Durant les trois dernières décennies, plusieurs méthodes de traitement des eaux résiduaires ont été utilisées d'une manière sélective suivant le type d'industrie et le type de rejet. On peut citer, l'adsorption, la coagulation-floculation, les traitements biologiques, la séparation membranaire et l'oxydation chimique.

Dans la recherche de nouvelles méthodes d'élimination ou de transformation de ces polluants, l'adsorption semblerait être une méthode de choix. L'adsorption est une méthode attractive et très efficace pour traiter les eaux colorées.

Les matériaux d'origine biologique comme les biopolymères et les minéraux comme les argiles apparaissent porteurs de solutions quant au choix d'adsorbants abondants, de faible coût et régénérables. Les charbons actifs sont parmi les adsorbants les plus utilisés dans le traitement des effluents toxiques. La compréhension des phénomènes mis en jeu lors de l'élaboration de tels matériaux est une étape primordiale. Grace à la révolution spectaculaire que connaissent les techniques d'analyse ces dernies temps, la modélisation de ce genre de phénomène est devenue de plus en plus contrôlable.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre contribution. Il s'agit d'étudier la cinétique d'adsorption du colorant sur le charbon actif d'origine végétale et de déterminer sa capacité absorbante. Cette évaluation est réalisée sur une molécule considérée comme modèle de colorant cationique basique, la fuchsine.

Notre étude est une contribution encourageante à mieux comprendre un certain nombre de paramètres gérant l'utilisation de matériaux naturels dans le traitement des eaux. Ce mémoire comporte trois principaux chapitres :

- Le premier chapitre présente une revue bibliographique sur l'eau dans la nature en décrivant ses différentes et principales sources de pollution, leurs origines, ainsi que les procédés de traitement, et les polluant organique on spécifie les colorants, leurs historique, les propriétés physicochimiques, ainsi que la nature, classification et leur toxicité etc.
- Le deuxième chapitre décrit et définit en détails la technique d'adsorption et les différentes modifications apportées aux matériaux (biosorbants) afin d'améliorer leurs capacités de rétention pour différents types de polluants. Ceci est suivi par une discussion de l'aspect physicochimique des interactions entre phases aqueuse et solide, du mécanisme et de l'équilibre d'adsorption/désorption, des différentes isothermes et cinétiques décrivant ce processus, etc.
- Le troisième chapitre décrit les matériaux utilisés, leurs origines et la méthodologie expérimentale suivie pour leur préparation, ainsi que la présentation des différents traitements appliqués et les techniques de caractérisations physiques et chimiques afin d'identifier la nature et la surface du biosorbants. Ce chapitre présente aussi les méthodes d'analyse des échantillons polluées utilisées.
- Le quatrième chapitre est consacré à la présentation des différents résultats expérimentaux obtenus ainsi que leur discussion.

Et enfin, une conclusion générale récapitule les principaux résultats obtenus au cours de ce travail et quelques perspectives.

Chapitre I
Pollution des eaux

I.1Introduction

La pollution de l'eau est très ancienne, elle est en germe dans toute action de l'homme sur son milieu. Au moyen âge, la plupart des sources d'eau potables sont contaminées d'où la propagation des grandes épidémies (peste, choléra, typhoïde, etc.) **[1,2].**

I.2 La pollution de l'eau

I.2.1 Définition

Le terme pollution peut avoir plusieurs définitions :

La pollution désigne la dégradation d'un biotope par l'introduction, généralement humaine, de substances chimiques ou organiques, gènes ou de radiations (radioactivité, lumière artificielle), altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement de l'écosystème. Par extension, le mot désigne aussi parfois les conséquences de phénomènes géologiques comme une éruption volcanique. La pollution d'origine humaine peut avoir un impact très important sur la santé et dans la biosphère comme en témoigne l'exposition aux polluants et le réchauffement climatique qui transforme le climat de la terre et son écosystème, en entraînant l'apparition de maladies inconnues **[2]**

Ainsi le terme pollution désigne l'ensemble des rejets des composés toxiques que l'homme a libéré dans la biosphère. La définition de la pollution est donc très large et elle permet de comprendre aussi bien des polluants d'origine naturelle que des polluants liés à l'activité humaine **[3].**

I.2.2 Les sources de la pollution

L'eau dans la nature et à fortiori celle qui est employée à des usages industriels et domestiques n'est jamais pure, de par les impuretés qu'elle peut renfermer sous Les trois états: Solides, liquides ou gazeux et qui peuvent être caractérisées par la taille qu'elles prennent en milieux aqueux.

I.2.2.1 Source urbaine

L'origine des eaux résiduaires urbaines est principalement domestique où les populations génèrent les trois quart des eaux usées. Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines telles que les urines, fèces, eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Les eaux usées urbaines peuvent aussi contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle, mais normalement, ces dernières doivent avoir subi un prétraitement pour atteindre des caractéristiques comparables à celles des eaux usées domestiques pour permettre un traitement en commun **[4].**

I.2.2.2 Source industrielle

Elle constitue les déchets liquides obtenus lors de l'extraction et de la transformation de matières premières en produits industriels. Les eaux résiduaires proviennent principalement de l'eau consommée dans de nombreuses opérations de fabrication par voie humide, comme par exemple: la précipitation, le lavage, le nettoyage des appareils, les ateliers, les filtrations, les distillations, etc **[5].**

Les effluents industriels peuvent causer des pollutions organiques (industries agroalimentaires, papeteries), chimiques (tanneries, usines textiles…), physiques (réchauffement par les centrales thermiques, matières en suspension des mines ou de la Sidérurgie). Ils sont responsables de l'altération des conditions de clarté et d'oxygénation de l'eau, pouvant aussi causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, pesticide, radioactivité). La pollution peut aussi être due à l'infiltration de produits toxiques mal entreposés, à des fuites dans les réservoirs ou à des accidents lors du transport de matières dangereuses menant à des concentrations dans les eaux qui peuvent aisément atteindre 1g/l **[6].**

I.2.2.3 Source agricole

La pollution d'origine agricole provient surtout des engrais et pesticides épandus dans le sol sur de très grandes surfaces à proximité ou pas de cours d'eau **[6].**

Ce type de pollution s'est intensifié depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation assez avancé. La concentration des élevages entraîne un excédent de déjections animales qui finissent par enrichir les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés, encourageant ainsi une source de pollution bactériologique. L'utilisation massive des engrais chimiques (nitrates et phosphates) altèrent aussi la qualité des nappes souterraines vers lesquelles ils sont entraînés.

I.2.2.4 Source naturelle

Ce phénomène se retrouve pour toute eau en contact avec l'atmosphère car celle-ci Contient du gaz carbonique CO2 qui est soluble dans l'eau pour donner de l'acide Carbonique de formule H2CO3. On comprend ainsi qu'une concentration de CO2 dans L'atmosphère conduit à une acidification de l'eau à son contact. Ainsi, même avant L'existence des pluies acides d'origine anthropique, les pluies naturelles étaient légèrement acides, ceci étant toujours le cas dans des zones protégées telles que les forêts Amazoniennes **[6].**

I.2.2.5 Source microbiologique

La qualité microbiologique de l'eau peut aussi être à l'origine des problèmes, qu'ils soient aigus où chroniques. Des accidents peuvent avoir lieu lors d'une mauvaise désinfection

des canalisations, donnant une eau de mauvaise qualité microbiologique qui peut être un facteur de risque de plusieurs pathologies, surtout digestives **[7].**

I.2.3Les types de polluants

Les eaux usées véhiculées par le réseau d'assainissement contiennent toutes sortes de résidus rejetés par les utilisateurs de l'eau courante, industriels, mais aussi de l'eau de pluie après ruissellement sur les chaussées, trottoirs et toitures de la ville, ces eaux résiduaires peuvent contenir des flottants, des matières en suspension et des matières dissoutes.

La pollution chimique (minérale) libère dans ces derniers divers composés tels que les nitrates, les phosphates, des sels utilisés en agriculture ainsi que divers résidus rejetés par la métallurgie (Pb, Cd, Hg) et d'autres activités (hydrocarbures) **[6].**

I.2.3.1 polluants organiques

Les polluants organiques sont les plus nombreux et les plus dangereux, certaines de ces substances sont même cancérigènes ou mutagènes, d'où l'importance de les éliminer. Ils peuvent être classés en phénols, hydrocarbures, colorants, détergents et pesticides, formant de loin, la première cause de pollution des ressources en eaux **[1].**

Ces matières organiques sont notamment issues des effluents domestiques (déjections animales et humaines, graisses, etc.) mais également des rejets industriels. Elles provoquent l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets bien évidents sur la survie de la faune. Ce sont aussi tous les déchets carbonés tels que la cellulose produite par les papeteries, le sucre ou le lactosérum des industries agro-alimentaires. À l'inverse des matières en suspension (MES), elles constituent une nourriture de choix pour les microorganismes de l'eau et provoquent leur prolifération. Les matières organiques se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique et les micro-organismes vont le chercher dans les sulfates dissous ($SO4^{-2}$), qu'elles réduisent en sulfure, qui se dégage sous forme de sulfure d'hydrogène, engendrant une odeur d'œufs pourris **[6].**

I.2.3.2 Les polluants biologiques

Les humains sont les plus importants pollueurs biologiques de la planète : les Contaminants fécaux sont parmi les polluants biologiques des sources d'eau potable ; par Conséquence l'homme et les animaux domestiques sont souvent contaminés par des microbes pathogènes **[8].**

Les bactéries présentes dans la matière organique peuvent avoir des effets néfastes sur la Santé humaine et animale. **[9]** telles que les streptocoques **[10],** Cryptosporidium, Escherichia coli O157, etc **[11].** En outre la pollution virale de la biosphère peut aussi avoir

des effets dévastateurs et selon les estimations, il y en a dix fois plus de virus sur la Terre que l'ensemble des cellules vivantes. **[8]**

I.2.3.3 Les polluants chimiques

Les industries chimiques continuent à synthétiser des milliers des substances chaque année. Plusieurs de ces produits sont spécifiquement conçus pour être toxiques et persistants **[12].** Cependant, les contaminants les plus nuisibles à la santé sont les produits chimiques d'origines naturelles qui se trouvent habituellement dans les eaux souterraines **[12].**

Un autre ensemble qui regroupe : l'azote organique et ammoniacal, le phosphore et les composés organo-halogénés. Les sels minéraux et les hydrocarbures aromatiques a faible poids moléculaires... a des concentrations moins de 30 kg/l. **[13]**

I.2.3.4 Les polluants physiques

La pollution physique est due essentiellement aux substances en suspension (matières solides) **[14].** Elle peut englober également plusieurs autres aspects : couleur, transparence, pH dont on peut citer :

- ✓ Les matières en suspension désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent.
- ✓ Les matières colorantes modifiant la transparence du milieu.
- ✓ La pollution thermique due au rejet des eaux utilisées pour le refroidissement des installations industrielles diverses**[15].**
- ✓ Les acides et les alcalins déchargés par l'industrie chimique et d'autres installations industrielles **[16].**
- ✓ Les risques nucléaires résultent des accidents divers ou des rejets des centrales nucléaires, ou dans le pire des cas, à partir d'une explosion nucléaire. Ces polluants sont notamment une série d'éléments et des composés radioactifs y compris les éléments dérivés de l'uranium, le plutonium, le césium, et l'iode **[10].**

I.2.4 Les paramètres indicateurs de pollution

I.2.4.1 Paramètres physiques

I.2.4.1.1 Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité **[17].**

I.2.4.1.2 Odeur

Le test de l'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation et celle-ci a donc un caractère personnel ; cette subjectivité ne peut être compensée que par la rigueur des essais et le nombre des expérimentateurs. Le test de l'olfaction est plus sensible et plus précis que celui de la dégustation **[17].**

I.2.4.1.3 Turbidité

La turbidité est le caractère trouble d'une eau qui traduit la présence de matière insoluble: colloïdes et /ou matières en suspension d'origine minérales, organique et biologique (limon, argile, plancton et autre microorganismes). L'unité de mesure est NTU ou FTU, ou unité JACKSON **[18].**

I.2.4.1.4 Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm.
Cette capacité dépend des sels solubles dans l'eau et de la température de mesure. Unité µsiemens/cm. La conductivité des eaux usées est très variable d'une région à l'autre **[17].**

I.2.4.1.5 Température

L'élévation de la température s'accompagne d'une modification de la densité qui décroit lorsque la température croit, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation), d'une diminution de la solubilité des gaz (oxygène). Quelques uns de ces effets peut avoir une action bénéfique ; une augmentation de la température favorise l'autoépuration et accroit la vitesse de sédimentation **[17].**

I.2.4.1.6 Matières en suspension

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variable selon les cours d'eau ; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc **[17].** Elles se subdivisent en deux catégories :

- ✓ **Les matières totales en suspensions :** obtenues après évaporation à 150°C (En étuve). Le poids du résidu sec obtenu représentera la teneur en MES ramenée au litre d'eau.
- ✓ **Les matières volatiles en suspension MVS :** représentent la fraction organique des solides contenue dans l'eau, après calcination (dans le four) à 600°C, la matière organique représente la fraction minérale. La différence entre les matières en

suspension totales et le résidu après 600°C, représentera la MVS. Toutes les données sont en (mg/l) **[19].**

I.2.4.2 Paramètres chimiques

Les matières organiques nécessitent de l'oxygène pour leur métabolisation par les microorganismes cette demande en oxygène peut être représentée biologiquement, la DBO, la DCO (demande chimique en oxygène), la DTO (demande théorique en oxygène), le carbone organique **[19].**

I.2.4.2.1 pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; étant donné le pouvoir tampon de l'eau et sauf dans le cas de rejets industriels particuliers, il est rare que le pH soit une contre indication à la potabilité **[17].**

I.2.4.2.2 Oxygène dissous

Les variations de la teneur en oxygène sont aussi importantes que la valeur du taux absolu. On devra rechercher la cause de toute variation; celle-ci pouvant être fonction de la présence de végétaux, des matières organiques oxydables des organismes et des germes aérobies **[17].**

I.2.4.2.3 L'azote

Les différentes formes minérales (ammonium, nitrites, nitrates…) et organiques (acides aminés, protéines…) font l'objet d'échange réversibles incessants. Les différentes étapes du cycle d'azote : fixation atmosphérique, assimilation, ammonification, nitrification, dénitrification, sont régies par des phénomènes biologiques impliquant des bactéries, plantes ou champignons **[17].**

I.2.4.2.4 Le phosphore

Dans les eaux usées, la part des rejets humain ne représente que 30 à 50% du phosphore total (entre 5 et 20 mg/l), le reste provenant des produits de nettoyages. Il est considéré que 1 mg de phosphore peut contribuer à l'élaboration de 70 à 80 mg de matière organique **[17].**

I.3Les colorants

I.3.1 Historique des colorants

L'évolution de l'industrie des colorants a été étroitement liée a la découverte de la mauvéine (aniline, colorant basique) par William Henry Perkin en 1856 et de la fuchsine par Verguin en 1858. Aujourd'hui il y a plus de 10000 colorants, ce nombre important a nécessite l'établissement d'un système de classification, un index des colorants en anglais a été mis au

point par la « society of dyers and colorists » (UK) et par l' «American Association of textile chemists and colorists » noté (colour Index C.I.), qui décrit les caractéristiques essentielles de chaque colorant telles : leur formule chimique, leur couleur et leur nuance, leur résistance codifiée à la lumière, aux solvants, à la chaleur, aux différents agents chimiques, ainsi qu'une description des principaux domaines d'utilisation **[20] .**

I.3.2 Définition d'un colorant

Un colorant est défini comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable, il est excessif de penser que la matière possède une couleur intrinsèque. Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (400 à 700 nm)**.** Cette absorbance est déterminée grâce à un spectrophotomètre qui donne l'absorbance du colorant en fonction d'une longueur d'onde **[21] .**

I.3.3 L'origine de la matière colorante

Les colorants furent, pendant très longtemps, extraits du milieu naturel: plantes, animaux et minéraux. Les premiers colorants synthétiques datent du milieu du 19éme siècle. L'évolution de l'industrie des colorants a été étroitement liée au développement de la teinture synthétique et de la chimie en générale. Les matières colorantes modifient la transparence et l'éclairement du milieu; l'action chlorophyllienne s'en trouve ralentie, la production d'oxygène en est diminuée et il y a tendance à l'installation des conditions anaérobies **[22].**

I.3.4 Classification des colorants

Tous les composés aromatiques absorbent l'énergie électromagnétique mais seulement ceux qui ont la capacité d'absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm) sont colorés. En outre, les colorants consistent a un assemblage de groupes chromophores (groupes aromatiques conjugués (liaison π), comportant des liaisons non liantes (électron n) ou des complexes de métaux de transition), auxochromes et de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, perylène, etc.). Lorsque le nombre de noyau aromatique augmente, la conjugaison des doubles liaisons s'accroît et le système conjugué s'élargit. L'énergie des liaisons π diminue tandis que l'activité des électrons π ou n augmente et produit un déplacement vers les grandes longueurs d'onde. De même, lorsqu'un groupe auxochrome donneur d'électrons (amino, hydroxy, alkoxy,…) est placé sur un système aromatique conjugué, ce groupe se joint à la conjugaison du système π, la molécule absorbe

dans les grandes longueurs d'onde et donne des couleurs plus foncées **[23]**. Les chromophores et auxochromes habituels sont résumés dans le tableau I.1**[24].**

Tableau I.1: Principaux groupes chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante.

Groupes chromophores	***Groupes auxochromes***
Azo (-N=N-)	Amino ($-NH_2$)
Méthylamino ($-NHCH_3$)	Nitroso (-NO ou –N-OH)
Diméthylamino ($-N(CH_3)_2$)	Carbonyl (=C=O)
Hydroxyl (-HO)	Vinyl (-C=C-)
Nitro ($-NO_2$ ou =NO-OH)	Alkoxyl (-OR)
Sulfure (> C=S)	Groupes donneurs d'électrons

I.3.4.1 Classification technologique ou (appellation usuelle)

La classification technologique permet à l'utilisateur de connaître le mode d'application du colorant, et donc ses domaines d'utilisation, ses propriétés (solubilité, affinité pour tel type de fibres ou matériaux, nature de la fixation …). Il est souvent difficile de connaître la composition chimique des colorants car la confidentialité sur la composition chimique est généralement préservée. Cette classification comprend trois éléments :

- ✓ Le nom générique de la classe d'application ;
- ✓ La couleur ;
- ✓ Le numéro d'ordre chronologique d'inscription au "colour index".

I.3.4.2 Classification technique

Les colorants utilisés dans l'industrie textile contiennent habituellement des groupes acides sulfoniques qui leur confèrent une hydro solubilité appropriée et qui permettent à la molécule du colorant de se lier ioniquement aux sites chargés du réseau polymérique du tissu **[25].** On peut classer les colorants organiques en deux catégories suivant leur synthèse :

- Colorants naturels.
- Colorants synthétiques

I.3.4.2.1 Les colorants naturels

Ils sont très répandus, surtout dans les plantes (bois, racines, graines, fleurs et fruits) et même dans les micro-organismes et le corps des animaux. On les trouve à l'état libre ou liés à des glucides ou des protéines, exemple : garance, cochenille, indigo, pourpre. Aujourd'hui, l'importance économique des colorants organiques naturels a beaucoup diminué. Du fait de leur cherté, on ne les utilise dans l'industrie textile, du cuir et du papier que pour des traitements spéciaux. Ils restent, en revanche très utilisés dans les produits alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques soumis à des réglementaires plus strictes.

I.3.4.2.2 Les colorants synthétiques

Les colorants synthétiques dominent aujourd'hui le marché surtout que leurs propriétés peuvent être précisément adaptées à leur utilisation. Tous ces colorants sont synthétisés principalement à partir des produits pétroliers, notamment du benzène et de ses dérivés (toluène, naphtalène, xylène et anthracène) **[26].** Ils sont de plus en plus utilisés dans les industries de coloration et des textiles grâce à leur synthèse assez facile, à leur production rapide et à la variété de leurs couleurs comparées aux colorants naturels **[27].** Cela a conduit, sous une inspiration poétique, à baptiser les premiers colorants de noms de plantes (mauvéine, fuchsine, garance, etc.) puis de noms de minerais (vert malachite, auramine, etc.). Par la suite, ils furent désignés selon la constitution chimique du composé de base (bleu de méthylène, noir d'aniline, vert naphtalène, etc.). Actuellement, les fabricants de matières colorantes déposent des marques protégées qui ne donnent aucune indication sur la structure, mais caractérisent la nuance et les procédés d'application. Ainsi, chaque colorant est désigné par sa couleur, sa marque commerciale et un code qui permet d'insister sur une nuance (par exemple : R = red ; Y = yellow ou G= green; B = blue ; 2B = more blue, etc.) ou une qualité (L =résistant à la lumière). La production totale mondiale de colorants est estimée à 800millions tonnes/an **[28].**

I.3.4.3 Classification chimique

Le classement des colorants (Tableau I.3) selon leur structure chimique repose sur la nature du groupement chromophore **[24]**.

I.3.4.3.1 Les colorants azoïques

Les colorants "azoïques" sont caractérisés par le groupe fonctionnel azo (-N=N-) unissant deux groupements alkyles ou aryles identiques ou non (azoïque symétrique et

dissymétrique). Ces structures qui reposent généralement sur le squelette de l'azobenzène, sont des systèmes aromatiques ou pseudo aromatiques liés par un groupe chromophore azo.

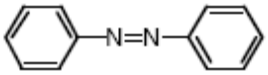


Figure I.1 Structure chimique des colorants azoïques.

I.3.4.3.2 Les colorants anthraquinoniques

D'un point de vue commercial, ces colorants sont les plus importants après les colorants azoïques. Leur formule générale dérivée de l'anthracènemontre que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amines.

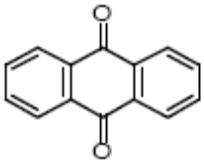


Figure I.2 Structure chimique des colorants anthraquinoniques.

I.3.4.3.3 Les colorants indigoïdes

Ils tirent leur appellation de l'Indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénié, soufré et oxygéné du Bleu Indigo provoquent d'importants effets hypsochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise.

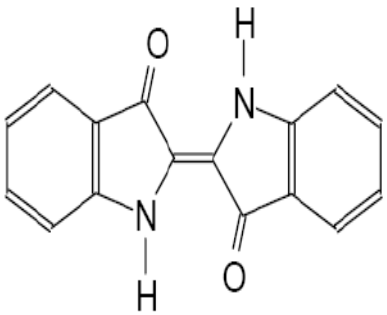


Figure I.3 Structure chimique des colorants indigoïdes.

I.3.4.3.4 Les colorants xanthène

Ces colorants sont dotés d'une intense fluorescence. Le composé le plus connu est la fluorescéine. Peu utilisé en tant que teinture, leur faculté de marqueurs lors d'accident

maritime ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie.

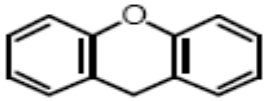


Figure I.4 Structure chimique des colorants xanthène.

I.3.4.3.5. Les phtalocyanines

Ils ont une structure complexe basée sur l'atome central de cuivre .Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.).

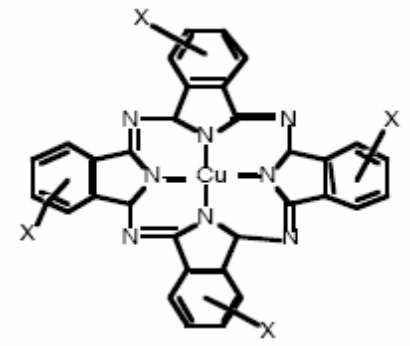


Figure I.5 Structure chimique des colorants phtalocyanines.

I.3.4.3. 6. Les colorants nitrés et nitrosés

Ces colorants forment une classe très limitée en nombre et relativement Ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés, du fait de leur prix Très modéré lié à la simplicité de leur structure moléculaire caractérisée par la présence d'un groupe nitro (-NO_2) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés).

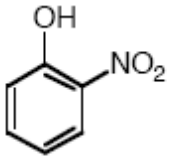


Figure I.6 Structure chimique des colorants nitrés et nitrosés.

I.3.4.3.7. Les colorants triphénylméthanes

Les triphénylméthanes sont des dérivés du méthane pour lesquels les atomes d'hydrogène sont remplacés par des groupes phényles substitués dont au moins un est porteur d'un atome d'oxygène ou d'azote en para vis-à-vis du carbone méthanique .Le

triphénylméthane et ses homologues constituent les hydrocarbures fondamentaux d'où dérivent toute une série de matières colorantes.

Exemple : C.I. Basic Green 4

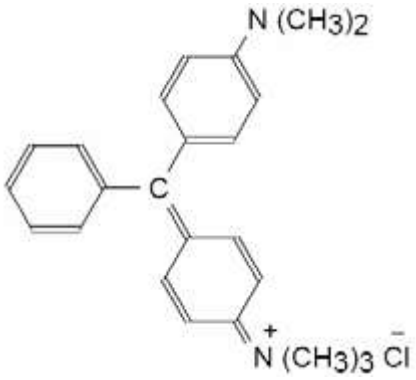


Figure I.7 Structure chimique des colorants C.I. Basic Green 4.

I.3.5 Utilisation des colorants

L'industrie des colorants constitue un marché économique considérable car de nombreux produits industriels peuvent être colorés, principalement **[29]** :

- ✓ 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.3.6 Procédés de traitement des colorants

Des quantités plus ou moins importantes de colorants sont rejetées dans l'environnement. Ceci est dû en grande partie au degré de fixation des colorants aux fibres cellulosiques. Le tableau I-4, résume l'estimation des degrés de fixation des différents colorants aux fibres de textile. Comme les colorants azoïques représentent la plus grande classe des colorants du Colour Index (60 – 70%) et leur majorité est constituée par des colorants acides, réactifs et directs, ils peuvent être considérés parmi les colorants les plus polluants (les plus déversés dans les eaux résiduaires de textile). Ainsi, des systèmes technologiques pour l'élimination des polluants organiques tels que les colorants sont actuellement bien maîtrisés à l'échelle du laboratoire et appliqués à grande échelle incluant les

traitements physiques (adsorption, les technologies membranaires et les procédés de séparation solide-liquide: précipitation, coagulation, floculation et décantation), chimiques (résine échangeuse d'ions, oxydation par: oxygène, ozone, oxydants tels que NaOCl, H_2O_2, réduction ($Na_2S_2O_4$), …) et biologiques (traitement aérobie et anaérobie)**[30].**

Tableau I.2: Estimation des degrés de fixation de différents colorants aux fibres de textile **[30].**

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

I.3.7 Toxicité des colorants

Des études faites sur divers colorants commerciaux ont démontré que les colorants basiques sont les plus toxiques pour les algues **[31,32].** Les colorants synthétiques représentent aujourd'hui un groupe relativement large de composés chimiques organiques rencontrés dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne. Les effets cancérigènes des composés azoïques s'expriment indirectement par leurs dérivés amines. Selon EPA, (1998), l'estimation des risques de cancer impose de fixer une concentration limite de 3.1 mg/L en colorant azoïque dans l'eau potable **[1].**

I.4 Le Colorant étudie : fuchsine basique

I .4.1 Les colorants basiques ou cationiques

Les colorants basiques ou cationiques sont des sels d'amines organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Les liaisons se font entre les sites cationiques des colorants et les sites anioniques des fibres. En phase de disparaître dans la teinture de la

laine et de la soie, ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistantes **[33]**.

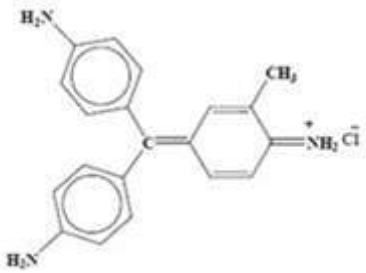


Figure I.8 formule chimique de Fuchsine

I.4.2 Propriétés physiques et chimiques [34]

Tableau I.3 : Propriétés physico-chimiques

État physique	**Solide**
Couleur Odeur	Vert odores.
Point de fusion	235 °C

I.4.3 Informations sur les effets toxicologiques [35]

Cette substance ne répond pas aux critères de classification conformément au Règlement no 1272/2008/CE.

- ✓ **Corrosion/irritation cutanée**

N'est pas classé comme corrosif ou irritant pour la peau.

- ✓ **Lésion oculaire grave/sévère irritation des yeux**

N'est pas classé comme causant des lésions graves aux yeux ou comme irritant pour les yeux.

- ✓ **Sensibilisation respiratoire ou cutanée**

N'est pas classé comme sensibilisant respiratoire ou sensibilisant cutané.

- ✓ **Résumé de l'évaluation des propriétés CMR Cancérogénicité**

Susceptible de provoquer le cancer.

• Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique

N'est pas classé comme un toxique spécifique pour certains organes cible (exposition unique).

• Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée

N'est pas classé comme un toxique spécifique pour certains organes cibles (exposition répétée).

✓ **Danger en cas d'aspiration**

N'est pas classé comme présentant un danger en cas d'aspiration.

✓ **Symptômes liés aux caractéristiques physiques, chimiques et toxicologiques**

• En cas d'ingestion

Des données ne sont pas disponibles.

• En cas de contact avec les yeux

Des données ne sont pas disponibles.

• En cas d'inhalation

Des données ne sont pas disponibles.

• En cas de contact avec la peau

Des données ne sont pas disponibles.

I.4.4 Identificateur de produit [36]

Le **tableau I.2** résume les propriétés identificateurs du colorant Fuchsine basique.

Tableau I.4 Identification du produit Fuchsine basique

Forme du produit	**Substance**
Nom commercial	Fuchsine basique, C.I. 42510 pour microscopie
Numéro CE n° CAS	211-189-6 632-99-5
Code du produit	FUCH-B0D
Formule brute	$C_{20}H_{20}CN_3$
Formule chimique	$C_{19}H_{17}N_3.HC$
Masse molaire	337,85 g/mol

I.4.5 Nature des colorants [37]

Il existe dans le commerce, toute une série de colorants qu'on peut ranger sous le nom de fuchsine basique : rubine, fuchsine, magenta, solferino, fuchsine diamant…

Les fuchsines basiques (**Figure I.9**) sont des mélanges de chlorhydrates et d'acétates de rosaniline ou de para rosaniline. Les sels de cette dernière sont intéressants à cause de leur plus grande solubilité.

La fuchsine de Ziehl est aussi connue sous les noms de fuchsine phéniquée de Ziehl, rouge de Ziehl, ou karbolfuchsin. On trouve également nombre de recettes de Préparation qui sont des solutions à 1 % voire 0,5 %, destinées à des colorations directes.

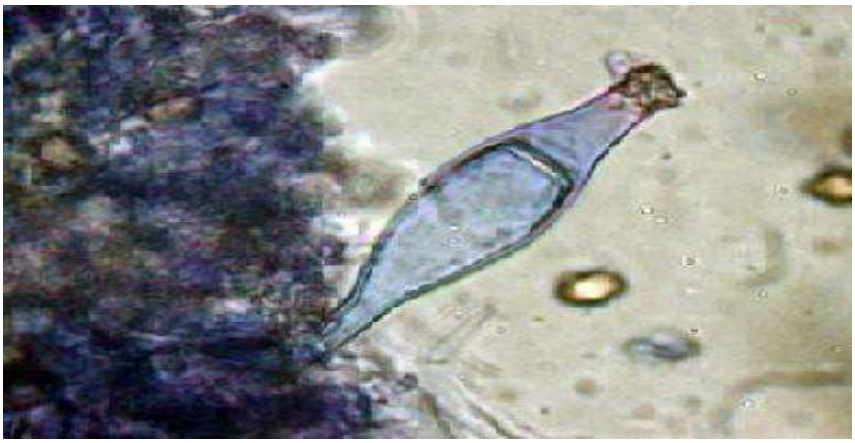


Figure I.9 : Cystine métalloïde chez *Inocybe umbrina* observée dans la fuchsine basique à 0,5 % (photo Marcel Lecomte **[37])** .

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de faire une synthèse bibliographique sur les colorants, les méthodes de traitement des eaux et les travaux publiés sur la dégradation des polluants organiques et plus précisément, les colorants de textile. Ces données bibliographiques mettent en évidence la nécessité de la dépollution de ces eaux usées. Une technique de traitement adaptée aux colorants doit avant tout, dégrader les molécules jusqu'à la minéralisation complète afin d'éviter la formation de sous-produits plus dangereux que les composés initiaux et plus particulièrement, empêcher la formation de produits cancérigènes

Chapitre II

Généralité sur l'adsorption

II.1 Introduction

L'adsorption est un procédé de transfert de matière entre une phase liquide (ou gazeuse) chargée en composés organiques ou inorganiques et une phase solide, l'adsorbant. Pendant des décennies, les charbons actifs commerciaux ont été les principaux, voire les seuls adsorbants utilisés dans les filières de traitement d'eaux. En effet, l'adsorption sur charbons actifs présente de nombreux avantages : elle permet l'élimination d'une large gamme de polluants, dont différents types de colorants, mais aussi d'autres polluants organiques et inorganiques, tels que les fuchsines, les ions métalliques, les pesticides, les substances humiques, les détergents, ainsi que les composés responsables du gout et de l'odeur. A l'inverse de la précipitation, l'adsorption est plutôt efficace dans le domaine des faibles concentrations [**38**].

II.2 l'adsorption

Le terme adsorption à été proposé pour la première fois par Keyser en 1881 pour différencier entre la condensation du gaz à la surface, et une absorption du gaz, processus dans lequel les molécules de gaze pénètrent dans la masse. L'adsorption à l'interface soluté/solide est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des molécules présentes dans effluent liquide ou gazeux, se fixent à la surface d'un solide.

Ce phénomène dépend à la fois de cette interface et des propriétés physico-chimiques de l'adsorbât **[39].** Ce phénomène résulte de l'existence, des forces à la surface du solide, qui sont de nature physique ou chimique. Ces forces conduisent respectivement à deux types d'adsorption: la chimisorption et la physisorption.

II.2.1 Nature de l'adsorption

Selon la nature des forces qui retiennent la molécule adsorbée à la surface du solide on distingue deux types d'adsorption :

II.2.1.1 L'adsorption chimique

Dite chimisorption est un phénomène irréversible due à une liaison chimique forte de type covalente entre les atomes superficiels du solide et les molécules adsorbées, ce type d'adsorption met en jeu des énergies d'attractions élevées, qui conduisent à des chaleurs d'adsorption élevées, approchant souvent aux énergies de liaisons chimiques covalentes de l'ordre de 20 à 80 Kcal/mol.

D'après WEBER **[40],** l'adsorption chimique ne concerne qu'une fraction très petite de la surface intra particulaire totale du charbon.

II.2.1.2 L'adsorption physique

Dite physisorption, est un phénomène réversible et rapide du à l'existence des forces d'attractions intermoléculaires entre les solides et la substance adsorbée d'origine électrostatique de type "VAN DER-WAALS". L'énergie mise en jeu dans ce cas est faible, elle est de l'ordre de 2 à 1Kcal/mol. L'adsorption physique ne permet pas d'expliquer la totalité des phénomènes de fixation; en effet PURI **[41]** l'a bien montré lors de l'adsorption de la fuchsine sur charbon actif.

Tableau II.1: différences entre l'adsorption physique et chimique **[42].**

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Energie d'adsorption	5à10Kcal/mol	20à100Kcal/mol
Température de processus	Inférieur à la température d'équilibre	Elevée
Nature de liaison	Physique (Van der Waal)	Chimique
La désorption	Plus ou moins parfait	Difficile
Energie d'activation	Non appréciable	Peut être mise en jeu
La cinétique	Très rapide	Lente
Etat de surface	Formation de multicouche	Formation de monocouche

II.3 Description du mécanisme d'adsorption

L'adsorption se produit principalement en quatre étapes. La figure II.1 représente un matériau (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques qui sont susceptibles de rentrer en interaction avec le solide.

Figure II.1 : Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux **[43].**

Avant son adsorption, le soluté va passer par plusieurs étapes :

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

II.4 Les facteurs influençant l'adsorption

Quand un solide est mis en contact avec une solution, chaque constituant de cette dernière, le solvant et le soluté, manifeste une tendance à l'adsorption à la surface du solide.

Il y'a donc une compétition en surface entre deux adsorptions qui sont Concurrentielles. Le cas le plus intéressant est celui où l'adsorption du soluté est de loin plus importante que celle du solvant. Donc la quantité adsorbée, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont:

II.4. 1 Effet de la Surface spécifique

La surface spécifique est une donnée essentielle de la caractérisation des solides et des matériaux poreux.

Il est clair que l'on cherche à conférer aux adsorbants une grande surface spécifique, cette grandeur désigne la surface accessible rapportée alunite de poids d'adsorbant **[44].**

II.4. 2 Effet de la température

L'élévation de température est favorable à la désorption, diminuant ainsi la quantité du constituant adsorbé **[45].**

II.4. 3 Effet de la concentration

L'adsorption de telles substances ou ions s'accroît avec l'augmentation de leur Concentration dans la solution.

Toutefois, cet accroissement n'est pas proportionnel à cette concentration et a lieu plus lentement **[45].**

II.5 Les 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 retenue par le solide(Qe) et la concentration à équilibre en soluté (C).

On obtient une telle courbe à partir des résultats d'essais de laboratoires effectués à une température constante.

On peut calculer la quantité adsorbée à l'aide de l'équation suivante **[46]:**

$$q_e = (C_0 - C_e) \cdot \frac{V}{m} \qquad \text{(II.1)}$$

Où :

C_0: Concentration initiale en phase liquide (mg/L),

C_e : Concentration à l'équilibre (mg/L),

m : masse de solide adsorbant utilisé (g),

V : volume de la solution (L).

II.5.1 Classification des isothermes d'adsorption

L'allure de la courbe d'isotherme varie selon le couple adsorbat-adsorbant étudie. Les isothermes d'adsorption des solutés à solubilité limitée ont été classées par gilles et coll. En quatre principales classes :

- ✓ **Les courbes de type S** : s'obtiennent lorsque les molécules du soluté ne s'accrochent au solide, que par l'intermédiaire d'un seul groupement ;
- ✓ **Les isothermes de type L** (dite Langmuir) : sont les plus fréquentes. Ce comportement se rencontre dans le cas où l'adsorption est faible et lorsque les molécules de l'adsorbat sont orientées à plat ;
- ✓ **Les isothermes de type H** (haute affinité) : s'obtiennent lorsqu'il y a chimisorption du soluté ;
- ✓ **Les isothermes de type C** : sont sous forme de ligne droite, ce type de courbe est obtenu lorsqu'il y a compétition entre le solvant et le soluté pour occuper les sites de l'adsorbant **[47,48].**

Figure II.2: Représentation des différentes isothermes d'adsorption (d'apres Giles et al, 1960) **[48]**.

II.5.2 Modélisation mathématique des isothermes d'adsorption

II.5.2.1 Isotherme d'adsorption de Freundlich [49]

Ce modèle postule que différents sites interviennent dans l'adsorption avec des énergies différentes, l'entropie restant constante.

Ces sites obéissent à une distribution exponentielle, fonction de la chaleur d'adsorption. La densité des sites varie également exponentiellement.

Le modèle s'adapte le plus souvent à une adsorption de type physique.

Ce modèle est décrit par la formule empirique suivante :

$$q_e = K_F . C_e^n \qquad \text{(II. 2)}$$

Avec :

q_e : Quantité du soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre.

K_F : Constante de Freundlich associée à la capacité d'adsorption.

n : Paramètre énergétique de Freundlich, c-à-d l'affinité du soluté vis-à-vis de l'adsorbant.

Ce : concentration de l'adsorbat à l'équilibre dans la phase liquide.

La linéarisation de l'isotherme de Freundlich est obtenue par représentation des données en coordonnées logarithmiques selon :

$$\ln q_e = \ln K_F + \ln C_e \qquad \text{(II. 3)}$$

II.5.2.2 Modèle de Langmuir

Ce modèle est très utile pour l'adsorption mono moléculaire d'un soluté à la surface monocouche d'un adsorbant. C'est un modèle simple qui est utilisé quand les conditions suivantes sont remplies :

- l'espèce adsorbée est fixée sur un seul site bien défini ;
- chaque site n'est capable de fixer qu'une seule espèce adsorbée ;
- l'énergie d'adsorption de tous les sites est identique et indépendante des autres espèces déjà adsorbées sur des sites voisins **[46]**.

Il est décrit par l'expression suivante :

$$Q_e = Q_{\max} \frac{k_L C_e}{1 + k_L C_e} \qquad \text{(II.4)}$$

Tableau: II.2 : Principaux modèles « mono soluté »

Isotherme	Expression non linéaire	Expression linéaire
Freundlich	$Qe = K_F . C_e^n$	$\ln(Q_e) = \ln(K_F) + \ln(C_e)$
Langmuir	$Q_e/Q_m = \frac{k_L C_e}{1 + k_L C_e}$	$1/Q_e = 1/Q_m + 1/Q_m K_L$

II.6 Cinétique d'adsorption

Le phénomène d'adsorption, contrôlé par la diffusion des molécules, atteint son équilibre relativement rapidement (quelques secondes à quelques minutes). Mais, peut se prolonger sur des temps très longs pour les adsorbants microporeux en raison du

ralentissement de la diffusion des molécules dans ces structures de dimensions voisines du diamètre des molécules du fluide.

II.6.1 Modèle cinétique du pseudo premier ordre

Il a été supposé dans ce modèle que la vitesse d'adsorption à l'instant est proportionnelle à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre q_e et la quantité q_t adsorbée à cet instant et que l'adsorption est réversible **[50].** La constante de vitesse d'adsorption du premier ordre est déduite à partir du modèle établi par Lagergreen **[51].** La loi de vitesse s'écrit :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \qquad \text{(II.5)}$$

Avec :

q_e: Quantité d'adsorbât à l'équilibre, par gramme d'adsorbant (mg/g)

t: Temps de contact (min)

k_1: Constantes de vitesse d'adsorption pour le premier ordre (min^{-1}) L'intégration de l'équation (5) donne :

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2{,}303}\, t \qquad \text{(II.6)}$$

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 **[52]**. Le modèle du pseudo-second ordre (7) 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

$$\frac{dq_t}{d_t} = k_2(q_e - q_t)^2 \qquad \text{(II. 7)}$$

L'intégration de l'équation (7) donne :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e 2} + \frac{t}{q_e} \qquad \text{(II.8)}$$

Avec:

k_2: Constante de vitesse d'adsorption pour le pseudo-second ordre ($g.mol^{-1}.min^{-1}$).

q_e: Quantité d'adsorbât à l'équilibre par gramme d'adsorbant (mg/g).

II.7 Les Adsorbants

Au sens strict, tous les solides sont des adsorbants.

Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante (surface par unité de masse) peuvent avoir des intérêts pratiques. Les adsorbants industriels ont généralement des surfaces spécifiques au-delà de 100 m^2/g, atteignant même quelques milliers de $m^2.g.^{-1}$ [**53**].

Certains adsorbants ont leurs surfaces fonctionnalisées par des groupements oxygénés permettant la formation de liaisons hydrogènes, tandis que d'autres possèdent une structure ionique responsable d'un champ électrique intense dans les pores.

Les principaux adsorbants sont les alumines, les gels de silices, les zéolites, les argiles et les charbons actifs. Il en existe également d'autres : les résines, les polymères ...etc **[54].**

II.7.1 Charbon actif

Le charbon actif est un produit adsorbant **[55, 56]** obtenu à partir de matières premières riches en carbone (le bois, la tourbe, le charbon, le lignite, l'écorce de coco…).

Toutes matières premières organique qui contient du carbone, est a priori susceptible de convenir pour l'obtention de charbon actif. Le choix de la matière première sera essentiellement dépendant des possibilités d'approvisionnement locales permettant des prix de revient compétitifs. Néanmoins, les matières premières utilisées conditionneront en grande partie la qualité finale du charbon actif **[57].**

Une fois ces matières premières sélectionnées, elles sont activée physiquement ou chimiquement dans des fours d'activation. Par cette activation on obtient, une structure de carbone hautement poreuse et très active

II.7.2 Les zéolithes

Les zéolithes sont des adsorbants de squelette cristallin aluminosilicate tridimensionnel Constitué de tétraèdres SiO et AlO, de formule globale (AlO M, Sio) où M représente le plus souvent un métal alcalin.

Il existe plus de 100 espèces de zéolithes, différant par la valeur de n et la structure cristallographique. Ils ont une structure microporeuse faite de cavités et de canaux qui leur confère des propriétés adsorbants.

Ils sont sous forme de poudre, granulés ou extrudés. La surface spécifique ne dépasse pas 900 m^2/g. mais, ils présentent une bonne sélectivité **[58]**.

II.7 .3 Tamis moléculaires

Du groupe des aluminosilicates cristallins, les tamis moléculaires appartiennent à la famille des minéraux connue sous le nom de zéolites.

Leur structure cristalline consiste essentiellement en un squelette tridimensionnel de tétraèdres Sio/Alo, reliés entre eux la mise en commun d'atomes d'oxygène.

Le diamètre effectif des pores est de 3 à 5 A° pour les filtres moléculaires commercialement appelés « type A» et de 8 à 11 A° pour ceux de type X. Les tamis moléculaires permettent la séparation des molécules d'un **[59].**

II.7 .4 Alumines

Les alumines activées (AlO3, 0,5A °) sont obtenues par déshydratation de la gibbsite, bayer ite. Elles sont principalement microporeuses et leur surface spécifique atteint

350 m^2/g. Cette surface présente des impuretés propres à la chimisorption de certaines molécules.

Les alumines se présentent commercialement sous forme de billes de quelques millimètres de diamètre. Elles adsorbent préférentiellement les espèces polaires contenues dans les gaz et les liquides. Elles sont utilisées pour sécher des gaz ou de l'air, éliminer des traces d'alcool, d'éther, ou encore les hydrocarbures ou les acides. La production mondiale annuelle d'alumines s'élève à 75000 tonnes par an **[54].**

II.7.5 Les argile (les bentonites)

Les argiles sont des produits de décomposition des roches siliceuses, par désagrégation physique et mécanique puis par altération chimique.

L'argile brute contient généralement des particules élémentaires dont le diamètre des grains est inférieur à deux micromètres (2µm) qui représentent les individus cristallins (phase minérale pure), appelés minéraux argileux responsables de ses propriétés telles que le gonflement, la plasticité, et les propriétés d'adsorption **[60].**

II.8 Les critères de performance d'un adsorbant

- La capacité d'adsorption pour les composants à retenir ;
- La sélectivité entre les composants à adsorber et les constituants à laisser passer ;

- La désorbabilité (capacité à la désorption dans des conditions de température et de pressions acceptables) des composants retenus qu'il est nécessaire de récupérer lorsque l'adsorbant est saturé.

Tableau II.3 : Principales caractéristiques du charbon activé **[61]**.

Caractéristique	Description
Diamètre Effectif	Poudre : 8-9 ; granules : 0,55-1,05. Augmentation du taux d'adsorption et des pertes de charge lorsque la grosseur des grains diminue.
Surface d'adsorption	De 850 à 1500 m2/g. Plus cette surface n'est grande plus le charbon activé n'est efficace.
Nombre de mélasse	Il est associé à la capacité du charbon activé d'absorber les impuretés de masses moléculaires élevées.

II.9 Description et Propriété des charbons actifs

Ils se présentent sous plusieurs formes selon les applications :

1. **Charbon actif en poudre (CAP)** : Le charbon actif est pulvérisé en fines particules de taille comprise entre 1 et 100 μm. Il est généralement issu du procédé de fabrication chimique et est fréquemment utilisé pour le traitement d'effluents liquides.
2. **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.

Tableau II.4: Propriétés physiques de charbon actif [62].

Propriétés physiques	Charbon actif	
	Grains	Poudre
Surface spécifique m^2/g	600 à 1500	800 à 1500
Diamètre effectif	0.55à1.05 mm	95%<10-150mm
Masse volumique	1.6 à 1.8	0.5 à 0.6
Masse volumique des particules	0.2 à 0.6 1.4 à 1.55	1.4 à 1.5
Indice d'iode Indice mélasse	600 à 1100 mg/l Adsorption petites molécules Adsorption grosses molécules	

Tableau II.5: Surfaces spécifiques de quelques matériaux adsorbants **[63].**

Matériaux adsorbants	**Surfaces spécifiques (m^2/g)**
Alumine activée	200-400
Tamis moléculaires carbonés	300-600
Adsorbants à base de polymère	100-700
Zéolites	500-800
Gel de silice	600-800
Charbons actifs	400-2000

II.10 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons pu définir l'adsorption comme étant essentiellement une réaction de surface et de différencier entre la physisorption et la chimisorption. Nous avons présenté aussi les différentes isothermes d'adsorption et exposé les différents paramètres qui peuvent influencer le procédé d'adsorption. Enfin, nous avons cité quelques matériaux adsorbants provenant de différentes origines, parmi ces adsorbants les plus répondus, on trouve les charbons actifs, les bentonites et les alumines activées.

Pour des raisons économiques et environnementales le charbon actif a été choisi dans cette étude pour essayer de comprendre le phénomène d'adsorption solide-liquide comme méthode de traitement des solutions aqueuses les colorant.

Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1Introduction

Ce chapitre est consacré à la description du matériel utilisées lors de cette étude ainsi le matériel d'analyse pour l'identification du soluté (fuchsine basique) avant et après adsorption.

III.2 Matériels

III.2.1 Appareillage utilisé

- pH mètre : HANNA instruments HI8519N ;
- Balance analytique : de type (KERN -4N précision d=0.1 mg) ;
- Spectrophotomètre UV- visible de type (UV – 1600pc) l'analyse a été faite dans des cuves en quartz et en verre de langueur 1cm ;
- FTIR (Fourier transforme Infrared) Spectrophotomètre infrarouge ;
- Agitateur AGIMATIC-N (100_1600 tr/min) ;
- Etuve MEMMERT ;
- Four à moufle (nüve MF 180) ;
- Mortier ;
- Papiers filtre (45 µm) ;
- Verrerie de laboratoire (béchers, pipettes, fioles jaugée, entonnoirs, tubes a essai) ;
- Spatule ;
- Thermometer de type (by HANNA);
- spectroscopie infrarouge (FTIR)

III.2.2 Produit utilisés

- La fuchsine basique ($C_{20}H_{20}CN_3$) M=337.85g/mol ;
- L'eau distillée ;
- Acide nitrique (HNO_3) M=63 ,01g/mol de pureté 65% ;
- Carbonate de sodium Na_2CO_3 M=105.98 g/mol de pureté
- Oxyde de Magnésium (MgO) M=40,31g /mol de pureté 98% ;

- L'éthanol ;
- La matière brute à base naturel.

III.2.3 Adsorbant

Le charbon actif utilisé dans ce travail est préparé , est une plante cultivée dans l'Algérie. Les caractéristique physico-chimique ont était déjà présentées dans le chapitre **II**.

III.2.3.1 Préparation du charbon actif

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

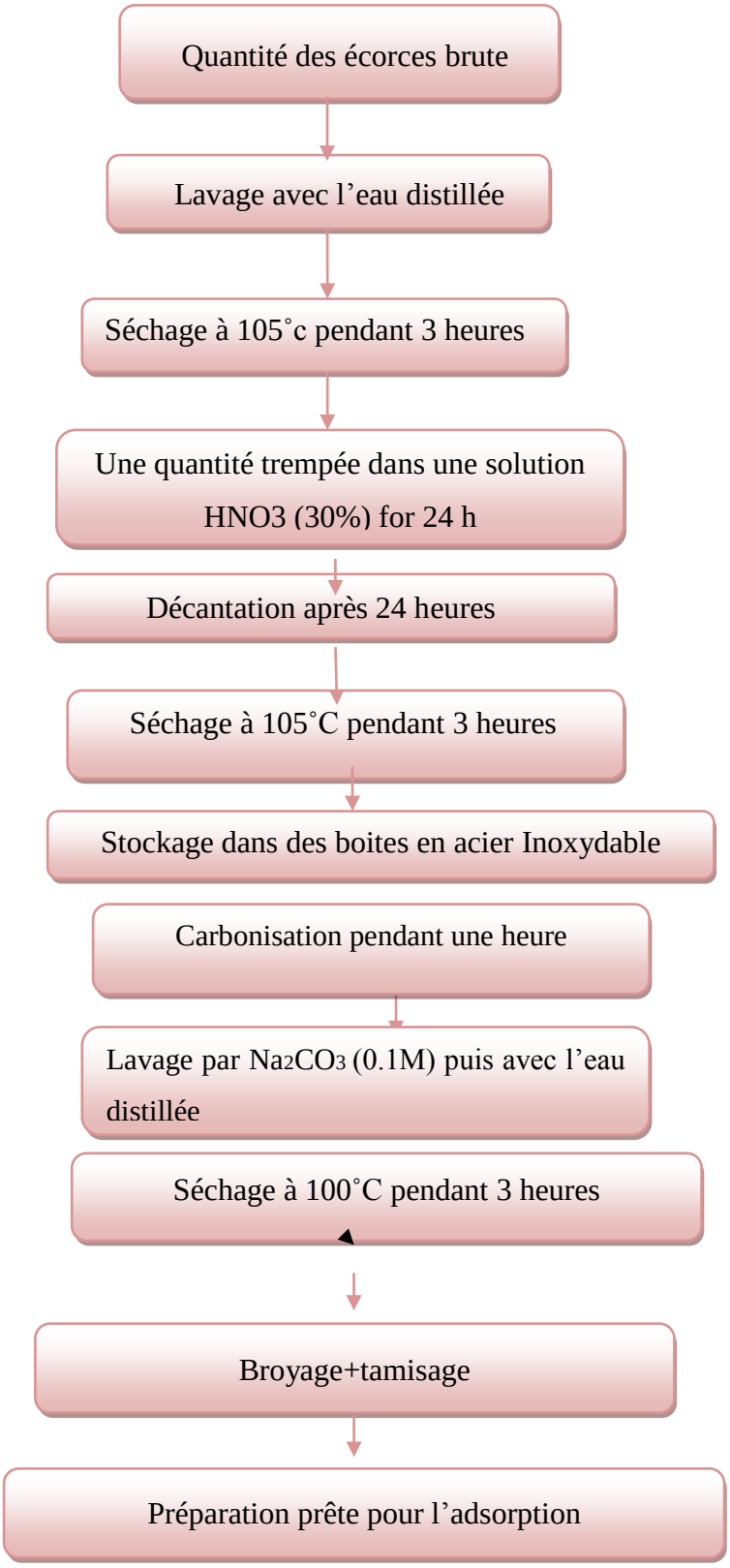


Figure III.1 : Organigramme de la préparation du charbon



Figure III.2 : Charbons actifs obtenus après refroidissement au dessiccateur



FigureIII.3 : Charbon actif en différent diamètre

III.2.4 Adsorbat

Le colorant utilisé comme polluant dans cette étude est la fuchsine. La structure exacte de ce colorant est représentée sur la figure (III.4) :

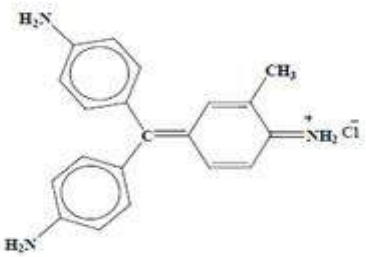


Figure III.4 : Structure chimique de la colorante fuchsine

III.2.4.1 Préparation des solutions

Les solutions des colorants utilisés sont préparées en tenant compte de leurs solubilités. Pour tous les solutions étudiés, nous avons utilisé la même méthode, qui consiste à préparer d'abord une solution mère de concentration donnée, à partir de laquelle préparons, par dilutions successives, une série de solutions de concentrations bien déterminées au même pH.



Figure III.5 : préparation de la colorante fuchsine.

III.3 Choix de la méthode d'analyse

La méthode d'analyse utilisée est la spectrophotométrie UV visible. Une étude de leurs spectres UV visible à des longueurs d'ondes entre 400 et 700nm, réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre type UV1600pc muni d'une cuve de 1cm de largeur, a permis de déterminer les longueurs d'ondes qui correspondent aux maxima d'absorption, pour les colorant fuchsine .La (figure III.5) représente le spectrophotomètre UV/Visible qu'on a utilisée .

III.3.1Analyse par spectrophotomètre UV/Visible

La détermination de la concentration des colorants est effectuée par dosage spectrophotométrique dans le domaine du visible, en utilisant la loi de Berr-Lambert :

Figure III.6: Spectrophotomètre UV/visible utilisé

La loi de Berr Lambert

Lorsqu'un faisceau de rayonnement monochromatique incident d'intensité I0 traverse une substance colorée, une absorption d'énergie à lieu de sorte que l'intensité du faisceau incident émergent I est plus faible ; Cette absorption monochromatique suit la loi de Berr Lambert qui s'exprime comme suit:

$$DO = \log (I / I_0) = \mathcal{E} * L * C$$

$$DO = (DO)_{lue} * dilution$$

Où:

- I/I_0 : est la transmitance.
- I_0 : l'intensité du faisceau à l'entrée de la cellule.
- I : l'intensité à la sortie de la cellule.
- C : la concentration du corps absorbant en mole/l.
- L : l'épaisseur de la cellule (épaisseur de la couche traversée) en cm.
- ξ : le coefficient d'extinction molaire.

Figure III.7 : La loi de Berr Lambert

III.3.1.2 Les analyses physicochimiques

Les paramètres physico-chimiques étudies sont :

- Humidité

-Masse volumique apparente

-Masse volumique réelle

-Surface spécifique par unité de volume de la solution

-Surface spécifique par unité de masse des particules

-Colloidalité

- pH

-Conductivité

III.3.2.1 Humidité

- ✓ **Une Mode opératoire**

Peser une masse de (10 ± 0.01(g)) de charbon active puis sécher à l'étuve jusqu'à poids constant pendant 2 heures à une température de 105°C. Peser l'échantillon séché. La Teneur en eau exprimée en pourcentage massique .

✓ **Expression des résultats**

On calcule l'humidité par la formule suivante:

$$H(\%) = \frac{(M_0 - M_1)}{M_0} \qquad \text{(III.1)}$$

Avec :

H (%) : l'humidité,

M_0 : masse de charbon active avant séchage (g),

M_1 : masse de charbon active après séchage (g).

III.3.2.2 Masse volumique apparente

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

$$\rho_{app} = \frac{M_0}{V_0} \qquad \text{(III.2)}$$

Avec ρ_{app} : masse volumique apparente (g/cm^3),

M_0 : la masse du adsorbant (g),

V_0 : volume du pycnomètre (cm^3)

III.3.2.3 Masse volumique réelle

La masse volumique réelle a été déterminée en introduisant une masse M_0 de charbon active 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 :

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

Avec :

ρ_E : masse volumique de l'éthanol ρ_E = 0,8172 g/ cm^3,

ρ_r : masse volumique réelle (g/cm^3),

M_0 : masse de adsorbant qui occupe le volume V_0 du pycnomètre (g),

M_E : masse de l'éthanol rajouté pour remplir le pycnomètre (g).

III.3.2.4 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 :

$$S = \frac{6C_B}{d_p.\ \rho_{app}} \qquad \text{(III.4)}$$

Avec :

S : surface spécifique de la particule adsorbée par unité de volume de la solution (m^2/m^3),

C_B : concentration de charbon activée m= $1{,}5.10^{+3}$ g. m^{-3},

d_p: diamètre moyen du grain de charbon active d_p=0,063 mm,

$\rho_{app:}$ masse volumique apparente de charbon activée ($g.cm^{-3}$).

III.3.2.5 Colloidalité

- ✓ **Mode opératoire**

La colloidalité est déterminée par une mise en suspension de 1g de grenade brute dans 10 ml d'eau, auxquels 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.

- ✓ **Expression des résultats**

La colloidalité C de la grenade brute est mesurée, on appliquant la formule suivante :

$$C = 100 - V \qquad \text{(III.5)}$$

C : colloidalité en %

V : volume du surnageant en ml

10 : volume d'eau versé en ml

III.3.2.6 pH

- ✓ **Mode opératoire**

On mélange 1g de charbon active avec10ml d'eau distillée. Après agitation, on mesure le pH de la solution grâce à un pH-mètre.

- ✓ **Expression des résultats**

La mesure du pH est effectuée en plongeant directement l'électrode combinée dans le milieu considère nous avons utilise un pH mètre de précision (10% suspension)

III.3.2.7 Conductivité

- ✓ **Mode opératoire**

On mélange 1g de charbon activée avec 10 ml d'eau distillée. Après agitation, on mesure la Conductivité de la solution grâce à un conductivimètre.

- ✓ **Expression des résultats**

La conductivité électrique, ce paramètre mesure la capacité d'un liquide à transmettre un courant électrique à une température précise, il est défini comme étant la réciproque de la résistance électrique de l'eau. Le test de conductivité consiste a introduire la cellule de conductivité dans l'échantillon et à lire directement la valeur sur l'appareil.

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1 Etude Caractéristique du charbon

IV.1.1 Caractérisation par spectroscopie infrarouge (FTIR)

Afin de mettre en évidence les structures moléculaires de notre adsordant (de charbon actif CA et matière brute MB), nous avons eu recours à la spectrophotométrie infrarouge comme méthode d'analyse complémentaire.

Les spectres infrarouges des échantillons sont représentés dans les figures (IV.1 et 2). L'analyse spectroscopique IR de ces figures permit d'identifier les différents groupements fonctionnels qui constituent la structure du CA et MB avant et après adsorption.

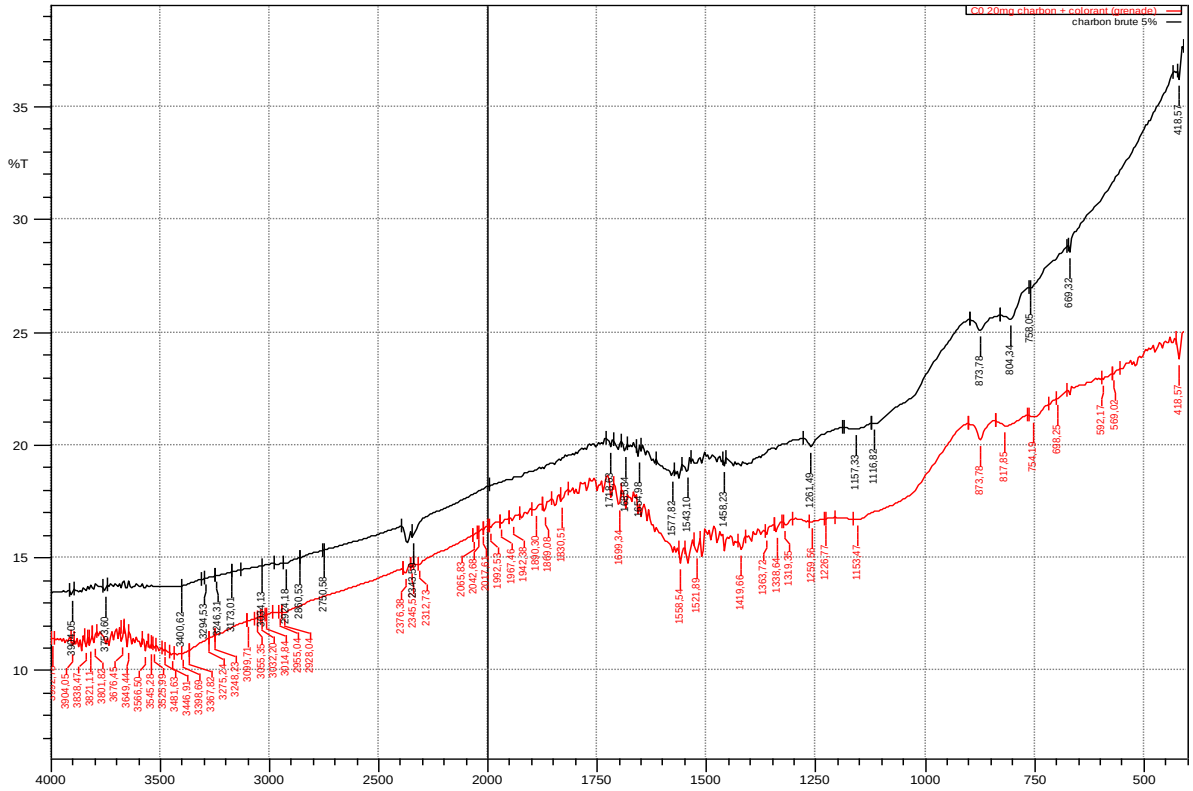


Figure IV.1 : Spectre FTIR de charbon actif avant et après l'adsorption de la fuchsine

- Les spectres d'absorption IR du matériau utilisé (figure IV.1) qui représentent successivement avant et après l'adsorption de la fuchsine, montrent des bandes qui seraient attribuées aux groupements d'ions signalés dans la littérature.
- Bandes à 3400 cm^{-1} c'est une élongation de liaison N-H et O-H ;
- Bandes à 2940 cm^{-1} et 2980 cm^{-1} c'est une vibration de la liaison C-H dans le groupement CH_2 et CH_3 ;
- Bandes à 1375 c'est une vibration de déformation de la liaison C-H dans le groupement CH_3 ;

- Bandes à 1440 cm^{-1} et 1480 cm^{-1} c'est une vibration de déformation de la liaison C-H dans le groupement CH_2;
- Bandes à1654.82 cm^{-1} et 1577.82 cm^{-1} c'est une vibration de valence de C=O (amide I) ;
- Bandes à 1116.82cm^{-1} et 1157.30cm^{-1} c'est une vibration de valence de la liaison C-O-C;
- La même figure V.1 après adsorption, cela confirme la présence d'interaction entre les groupements fonctionnels du charbon actif et le colorant.
- Bandes à 3450 c'est une élongation de liaison N-H et O-H ;
- Bandes à 2928cm^{-1} et 2955.04cm^{-1} c'est une vibration de la liaison C-H dans le groupement CH_2 etCH_3 ;
- Bandes à 1319cm^{-1} et 1363.72cm^{-1} c'est une vibration de déformation de la liaison C-H dans le groupement CH_3 ;
- Bandes à 1419.63cm^{-1}c'est une vibration de déformation de la liaison C-H dans le groupement CH_2;
- Bandes à 1693.34cm^{-1} c'est une vibration de valence de C=O (amide I) ;
- Bandes à 1521.89cm^{-1}et 1558.54cm^{-1} c'est une vibration de déformation de la liaison N-H (amide II) ;
- Bandes à 1319.35cm^{-1} et 1363.72cm^{-1} c'est une vibration de valence de la liaison C-N;
- Bandes à 1153cm^{-1} c'est une vibration de valence de la liaison C-O-C,

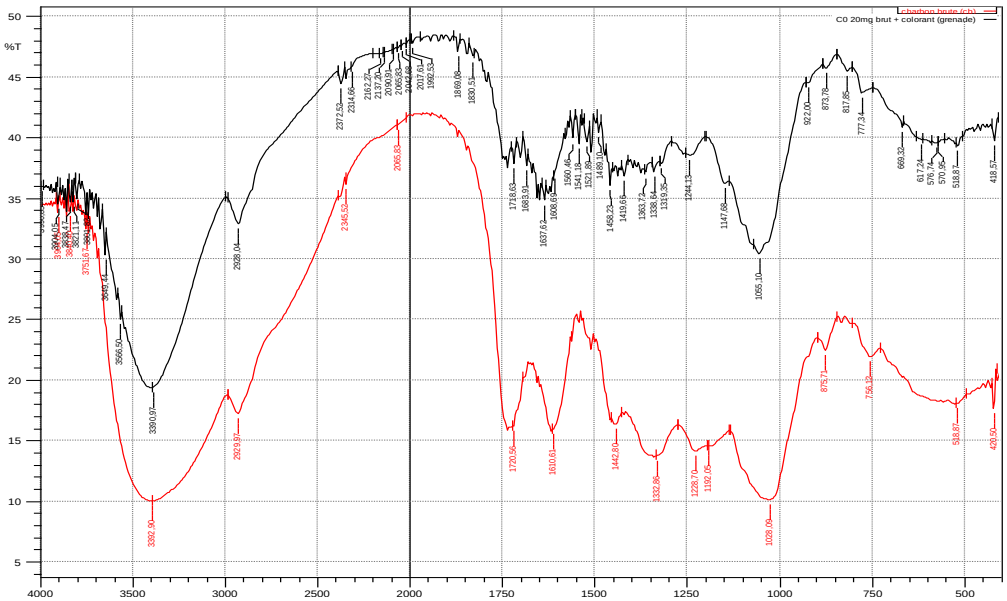


Figure IV.2 : Spectre FTIR de matière brute avant et après l'adsorption de la fuchsine

Les spectres d'absorption IR du matériau brute utilisé (figure IV.2) sont :

- Bandes à 3390.97 cm^{-1} c'est une élongation de liaison (O-H) et (N-H),
- Bandes à 2928cm^{-1} et 2955.04cm^{-1} c'est une vibration de la liaison C-H dans le groupement CH_2 et CH_3 ;
- Bandes à 1608.69cm^{-1} et 1683.91cm^{-1} correspondent aux Bandes C=O,
- Bandes à 1521.89cm^{-1} et 1560.46cm^{-1} correspondent aux bandes (N-H) ;
- Bandes à 1319 cm^{-1}et1363.72cm^{-1} c'est une vibration de valence de la liaison C-N;
- Bandes à 1055cm^{-1} et 1147cm^{-1} c'est une vibration de valence de la liaison C-O-C;

Cela confirme la présence d'interaction entre les groupements fonctionnels de la matière brute et le colorant.

IV.1.2 Caractérisation physico-chimique du 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.

Dans le tableau ci-dessus résumé les caractéristiques physico-chimiques des charbons actives d'origine naturel d'après les calcule et les méthodes qui déjà expliquée dans le chapitre IV.

Tableau IV.1 : Caractéristiques physico-chimique du charbon actif d'origine naturel

Humidité %	PH	Conductivité µS	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.1.3 Etude paramétrique

IV.1.3.1 Effet de la masse d'adsorbant

L'effet de la masse d'adsorbant sur la capacité d'adsorption a été étudié avec des conditions opératoires constantes (w=250 tr/min, V=100 mL, pH =8,23 et à une température T=25°C). Les résultats obtenus sont représentés sur la figure (IV.3).

La capacité d'adsorption augmente respectivement avec l'augmentation du taux d'imprégnation et quel que soit la concentration initiale.

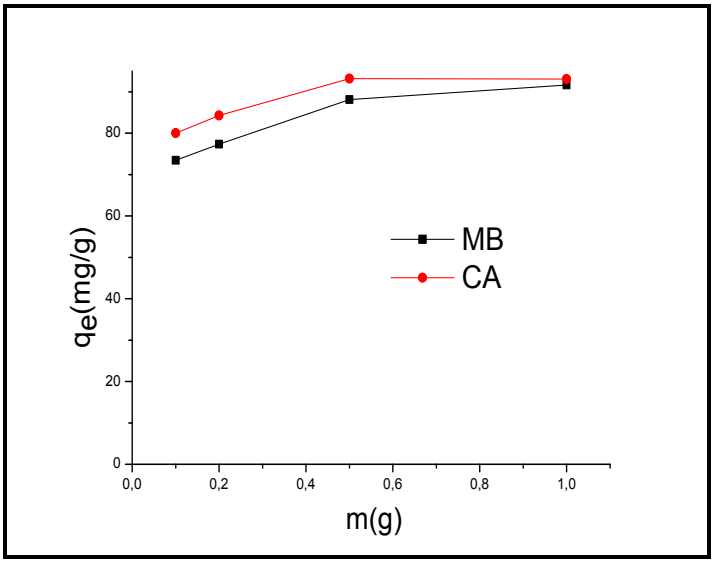


Figure IV.3: Effet de la masse de CA et MB sur l'adsorption de la fuchsine

➢**Discussion**

Nous remarquons d'après la figure IV.3, que pour une concentration initiale constante des colorants et pour un temps d'équilibre égal à 80 minutes, une augmentation de la masse du charbon de 0,1 à 1g entraîne une variation plus ou moins significative de la concentration résiduelle. En effet le taux de fixation de l'élément étudié passe d'environ de 80.26% de CA et de 73.45% de MB pour une masse de 0,1g à un taux d'environ 94.85% de CA et 91.38 de MB pour une masse de 0,5g. Au delà de cette masse le taux d'adsorption est devenu stable.

En effet la capacité d'adsorption augmente avec la masse de l'adsorbant bien que le charbon actif atteint la saturation à une masse optimale de 0,5g.

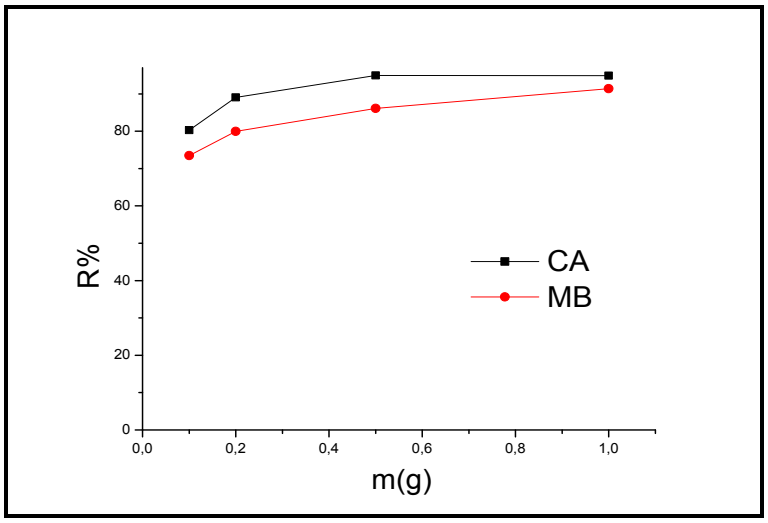


Figure VI.4 : Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction de la masse

Nous observons ainsi une augmentation de l'efficacité lorsque la masse d'adsorbant introduit augmente. Pour une masse de 0.5g du charbon actif, le rendement maximal atteint 94.92%, et un rendement maximal de 91.38% pour une masse de 1g de la matière brute.
Cette amélioration des rendements peut être justifiée par l'augmentation des sites d'adsorption avec l'augmentation de la masse.

IV.1.3.2 Influence de la concentration initiale en colorants

L'effet des concentrations initiales en colorants a été étudié. Les valeurs des concentrations étudiées sont : 20, 50, 75, 100, 150, 200 mg/L. Les résultats obtenus sont représentes dans la figure (IV.5 ,6).

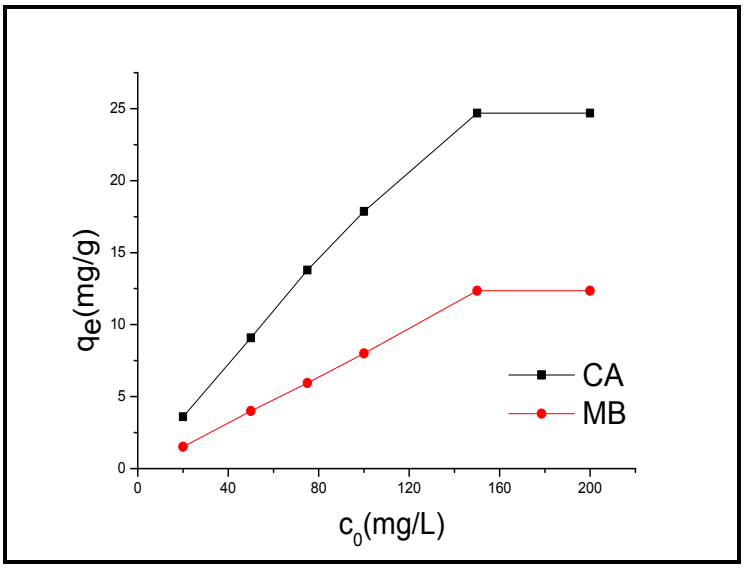


Figure IV.5: Influence de la concentration initiale des colorants en solution (pH=8,23 T°=25C°, V=250 tr/min).

On constate d'après la figure (IV.5, 6), que la capacité d'adsorption des colorants en solutions par le CA et MB augmente avec l'augmentation des concentrations initiales des colorants. 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.

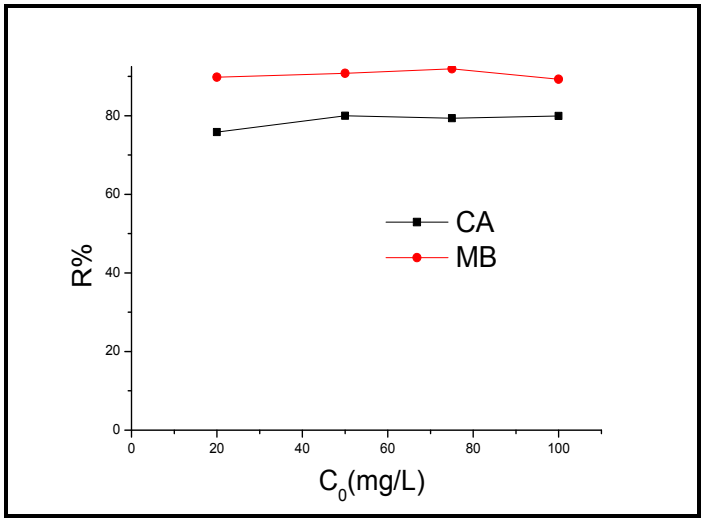


Figure IV.6 : Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction de la concentration sur les deux adsorbants testés

Il ressort de ces résultats que la fuchsine est plus fortement adsorbée à des concentrations moyennes, et l'on obtient un maximum de rétention (91.91%) pour une teneur initiale de 20 mg/l du charbon actif. Par ailleurs, on obtient un maximum de rétention (79.75%) pour une teneur initiale de 20 mg/l en utilisant la matière brute.

IV.1.3.3 Effet du temps de contact

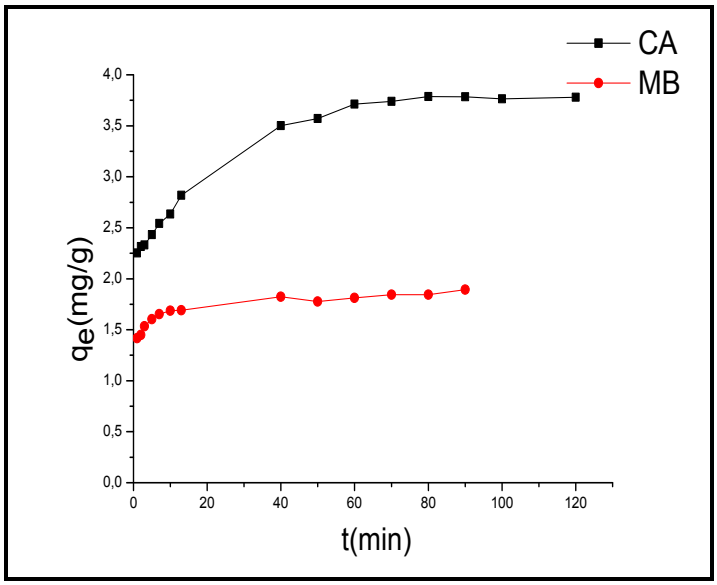


Figure IV.7: Cinétique d'adsorption de la fuchsine sur le charbon active et la matière brute (pH=8, T°=25C°, V=250 rpm, m_{CA}=0.5g, m_{MB}=1g et C_0=20 mg/L))

D'après la figure (IV.6), la quantité adsorbée de la fuchsine sur le charbon actif et la matière brute augmente avec l'augmentation du temps de contact jusqu'a l'obtention du pallier, de temps d'équilibre qui varie en fonction de C_0.

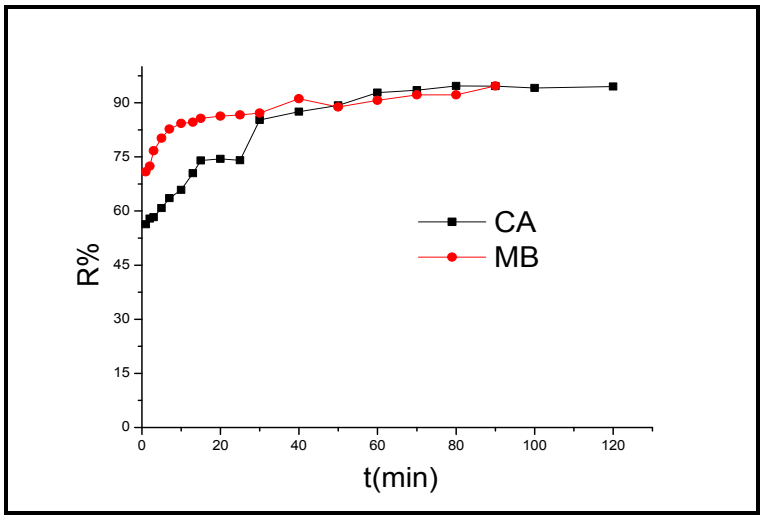


Figure IV.8 : Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction du temps

Selon la figure (IV.8), nous pouvons constater que : Les deux courbes des différents adsorbants présentent la même allure. Les courbes sont constituées de deux parties :

- ✓ 1ère partie : Il y a une augmentation rapide du rendement d'élimination de la fuchsine durant 50 minutes. Cela signifie qu'il y a une fixation de ce composé organique à la surface de l'adsorbant et correspondant au transfert de masse externe qui est rapide.
- ✓ 2ème partie : On observe qu'il y a une augmentation lente du rendement d'élimination de la fuchsine jusqu'au temps d'équilibre qui est d'une heure et 20 min. Cela signifie qu'il y a un transfert de masse interne de l'adsorbant, ceci correspond généralement à un phénomène de diffusion dans la porosité interne de l'adsorbant.

VI.1.3.4 Modélisation de la cinétique 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***

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

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

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

Les paramètres des deux équations ont été déterminés et nous ont permis de calculer la quantité adsorbée théorique puis de la comparer avec les valeurs expérimentales (tableau 2).

Les figures (IV.9, 10) mettent en évidence les résultats de l'application des deux modèles cinétiques sur les deux systèmes. Il semble que l'adsorption soit bien représentée par le modèle cinétique de pseudo second ordre pour CA/ F et MB/F.

Les coefficients de corrélations représentées sur le tableau (IV.2), qui sont proches de l'unité confirment cette interprétation. Les résultats expérimentaux obtenus suivent parfaitement la variation linéaire donnée par l'équation représentative d'une cinétique de pseudo-second ordre où les valeurs théoriques et expérimentales sont très proches. Il peut être

conclu que la cinétique de adsorption de la fuchsine par la CA et MB est mieux décrite par le modèle de pseudo seconde ordre que le modèle du pseudo premier ordre.

- Application du modèle du pseudo-premier ordre pour le système CA/ F et MB/F

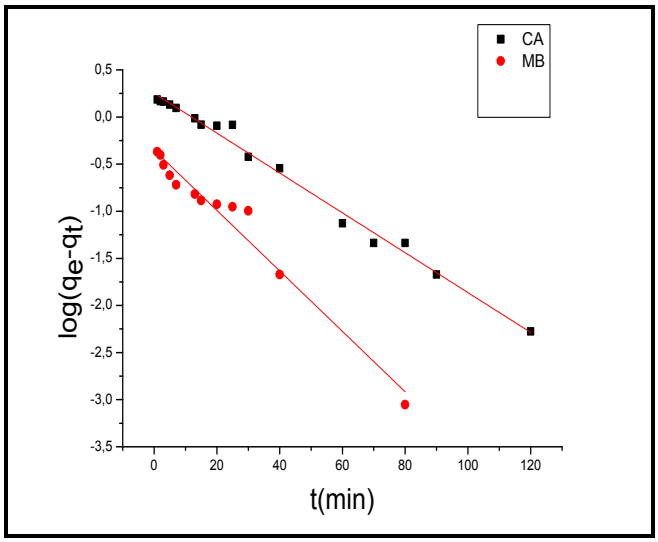


Figure IV.9 : Application du modèle du pseudo-premier ordre pour le système CA/ F et MB/F

- Application du modèle du pseudo- seconde ordre pour le système CA/F et MB/F

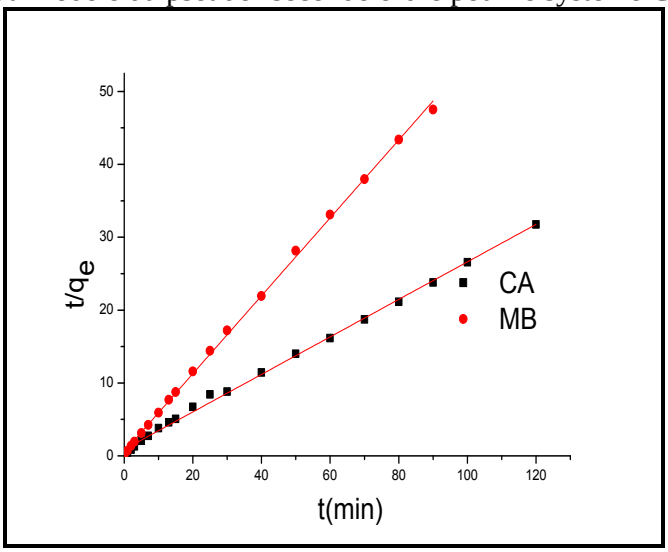


Figure IV.10 : Application du modèle du pseudo- seconde ordre

Tableau IV.2 : Paramètres cinétiques de l'adsorption de la fuchsine sur le CA et MB

	modèle du pseudo- seconde ordre $\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$				modèle du pseudo-premier ordre $\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t$			
Adsorbant	K_1 (min^{-1})	R^2	q_e exp ($mg.g^{-1}$)	q_t ($mg.g^{-1}$)	K_2 (min^{-1})	R^2	q_e exp ($mg.g^{-1}$)	q_t(mg/g)
CA C_0=20mg/L	0.0788	0.997	3.8865	0.2570	0.0486	0.989	3.7854	1.2874
MB C_0=20mg/L	0.4855	0.999	1.8710	1.8796	0.0739	0.961	1.8442	1.4180

IV.1.3.5 Influence de la température

La température peut aussi influencer sur l'adsorption de la fuchsine par le CA et MB. A cet effet, nous regroupons nos résultats sur la figure (IV.11)

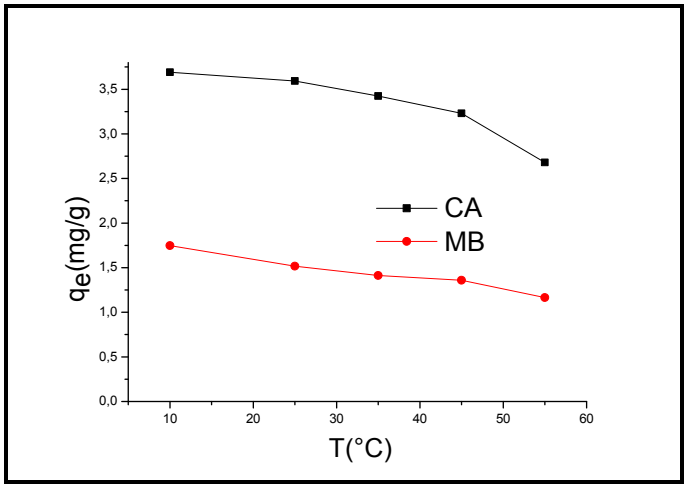


Figure IV.11 : Effet de la température sur l'adsorption de la fuchsine par CA et MB (v=250 tr/min, c_0= 20 mg/l, pH = 8.23)

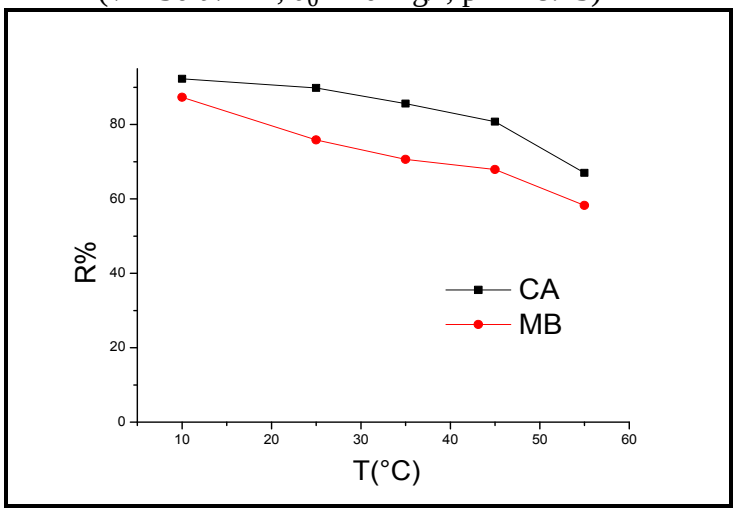


Figure IV.12: Rendements d'élimination de la fuchsine en fonction de la température

- **Discussion**

Les figures (IV.10, 11) représentent les résultats de l'influence de la température sur la capacité d'adsorption du CA et MB. Cette dernière montre un effet marqué de la température sur le taux d'adsorption.

Nous constatons que l'augmentation de température entre 10C° induit une diminution de la capacité d'adsorption. L'élévation de température provoque une déstabilisation des forces physiques mises en jeu.

Les résultats expérimentaux obtenus montrent que le paramètre de température affecte négativement ce processus d'adsorption et cela est prouvé théoriquement, De plus l'adsorption libère une chaleur d'adsorption. Comme toute réaction exothermique, elle est donc favorisée par les basses températures.

On peut conclure, qu'il y'a une valeur de température optimale pour favoriser l'adsorption de la fuchsine 10°C pour le charbon actif et la matière brute.

IV.1.3.6 Modélisation des isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales et dans l'identification du type d'adsorption.

L'isotherme d'adsorption représente la relation entre la quantité de soluté adsorbée par unité de masse de support solide adsorbant et la quantité de soluté restant dans la solution à l'équilibre (figures IV.12 et 13).

Les essais de modélisation des isothermes d'adsorption par les deux modèles, Langmuir et Freundlich qui ont été réalisés avec la forme linéaire de chaque modèle (équations présentées dans le chapitre II, Tableau II.2). Les résultats sont représentés sur les figures IV.14, 15.

Les différents paramètres et les coefficients de corrélation R^2 sont rassemblés dans le tableau (IV.2).

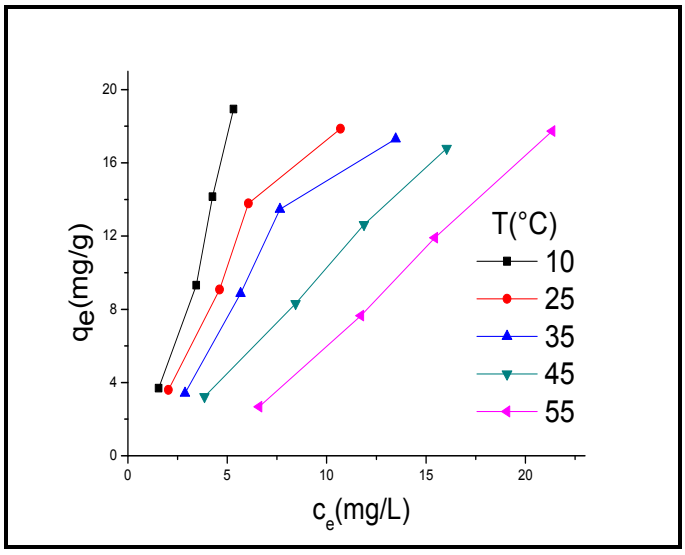


Figure IV.13*:* Isothermes d'adsorption de la fuchsine sur le charbon actif

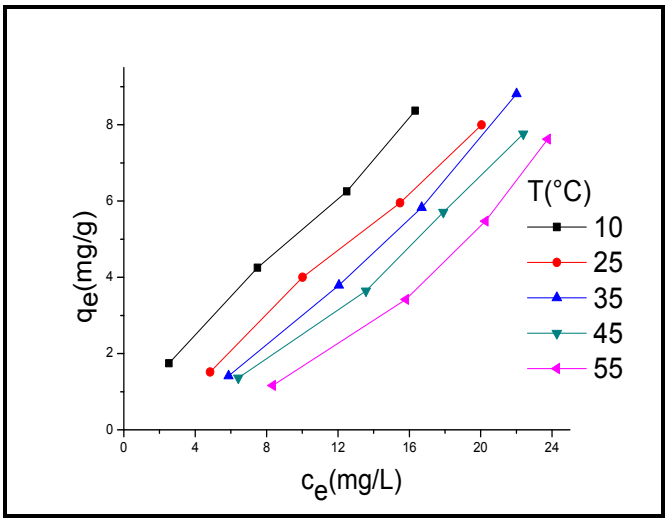


Figure IV.14*:* Isothermes d'adsorption de la fuchsine sur la matière brute

a) Modèle de Langmuir

La courbe (la figure VI.13, 14) est une droite de la forme y = Ax + B, avec le facteur de détermination R^2.

- Application du modèle de Langmuir CA/F

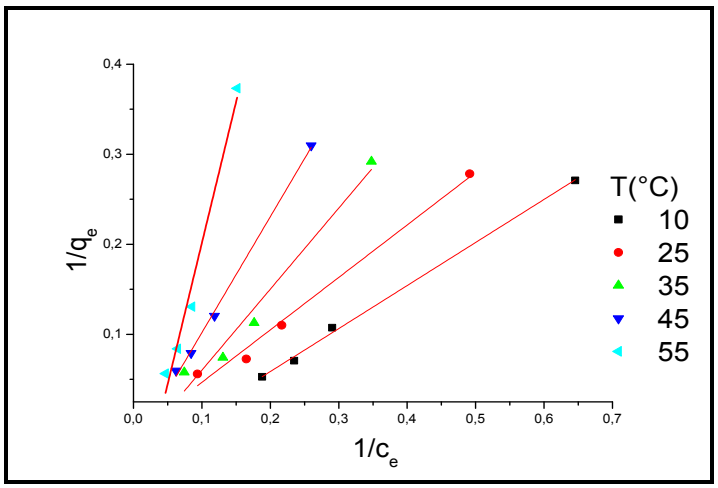


Figure IV.15: Isotherme de Langmuir pour l'adsorption de la fuchsine sur le CA

- Application du modèle de Langmuir MB/F

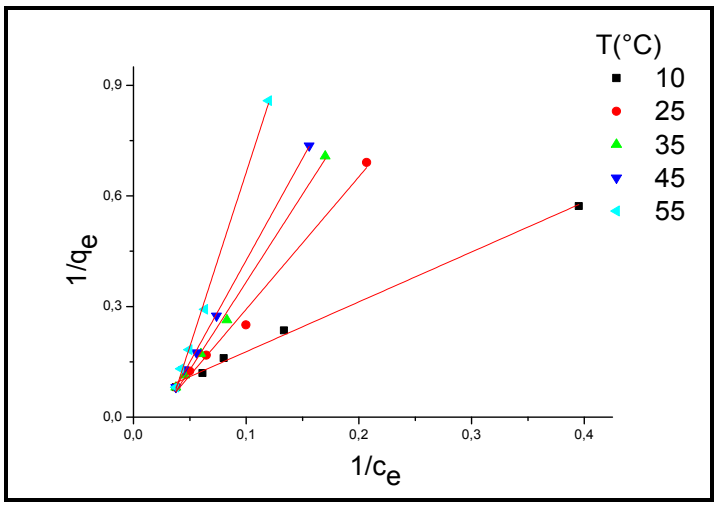


Figure IV.16: Isotherme de Langmuir pour l'adsorption de la fuchsine sur MB

b) Linéarisation par modèle de Freundlich

On trace la courbe Ln q_m = f (Ln c_e), on obtient une droite de la forme y = Ax + B (figure VI.15, 16), ou 1/ n est la pente de la droite et K_F est l'ordonnée à l'origine.

- application du modèle de Freundlich

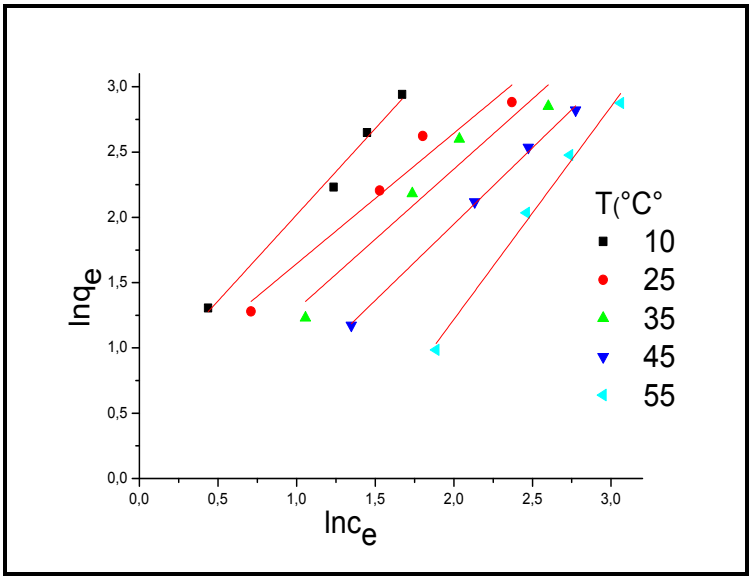


Figure IV.17: Isotherme de Freundlich d'adsorption du CA/F

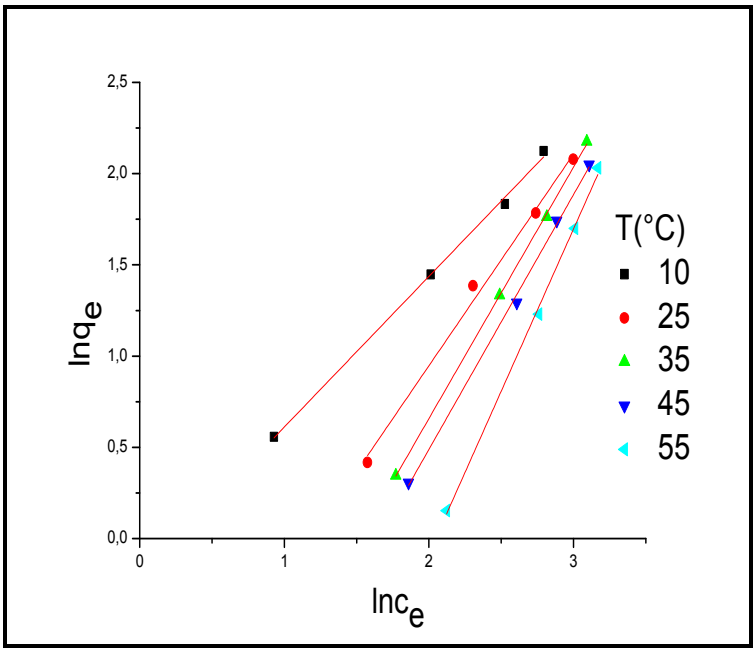


Figure IV.18: Isotherme de Freundlich d'adsorption du MB/F

Les figures (IV.13 à 16) montrent que ces isothermes obéissent à la loi de Freundlich et de Langmuir. Les courbes tracées présentent une bonne linéarité avec les deux modèles dans le cas de l'adsorption sur les deux adsorbants charbon actif et matière brute.

D'après les résultats regroupés dans les tableaux (IV.3), Les valeurs des coefficients de corrélation R^2 sont proches de l'unité, ce qui confirment cette interprétation et ce ci pour les deux adsorbants et pour les différentes températures.

Tableau IV.3 : Les constantes de Langmuir et Freundlich

		Langmuir			**Freundlich**		
	T (°C)	K_L (l/mg)	q_m (mg/)	R^2	K_F	n_f	R^2
CA	10	0.0773	27.020	0.997	2.0122	0.7571	0.986
	25	0.0198	86.505	0.983	1.907	1.0001	0.943
	35	0.0331	33.523	0.958	1.2466	0.9305	0.912
	45	0.0208	37.257	0.997	0.6772	0.8554	0.997
	55	0.0357	8.929	0.970	0.8151	0.6131	0.988
MB	10	0.0312	23.6574	0.997	0.8069	1.2110	0.997
	25	0.0297	3.5668	0.985	0.253	0.8619	0.990
	35	0.2305	7.8480	0.996	0.1225	0.7254	0.999
	45	0.0230	9.1332	0.998	0.0998	0.7161	0.997
	55	0.01860	14.9540	0.996	0.0263	0.5623	0.997

Référence bibliographique

Références bibliographiques

[1] Khelfaoui Amel Etude expérimentale de l'élimination de polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des matériaux naturels : application aux peaux d'orange et de banane ; thèse doctorat ; université de Mentouri Constantine (**2012)**.

[2] Bengrine Asma Dépollution des eaux usées sur un support naturel Chitosane-Bentonite ; thèse magister ; université Abou Bekr Belkaid Tlemcen(**2011)**.

[3] Nekkache Khadidja, Messahel Hafida, Biosorption des produits organiques à usage pharmaceutique mémoire master 2 ; université Yahia Fares Médéa **(2011).**

[4] Gerard Groscaude, l'eau ; volume 1 ; édition Quae ; ISBN9782759211975**(1999)**.

[5] F.,Meinck, H.Stooff, H.Kohl Schtter, Les eaux résiduaires industrielles ; 2ème édition Masson **(1977)**.

[6] Olivier Atteia, Chimie et pollution des eaux souterraines ; tec et doc Lavoisier **(2005)**

[7] Guy Pierre Martineau Maladies d'élevage des porcs ; France agricole édition **(1997).**

[8] Joel Graindorge, Eic Landot, La qualité de l'eau potable, techniques et responsabilités Territorial Editions, **(2007)**.

[9] Buriks**,** Angelier, Ecologie des eaux courantes. Tec & Doc. 199 p,**(2000).**

[10] Actes d'une réunion d'experts de l'**OCDE,** indicateurs environnementaux pour l'agriculture volume 3, édition OCDE, Zurich, Suisse, novembre (**2001).**

[11] Anonyme Dictionary of Public Health. Oxford University Press. Ed. John M. Last. Oxford Reference Online**(2007).**

[12] Aguilera Angeles , Virginia Souza-Egipsy , Patxi, San Martín-Úriz et Ricardo Amils . Extraction of extracellular polymeric substances from extreme acidic microbial**(2007).**

biofilms. Application Microbiol Biotechnology **78**:1079–1088.

[13] Fawell et Nieuwenhuijsen, Pernin C ., Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (Quercus suber L.) .p 220. **(2003).**

[14] Boyd C.E. Chemecal analyse of some vascular aquaic plants. P.50.**(1970).**

[15] Nsikak, Drissi, Qualité des eaux de quelques sources dans la région de souk-Ahras. Mémoire de Magister. Centre Universitaire de Souk Ah ras. 69 p. **(2008).**

[16] koller Emilian , . Trainement des pollutions industrielles, Dunod, Paris . P23 . **(2004).**

[17] Brahim Khalfaoui, Abdessalem Hassen Meniai, Rafael Borja "Removal the copper from waste water by raw charcoal obtained from reeds", J. Chem. Tech. Biotechnol. 64, 153-156 **(1995)**.

[18] Jean Rodier et al., L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mère 8ème édition.

[19] Gomella.C., Guerre H Le traitement des eaux publiques industrielles et privées
Eyrolles ; Paris **(1978)**.

[20] Baudez, Rhéologie et physico-chimie des boues résiduaire Pâteuses pour l'étude du stockage et de l'épandage.p250 **(2003).**

[21] Robert Perrin, Jean-Pierre Scharff, Chimie industrielle, 2ème édition, Edition DUNOD **(1996)**.

[22] Laurent. A **.**,Wathelet . V., Bouhy. M, Jacquemin. D, Perpète. E., Simulation de la perception des couleurs de colorants organiques, 2, **(2010**).

[23] Farida Harrelekas, Couplage des Procédés Membranaires aux Techniques Physicochimiques ou Biologiques pour le traitement des Rejets Liquides de l'Industrie de Textiles.Thèse de doctorat de l'Université Cadi Ayyad de Marrakech et de l'Institut National Polytechnique de Lorraine 2008.

[24] Olivier Atteia Chimie et pollution des eaux souterraines ; tec et doc Lavoisier **(2005).**

[25] 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.

[26] Guivarch E., Traitement des polluants organiques en milieux aqueux par le procédé électrochimique d'oxydation avancée Electro-Fenton . Application à la minéralisation des colorants synthétiques, Thèse de doctorat de l'université de Marne-la-Vallée**,(2004).**

[27] M., Dore. Chimie des oxydants et traitement des eaux. Edition **1989** Paris

[28] G., Simont. Guide des techniques de l'ennoblissement textile. Chapitre 11, edition industrie textile (**1982)**.

[29] J.,Griffiths. Developments in the light absorption properties of dyes–color andphotochemical reaction . In: Developments in the Chemistry and Technology of Organic Dyes. Society of Chemistry Industry, Oxford, pp 1-30. (**1984**).

[30] H., Zollinger. Color Chemistry – syntheses, proprieties and applications of organic dyes and pigments. VCH Publications, New York, N.Y(**1991**).

[31] Crepy M., Dermatoses, "professionnelles aux colorants. DMT", fiche d'allergologie - dermatologie professionnelle, INRS, 4e trimestre, 565, (2004), 565-576.

[32] Easton J.R., The dye maker's view, in Colour in dyehouse effluent, P.Cooper, Editor. **1995**, Society of Dyers and Colourists: Bradford, England. p. 9-2.

[33] Greene J.C., Baughman G.L,"Effects of 46 dyes on population growth of freshwater green alga Selenastrum capricornutum ", Text. Chem. Color. 28, **(1996),** 23-30.

[34] Fiche de donnees de securite ,Fuchsine basique phéniquée, solution selon Ziehl.

[35] Site Montesquieu 33651 MARTILLAC CEDEX France .

[36] Fuchsine basique, C.I. 42510 pour microscopie Fiche de données de sécurité conforme au Règlement (CE) n° 453/2010 Date d'émission: 06/08/2014 Date de révision: 06/08/2014 .

[37] Créateur du projet : Didier BAAR(V) Auteur de la fiche technique : Marcel LECOMTE Responsable : Marcel LECOMTE (Cercle Mycologique de Namur & Cercle des M.L.B.)
Cercle des Mycologues du Luxembourg belge asbl (M.L.B.), Président : Paul PIROT, rue des Peupliers, 10, B-6840 NEUFCHATEAU Pour vos commandes : voir la feuille du Catalogue**.**

[38] A.,R., Dincer, Y. Guner, N. Karakaya. Coal-based botton ash (CBBA) waste material as adsorbent for rem val of textile dyestuffs frome aqueuse solution, Colloïde and interface science 293 **(2006)** 303-311.

[39] M., Auta, B.,H., Hameed .Chinoisant Clay composite as highly effective and los-cos adsorbent for batch and fixed-bed adsorption of méthylène bleu. Chemical Engineering Journal 237 (2014) 352–361.

[40] BENAISSA E, "Etude de la faisabilité d'élimination de certains colorants textiles par certains matériaux déchets d'origine naturelle", Mémoire de Master, l'Université de Tlemcen, 2012, 15Mesoporous Materials ,115 **(2008)** 234–246]

[41] N.BOUGADAH ,Etude de l'adsorptionde micropolluants organiques sur la bentonite ,Mémoire Magister, université de skikda ,2007 ,p17 ,18

[42] F.Z., BATANA, étude de la mobilité du cadmium à travers un sol, mémoire de magister,

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

[44] A.ABID, B.GUIRIDA, Etude de l'efficacité d'un charbon actif à base de noix de dattes sur l'adsorption des métaux (calcium), Mémoire Master, Université de Ouargla, 2011, P 7-9

[45] A., HANNACHI, D. HABAILI, C. CHTARA, A. RATEL, purification of Wete procès phosphorique acide by solvant extraction with Tp and mibk mixtures, séparation and purification and purification technologue volume 55, issue 2 ,15june 2007,pps212-216.

[46] F., ALMARDANI ,Etude de l'adsorption du pesticide Bromocil sur charbon actif en milieu aqueux Effet compétiteur des matières organiques d'origine naturelles ,Thèse doctorat ,Université de Poitiers,2008,p

[47] H.,Maiza, Modélisation des cinétiques d'adsorption dans le cas du phénol et du bleu de méthyle sur le charbon actif en grain, Ingénieur d'état, Ecole Nationale Supérieur Polytechnique, p. 3, 4, (2009)

[48] A., Boivin, Disponibilité spatio-temporelle et transfert des pesticides dans le sol, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, p. 36, **(2003).**

[49] HMF. Freundlich, Over the adsorption in solution, J. Physical. Chem. 57, 1906, 385- 471.

[50] Cavet, R., Le sol - Propriétés et fonction ; Tome 1 : Edition France Agricole, (2003).

[51] Allen, S.J., Mckay, G., Khander, K. Y. H., J. Chimical Technology and Biotechnol.45 **(1989)** 291.

[52] J.,OMLIN , L., CHESEAUX, évaluation de charbons actifs en poudre (cap) pour l'élimination des micropolluants dans les eaux résiduaires urbaines , école polytechnique fédérale de lausanne **,(2010) .**

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

[54] 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.

[55] J.A., Macia, A., et al. activativation of coal tar pitch carbon fibres: Physical activation vs. chemical activation, carbon, 2004. 42(7): p. 1367-1370.

[56] Zhang, K., W.H., Cheung, and M. Valix, Roles of physical and chemical properties of activated carbon in the adsorption of lead ions. Chemosphere, 2005. 60(8): p. 1129-40.

[57] Valix, M., W.H., Cheung, and G., McKay, Roles of the textural and surface chemical properties of activated carbon in the adsorption of acid blue dye. Langmuir, 2006.22(10): p. 4574-82.

[58] Barrer. Zeolites and Clay minerals as sorbents and moléculaire sèves. Académique Presse.

[59] Emilian Koller, Aide- mémoire génie chimique, 3édition, 2009, p 408-409

[60] A., Chauvel, G., Monnier, Sur la signification générale de l'analyse granulométrique en pédologie.

[61] Lamri naidj,elimination du colorant orange il en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption ,**(2010) .**

[62] S., MARSTEAU, institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. Département ingénieur des procédés, Adsorption

[6 3] A., ELABED, réactivité thermique et cinétique de dégradation du bois d'arganier application à l'élaboration de charbon actif par activation chimique à l'acide phosphorique ,Thèse doctorat, université Mohammed v, Maroc, **(2007).**

Conclusion générale

Conclusion général

Le but de ce travail est d'étudier la capacité d'adsorption de la matière brute et carbonisée d'un colorant la fuchsine, largement utilisé en industrie pharmaceutique et textile. Notre étude est réalisée en deux parties:

- La caractérisation de la matière brute (écorce de grenadine) et du charbon active
- Etude paramétrique : L'influence de la masse d'adsorbants, l'effet de la concentration initiale, et de la température sur la capacité d'adsorption du charbon actif et la matière brute a été étudié.

L'étude d'adsorption en système batch nous a permis de constater que la capacité d'adsorption est influencée par différents paramètres physico chimiques tels que :

- Les deux supports sont caractérisés par analyse infrarouge et physico-chimique. L'analyse par IR confirme la présence d'interaction entre les groupements fonctionnels de la matière brute et carbonisée avec le colorant. La Surface spécifique du charbon actif est de 95,23m^2/m^3.
- Les paramètres « la concentration initiale en adsorbat, la masse d'adsorbant, la température et le temps de contact » ont été optimisés pour l'obtention de la meilleure capacité d'adsorption.
- L'effet de la concentration initiale a une influence positive sur la capacité d'adsorption de la fuchsine basique sur les deux types d'adsorbants.
- L'effet de la température a une influence négative sur la capacité d'adsorption de la fuchsine basique sur les deux types d'adsorbants.
- La cinétique d'adsorption du colorant sur les différents adsorbants est très rapide. Un temps de 90 et de 60 minutes pour le CA et la MB successivement est largement nécessaire pour atteindre l'équilibre.
- Le modèle de réaction de surface du pseudo second ordre s'applique bien pour les deux systèmes étudiés.
- L'exploitation des modèles mathématiques capables de simuler la capacité de biosorption, en faisant appel à deux modèles classiques de l'adsorption, a montré que les deux modèles Freundlich et Langmuir donnent des meilleurs résultats.

On peut dire que les résultats de notre étude, peuvent être qualifiés d'importants, encourageants et originaux, notamment qu'ils mettent l'accent sur l'utilisation de produits naturels biodégradables dans la préservation de l'environnement.

Conclusion général

Cette étude ouvre certains nombre de perspectives à la recherche et à la mise au point de biomatériaux applicables au traitement des effluents industriels et domestiques et même à la potabilisation des eaux qui porte sur la nécessité de :

- ✓ Tester d'autre modalités de modification des biomatériaux ;
- ✓ Etudier le devenir des biosorbants;
- ✓ Etudier la mise en forme des biomatériaux