

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT HYDRAULIQUE

N° :



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
FILIERE : HYDRAULIQUE
OPTION : RESSOURCES HYDRAULIQUES

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: Naidji Sana

Benseid Zineb

Intitulé

Traitement d'une eau polluée par adsorption

Soutenu devant le jury composé de:

Merzouk Belkacem	Pr	Université M'sila	Président
Guemache Abderezak	MCB	Université M'sila	Rapporteur
Djehiche Mokhtar	MCA	Université M'sila	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nous avoir les force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier très sincèrement Monsieur **GEUMACHE ABDEREZAK** maître de conférence à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila, mon encadreur. Ce fut un grand plaisir de travailler avec lui, durant la préparation du Master.

Professionnellement, J'ai beaucoup appris avec lui tout au long de ces années d'études, où à maintes reprises son expérience et conseils m'ont été d'une grande utilité.

Je lui serai reconnaissante de la confiance qu'il m'a témoignée.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **MERZOUK BELKACEM** Pr au Département d'hydraulique de M'sila qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

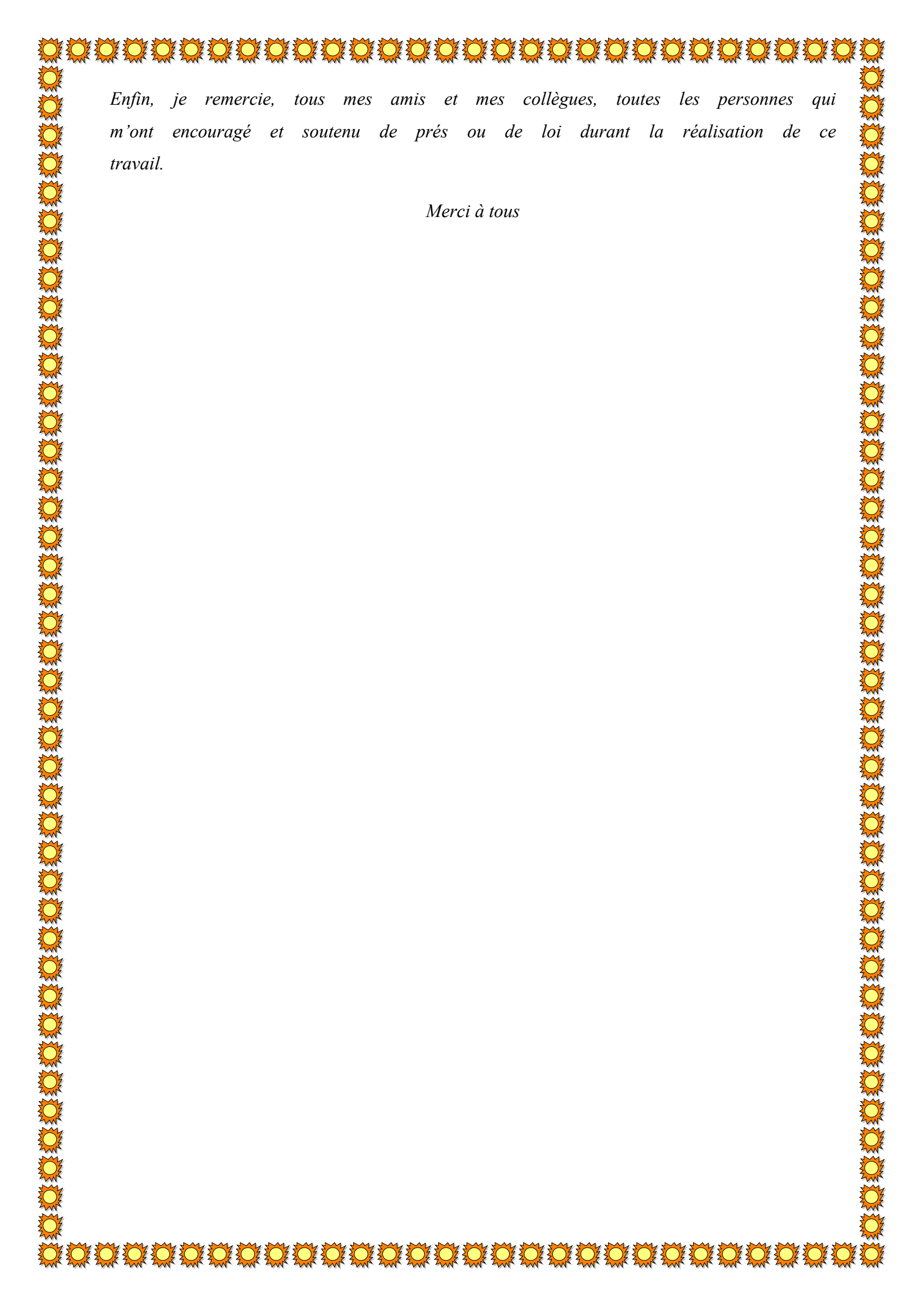
Je tiens également à adresser mes vifs remerciements à Monsieur **DJEHICHE MOKHTAR** MCA au Département de chimie à M'sila, pour avoir accepté de faire partie du jury et examiner mon modeste travail.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à tous le personnel de Département de Hydraulique en particulier le chef département **M'DJERBOUAI SALIM.A** et **M' FARHATI AHMED** pour leur précieuse aide et leur grande disponibilité.

J'adresse mes remerciements également à tous membres de Laboratoire de Hydraulique et de Chimie, chercheurs, techniciens et ingénieurs avec qui j'ai eu le plaisir de travailler, **M^{me} AOUINA SAMIA**, **AMMROUNESARA** et Mademoiselle **LASFAR NADJMA**.

Je remercie tous les enseignants du Département de Hydraulique.

Le grande remerciement je le garde pour Mon père et Ma mère qui a toujours veillé sur moi et sur mon avenir.



Enfin, je remercie, tous mes amis et mes collègues, toutes les personnes qui m'ont encouragé et soutenu de près ou de loï durant la réalisation de ce travail.

Merci à tous



DEDICACES

Au nom de Dieu, clément et miséricordieux.

*Par l'aide d'allah, j'ai pu terminer ce modeste travail qu'est le fruit d'un
soigneux suivi et d'un grand amour de mes proches.*

Je dédie ce modeste travail à :

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source
de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que
dieu te garde, à toi **mon cher père**.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon
cœur, ma vie et mon bonheur, **maman** que j'adore.*

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon frère
Chamseldinne et mes sœurs **Wafa, Hana, Fidaa** et leur mari **Laid, Abdelhak** et
mes neveux **Adam, Anas**, je dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient
en premier lieu pour leur conseil, aides, et encouragements.*

*A mon binôme **Zineb**, pour approbation et sa sympathie.*

*A toute ma famille **Naidji**.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours
à mes côtés, et qui m'ont accompagnés durant mon chemin d'études
supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur, toi **Sadek,
Boha, Ibtissam, Chaïma, Achdjan, Chahrazed, Khadidja, Amine**.*

Merci à tous

NAIDJI SANA



DEDICACES

Après de longues années ce modeste manuscrit voit enfin le jour. Je le dédie de

*Mon père **Yousef** ; et à ma mère **Messaouda** qui m'ont très chers ; qui n'ont jamais cessé et Ma chère tante : **Fatima***

*Mes très chères sœurs : **Khadra , Meriem***

*, **Hiba , Amira , Fatima , Houda ,***

khadidja Asma , Hanane , chima , Nousaiba , Sal

ma , Nawal** Mes très chers frères **Mokhtar ,

Ahmed , Bachir , Mohammed , Okba , Yakoub

*A toutes ma grande famille **Benseid .***

*A mon binôme **Sana** qui est toujours à*

Mes côtés

*A tous mes enseignants et camarades de promotion **Hydraulique** et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci*

Zanouba

Résume

Ce travail porte sur l'étude de l'adsorption du colorant de l'éosine sur le charbon active et l'argile, plusieurs effets ont été appliqués à savoir la masse du charbon active, la masse du l'argile, le temps de contact, la concentration, et le pH du milieu.

Les valeurs optimale de la meilleure adsorption expérimentale pour chaque effet à été déterminer par les valeur multiple appliqué à chaque expérience.

Mots clés : Adsorption, L'éosine, Charbon active, L'argile.

Abstract

This work relates to the study of the adsorption of the color of Eosin on the activated carbon and the clay several effects were applied namely the mass of the clay, the contact time, the concentration, and the pH of the medium.

The maximum values of the experimental adsorption thousand for each effect were determined by the multiple values applied to each experiment.

Keywords : Adsorption, Eosin, Activated carbon, Clay.

الملخص

يتعلق هذا العمل بدراسة امتصاص اللون (الصبغة) يوزين على كل من الفحم النشط والطين تم تطبيق العديد من التأثيرات على كل كتلة الكربون النشط وكتلة الطينة ووقت التلامس والتركيز و سرعة التحريك ودرجة الحرارة و درجة الحموضة للوسط

يتم تحديد القيم المثلى لأفضل امتصاص تجريبي لكل تأثير من خلال القيمة المتعددة المطبقة على كل تجربة

الكلمات المفتاحية : الطين , الكربون المنشط , الامتصاص اليوزين



SOMMAIRE

Sommaire

Liste d'Abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale1

Chapitre I : Recherche Bibliographique

I.1.Les adsorbants	3
I.1.1.Charbons actifs.....	3
I.1.2.Structure du charbon actif.....	4
I.1.3.Propriétés superficielles du charbon actif.....	5
I.1.4.Les différentes formes du charbon actif.....	5
I.1.4.1.Les charbons actifs en tissu (CAT).....	5
I.1.4.2. Les charbons actifs en poudre (CAP).....	6
I.1.4.3. Les charbons actifs en grain (CAG).....	6
I.2. Les propriétés des adsorbants.....	7
I.2.1.Structure poreuse (Texture).....	7
I.2.2. Principales applications.....	7
I.3.Argile.....	7
I.3.1.Structure de minéraux argileux.....	8
I.3.2.Classification des argiles.....	9
I.3.2.1.les illites (2/1, d=10Å°).....	10
I.3.2.2.les argiles fibreuses.....	11
I.3.2.3.La kaolinite (1/1, d=7Å°).....	12
I.4.Les adsorbats	13
I.4.1. Généralités.....	13
I.4.2. Les colorants.....	13
I.4.3: Corrélation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise.....	14
I.4.4. Classification des colorants.....	15
I.4.5. Classification chimique.....	15
I.4.6.Classification tinctoriale.....	16
I.4.7.Les colorants azoïques.....	17
I.4.7.1.Les colorants nitrés et nitrosés.....	17

I.4.7.2. Les colorants indigoïdes.....	17
I.4.7.3. Les colorants xanthènes.....	17
I.4.7.4. Les colorants anthraquinoniques.....	17
I.4.8 .Toxicité des colorants.....	17
I.4.8.1. Procédés d'élimination des colorants.....	18
I.4.8.2. Bleu de méthylène.....	18
I.4.8.3. Toxicité du bleu de méthylène.....	19
I.4.9. L'éosine.....	19
I.4.9.1. Fabrication.....	20
I.4.9.2. Usages.....	20
I.5. Impact des colorants.....	21
I.6. La pollution des eaux.....	21
I.6.1. La pollution naturelle.....	22
I.6.2. La pollution industrielle.....	22
I.6.3. Les principaux types de polluants.....	23
Références Bibliographique.....	26

Chapitre II : L'adsorption

II.1. Généralité sur l'adsorption.....	27
II.1.2. Types d'adsorption.....	27
II.1.2.1. Adsorption physique.....	27
II.1.2.2. Adsorption chimique.....	27
II.1.3. Le paramètre de l'adsorption.....	28
II.1.4. Cinétique d'adsorption.....	29
II.1.5. Importance de l'adsorption.....	30
II.1.6. Domaine d'application de l'adsorption.....	30
II.2. Isothermes d'adsorption.....	30
II.2.1. Classification des isothermes d'adsorption.....	30
II.2.2. Modélisation des isothermes.....	31
II.2.2.1. Le modèle de Freundlich.....	32
II.2.2.2. Modèle de Langmuir.....	32
II.3. Cinétique d'adsorption.....	33
II.3.1. Cinétique de premier ordre.....	33
Références Bibliographique.....	34

Chapitre III. Méthodes de caractérisations spectroscopie et structurales

III .Méthodes de caractérisations spectroscopie et structurales.....	35
III.1. Analyse par infrarouge.....	35
III.1.1. Diffraction des rayons X.....	35
III.2. La spectrophotométrie UV-Visible.....	37
III.2.1.Principe de la spectrophotométrie UV-visible.....	37
III.3.La loi de Beer-Lambert.....	38
III. 4.La pH métrie.....	39
III.4.1. Définition.....	39
Références Bibliographique.....	40

Chapitre IV. Etude de l'élimination du l'éosine en phase hétérogène

IV. Propriétés spectrales des adsorbants.....	41
IV.1.Diffraction des rayons X.....	41
IV.2. Spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier(FTIR).....	42
IV.3.Caractéristiques physico-chimiques du l'éosine.....	43
IV.3.1.Etalonnage de la solution.....	44
IV.4.Etude d'adsorption de l'éosine sur l'argile brute et le charbon activé.....	46
IV.5.Effet de la masse de l'adsorbant sur la concentration à l'équilibre de l'adsorbat.....	47
IV.6.Effet de la concentration initiale.....	48
IV.7.Etude cinétique d'adsorption du l'éosine en phase solide.....	49
IV.8.L'effet du Ph.....	50
IV.9.L'influence du temps.....	51
IV.10.Modèles cinétiques d'adsorption.....	52
Références Bibliographique	56
Conclusion générale.....	58



LISTE D'ABRÉVIATIONS

Liste des Abréviations

Notations alphanumériques

Alumineuse	Carbone Organique Total (mg/L)
ADN	Acide Désoxyribonucléique
ARN	Acide Ribonucléique
CA	Charbons Actifs
CAT	Charbon Actif Tissu
CAP	Charbon Actif en Poudre
CAG	Charbon Actif en Grain
CEC	Capacité d'Echange Cationique
CO	Cobalt-Platine
CT	Siliceuses
I.U.P.A.C	International Union of Pure and Applied Chemistry
MO	Matière Organique
MOF	Matière Organique Fermentescible
PH	Potentiel Hydrogène
UV	Ultra-Violet

XRD	Diffraction des Rayons X
FTIR	Spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier
A	Absorbance ;
ϵ	le coefficient d'absorption molaire en $L.mol^{-1}.cm^{-1}$;
l	la largeur de cuve en cm ;
c	la concentration de la solution en mol/L.
(λ_{max})	Longueur d'absorbance maximale
C_0	Concentration initiale en mg/l
C_e	Concentration du surnageant à l'équilibre en mg/l
C_t	Concentration du surnageant à l'instant t en mg/l
m	masse d'argile introduite en g
V	Volume total de l'échantillon en L
qads	Quantité de polluant par unité de masse de l'argile en mg/g
qm	Capacité maximale d'adsorption (mg/g)
k	Constante d'équilibre d'adsorption pour le couple soluté/adsorbant (L/mg)
k_f et n	Constantes caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant vis à vis d'un soluté donné



LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
Chapitre I		
Figure I.1	Structure cristalline: (a) graphite ; (b) charbon actif	04
Figure I.2	CA en tissu (CAT)	05
Figure I.3	CA en poudre (CAP)	06
Figure I.4	CA en grain (CAG)	06
Figure I.5	Eléments structuraux dans l'argile	09
Figure I.6	Structure d'une montmorillonite	10
Figure I.7	Modèle structurale l'illite	11
Figure I.8	Modèle argiles fibreuses : Exemple de la palygorskite	11
Figure I.9	Modèle structural de kaolinite	12
Figure I.10	exemples de colorants	15
Figure I.11	Structure chimique du l'azoïques	16
Figure I.12	Structure chimique du bleu de méthylène	19
Figure I.13	Structure chimique de Eosine	20
Figure I.14	Les composants chimiques d'eosine	20
Chapitre II		
Figure II.1	Caractéristique d'adsorption	28
Figure II.2	Modèle d'adsorption	29
Figure II.3	Les différents types d'isothermes d'adsorption	31
Chapitre III		
Figure III.1	La spectroscopie infrarouge	35
Figure III.2	Diffractomètre X pert Pro (Panalytical)	36
Figure III.3	Le spectrophotomètre UV-visible	37
Figure III.4	schéma de principe d'un spectrophotomètre	38
Figure III.5	Le Ph métrie	39

Chapitre IV

Figure IV.1	Diffractogramme de l'argile brute et le charbon actif	42
Figure IV.2	Spectre IR de l'argile brute	43
Figure IV.3	Longueur d'absorbance (λ_{\max}) du colorant éosine	45
Figure IV.4	Courbe d'étalonnage de la colorante éosine	46
Figure IV.5	Effet de la masse du solide sur la concentration à l'équilibre	48
Figure IV.6	Effet de la concentration initiale	49
Figure IV.7	Taux de décoloration de l'éosine sur l'argile brute et charbon activé	50
Figure IV.8	Effet du pH sur la décoloration du l'éosine	51
Figure IV.9	L'influence du temps sur l'élimination du l'éosine	52
Figure IV.10	Isotherme d'adsorption modèle de Freundlich	53
Figure IV.11	Isotherme d'adsorption model Langmuir	54



LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
Chapitre I		
Tableau I.1	Principales caractéristiques du charbon activé	03
Tableau I.2	Les longueurs absorbées avec les colorants de chaque produit	14
Tableau I.3	Principaux groupes chromophores et auxo-chromes	14
Chapitre II		
Tableau II.1	Les facteurs pratiques qui peuvent définir les deux types d'adsorption	28
Chapitre VI		
Tableau IV.1	Composition chimique de la bentonite brute (gisement de Maghnia)	41
Tableau IV.2	Les principales caractéristiques physico-chimiques du l'éosine	44
Tableau IV.3	valeur de λ_{\max} de l'adsorbat	45
Tableau IV.4	Les valeurs d'étalonnages du l'éosine	46
Tableau IV.5	Paramètres d'équilibres d'adsorption selon le modèle de Langmuir et de Freundlich	54



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

L'eau est un élément indispensable à l'existence. Son rôle est fondamentale pour le développement économique de la civilisation humaine vu son utilisation dans de nombreux secteurs notamment l'industrie et l'agriculture. Cette ressource vitale est très connue par sa grande fragilité. D'où la nécessité d'amélioration des moyens efficaces pour sa protection contre la pollution.

La pollution des eaux et des sols, accidentellement ou volontairement par certains produits chimiques d'origine industriel (hydrocarbures, phénols, colorants, acides organiques...) ou agricole (pesticides, engrais,...) est devenue actuellement un problème crucial et de grande inquiétude, puisque elle constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle internationale. Les produits chimiques en général ont une certaine toxicité, sont considérés comme des micropolluants cancérigènes et dangereux même lorsqu'ils existent sous forme de traces.

L'élimination de ces polluants à partir des rejets industriels est très souvent réalisée par des traitements chimiques classiques tels que : la coagulation-floculation, l'électrocoagulation entre autres, se sont révélés efficaces, mais dans la plupart des cas, très onéreux. Le traitement par la technique d'adsorption est plus utilisé pour son efficacité dans l'abattement des micropolluants organiques, en mettant en jeu des interactions solide liquide.

Les recherches se sont alors orientées vers les procédés de traitement utilisant les matériaux naturels tels que les matières agricoles (déchets agricoles, charbons actifs...).

L'application du charbon actif en poudre ou en grains dans le domaine de traitement des eaux a commencé à se développer après la seconde guerre mondiale. Le charbon actif a ensuite été employé pour ses propriétés adsorbantes dans le but d'éliminer les substances organiques et aussi le charbon actif est utilisé à la fois comme matériau adsorbant et comme support bactérien en vue de l'abaissement de la teneur en matière organique et de l'élimination de la matière organique biodégradable.

Des autres adsorbants ce sont usagées aussi dans le domaine d'éliminations des polluants organique c'est le cas des argiles brutes ou traitées qui possèdent des nanoparticules particulièrement remarquables de par leur ubiquité et leur réactivité. Leur taille nanométrique et leur structure en feuillets offre une grande surface spécifique vis-à-vis de l'adsorption et leur confère un rôle crucial dans la rétention d'un grand nombre de polluants d'origine naturelle ou anthropique. L'étude de leur réactivité est un enjeu majeur en Sciences de l'Environnement

Introduction générale

L'objectif de notre travail, est d'étudier l'adsorption d'un colorant considéré comme un polluant de l'eau sur le charbon activé et l'argile brute

Ce mémoire se compose de quatre chapitres

- ✚ Le premier chapitre présente un rappel bibliographique sur les argiles et le charbon activé et leurs phénomènes comme des adsorbants des colorants, ainsi qu'une recherche sur l'impact des colorants sur l'environnement.
- ✚ Le chapitre II décrit les modèles d'adsorption et les cinétiques des adsorbats sur les adsorbants
- ✚ Le chapitre III émet les différentes méthodes de préparation et de caractérisations physico-chimiques savoir : Diffractions des rayons X (DRX), analyse par infrarouges (FTIR), UV –visible, pH.
- ✚ Le chapitre IV est consacré à l'étude d'adsorption des colorants en phase hétérogène et à la caractérisation des échantillons. La caractérisation essentielle est menée par analyse par absorption au rayon infrarouge. La structure cristallographique a été déterminée par des rayons X (RDX). L'UV –visible détermine la concentration de décoloration de l'éosine sur l'argile brute et le charbon activé. Le pH –mètre informe sur l'acidité du milieu.
- ✚ Enfin, une conclusion générale



CHAPITRE I :
RECHERCHE BIBLIOGRAPHIE

I.1.Les adsorbants:

Généralement, les adsorbants permettent de réaliser la séparation des composants d'un mélange en retenant plus ou moins, ceux-ci, par le biais de liaisons dont l'intensité varie selon la nature des molécules présentes dans le mélange. Au sens strict, tous les solides sont des adsorbants. Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante (surface par unité de masse) peuvent avoir des intérêts pratiques. Les adsorbants industriels ont généralement des surfaces spécifiques au-delà de $100 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$, atteignant même quelques milliers de ($\text{m}^2.\text{g}^{-1}$).

Ces adsorbants sont nécessairement microporeux avec des tailles de pores inférieures à 2 nm ou méso-poreux avec des tailles de pores comprises entre 2 nm et 50 nm (selon la classification de l'IUPAC). Les adsorbants industriels les plus courants sont les suivants : les charbons actifs, les zéolithes, les gels de silice, les argiles activées (ou terres décolorantes) et les alumines activées [1]. De plus, ce phénomène est influencé par de nombreux facteurs qui sont relatifs aux propriétés Physico-chimiques absorbant (charbon), et ainsi que l'adsorbat les conditions extérieures.

I.1.1.Charbons actifs

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif. Il est obtenu à partir de matières organiques (bois, tourbe) carbonisées, puis activées (dégagement des cavités remplies de goudron lors de la carbonisation). Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre avec des pores de quelques μm de dimension, soit sous forme de grain. Il peut être régénéré selon trois procédés de désorption : à la vapeur, thermique et chimique. Sur le tableau I.1 sont regroupées quelques caractéristiques des charbons activés.

Tableau I.1: Principales caractéristiques du charbon activé [2].

Caractéristique	Description
Diamètre Effectif	Poudre : 8-9 ; granules : 0,55 -1,05mm Augmentation du taux d'adsorption et des pertes de charge lorsque la grosseur des grains diminue.
Surface d'adsorption	De 850 à 1500 m^2/g . Plus cette surface est grande plus le charbon activé est efficace.
Nombre de mélasse	Il est associé à la capacité du charbon activé d'absorber les impuretés de masses moléculaires élevées.
Densité brute	Evolution du volume de charbon activé utilisé.

L'expérience montre que les charbons actifs sont des adsorbants à très large spectre : la plupart des molécules organiques se fixent à leur surface, les moins retenues étant les molécules les plus polaires et celles linéaires, de très faible masse molaire (alcools simple, premiers acides organiques...). En revanche, les molécules peu polaires, génératrices de goût et d'odeur, et les molécules à haute masse molaire sont, pour des raisons différentes, bien adsorbées sur les charbons.

I.1.2. Structure du charbon actif

La structure du charbon actif est semblable à celle du graphite. En effet la structure cristalline de ce dernier consiste en un ensemble de couches planes d'atomes de carbone, ordonnés en hexagone réguliers, comparables aux cycles aromatiques (Figure I.1).

L'analyse de diffraction aux rayons X, révèle que sa structure est graphitique, mais avec quelques différences, notamment par la disposition de ces couches planes d'atomes de carbone en un agencement désordonné et par la formation de groupements fonctionnels, dus à la présence d'hétéroatomes (oxygène, métaux, hydrogène...) dans le réseau cristallin [3]. Ces modifications de structure pourront engendrer des interactions spécifiques (groupements fonctionnels) et des interactions non spécifiques (hétérogénéité du réseau) pour cet adsorbant [4,5].

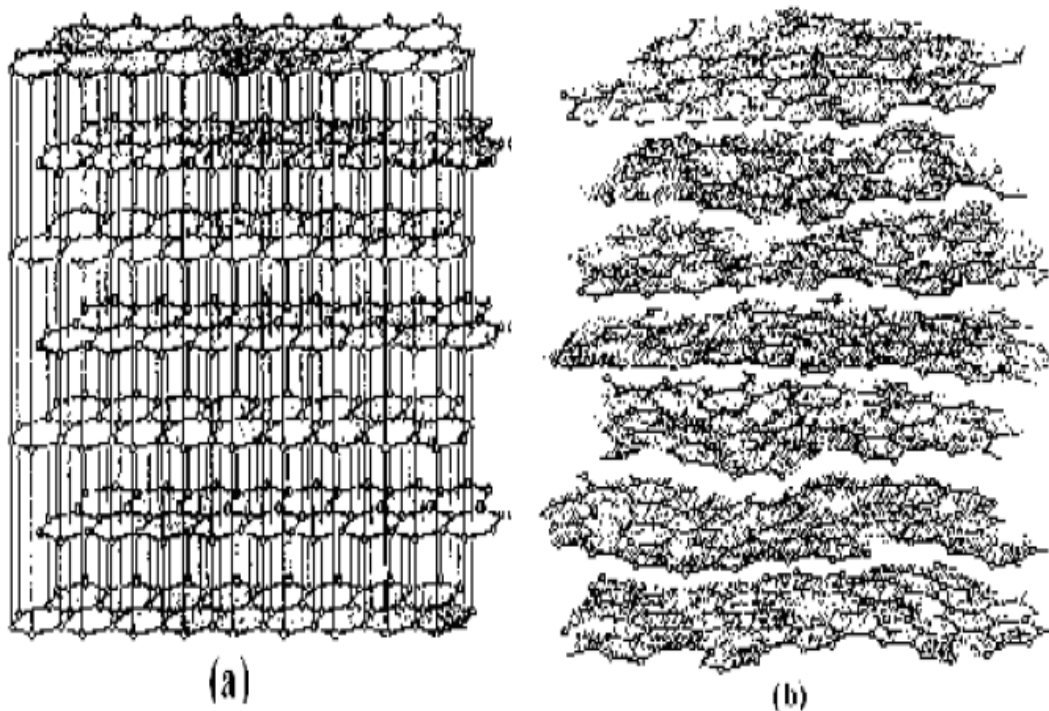


Figure I.1. : Structure cristalline: (a) graphite ; (b) charbon actif

I.1.3. Propriétés superficielles du charbon actif

Comme il a été suggéré précédemment, l'existence d'hétéroatomes dans la structure cristalline a engendré la formation de divers groupements fonctionnels à la surface de ce matériau. Leur identification et leur caractérisation sont liées à la nature de l'adsorbant et des procédés d'activation [6.7]. Ce sont donc ces groupements qui feront apparaître soient les propriétés acides du charbon (type L), soient les propriétés basiques (type H).

Les techniques spectrales (IR), paléographiques et titrimétriques ont permis de caractériser les fonctions acides les plus courantes comme les groupements carboxyliques, phénoliques, carbonyles et les lactones.

I.1.4. Les différentes formes du charbon actif

Essentiellement de 100 types de charbons actifs pour toutes vos mesures. Nous évoquons troistypes célèbres [6]:

- Charbon actif tissu (CAT)
- Charbon actif en poudre (CAP)
- Charbon actif en grain (CAG)

I.1.4 .1. Les charbons actifs en tissu (CAT)

Les tissus de carbone activé parmi les matériaux adsorbants utilisables pour l'élimination des composés organiques volatils.



Figure I.2: CA en tissu (CAT)

I.1.4.2. Les charbons actifs en poudre (CAP)

Ce charbon est employé dans des applications en phase liquide et pour le traitement des flux gazeux.



Figure I. 3:CA en poudre (CAP)

I.1.4.3. Les charbons actifs en grain (CAG)

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



Figure I.4: CA en grain (CAG)

I.2. Les propriétés des adsorbants

I.2.1. Structure poreuse (Texture)

Un solide poreux peut être défini à partir du volume de substance adsorbée nécessaire pour saturer tous les pores ouverts d'un gramme de ce solide. Un pore ouvert est un pore dont l'accès se situe à la surface du grain, il est donc accessible au fluide [7]. Ce volume poreux, en $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, est donc uniquement caractéristique de la porosité ouverte (Figure III.4).

Selon la classification I.U.P.A.C. (International Union of Pure and Applied Chemistry), les tailles de pores sont réparties en 3 groupes :

- Les micropores de diamètre inférieur à 2 nm ;
- Les méso-pores de diamètre compris entre 2 et 50 nm ;

I.2.2. Principales applications

Les charbons actifs sont utilisés dans plusieurs domaines [8]

1. Le traitement des eaux potables ou des eaux industrielles qui sont produites à partir des eaux de surface.
2. Le traitement tertiaire des eaux résiduaires ou industrielles. Dans ce cas le charbon actif peut être considéré comme un complément au traité biologique.
3. Le traitement des eaux résiduaires industrielles :
4. l'action catalytique en tant que support de catalyseur.

I.3. Argile

Il existe plusieurs définitions des argiles, le terme « argile » n'aura pas le même sens en mécanique des sols et des roches, ou en physique du sol; il désigne, selon les cas, un ensemble d'espèces minérales, une famille de roches, une catégorie de sols ou encore une classe granulométrique comprenant des particules minérales, dont le diamètre des grains est inférieur à 2 micromètres [9]. L'argile est un mélange de minéraux argileux et d'impuretés cristallines sous forme des débris rocheux de formule générale (Al_2O_3 , XSiO_2 , YH_2O).

L'intérêt accordé ces dernières années à l'étude des argiles par de nombreux laboratoires dans le monde se justifie par [10, 11]

- ✓ Leur abondance dans la nature,
- ✓ L'importance des surfaces qu'elles développent,
- ✓ La présence de charges électriques sur ces surfaces,

- ✓ L'échangeabilité des cations interfoliaires responsable de l'hydratation et du gonflement, ce qui confère à ces argiles des propriétés hydrophiles. L'argile brute est constituée généralement d'un composant minéral de base (kaolinite, montmorillonite, etc...) et de certaines impuretés [12, 13].

Les impuretés sont constituées de :

- Oxydes et hydroxydes de silicium : (le quartz et la cristobalite) ;
- Minéraux ferrifères : l'hématite Fe_2O_3 , la magnétite Fe_3O_4 ;
- Carbonates : la calcite CaCO_3 , la dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$;
- Oxydes et hydroxydes d'aluminium : La gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$;
- Matières organiques (MO).

I.3.1. Structure de minéraux argileux

Les argiles sont constituées de minéraux dont les particules sont essentiellement des phyllo silicates; empilements de feuillets bidimensionnels silicatés. Les feuillets qui constituent le motif de base de ces matériaux, sont formés par l'assemblage d'une ou deux couches de Tétraédressiliceux SiO_4 et d'une couche d'octaèdres alumineux, ferrifères ou magnésiens (2 :1 ou 1 :1) (figure I.5).

L'organisation structurale des phyllo silicates est basée sur une charpente d'ions O^{2-} et OH^- [14]. Ces anions occupent les sommets d'assemblages octaédriques (O^{2-} et OH^-) et tétraédrique O^{2-} . Dans les cavités de ces unités structurales élémentaires viennent se loger des cations de tailles variables (Si^{+4} , Al^{+3} , Fe^{+3} , Fe^{+2} , Mg^{+2}) en position tétraédrique ou octaédrique.

Ces éléments s'organisent suivant un plan pour constituer des couches octaédriques et tétraédriques dont le nombre détermine l'épaisseur du feuillet. L'espace entre deux feuillets parallèles s'appelle espace inter foliaire (figure I.5).

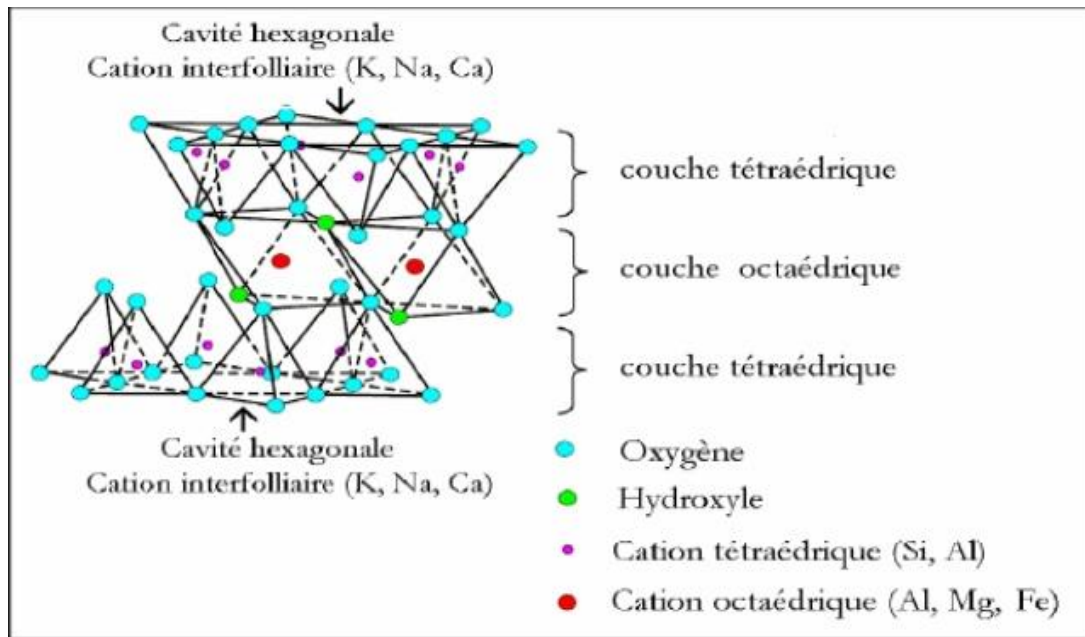


Figure I.5 : Eléments structuraux dans l'argile

I.3.2. Classification des argiles :

Il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est basée sur l'épaisseur et la structure du feuillet. On distingue ainsi quatre groupes [15].

Les montmorillonites (1/1, $d=10\text{\AA}$) Ce sont des phyllo silicates de formule de base : $4\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, plus riche en silice que la kaolinite; l'adsorption d'eau et la fixation de cations sont donc très marquées.

La montmorillonite fait partie des smaltites, correspondant à un feuillet à 3 couches: 1-tétraédrique- octaédrique- tétraédrique (2:1) d'épaisseur 10\AA avec des substitutions au sein de la couche octaédrique où Al^{3+} est remplacé par Mg^{2+} La capacité d'échange cationique (CEC) élevée varie de 100 à 130 meq/100g d'argile calcinée à 900°C [16].

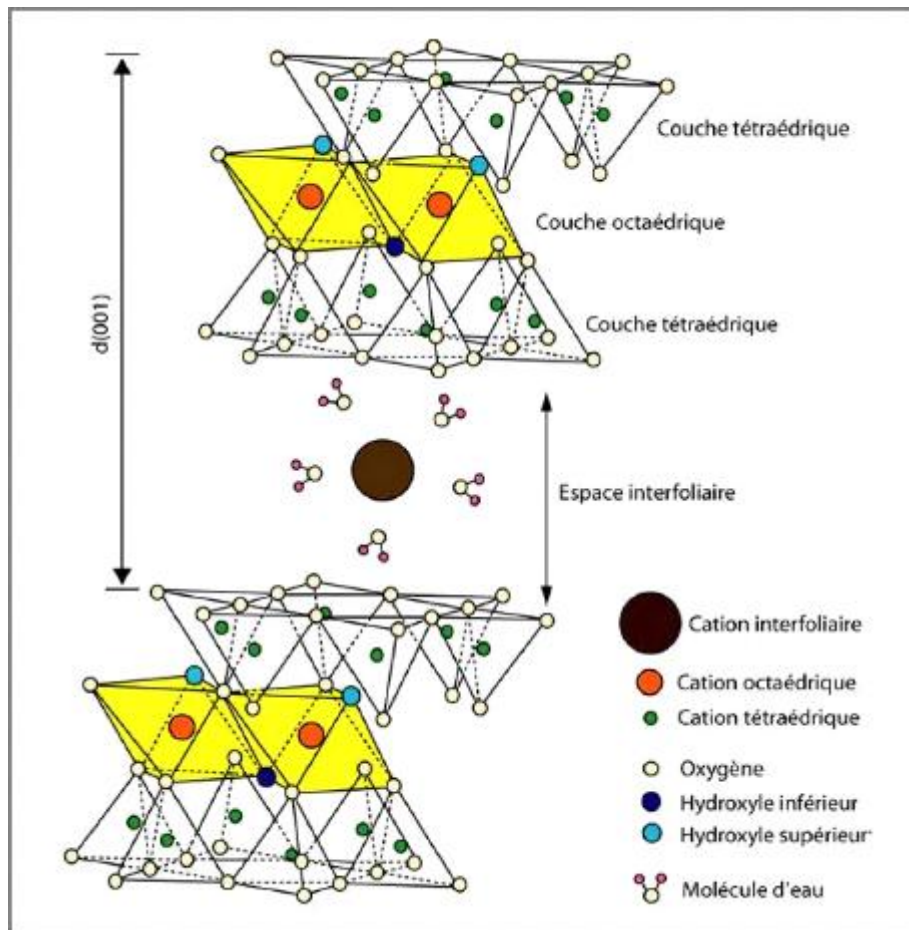


Figure I.6 : Structure d'une montmorillonite

I.3.2.1. les illites (2/1, $d=10\text{\AA}$):

Les illites sont des silicates micacés à 3 couches; au-dessus et en dessous de chaque couche d' $\text{Al}(\text{OH})_6$ octaédrique se trouve une couche de SiO_4 tétraédrique. Ce groupe comprend plusieurs types d'argiles, également riche en silice, et ses propriétés sont intermédiaires entre celles des deux familles précédentes. Association d'une CO (alumineuse) et deux CT (siliceuses).

Mais il peut y avoir des substitutions (remplacement de Si par Al). Des cations (K^+) sont adsorbés dans l'espace inter-foliaire afin de compenser le déséquilibre des charges. C'est le minéral ubiquiste par excellence. Sa structure est proche de la muscovite (plus d'eau, moins de K^+).

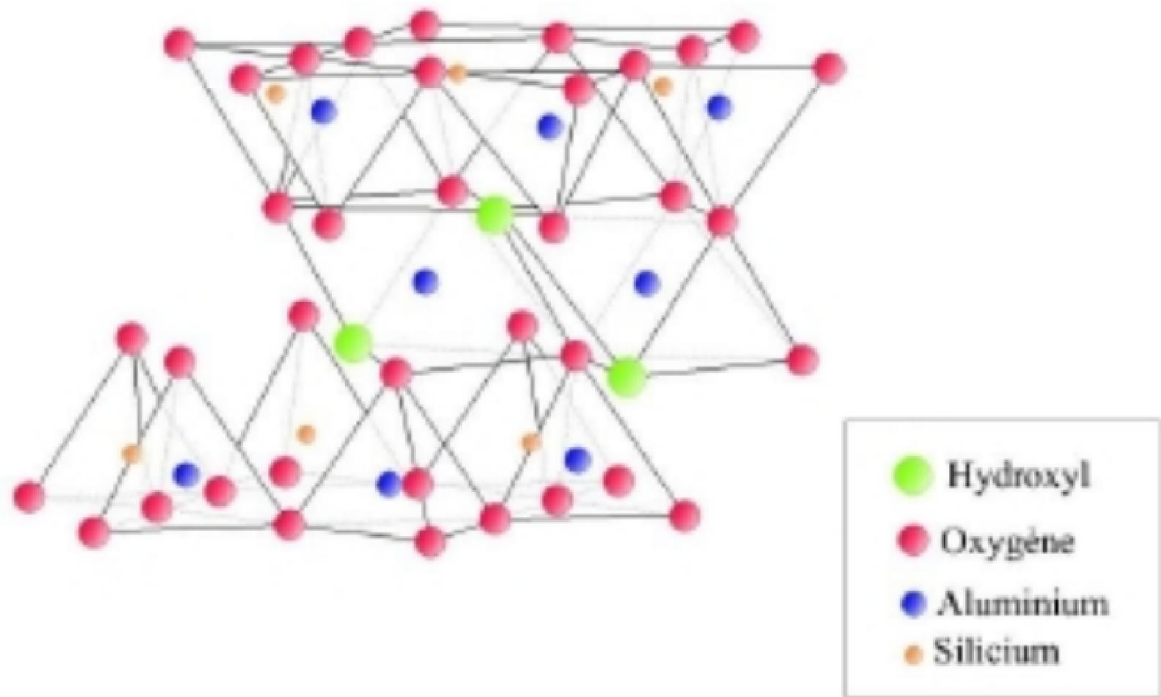


Figure I.7: Modèle structurale l'illite

I.3.2.2.les argiles fibreuses:

Sont caractérisées par une structure fibreuse ou en feuillets rubanés (figure I.8), elles sont souvent magnésiennes. Les principaux types sont la sépiolite et l'attapulgite ou palygorskite. On les trouve dans les milieux confinés

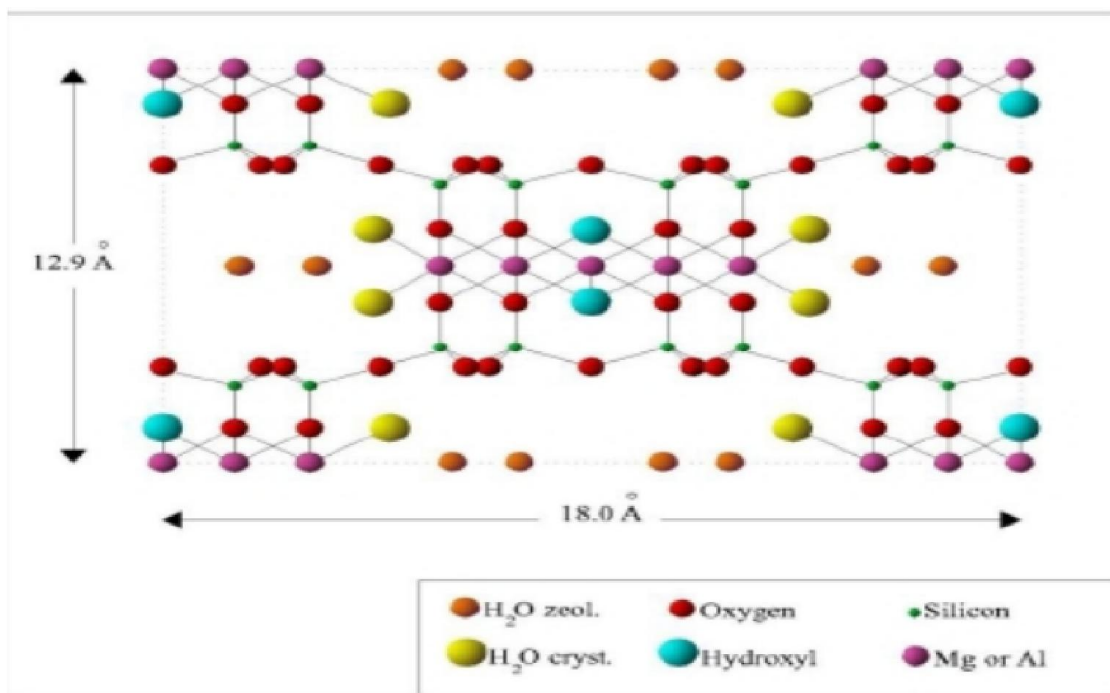


Figure I.8 : Modèle argiles fibreuses : Exemple de la palygorskite

I.3.2.3. La kaolinite (1/1, $d=7\text{\AA}$)

De formule de base : $2\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la plus pauvre en silice à deux couches ; dans le feuillet élémentaire, une couche de $\text{Al}(\text{OH})_6$ octaédrique disposée au-dessus de chaque couche de SiO_4 tétraédrique.

Cela signifie que les kaolinites présentent une teneur élevée en alumine (Al_2O_3) qui peut atteindre 35 à 38% dans le cas d'argile réfractaire de bonne qualité.

La kaolinite de couleur blanche neigeée grasse au toucher, savonneuse, plastique

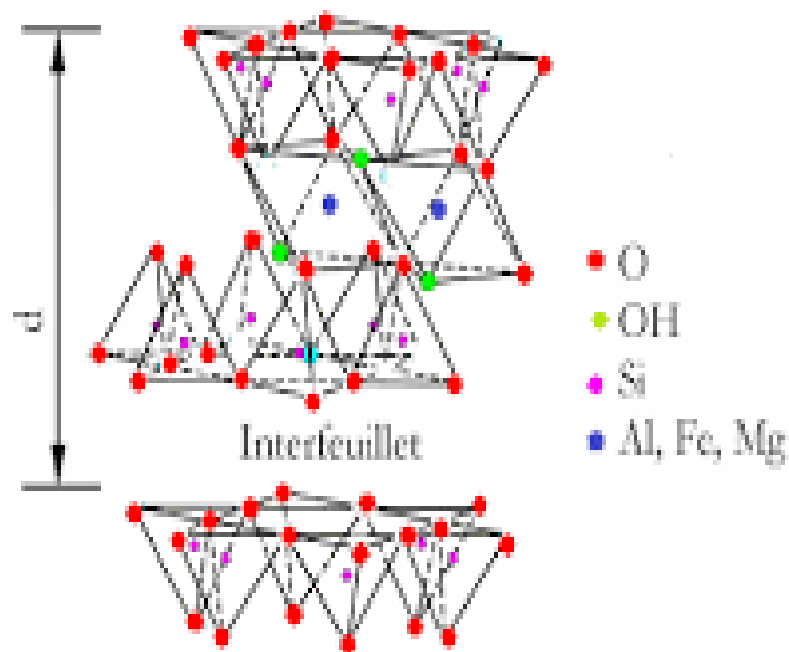


Figure I.9 : Modèle structural de kaolinite

I.4. Les adsorbats

I.4.1. Généralités

L'adsorption est le phénomène qui consiste en l'accumulation d'une substance à l'interface entre deux phases (gaz-solide, gaz-liquide, liquide-solide, liquide-liquide, solide-solide). Une molécule attirée inégalement par les autres molécules de deux phases trouvera une position énergétiquement favorable à la surface de la phase qui l'attire le plus. Les molécules ainsi adsorbées constituent l'adsorbat. Si les conditions énergétiques ou cinétiques permettent à la molécule de pénétrer au sein de la phase absorbante, il y a absorption.

Les rejets de certaines industries, entre autres, l'industrie textile, les tanneries ou encore l'industrie de pulpe et papier sont parfois très chargées de colorants. La plupart de ces colorants sont peu biodégradables et résistent aux traitements chimiques et biologiques.

I.4.2. Les colorants

Un colorant doit posséder, outre sa couleur propre, la propriété de teindre. Cette propriété résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre est à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des traitements. En effet, selon le type d'application et d'utilisation, les colorants synthétiques doivent répondre à un certain nombre de critères afin de prolonger la durée de vie des produits textiles sur lesquels ils sont appliqués

- Résistance à l'abrasion ;
- Stabilité photo lytique des couleurs ;
- Résistance à l'oxydation chimique (notamment les détergents) ;
- Attaques microbiennes.

L'affinité du colorant pour la fibre est particulièrement développée pour les colorants qui possèdent un caractère acide ou basique accentué. Ces caractéristiques propres aux colorants organiques accroissent leur persistance dans l'environnement et les rendent peu disposés à la biodégradation [17].

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophore, La relation entre la longueur d'onde et la couleur transmise est donnée dans le Tableau (I.2), [18,19].

Tableau I.2 : Les longueurs absorbées avec les colorants de chaque produit

λ Longueur d'onde absorbée (Å)	Couleur observe (transmise)
4000 (violet)	Jaune verdâtre
4250 (bleu nuit)	Jaune
4500 (bleu)	Orange
4900 (bleu)	Rouge
5100 (vert)	Pourpre
5300 (jaune vert)	Violet
5500 (jaune)	Bleu nuit
5900 (orange)	Bleu

I.4.3:Corrélation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise.

La molécule colorante étant le chromogène. Plus la facilité du groupe chromophore à donner un électron est grande plus la couleur sera intense (groupes chromophores classés par intensité décroissante dans le Tableau I.2.

D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore : ce sont les groupes auxo-chromes [20].

Les colorants sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que les teintures du textile, du papier, du cuire dans les industries alimentaires et cosmétiques. Les colorants ont la réputation d'être des substances toxiques et persistantes dans l'environnement, ils nécessitent des techniques physico -chimiques pour les dégrader [21].

Tableau I.3:Principaux groupes chromophores et auxo-chromes[22].

Groupements chromophores	Groupements auxochromes
Azo (-N=N-)	Amino (-NH ₂)
Nitroso (-NO ou -N-OH)	Méthylamino (-NHCH ₃)
Carbonyl (=C=O)	Diméthylamino (-N(CH ₃) ₂)
Vinyl (-C=C-)	Hydroxyl (-HO)
Nitro (-NO ₂ ou =NO-OH)	Alkoxy (-OR)
Sulphure (>C=S)	Groupementsdonneursd'électrons

I.4.4. Classification des colorants

Les principaux modes de classification des colorants reposent soit sur leur constitution chimique (classification chimique), soit sur leurs méthodes d'application aux différents substrats (classification tinctoriale)[23].

I.4.5. Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupement chromophore, qui consiste le squelette nécessaire à coloration de la molécule [24].

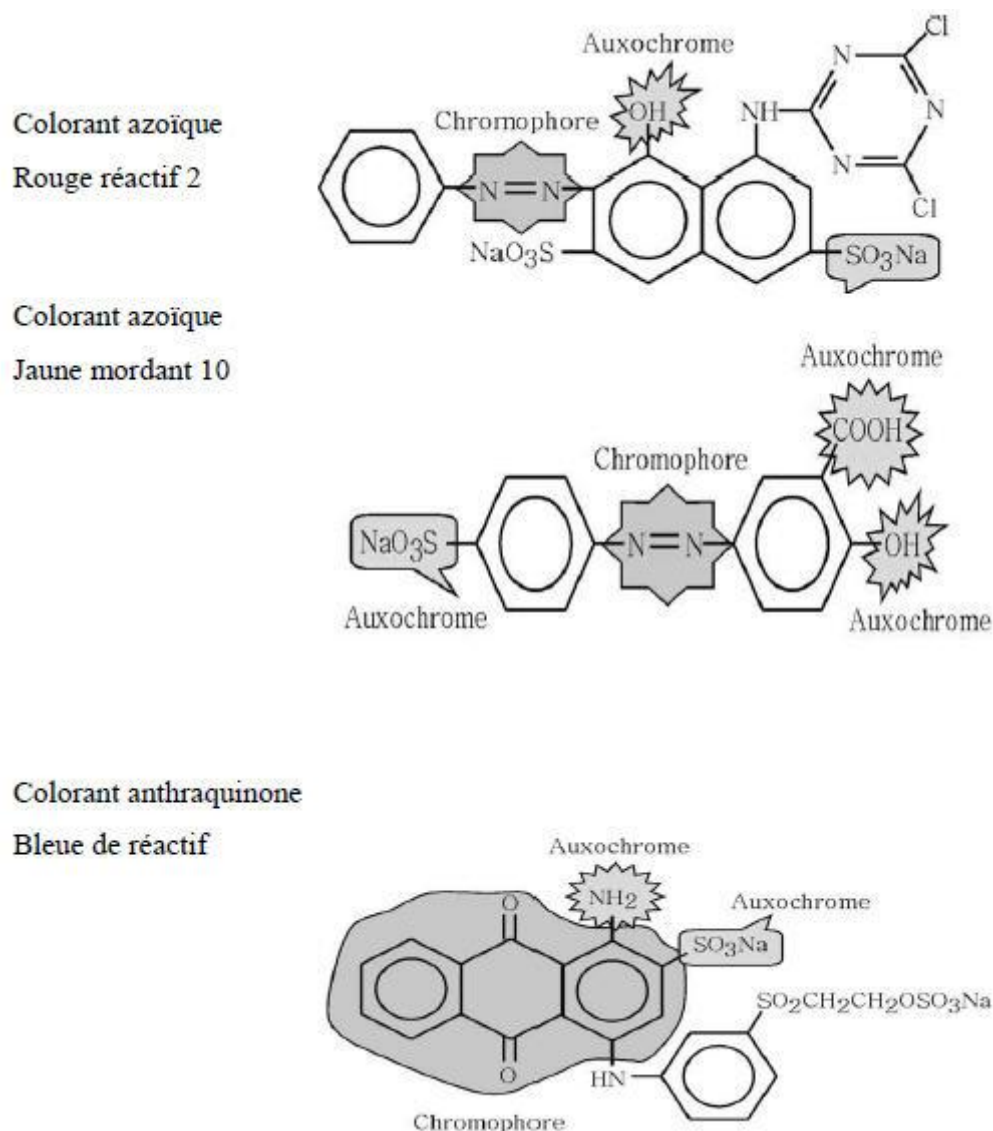


Figure I .10: Exemples de colorants

I.4.6. Classification tinctoriale

Le classement des colorants selon leur structure chimique se fonde sur la nature du chromophore, ce qui amène à distinguer les principales familles suivantes : colorants azoïques, anthraquinoniques, indigoïdes, polyméthiniques, colorants du diphénylméthane et du triphénylméthane, phtalocyanines, colorants nitrés et nitrosés.

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

On distingue différentes catégories. [25].

- ❖ Les colorants acides ou anioniques : Très solubles dans l'eau grâce à leurs groupes sulfonate ou carboxylate, ils sont ainsi dénommés parce qu'ils permettent de teindre les fibres animales (laine et soie) et quelques fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) en bain légèrement acide. L'affinité colorant - fibre est le résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupes amino des fibres textiles.
- ❖ Les colorants basiques ou cationiques : Classe des colorants porteurs d'ions positifs et reconnus pour leurs nuances brillantes. Les colorants basiques se composent de grosses molécules et ce sont des sels solubles dans l'eau. Ils ont une affinité directe pour la laine et la soie et peuvent être utilisés sur le coton. La solidité des colorants basiques sur ces fibres est très faible. Ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur les quelles ils permettent des nuances très vives et résistantes.

I .4.7. Les colorants azoïques

Les colorants azoïques constituent la famille le plus important tant sur le plan de l'application. Les colorants azoïques insolubles sont utilisés en teinturerie pour la teinture des fibres cellulosiques sous toutes ses formes.

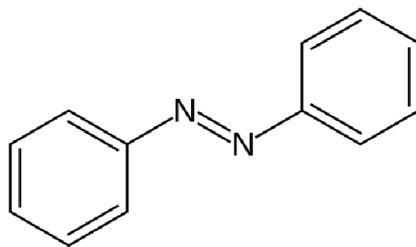


Figure I.11 : Structure chimique du l'azoïques

I.4.7.1. Les colorants nitrés et nitrosés

Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.). Les colorants nitrés et nitrosés forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne

I.4.7.2. Les colorants indigoïdes

Les colorants indigoïdes tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues séléniés, soufrés et oxygénés du bleu indigo provoquent d'importants effets hypochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise. Les colorants indigoïdes sont utilisés comme colorants en textile, comme additifs en produits pharmaceutiques, la confiserie, ainsi que dans des diagnostics médicaux.

I.4.7.3. Les colorants xanthènes

Les colorants xanthènes sont des composés qui constituent les dérivés de la fluorescéine halogénée. Ils sont dotés d'une intense fluorescence. Leur propriété de marqueurs lors d'accident maritime ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie. Ils sont aussi utilisés comme colorants en alimentaire, cosmétique, textile et impression.

I.4.7.4. Les colorants anthraquinoniques

Les colorants anthraquinoniques sont commercialement, les plus importants après les colorants azoïques. Leur formule générale dérivée de l'anthracène, montre que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino. Ces produits sont utilisés pour la coloration des fibres polyester, acétate et triacétate de cellulose.

I.4.8. Toxicité des colorants

La toxicité des colorants vient de l'ignorance des chercheurs ou des utilisateurs de leurs structures chimiques qui diffèrent d'un type à un autre. Ainsi que du mode de l'emploi lors de l'utilisation. Beaucoup d'étude sont montrés les effets toxiques et/ou carcino-géniques des colorants azoïques, ce qui signifie que les effluents contenant ces colorants doivent être traités avant d'être rejetés en milieu naturel [26].

Leur toxicité est en fait due à la teneur en groupements cancérigènes tels que les groupements aromatiques, phtalogènes, cyanurés, sel de barium et de plomb. Ces

groupements cancérigènes (sous forme électrophile ou radicalaire) attaquent les bases pyrimidiques de l'ADN et de l'ARN et causent par conséquent, une altération du code génétique avec mutation et risque de cancer [21].

Parmi les colorants industriels, nous sommes intéressés particulièrement à la toxicité des colorants azoïques, lesquels sont caractérisés par la présence de groupe azo(-N=N-). La rupture des liaisons azoïques de ces dernières entraîne la formation d'amines primaires qui causent la méthémoglobinémie, caractérisée par un empêchement du transport d'oxygène dans le sang.

L'allergie respiratoire aux colorants réactifs a été rapportée pour la première fois en par Alanko chez des sujets employés à la pesée et au mélange de ces colorants en poudre depuis deux ans et présentant un asthme et / ou rhinite d'origine professionnelle [27].

I.4.8.1. Procédés d'élimination des colorants

De nombreuses techniques de dépollution des effluents chargés en colorants sont développées au cours de ces dernières années [28]. Dans notre étude on s'intéresse par un procédé très important qui est le phénomène d'adsorption. Deux colorants sont spécialement utilisés en biologie comme antiseptiques par une quantité très importante

I.4.8.2. Bleu de méthylène

Le bleu de méthylène, ou chlorure de méthylthioninium, est un dérivé de la phénothiazine à la fois médicament et colorant dont l'action repose sur les propriétés rédox. Le colorant bleu de méthylène est un colorant cationique d'indice CI 52015, sa formule est (C₁₆H₁₈N₃SCl) et sa masse molaire est de 319.85 mol/g. C'est une molécule organique appartenant à la famille des Xanthines.

Ce colorant est choisi comme modèle représentatif des polluants organiques de taille moyenne et sa structure chimique représente dans la figure (I.1) [29]. C'est un bon accepteur d'hydrogène capable d'oxyder les alcools en aldéhydes en présence de platine. Il permet de colorer les tissus vivants, et est également utilisé en biochimie pour colorer les acides nucléiques.

Le bleu de méthylène est le colorant le plus couramment utilisé dans la teinture du coton, du bois et de la soie.

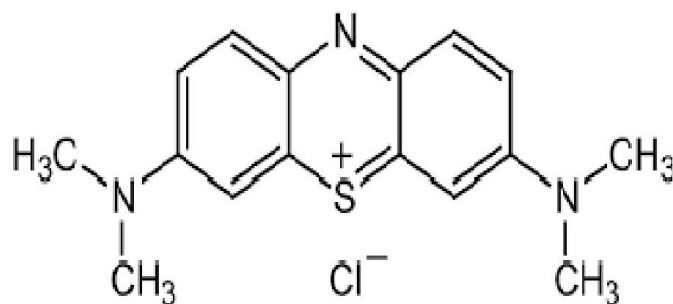


Figure I.12: Structure chimique du bleu de méthylène

I.4.8.3. Toxicité du bleu de méthylène :

Les données toxicologiques relatives à l'utilisation du bleu de méthylène chez l'homme depuis de nombreuses années ont indiqué jusqu'à présent l'absence de danger lié à l'utilisation de ce produit comme médicament, dont la dose totale administré ne doit pas dépasser 7 mg/kg.

Il peut causer des douleurs thoraciques, une dyspnée; une anxiété, des tremblements, des hypertensions, et même coloration de la peau si la dose est élevée.

Il peut provoquer des brûlures oculaires responsables de blessures permanentes aux yeux de l'homme et des animaux. Son inhalation peut donner lieu à des difficultés respiratoires et son ingestion par la bouche produit une sensation de brûlure, provoque des nausées, des vomissements, transpiration et sueurs froides abondantes.

L'exposition aigue à ce produit causera:

- ✓ Exposition externe : irritation de la peau et des dommages permanentes aux yeux.
- ✓ Par l'inhalation : respiration rapide ou difficile et augmentation de la fréquence cardiaque.
- ✓ Par l'ingestion : irritation de l'appareil gastro-intestinal, nausée, transpiration prodigue, confusions mentaux, cyanose et nécrose des tissus humains [30].

I.4.9.L'éosine

Est un colorant de couleur orange-rosé aux propriétés asséchantes.

Il existe deux composés appelés par ce nom, interchangeables dans leur utilisation :

- ❖ L'éosine Y (éosine tirant sur le jaune) ou **tétrabromofluorescéine**, dérivé **tétrabromé** de la fluorescéine ;
- ❖ L'éosine B (éosine tirant sur le rouge) en est un dérivé **dibromodinitro**.

L'éosine est obtenue à partir d'anhydride phtalique et de résorcinol qui sont généralement produits à partir du goudron recueilli lors de la distillation de la houille au cours de la fabrication du coke.

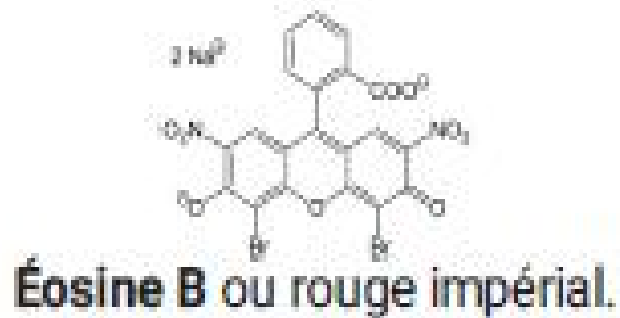


Figure I . 13 : Structure chimique de Eosine

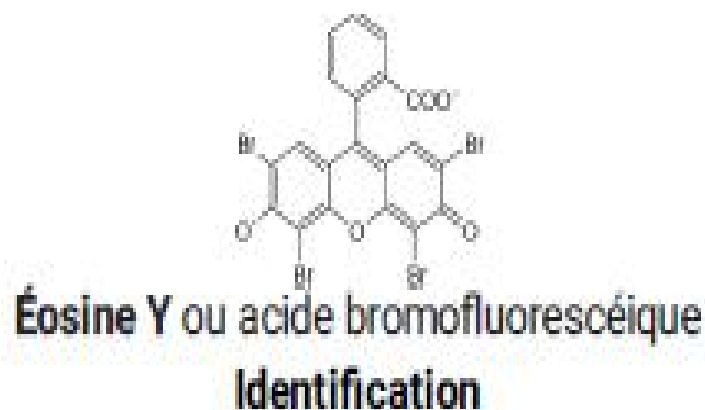


Figure I .14: Les composants chimiques d'eosine

I.4.9.1. Fabrication

L'éosine est obtenue à partir d'anhydride phtalique et de résorcinol qui sont généralement produits à partir du goudron recueilli lors de la distillation de la houille au cours de la fabrication du coke.

I.4.9.2. Usages

Colorant : L'éosine est un acide, qui a une affinité sélective pour le cytoplasme cellulaire (végétal ou animal) ; elle se fixe de préférence aux molécules basiques et peut remplacer le colorant carmin pour les préparations de zoologie.

On l'utilise souvent avec l'hématoxyline qui colore bien les noyaux cellulaires L'éosine est pour cette raison très utilisée comme colorant pour la microscopie en laboratoire, pour teindre le cytoplasme des cellules, le collagène, les fibres musculaires, les lymphocytes et les bactéries. Une catégorie de granulocytes, les éosinophiles,

I.5. Impact des colorants

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. Elle a pour origines principales, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels.

I.6. La pollution des eaux

Elle se manifeste principalement, dans les eaux de surface, par :

- ✓ Une diminution de la teneur en oxygène dissous : les matières organiques, essentielles à la vie aquatique en tant que nourriture, peuvent devenir un élément perturbateur quand leur quantité est trop importante. Parmi les substances qui entraînent une importante consommation d'oxygène, notons en particulier les sous-produits rejetés par l'industrie laitière, le sang rejeté par l'industrie de la viande, les déchets contenus dans les eaux usées domestiques, etc. Cette diminution de l'O₂ dissous peut provoquer dans certains cas des mortalités importantes de poissons.
- ✓ La présence de produits toxiques : rejetées sous différentes formes, ces substances provoquent des effets qui peuvent être de deux formes : effet immédiat ou à court terme conduisant à un effet toxique brutal et donc à la mort rapide de différents organismes et effet différé ou à long terme, par accumulation au cours du temps, des substances chez certains organismes. La plupart des produits toxiques proviennent de l'industrie chimique, de l'industrie des métaux, de l'activité agricole et des décharges de déchets domestiques ou industriels [31].
- ✓ Une prolifération d'algues : bien que la présence d'algues dans les milieux aquatiques soit bénéfique pour la production d'oxygène dissous, celles-ci peuvent proliférer de manière importante et devenir extrêmement gênantes en démarrant le processus d'eutrophisation. Les algues se nourrissent de matières minérales c'est-à-dire phosphore sous forme de phosphate, ainsi qu'azote (ammonium, nitrates et azote gazeux), carbone (gaz carbonique) et d'autres éléments minéraux. La présence excessive de ces éléments est essentiellement liée aux activités humaines, à l'agriculture et à l'industrie .
- ✓ Une modification physique du milieu récepteur : le milieu peut être perturbé par des apports aux effets divers : augmentation de la turbidité de l'eau (ex. lavage de matériaux de sablière ou de carrière), modification de la salinité (ex. eaux d'exhaure des mines de sel), augmentation de la température (ex. eaux de refroidissement des centrales nucléaires).

- ✓ La présence de bactéries ou virus dangereux : les foyers domestiques, les hôpitaux, les élevages et certaines industries agro-alimentaires rejettent des germes susceptibles de présenter un danger pour la santé. L'ensemble des éléments perturbateurs décrits ci-dessus parviennent au milieu naturel de deux façons différentes : par rejets bien localisés (villes et industries) à l'extrémité d'un réseau d'égout ou par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, des aires d'infiltration dans les élevages, décharges, ...). L'introduction dans le sous-sol provoque une pollution des eaux souterraines qui est caractérisée par une propagation lente et durable (une nappe est contaminée pour plusieurs dizaines d'années) et une grande difficulté de résorption ou de traitement [32].

I.6.1. La pollution naturelle

La teneur en substances indésirables n'est pas toujours le fait de l'activité humaine. Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, en arsenic, etc.

Des éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions .

I.6.2. La pollution industrielle

Si la pollution domestique des ressources est relativement constante, les rejets industriels sont, au contraire, caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel [33].

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

- ✓ Des Matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...)
- ✓ Des Hydrocarbures (industries pétrolières, transports) ;
- ✓ Des Métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- ✓ Des Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...)
- ✓ Des Eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- ✓ Des Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Parmi les industries considérées traditionnellement comme rejetant des matières particulièrement polluantes pour l'eau, on citera, notamment, les industries agroalimentaires, papetière, la chimie, les traitements de surface, l'industrie du cuir .

I.6.3. Les principaux types de polluants

Les matières organiques fermentescibles (MOF) constituent, de loin, la première cause de pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques (déjections animales et humaines, graisses, etc.) sont notamment issues des effluents domestiques, mais également des rejets industriels (industries agro-alimentaires, en particulier).

La première conséquence de cette pollution réside dans l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets bien compréhensibles sur la survie de la faune. Les acides organiques et leurs dérivés représentent une gamme étendue de substances. Dans l'industrie chimique, on les utilise pour la fabrication de produits chimiques de presque toute nature. Les acides organiques étant de structure variée, leur action toxique revêt des formes diverses.

Ce sont en général des irritants primaires, l'intensité de leur action étant déterminée en partie par la dissociation de l'acide et sa solubilité dans l'eau. Certains peuvent causer de graves lésions tissulaires, similaires à celles provoquées par les acides minéraux forts. Ils peuvent avoir également une action sensibilisatrice.

La deuxième conséquence demeure dans les maladies (ex : choléra), cancers (ex : en Inde, les habitants boivent l'eau polluée et parfois en meurent), disparition des espèces (ex : en Chine, le dauphin).

La pollution de l'eau est jointe aux différents piliers du développement durable :

- Pour le social : Quand les populations consomment une eau polluée, cela a des conséquences sur leur santé.
- Dans les pays pauvres, l'accès à une eau de bonne qualité est très difficile car les installations pour assainir l'eau coûtent chères.
- Pour l'environnement : cela touche la biodiversité et fait disparaître des espèces.
- Pour l'économie : de plus en plus d'eau potable disparaît, cela va donc créer des conflits et le prix de l'eau va augmenter.

Références bibliographiques

- [1] : Chouat M. laboubi F. Etude de l'adsorption du bleu méthylène par charbon actif, Mémoire de Master, Université Mohamed Khaider-Biskra, Juin 2013
- [2] : L. D Benefield, J.F. Judkins, B. L. Weand, Prendice Hall Inc, Englewood Cliff (N.J) 07632, 510, 1982.
- [3] : J.T. Cookson, Adsorption Mechanismes: the chemistry of organic adsorption on activated carbon, Edited by Chrimisinoff P. N. and Ellerbush. F; Ann Arbor science, USA, 210-238, 1978.
- [4] : J. S Matson and H. B. Mark, Activated carbon, Surface chemistry and adsorption from solution, Marcel Dekker, New York, 123-140, 1971.
- [5] : V. L. Snoyink and Weber W. J., J. Environ Sci. Tech., 1, 228-234, 1967.
- [6] : J. S Matson and H. B. Mark, Activated carbon, Surface chemistry and adsorption from solution, Marcel Dekker, New York, 123-140, 1971.
- [7] : V. L. Snoyink and Weber W. J., J. Environ Sci. Tech., 1, 228-234, 1967.
- [8] : S. Hazourli, << adsorption et electrosorption de composés organiques sur charbon actif en grains >>, Thèse de doctorat. USTHB 1991.
- [9] : C.C. Manole. Procédé AD-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique), Thèse de doctorat, polytechnique de Toulouse 2007.
- [10] : J. Rodier, Mémento, technique de l'eau. 9ème Edition, 520, 1989.
- [11] : F. Pedro, Les minéraux argileux, Constituants et propriétés du sol, Edition Masson, 522, 1994.
- [12] : S. Koulouchi, Etude expérimentale des mélanges sable-bentonite leur performance comme barrières de confinement dans CET » Thèse de doctorat de l'université Mentouri de Constantine-Algérie, 2007.
- [13] : N. Jozja, étude de matériaux argileux albanais : Caractérisation multi-échelle d'une bentonite magnésienne, Impact de l'interaction avec le nitrate de plomb sur la perméabilité, Thèse de doctorat de l'Université d'Orléans, 2003
- [14] : N. Zabbat, Etude de l'adsorption de composés organiques aromatiques sur des alumino-silicates naturelles traitées, Thèse de magister, Annaba, 2000.
- [15] : G. Celso, J. Velho et C. Ramirez, Minerais industriais. Geologia, propriedades, tratamentos, aplicações, especificações, produções mercados. Ed. Univ. D'Aveiro, 591, 1998.
- [16] : H. Chambley, Clay Sedimentology, Springer-Verlag, Berlin, 623, 1989

- [17] : N.Bouanimba ,Modélisation et optimisation de la cinétique de dégradation photo catalytique de polluants organiques en solution, Diplôme de Magister, Université Mentouri Constantine- Algérie,2009.
- [18] :D.Chebli, Traitement des eaux usées industrielles: Dégradation des colorants azoïques par un procédé intégré couplant un procédé d'oxydation avancée et un traitement biologique, Thèse de Doctorat, Université Farhat Abbas-Sétif-Algérie, 2012.
- [19] :E.Guechi, Enlèvement de colorants à partir de solutions aqueuses par des matériaux sorbants non conventionnels et à faible coût, Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba-Algérie, 2013.
- [20] :F.Benamraoui, Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, Diplôme de Magister, Université Ferhat Abbas –Sétif-Algérie, 2014.
- [21] :K. T.Chung., G.E. Fulk., A.W. Andrew. Mutagenicity testing of some commonly used dyes.Appl. Environ. Microbiol.,vol 42, 1981. p 641-648.
- [22] : H. Zollinger. Color Chemistry – syntheses, proprieties and applications of organic dyes and pigments.VCH Publications, New York, N.Y(1991). Chapitre I Pollutions et Environnement-9-
- [23] :A.Boulal, Bouachma Mustapha, Etude cinétique de la dégradation d'un colorant par oxydation, Diplôme de Master, Université des sciences et de la technologie Mohamed Boudiaf- Oran-Algérie, 2014.
- [24] :S.R. Shirsath, A.P. Patil, R. Patil, J. B. Naik , P.R. Gogate. S.H.,A comparative study. Ultrasonics Sonochemistry 20 (2013) p914– 923.
- [25] :Madani M.A. Adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) Sur différents adsorbants (charbon actif en poudre, charbon en grain et la bentonite), Mémoire de Master, Université Mohamed khaidr-Biskra, Juin 2014.
- [26] :Zhenwang L. Zhenluc L. Jranjan L. The pt dye molecular structure and its Chromophoriclumnescencesmechanisme, 15th word conference on non-destructive testing 15-21 October (2000), Rome.
- [27] : Melle Fatima Zahra SAIDI. Elimination du Bleu de Méthylène par des Procédés d'Oxydation Avancée. Mémoire de magister en chimie (Université Abou BakrBelkaid – Tlemcen -) ; 2013 ; p11.
- [28] : W.Eckenfelder, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, technique et documentation, lavoisier Paris, 120, Edition 1982.
- [29] : T. Robert, Tec et Doc Paris, 1235, Edition lavoisier 1981.

[30] :J. Rodier, Dégagement/Mémento technique de l'eau, Paris 1978.

[31] :F. Berne, J. Cordonnier, Industrial water treatment, Edition Technologie, 23, Paris 1995.

[32] : V.SpringerVerla, Technologie des eaux résiduaires, 12, 234, Paris 1990.

[33] :MG. Miquel, Les effets des métaux lourds sur l'environnement et santé-rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 26-56, France, 2001.

A decorative graphic of a scroll with a light blue gradient and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with the top edge curving upwards on the right and downwards on the left. The text is centered on the scroll.

CHAPITRE II :
GÉNÉRALITÉS SUR LE
PHÉNOMÈNE D'ADSORPTION

II.1. Généralité sur l'adsorption

En chimie, l'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes, des ions ou des molécules (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) depuis une phase gazeuse, liquide ou une solution solide. Dans le cas d'un atome adsorbé, on parle d'atome.

Ce phénomène ne doit pas être confondu avec l'absorption dans lequel un fluide ou le composant d'une solution solide est absorbé dans le volume d'une autre phase liquide ou solide. Ce processus est donc basé sur l'interaction de l'adsorbat avec une surface, ce qui peut faire intervenir divers processus plus ou moins intenses comme les interactions de van der Waals, les interactions dipolaires, ou les liaisons chimiques covalentes ou ioniques.

Le phénomène inverse, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent, notamment sous l'action de l'élévation de la température, ou de la baisse de pression, se nomme la désorption.

II.1.2. Types d'adsorption

Lors de l'adsorption, les forces mises en jeu sont des interactions de nature physique ou chimique selon la nature de l'adsorbant et du mélange adsorbé. Dans ce cas, on distingue deux types d'adsorption selon les mécanismes mis en jeu [1].

II.1.2.1. Adsorption physique

L'adsorption physique (ou physisorption) est attribuable à l'attraction électrostatique d'un soluté par une surface polarisée, afin de maintenir l'électroneutralité. Ce type d'adsorption est caractérisé par une faible énergie de liaison de type Van Der Waals. Dans ce cas, il n'y a pas de modification dans la structure moléculaire (les espèces adsorbées gardent les molécules d'eau qui leur associées).

Ces types de liaison permettent la migration du liquide par capillarité au niveau des pores de l'adsorbant et donc la répartition du soluté de son solvant (eau).

Généralement, l'adsorption physique est facilement réversible [2].

II.1.2.2. Adsorption chimique

Appelée également chimisorption met en jeu des énergies de liaison importantes, du type liaisons covalentes, ionique ou métallique entre les espèces chimique adsorbées et l'adsorbant. Elle s'accompagne d'une profonde modification de la répartition des charges électroniques des molécules adsorbées. Elle est souvent irréversible (ou difficilement réversible). Comme elle nécessite la formation d'interactions de forte énergie et à courte distance, la chimisorption engendre la formation d'une couche mono moléculaire [3].

Tableau II.1 : Les facteurs pratiques qui peuvent définir les deux types d'adsorption [4].

Propriété	Adsorption physique	Adsorption chimique
Chaleur d'adsorption	1 à 10 Kcal/mol	15 à 25 Kcal/mol
Température du processus	Relativement basse	Plus élevée
Liaisons	Forces de Van Der Waals	Liaison chimique
cinétique	Rapide et pratique indépendante de la température	Lente
Energie d'activation	Aucune énergie d'activation appréciable n'est mise en jeu	Peut être mise en jeu dans la procède
Formation de couche	Formation des multicouche	Formation d'une monocouche

II.1.3.Le paramètre de l'adsorption

L'adsorption est un processus de partage de la substance chimique (appelée adsorbat) et le solide, appelé adsorbant (ou biosorbant) le terme biosorbant est (réservé) à des solides issus du monde du vivant comme les bio polymères les algues ou encore la biomasse d'origine fongique .Les trois paramètres de l'adsorption sont l'adsorbant, l'adsorbat, et la solution : c'est un système ternaire à trois composants ou chacun possède ces caractéristique propres. Dans les phénomènes d'adsorption, il faut donc tenir compte des différentes interactions pouvant existes dans le système décrit dans la figure suivante :

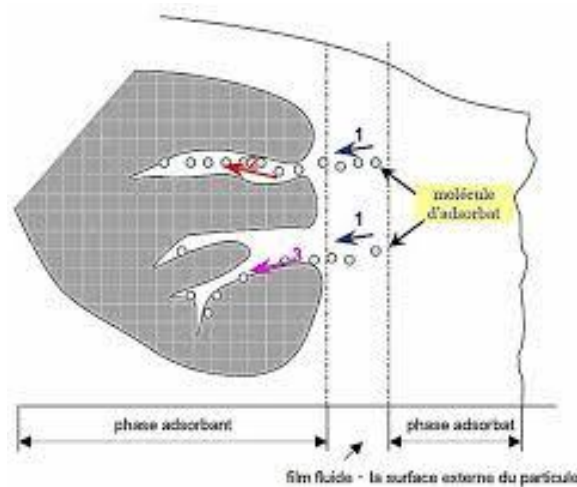


Figure II.1.Caractéristique d'adsorption

II.1.4. Cinétique d'adsorption

Le phénomène d'adsorption, contrôlé par la diffusion des molécules, atteint son équilibre relativement rapidement (quelques secondes à quelque minute) .mais peut se prolonger sur des temps très longs pour les adsorbant micropore en raison du ralentissement de la diffusion des molécules dans ces structures de dimensions voisines du diamètre des molécules du fluides

Le transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbant vers une phase solide avec rétention de soluté à la surface de l'adsorbant se fait en plusieurs étapes [5].

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

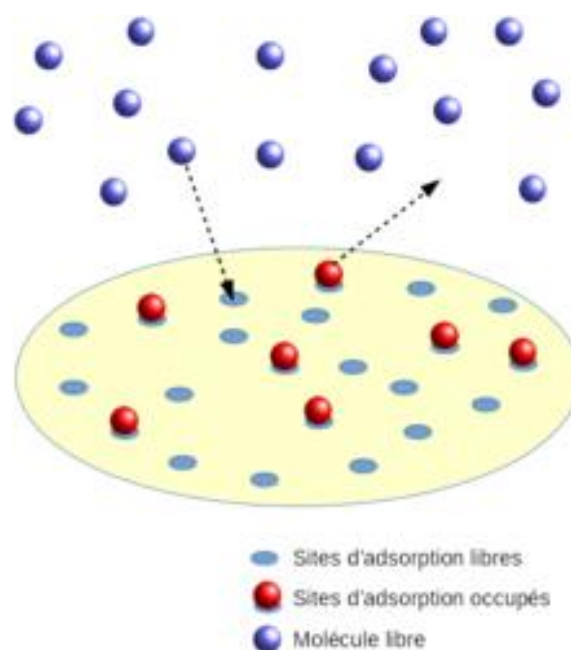


Figure II.2. Modèle d'adsorption

II.1.5. Importance de l'adsorption

Le phénomène d'adsorption a une importance capitale dans de nombreuses applications industrielles et environnementales. En effet, il est utilisé pour piéger les molécules indésirables existant dans un fluide ou encore pour récupérer les éléments précieux solubles dans un liquide. Les phénomènes d'adsorption sont présents également en catalyse, en électrochimie et en beaucoup d'autres sciences. L'adsorption joue un rôle très important dans les phénomènes d'adhésion entre surface solides [6].

II.1.6. Domaine d'application de l'adsorption

L'adsorption qui s'avère comme un traitement efficace à l'industrie. En pratique, elle est utilisée dans les cas suivants [7] :

Séchage.

- ✓ Traitement des huiles.
- ✓ Traitement des gaz.
- ✓ Industrie textile.
- ✓ Décoloration et traitement des eaux.

II.2. Isothermes d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. Les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante.

La grande majorité des isothermes peut être classée en cinq types selon leur allure, il est néanmoins possible de trouver des variantes à chaque type d'isotherme ou des isothermes représentant des combinaisons d'isothermes de type classique [8]

II.2.1. Classification des isothermes d'adsorption

L'allure de la courbe isotherme varie selon le couple adsorbat-adsorbant étudié. Les isothermes d'adsorption de solutés à solubilité limitée ont été classées par Gilles et Coll [9,10]

- **Isotherme de type I:** L'interprétation classique de cette isotherme est qu'elle est relative à une formation d'une couche mono moléculaire complète. Cette isotherme est relative à des solides microporeux de diamètre inférieur à 25 Å.
- **Isotherme de type II:** C'est la plus fréquemment rencontrée, quand l'adsorption se produit sur des poudres non poreuses ou ayant des macro-pores de diamètre supérieurs à 500 Å.

- **Isotherme de type III:** Cette isotherme est caractéristique des adsorptions où la chaleur d'adsorption de l'adsorbat est inférieure à la chaleur de liquéfaction. Cette isotherme est relativement rare, elle indique la formation de couches polymoléculaires, dès le début de l'adsorption, et avant que la surface n'ait été recouverte complètement d'une couche mono-moléculaire.
- **Isotherme de type IV:** Cette isotherme se produit sur des solides ayant des pores, avec des diamètres compris entre 15 et 1000 Å. La pente croît à des pressions relatives élevées, ce qui indique que les pores sont totalement remplis. Comme pour l'isotherme de type II, la poly-couche démarre quand la mono-couche est totalement réalisée.
- **Isotherme de type V:** Cette isotherme donne aussi comme l'isotherme de type IV lieu à une hystérésis, elle est similaire à l'isotherme du type III, c'est-à-dire que la poly-couche démarre, bien avant que la mono-couche ne soit pas totalement réalisée. Ce type d'isotherme est aussi caractéristique de solides poreux, ayant des diamètres de pores du même ordre que ceux des solides donnant des isothermes de type IV et V présente à la fin, une pente différente attribuée, à la géométrie des pores.

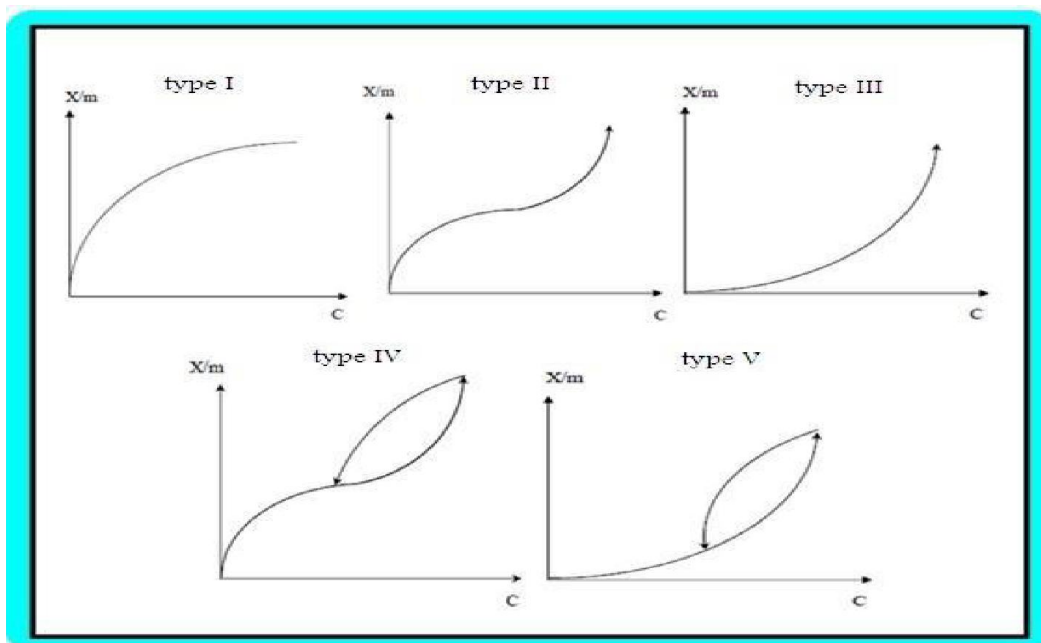


Figure II.3. Les différents types d'isothermes d'adsorption

II.2.2. Modélisation des isothermes

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

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

II.2.2.1. Le modèle de Freundlich

Il est basé sur les deux hypothèses suivantes :

- La quantité des sites susceptibles d'adsorber le composé est illimitée
- Les affinités chimiques des sites décroissent lorsque la quantité adsorbée augmente

Cette équation de l'isotherme est la plus utilisée pour représenter les données expérimentales [11]. Les concentrations adsorbées et en solution sont liées par la relation suivantes

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (\text{II.1})$$

Avec :

q_e : quantité adsorbée par gramme du solide.

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

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

II.2.2.2. Modèle de Langmuir

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

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

Il est décrit par l'expression suivante :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{K_1 q_m C_e} \quad (\text{II.2})$$

Avec:

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

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

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

K_1 : la constante de Langmuir

II.3. Cinétique d'adsorption

La vitesse d'adsorption d'une réaction est une grandeur observable et mesurable à l'échelle macroscopique. La cinétique d'adsorption proprement dite n'est pas décrite de manière satisfaisante par les équations, elle est gouvernée par certains nombres d'étapes qui sont: Diffusion de l'adsorbat à travers la couche limite située autour des particules de l'adsorbant (diffusion externe).

- Diffusion de l'adsorbat dans les pores de l'adsorbant (diffusion intra-granulaire).
- Fixation de l'adsorbat sur les sites actifs de l'adsorbant. Cette étape est très rapide et n'est pas donc limitante [12].

II.3.1 Cinétique de premier ordre

La Lagergren a proposé un modèle cinétique de pseudo-premier ordre dont la forme suivante [13]

$$dq/dt = k_1(q_e - q) \quad (II.3)$$

où q_e et q sont respectivement les quantités de soluté adsorbé en mg/g à l'équilibre et à un instant t . k_1 est la constante de vitesse de premier ordre (min^{-1}).

La valeur de q en mg/g à l'instant t est obtenue par la relation suivante:

$$q = (C_0 - C_t)V/m \quad (II.4)$$

Avec:

V : volume de la solution (L);

m : la masse de l'adsorbant (g);

C_0 : concentration initiale (mg/L);

C_t : concentration résiduelle à l'instant t (mg/g);

q : quantité du produit adsorbé par unité de masse de l'adsorbant exprimé en (mg/g).

- Taux de décoloration

$$T(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100 \quad (II.5)$$

Références bibliographiques

- [1] :S.Khirani.2007, Procédés hybrides associant la filtration membranaire et l'adsorption /échange ionique pour le traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
- [2] :Manceau et All, « Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide2002
- [3] :L.Sigg, P. Behra, W.Stumm, 2000, Chimie des milieux aquatique (3ème ed.). Dunod.France, 567p.
- [4] :Castello.D.L.M.A.L.Rodenas,2001, D.C.Amoras, A.L.Solano Carbon,39,741.
- [5] : H. Boulkrah ; mémoire de magister ; étude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, université de Skikda
- [6] :M.Makaoui 2001, Etuion de l'adsorption , de la persistance et de la photo dégradation de l'herbicide Tribenuron méthyle (TBM) dans le sol et l'eau ; Thèse de doctorat d'état de l'Université de Mohammed V, Faculté des Sciences Rabat.
- [7] :A. Bennani karim M Badia H mohsine M Bakasse et A yaacoubi journal of Water science Elimination du colorant basique Bleu de Méthylène en solution aqueuse par l'argile de Safi Maroc 2010, vol23, N °: 4 pp 375 _ 388
- [8] :Cherraye R. Préparation par voie chimique d'un charbon actif à partir des déchets de café, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 16/06/2012.
- [9] :Babakhouya N. Récupération des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels, Mémoire de Magister, Université M'hamedBougara- Boumerdès, 2009- 2010.
- [10] : CHITOUR C. Physico-chimie des surfaces « l'adsorption gaz-solide et liquide
- [11] :B .GILOT,R. GUIRAND ; génie chimique : cinétique et catalyseur hétérogène ; Paris 2004 app 128 /
- [12] P.C.Hemenz,ed.Marcel Dekker New York (1986)353-414
- [13] :A.khaled A El Nemr ,A .El sikaily .O.Abdlewahab ;journale of Hazardous Materiels ; removal of Direct N Blue 106 From artificial dye effluent using activated carbon from orange peel ; Adsorpton isotherm and kinetic studies 165 (2009) 1

CHAPITRE III :
LES DIFFÉRENTES
MÉTHODES DE
PRÉPARATION ET DE
CARACTÉRISATIONS
PHYSICO-CHIMIQUES

III. Méthodes de caractérisations spectroscopie et structurales

Nombreuses techniques physico-chimiques sont utilisées dans la caractérisation des adsorbants et des adsorbats. Dans notre travail, nous avons utilisé les méthodes suivantes.

III.1. Analyse par infrarouge

La spectroscopie infrarouge est une technique largement utilisée pour l'identification des groupements fonctionnels. Des bandes spectrales sont divisées en proche infrarouge ($10000-4000\text{ cm}^{-1}$) et en infrarouge lointain ($400-50\text{ cm}^{-1}$).

Cette technique peut donner des renseignements sur des particules de vibration cation-oxygène, de la forme de liaison **d[1]**.

Tous les échantillons ont été analysés par spectrophotométrie infrarouge à transformée fourrier (FTIR) sur un spectromètre PYE UNICAM PHILIPS, dont l'étendue est située entre 4000 et 400 cm^{-1} . Tous les échantillons ont été conditionnés sous forme de dispersion dans une pastille de KBr (1/200 en poids).

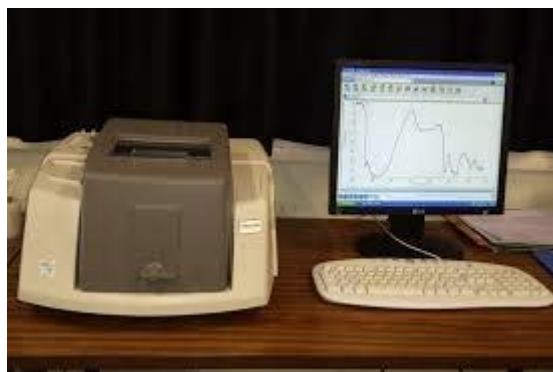


Figure III.1 : Appareil spectrophotométrie infrarouge à transformée fourrier (FTIR)

III.1.1. Diffraction des rayons X

L'analyse par diffraction des rayons X (XRD) est la plus connue des méthodes cristallographiques et permet d'obtenir d'avantage d'informations sur la structure cristalline des métaux. Seules des raies bien définies dans un spectre correspondent à une substance pure comme une empreinte digitale.

La composition et l'identification d'un spectre avec celui d'un composé chimique pur connu consiste l'analyse chimique qualitative de la substance cristalline inconnue qui a

produit ce spectre. La méthode d'analyse structurale cristalline a comme relation fondamentale[2].

L'équation de Bragg:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (\text{III.1})$$

Où : d = distance inter planaire qui correspond à une famille de plans réticulaires.

θ = l'angle d'incidence.

n = l'indice de réfraction.

λ = la longueur d'onde des radiations X incidentes.

Le principe de cette technique consiste à envoyer un faisceau des rayons X sur l'échantillon et à enregistrer l'intensité du faisceau des rayons réfléchis. Les rayons réfléchis sont en phase et donnent lieu à un pic sur un diffractogramme enregistré (figureIII.2).



FigureIII. 2 : Diffractomètre Xpert Pro (Panalytical)

III.2. La spectrophotométrie UV-Visible

La spectrophotométrie UV-visible est une technique analytique fondée sur l'étude du changement de l'intensité de la lumière traversant une solution colorée, dans un domaine d'application comprise entre 200 et 800 nm, en effet pour pouvoir déterminer les concentrations des substances absorbantes [3].

Le résultat correspond à des spectres d'émission ou d'absorption, qui ressemble à des courbes de variation d'absorption en fonction de la longueur d'ondes, il est obtenu par un spectrophotomètre à une lumière sensiblement monochromatique, ou le chromophore est le site dont la structure de l'élément à étudier possède l'aptitude à absorber les photons UV ou visible. Il est caractérisé par la longueur d'onde la plus absorbée (λ_{\max}), et l'aptitude la plus importante à absorber les photons à cette longueur d'onde (ξ_{\max}).



Figure III.3 : Appareil spectrophotométrie UV-Visible

III.2.1.Principe de la spectrophotométrie UV-visible

Le spectrophotomètre est un appareil permettant de mesurer l'absorbance d'une solution, pour différentes longueurs d'ondes. Pour cela, il fait passer un rayon d'une longueur d'onde choisie à travers une cuve contenant la solution à étudier (figure III 3). Les molécules de la solution absorbent plus ou moins le rayon lumineux, on définit alors l'absorbance pour cette longueur d'onde.

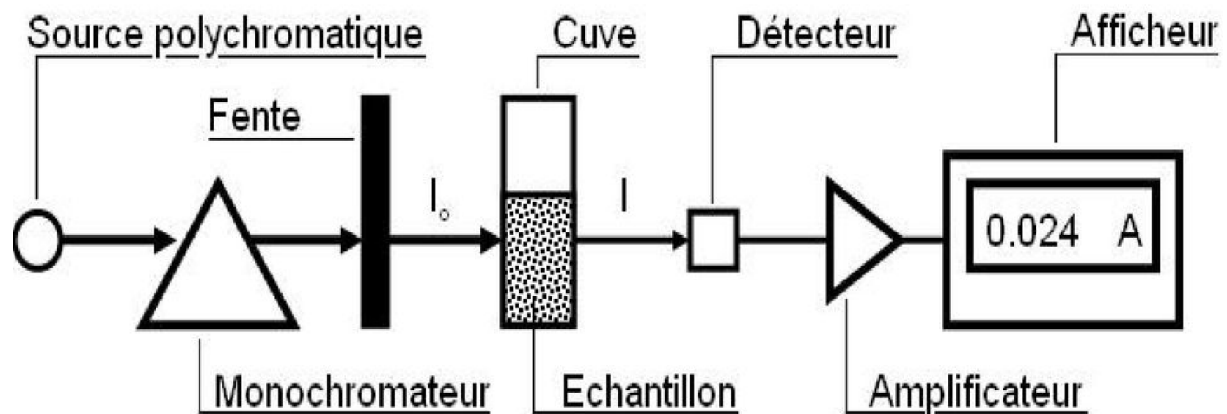


Figure III.4: Schéma de principe d'un spectrophotomètre

III.3.La loi de Beer-Lambert

Le domaine spectral de l'UV-Visible est largement exploité en analyse quantitative. La loi de Beer- Lambert est une loi additive qui s'applique aux différentes molécules présentes en solution ou pour une même molécule aux différentes formes qu'elle peut prendre [3].

La loi de Beer-Lambert sert à établir une relation entre l'absorbance, l'épaisseur de l'échantillon et la concentration des espèces absorbantes.

Cette relation s'écrit : $\text{Log}_{10} (I_0/I) = \epsilon.C.l$ (III.2)

Ou bien sous sa forme actuelle est : $A : \epsilon.C.l$ (III.3)

Avec:

A : absorbance

ϵ : Coefficient d'extinction ($\text{mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}.\text{L}$).

C : Concentration (mol/L)

l : Epaisseur de la cuve (cm).

I_0 : Intensité de l'énergie d'irradiation arrivant sur l'échantillon (Lumière incidente)

I : Intensité de la radiation qui a traversé l'échantillon (Lumière transmise)

La loi de Beer-Lambert n'est vérifiée que si les conditions suivantes sont respectées : (une lumière monochromatique, des solutions très diluées et pas de réflexion, diffusion ou fluorescence du faisceau incident.).

III.4. La pH métrie

III.4.1. Définition

Le pH est la mesure de l'acidité ou la basicité d'une solution.

pH : potentiel hydrogène = $-\log [H_3O^+]$

En réalité, seuls les ions participent à la réaction :

$$\text{pH} = -\log a_{H_3O^+} \quad (\text{III.4})$$

a : activité = $\gamma [H_3O^+]$

γ : coefficient d'activité (compris entre 0 et 1)

Produit ionique de l'eau $[H_3O^+][OH^-] = 1,008 \cdot 10^{-14}$ à 25°C.

- ✓ la concentration de H_3O^+ varie de 1 à 10^{-14} mol/L
- ✓ échelle de pH, de 0 à 14

Influence de la température : déplace l'équilibre ionique

Ex. : à 60°C, le pH de l'eau est de 6,51. (les variations importantes du pH sont presque toujours la conséquence de rejets industriels) [4].



Figure III.5 : Le pH - metre

Références bibliographiques

[1] : El Moudni El Alami, S., Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université ChouaïbDoukkali, El Jadida, Maroc (2010).

[2]: Mohamed Zarrouki., Thèse de Doctorat, Institut national polytechnique de Grenoble, France (1990).

[3]: PREVOST V .Fiche technique de TP.Spectrophotométrie UV-Visible ; Lycée Hoche. Versailles, France. (2009).

[4]: BAUDU M., GUIBAUD G., caractéristiques physico-chimiques de charbons actifs. Water Qual. Res. J.Canada. Vol 36, N^o 4, 631–657. (2001).



CHAPITRE IV :
ETUDE EXPÉRIMENTALE

IV. Propriétés spectrales des adsorbants

Dans cette partie, nous avons réalisé plusieurs techniques d'analyses spectrales impotentes pour déterminer la structures cristallines et la morphologie des deux adsorbants, pour le but de voir les effets d'adsorption de l'argile brute et du charbon activé sur deux colorants à usage domestique comme un micropolluant organique.

Les structures cristallines et l'état énergétique vibrationnel de la molécule de l'argile et du charbon activé sera détecté par les appareils DRX et IR, l'effet de la décoloration de colorant sera remarqué par une analyse UV, l'acidité sera examiné par le pH.

IV.1.Diffraction des rayons X

L'appareil utilise est un diffractomètre Xpert Pro (Panalytical) utilisant la radiation $\text{CuK}\alpha$ du cuivre ($\lambda = 1.5418\text{\AA}$). Ce diffractomètre est équipé d'une chambre haute température (HTK16 Anton Paar) qui permet de suivre l'évolution de la structure cristalline lors d'un traitement thermique.

L'ensemble des diffractogrammes relatifs aux a l'argile brute et le charbon activé ont été enregistrés dans les mêmes conditions opératoires que celle reportées dans le chapitre (III).Le spectre présenté sur la (figure IV.1) permettent d'identifier la structure des de l'adsorbant.

La figure.IV.1 présente le diffractogramme de l'argile brute, d'après le diagramme DRX obtenu, l'argile présente une composition minéralogique et des distances inter-foliaires pratiquement identique a la bentonite

Tableau IV.1: Composition chimique de la bentonite brute (gisement de Maghnia).[1]

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5
%	54.92	16.92	1.95	0.02	4.29	0.71	1.23	0.73	0.05	0.13

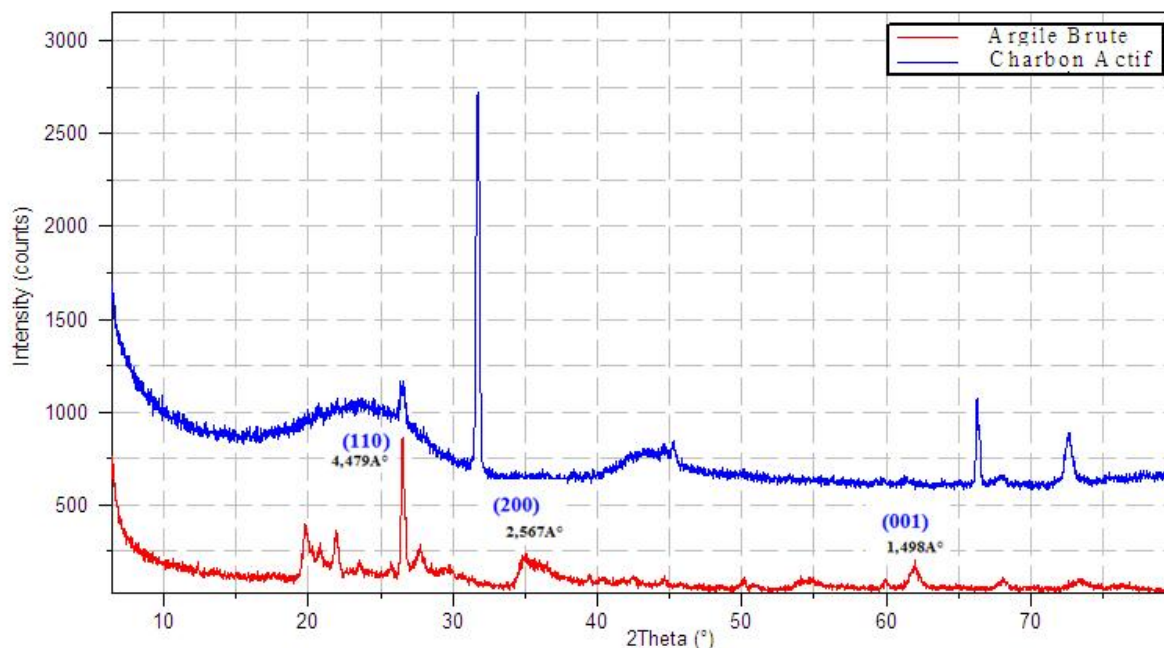


Figure IV. 1 : Diffractogramme de l'argile brute et le charbon actif

D'après la figure IV.1 on constate : La bentonite est caractérisée par quatre pics, le premier est situé à 15.037 Å (001) et les trois autres sont à 4.479Å (110), 2.567 Å (200) et 1.498Å (001) [2].

Ce diffractogramme montre que les minéraux non argileux présents en quantités variables d'un échantillon à l'autre sont principalement du quartz avec des réflexions caractéristiques à $d_{001}=3.35$ Å et 4.28 Å, de la calcite ($d_{001}=3.21$ Å), et des feldspaths ($d_{001}=4.06$ Å) [3].

On observe aussi sur la meme figure IV.1 le diffractogramme DRX du charbon actif la presence un large pic ($2\theta = 32^\circ$) indiquant la structure amorphe de celui-ci .Le compose cristallin identifie à partir de la literature et le quatz[4].

IV.2.Spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier(FTIR)

L'argile brute et le charbon activé séchés a 100°C/24h, ont été analysés par spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier sur un spectromètre SHIMADZU FTIR-8000. Les deux solides ont été préparés sous forme de matrice solide (mélange KBr) et analysés par absorption

Les essais de FITR ont permis de confirmer que les matériaux analysés ont une structure cristalline

Les spectres obtenus sont illustrés par la (figure IV.2.) On constate:

❖ **L'argile brute**

- ✓ Deux bandes d'absorptions situées entre $3200-3800\text{ cm}^{-1}$ et entre $1600-1700\text{ cm}^{-1}$:
- ✓ La bande qui s'étale entre $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ peut être attribuée aux vibrations de valence du groupement OH de l'eau de constitution, en plus des vibrations de liaison de l'eau adsorbée situées à 1646 .
- ✓ Une bande d'absorption centrée sur 3620 cm^{-1} est due aux vibrations de valence des groupements OH liés aux cations octaédriques Al (Al-OH-Al) [4].
- ✓ La liaison Si-O est caractérisée par :
 - La bande intense située entre $900-1200\text{ cm}^{-1}$ et centre vers $1008,9\text{ cm}^{-1}$ correspond aux vibrations de valence de la liaison Si-O [5].
 - Les bandes entre 795 et 748 cm^{-1} , provenant de la liaison Si-O-Al, font également place à une bande autour de $778,4\text{ cm}^{-1}$

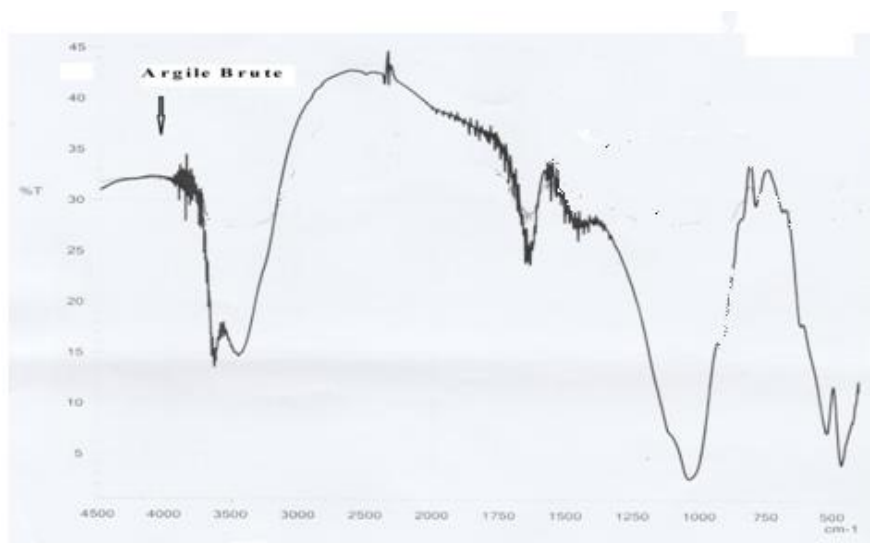


Figure.2 IV : Spectre IR de l'argile brute

IV.3.Caractéristiques physico-chimiques du l'éosine

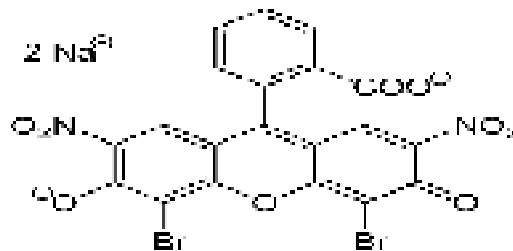
L'**éosine** est un colorant de couleur orange-rosé aux propriétés asséchantes. Cette solution contient un antiseptique local léger à visée asséchante. Elle est utilisée dans le traitement des lésions cutanées susceptibles de s'infecter, notamment de la rougeur des fesses du nourrisson

Il existe deux composés appelés par ce nom, interchangeables dans leur utilisation :

- l'éosine Y (éosine tirant sur le jaune) dérivé tetrabromé de la fluorescéine ;
- l'éosine B (éosine tirant sur le rouge) en est un dérivé dibromo dinitro.

Tableau IV.2 : Les principales caractéristiques physico-chimiques du l'éosine [6].

Structure



Formule brute	$C_{20}H_6Br_2N_2Na_2O_9$
Masse molaire g/mol	624.06
Solubilité dans l'eau (g/l) à 20°C	300
pH à 25°C	6.2
Densité (kg/m³)	580
Pureté(%)	≥ 85
λ_{max} (nm)	517 - 525 nm

IV.3.1. Etalonnage de la solution

La méthode d'analyse utilisée est la spectrophotométrie UV visible. La première étape est la détermination de la longueur d'onde maximale (λ_{max}) appartient à l'intervalle de 200 à 700nm de la colorante éosine. Nous avons étudié l'effet des principaux paramètres ayant une influence sur la capacité d'adsorption tels que la masse de l'adsorbant, le pH, le temps de contact, la concentration initiale du colorant, la teneur de la solution en sels et la température.

Les isothermes d'adsorption ont été calculées pour avoir un événement précise sur l'efficacité d'adsorption.

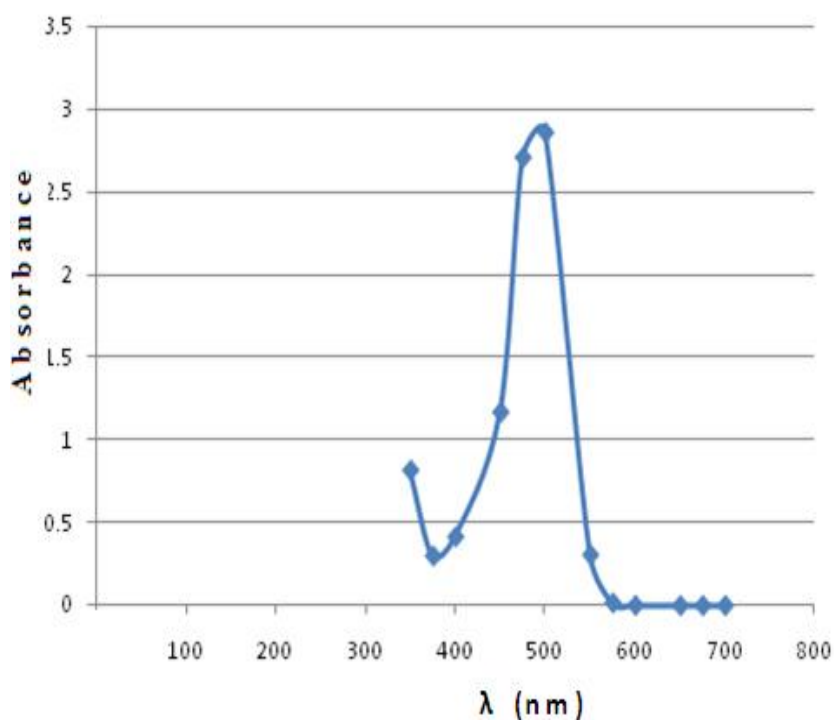


Figure IV.3: Longueur d'absorbance (λ_{\max}) du colorant éosine

Le tableau 2 récapitule la valeur de λ_{\max} de l'adsorbat

Tableau IV.3: valeur de λ_{\max} de l'adsorbat.

adsorbat	L'éosine
λ_{\max} (nm)	550nm

La deuxième étape est la vérification de la loi de Beer-Lambert, pour cela, nous avons tracé les courbes d'étalonnage pour l'adsorbat utilisé à différentes concentration afin de déterminer les domaines de concentration pour les quels la loi de Beer-Lambert est respectée obtention d'une droite (les tableaux IV.3)

L'absorbance est fonction de la concentration du soluté comme le montre la loi de Beer - Lambert :

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

- A : absorbance ;
- ϵ : le coefficient d'absorption molaire en $L.mol^{-1}.cm^{-1}$;
- l : la largeur de cuve en cm ;
- c : la concentration de la solution en mol/L.

Tableau IV.4: Les valeurs d'étalonnages du l'éosine

Concentration (mg/l)	11.8	24.3	36.2	47.42	57.4
Absorbance	0,262	0,625	0,8611	1,33	1,484

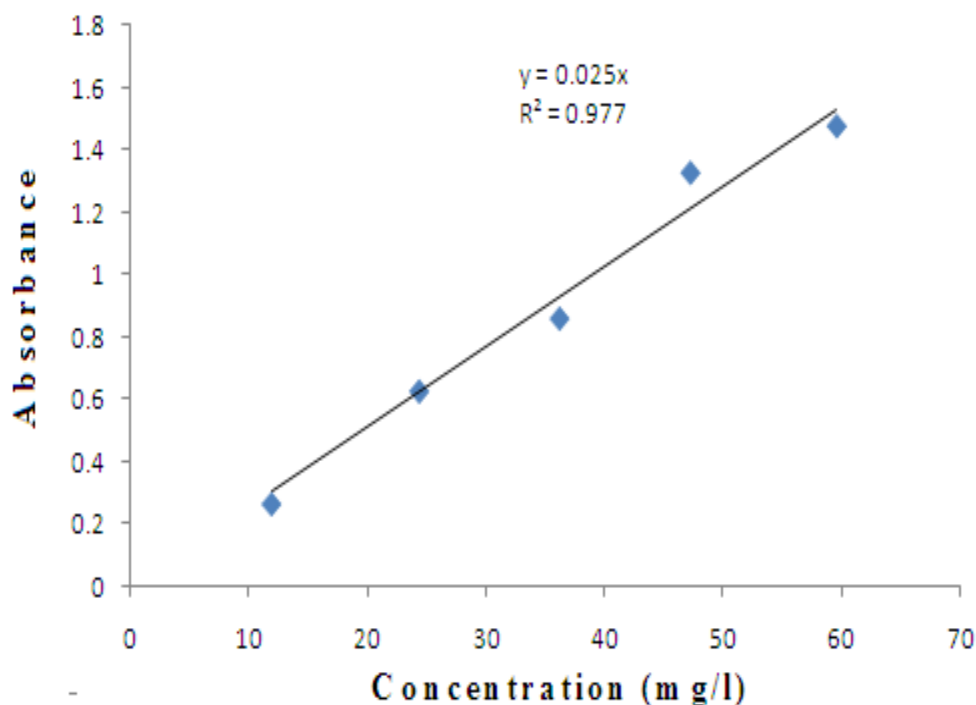


Figure IV.4 : Courbe d'étalonnage de la colorante éosine

IV.4.Etude d'adsorption de l'éosine sur l'argile brute et le charbon activé

Dans ce travail on s'est intéressé à la décoloration du l'éosine et par deux adsorbants en milieu hétérogène. Le premier adsorbant c'est l'argile brute lavé plusieurs fois à l'eau distillée et séchée à l'étuve pendant 24 heures. Le second adsorbant c'est le charbon actif ou activé, est un matériau constitué essentiellement de matière carbonée à structure poreuse

A la fin de ce chapitre on a comparé l'efficacité de décoloration des deux adsorbants. Nous allons présenter les résultats obtenus en présence du solide mais pour lequel l'explication du mécanisme de décoloration reste à déterminer dans le cadre d'autres travaux.

Les cinétiques d'élimination décrivent les vitesses de réaction qui permettent de déterminer le temps de contact mis pour atteindre l'équilibre d'adsorption. C'est une étape importante dans toute étude d'adsorption. Pour cela, nous avons suivi la cinétiques d'adsorption du l'éosine, pour une concentration initiale de 100 mg/l, avec des masses d'argiles brute et le charbon activé.

Cinétique d'adsorption

L'étude de l'adsorption d'un composé sur un adsorbant nous permet d'examiner l'influence de la masse de la concentration du pH et en fin du temps de contact sur sa rétention. Les expériences se sont déroulées à une température constante ($20 \pm 2^\circ\text{C}$),

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

$$Q_{ads} = (C_0 - C_t) * m/V \quad (IV.2)$$

Avec

- C_0 : concentration initiale en mg/l ;
- C_e : concentration du surnageant à l'équilibre en mg/l ;
- C_t : concentration du surnageant à l'instant t en mg/l ;
- m: masse d'argile introduite en g ;
- V: Volume total de l'échantillon en L ;
- q_{ads} : Quantité de polluant par unité de masse de l'argile en mg/g.

IV.5.Effet de la masse de l'adsorbant sur la concentration à l'équilibre de l'adsorbant

Une solution d'éosine à la concentration de 100 mg a été préparée au laboratoire. Dans chaque expérience, on prend 50 ml de la solution à laquelle on ajoute une masse du charbon activé et de l'argile brute sous une agitation fixée à 100tr/min. L'expérience commence dès que la solution entre en contact avec le solide. Des prélèvements sont réalisés chaque deux

heures pour lire les valeurs de l'absorbance. Les valeurs de l'absorbances sont transformées en pourcentage de l'éosine décoloré.

L'effet de la masse d'argile brute et du charbon activé a été étudié en testant différentes valeurs : 0.015-0.025-0.035-0.45-0.055 g. Les expériences ont été menées sous les conditions suivantes : 20°C, 100tr/min et on a mis en contact les différentes masses du solide avec à chaque fois 50mL de la solution éosine à $1.6.10^{-4}M$.

La figure 1 montre la variation de la concentration à l'équilibre (C_e) en fonction des différentes masses du solide.

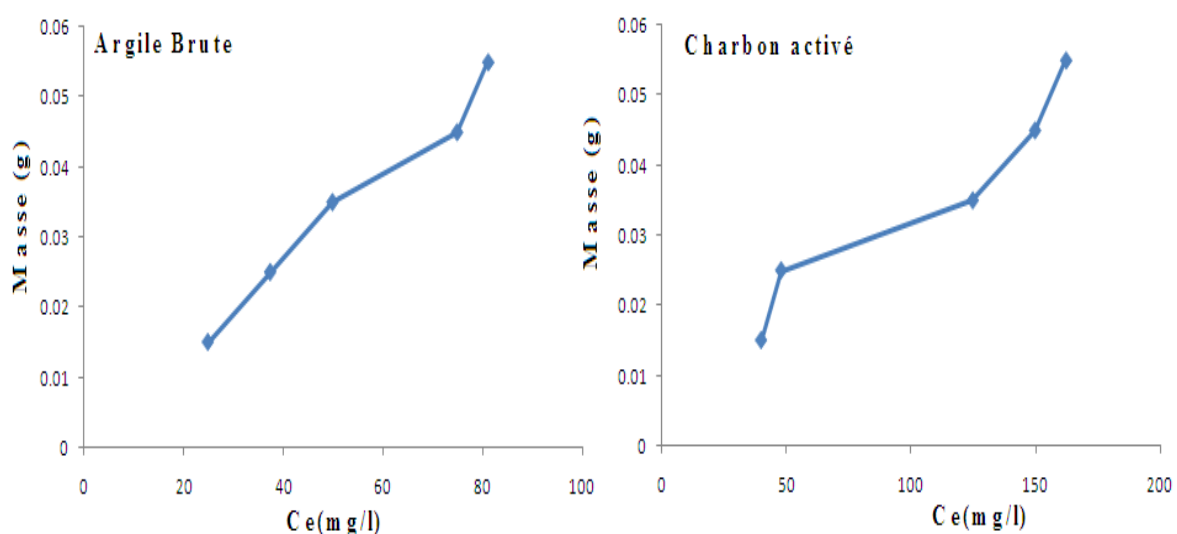


Figure IV.5 : Effet de la masse du solide sur la concentration à l'équilibre

Les résultats de la (figure IV.5) montrent que il y a un effet important de la masse de l'adsorbant sur la quantité adsorbée de colorant, [6] il apparait à travers le résultat, que pour la même concentration de 100 mg/l du éosine pendant un temps de contact de 120 min, une augmentation de la masse d'argile et du charbon activé de 15 à 55 mg entraine une augmentation d'adsorption de la concentration adsorbée exprimée en mg d'adsorbat.

IV.6.Effet de la concentration initiale

Les expériences se sont déployées à une température constante ($20 \pm 2^\circ C$), dans une série des flacons de 50ml de solution de chaque colorant de concentration initiale égale à : 20, 25, 35mg/l à pH acide pour le charbon activé et pH basique pour l'argile et avec une masse variable. Le mélange obtenu a été agité à l'aide d'un agitateur magnétique à une vitesse

constante permet d'assurer un bon contact des mélanges et une grande homogénéisation des solutions pendant un temps nécessaire pour atteindre l'équilibre.

Pour déterminer les concentrations à l'équilibre du colorant pour les différents supports, les échantillons sont centrifugés pendant 10 minutes, puis les surnageants sont immédiatement dosés par un spectrophotomètre U-visible à des longueurs d'onde de 550 nm .

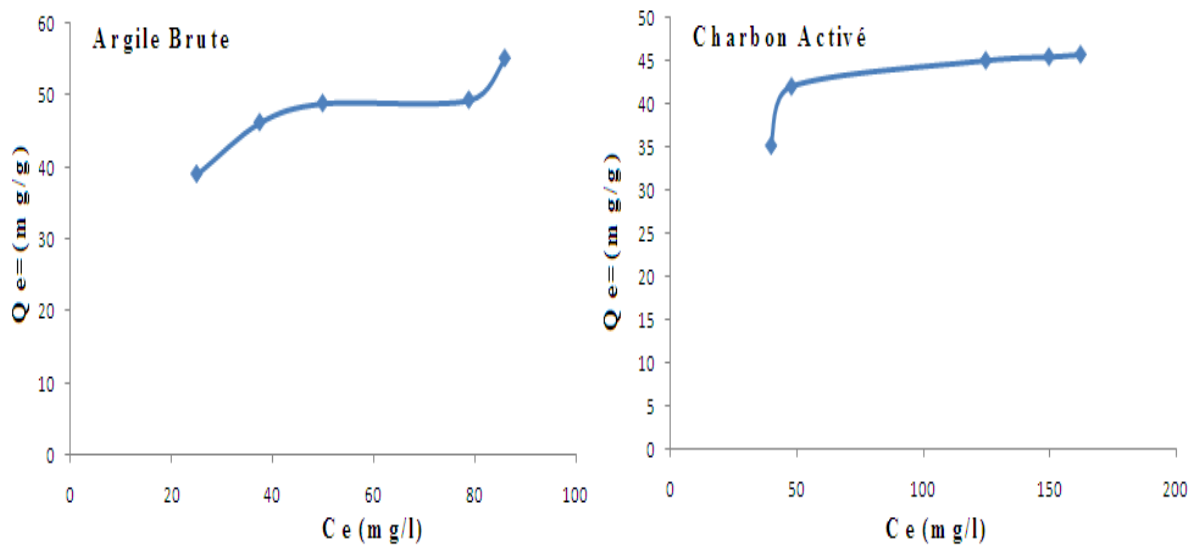


Figure IV.6 : Effet de la concentration initiale

Les résultats acquis à l'issue de ces expériences montrent que

- L'évolution de la capacité de maintien du l'éosine sur les différents adsorbants utilisés en fonction de la concentration à l'équilibre possède la forme des courbes de saturation, mais l'adsorption sur ces adsorbants se manifeste différemment.
- Pour l'argile la cinétique correspondant à une phase très courte, où la fixation du l'éosine est moins rapide qui manifeste pour une deuxième phase de saturation.
- Pour le charbon activé la fixation du l'éosine est très rapide est la saturation est totale est l'équilibre cinétique constante.

IV.7. Etude cinétique d'adsorption du l'éosine en phase solide

❖ Calcul du taux de décoloration

Pour déterminer le taux de décoloration de la colorante éosine sur les deux supports (argile Charbon ; actif) nous avons utilisés l'équation suivante

$$T\% = 100 * (C_0 - C_e)/C_0 \quad (IV.3)$$

Avec :

- T% : taux de décoloration
- C₀: concentration initiale en mg/l.
- C_e: concentration du surnageant à l'équilibre en mg/l

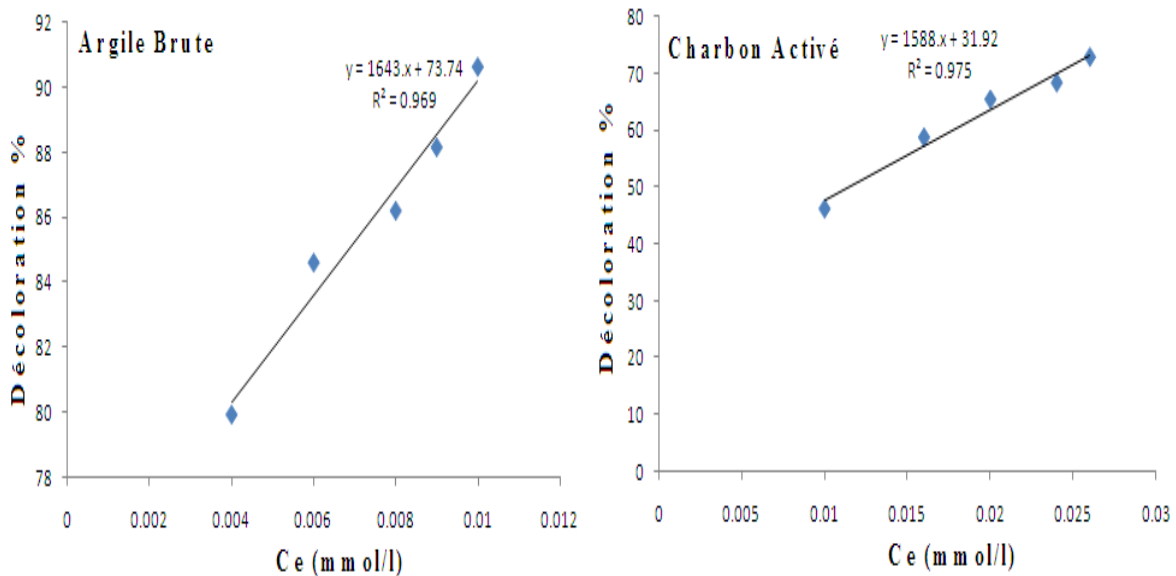


Figure7. IV : Taux de décoloration de l'éosine sur l'argile brute et charbon activé

La figure (figure 7.IV) représente les rendements d'élimination du l'éosine sur deux adsorbants mise en contact sur un volume de 50 ml pendant un intervalle de temps (5, 10, 15, 20,24h).On observe un pourcentage d'élimination élevé du l'éosine sur le support argile brute soit un pourcentage de 92%, en compte partie l'élimination du l'éosine sur charbon activé est de 80% mais en dévisage une grande affinité d'adsorption du colorant selon le coefficient de détermination (R^2) d'où : $R_{\text{Charbon activé}} > R_{\text{argile brute}}$

IV.8.L'effet du pH

Le pH joue un rôle suprême dans l'étude des phénomènes d'adsorption des colorants sur des substrats minéraux. Le mécanisme d'interaction entre les colorants et les différents adsorbants utilisés changent selon le pH de la solution [7].Le pH de la solution du l'éosine sans aucun ajout de l'argile brute et du charbon actif est de 6,7.Les expériences sont été menées en utilisant du l'éosine à 100mg.

Pour déterminer les pH des concentrations à l'équilibre du colorant pour les différents supports, les échantillons sont centrifugés pendant 10 minutes, puis les surnageants sont immédiatement dosés par un spectrophotomètre U-visible à des longueurs d'onde de 550 nm. Les résultats sont montrés sur la (figure IV.8).

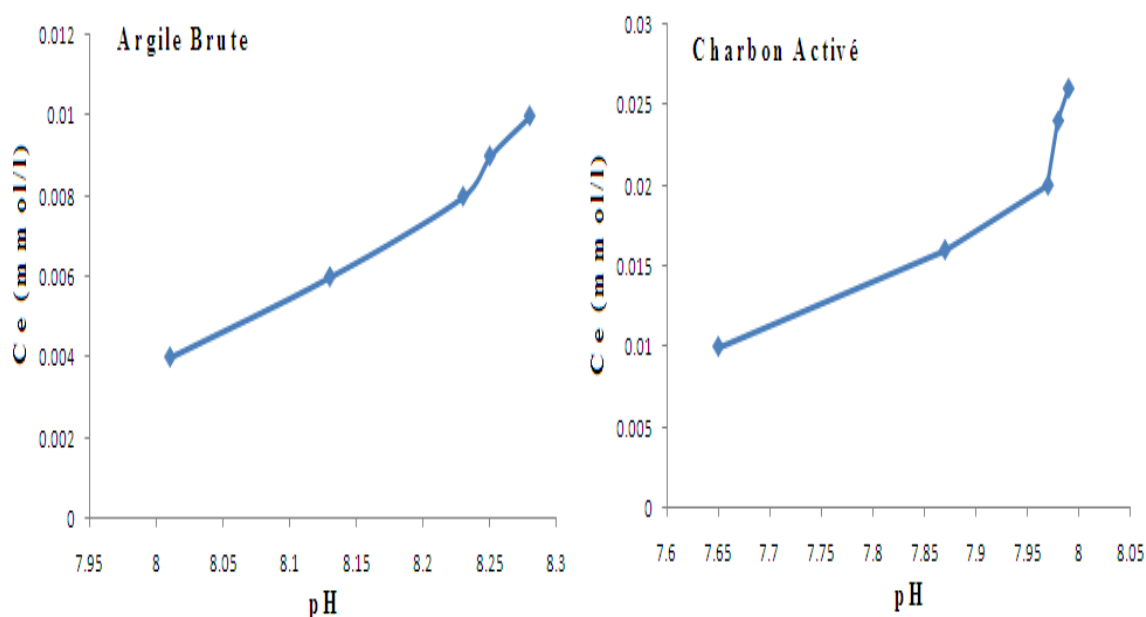


Figure IV.8 : Effet du pH sur la décoloration de l'éosine

Les résultats montrent clairement une augmentation de la décoloration de l'éosine en milieu basique pour l'argile brute en parallèle une augmentation de décoloration du colorant du pH en milieu acide pour le charbon activé.

On peut dire que l'effet de pH sur l'adsorption des colorants observée dans cette étude peut être expliqué par la différente structure des surfaces des adsorbants et des interactions électrostatiques entre ces adsorbants et Adsorbats [8].

IV.9.L'influence du temps

Les résultats obtenus sur ces expériences ont montré que : De la mise en contact d'une suspension d'adsorbant avec un colorant, résulte une interaction. A mesure que le temps s'écoule, la quantité adsorbée augmente la (figure IV.9) montre que la vitesse d'adsorption rapidement pour les deux adsorbants. La cinétique d'adsorption s'évalue en fonction du temps [9].

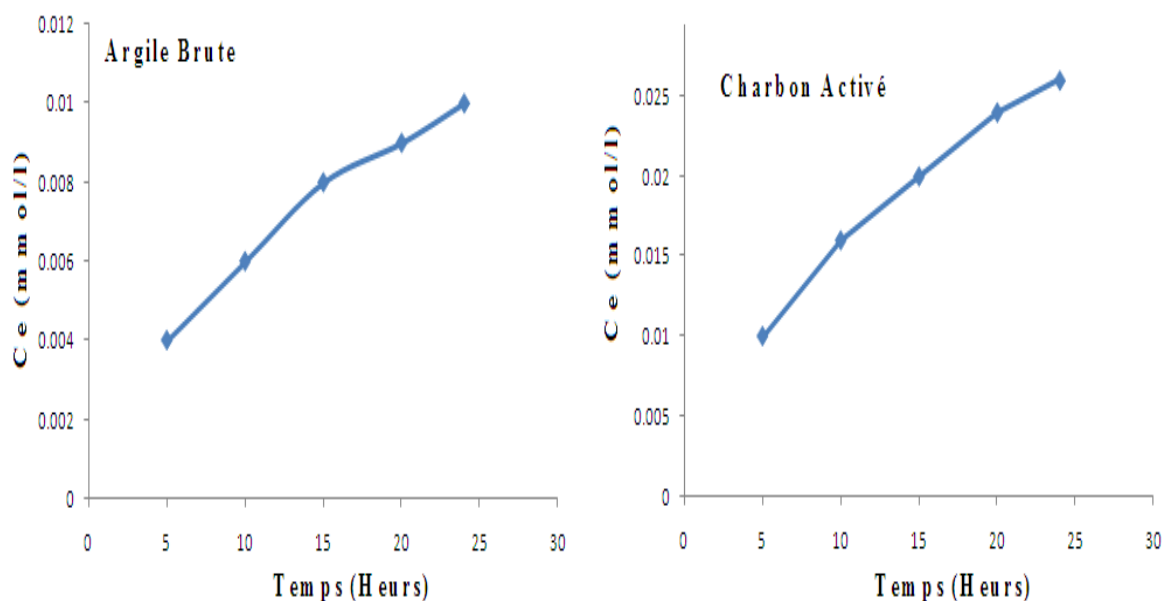


Figure IV.9 : L'influence du temps sur l'élimination de l'éosine

Nous en concluons, que dans ces conditions pseudo-équilibre la quantité adsorbée du colorant par les deux adsorbants en fonction du temps augmente à chaque fois le temps de contact entre l'adsorbant et l'adsorbant augmente. La diffusion des molécules de colorant en solution à travers la surface de l'adsorbant c'est l'origine de l'augmentation de la concentration à l'équilibre [10].

IV.10. Modèles cinétiques d'adsorption

Les isothermes d'adsorption sont souvent utilisées pour la détermination des capacités maximales de fixation des polluants organiques et pour l'identification du type d'adsorption. Les résultats dénommés selon les modèles mathématiques de Langmuir et Freundlich, nous ont permis de calculer la capacité maximale d'adsorption ainsi que les paramètres d'adsorption [11.12].

❖ Modèle de Freundlich :

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (\text{IV.4})$$

❖ Modèle de Langmuir :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{K} * \frac{1}{Q_m} * \frac{1}{C_e} \quad (\text{IV.5})$$

Avec :

- C_e : Concentration résiduelle du soluté à l'équilibre (mg/L).
- Q_m : Capacité maximale d'adsorption (mg/g).
- k : Constante d'équilibre d'adsorption pour le couple soluté/adsorbant (L/mg).
- k_f et n : Constantes caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant vis à vis d'un soluté donné

Les isothermes d'adsorption ont été étudiées en agitant une masse de deux adsorbants dans une solution colorée (éosine) de différentes concentrations allant de 25 à 100 mg/L. L'adsorbant et l'adsorbât ont été mis en contact pendant 5 heures sous une agitation de 200 r/m.

Après analyse des surnageant et détermination des concentrations à l'équilibre, nous avons suivi, d'une part l'évolution de $\log Q_e$ en fonction de $\log C_e$ selon le modèle de Freundlich et d'autre part, l'évolution de $1/Q_e$ en fonction de $1/C_e$ selon le modèle de Langmuir. Les résultats obtenus sont illustrés sur les figures 10 et 11.

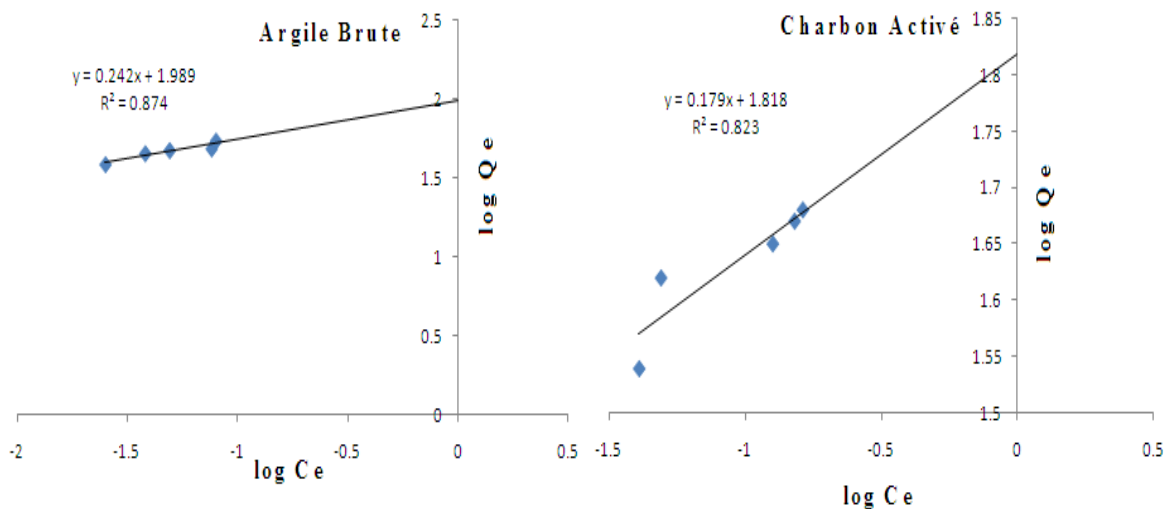


Figure IV.10 : Isotherme d'adsorption modèle de Freundlich

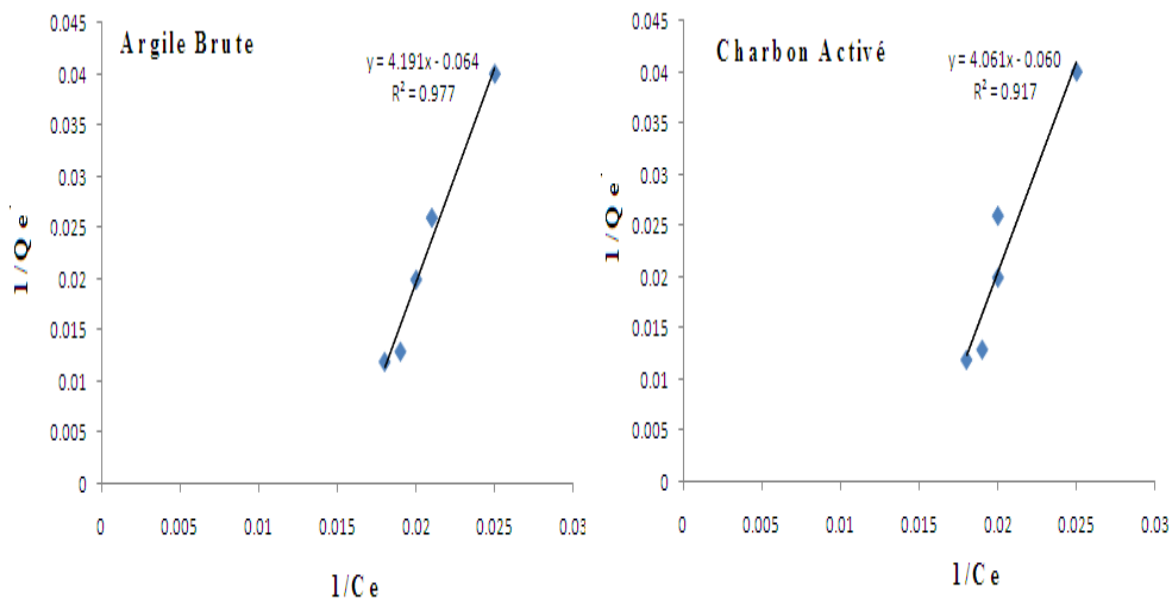


Figure IV.10 : Isotherme d'adsorption model Langmuir

Les représentations linéaires des valeurs expérimentales de ce processus d'adsorption nous ont permis de déterminer les paramètres d'équilibre et les valeurs des constantes de Langmuir et de Freundlich calculées par régression linéaire (Tableau 5).

Tableau. IV.5 : Paramètres d'équilibres d'adsorption selon le modèle de Langmuir et de Freundlich.

Isothermes	Paramètres	Argile	Charbon activé
Freundlich $\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$	K_f	0.20	0.05
	$1/n$	0.28	0.08
	R^2	0.87	0.83
Langmuir $\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{K} * \frac{1}{Q_m} * \frac{1}{C_e}$	K (l/mg)	15.62	16.66
	R^2	0.977	0.917

Les valeurs des coefficients de corrélation dévoilent que le processus d'adsorption, de colorant éosine par l'argile brute et le charbon actif, est décrit d'une manière favorable par l'isotherme de Langmuir pour l'argile brute avec d'excellents coefficients de régression linéaire de $0.977 < R^2 < 0.91$ et pour l'isotherme Freundlich $0.95 < R^2 < 0.98$.

Don on peut dire que d'après les résultats que ces isothermes éprouvées une présence d'un plateau horizontal jusqu'à saturation. Ce type d'isotherme est caractéristique du

remplissage de micropores. C'est une adsorption essentiellement mono moléculaire de type I (voir chap II).

Reference bibliographie

[1]: Ali. Rachini.(2007) « Nanocomposites argiles – photopolymères : préparation, caractérisation et applications. Thèse de doctorat en Chimie des Matériaux. Université de Haute Alsace ».

[2]: Gomri Fatima.(2010) « Synthèses et caractérisations d'argiles cationiques et anioniques organophiles. Elimination des chlorophénols. Université de Ferhat Abbas Sétif ».

[3]: Sahnoun Sousna.2011 « Synthèses, caractérisations et application des argiles organophiles. Université de Ferhat Abbas Sétif »

[4]: Sahu, AK and al(2008). , Separation Science and technology 43:1239-1259.

[5]: Pascal Gossart .(2001) « Contribution à l'étude des interactions de la matière organique des sols avec les métaux lourds. Etude structurale et analytique de molécules modèles, thèse doctorat, université des Sciences et Technologies de Lille

[6]: Hassina. Zaghouane. Boudiaf.(2011) « Préparation et caractérisation de matériaux à base d'argile algérienne. Application à l'adsorption de polluants organiques, Thèse de doctorat en Génie Chimique. Université de Ferhat Abbas Sétif ».

[7]: Y. Bulut, H. Aydın. (2006) « A kinetics and thermodynamics study of methylene blue adsorption on wheat shells, Desalin. 194, 259–267 ».

[8]: A. Goudarzi, G. Motedayen Aval, R. Sahraei, H. Hmadpoor.(2008) « Ammonia-free chemical bath deposition of nanocrystalline ZnS thin film buffer layer for solar cells, Thin Solid Films 516, 4953–4957 ».

[9]: E. Errais et al. (2011) « Efficient anionic dye adsorption on natural untreated clay: Kinetic study and thermodynamic parameters, Desalination 275, 74–81 ».

[10]: Martha Collins (2011) 'Etude des effets de nanoparticules de silice sur la détection électrochimique des ions à l'interface liquide-liquide'. Thèse Doctorat de l'Université de Lorraine Ecole Doctorale SESAMES.

[11]: Deniz F., Saygideger S. D., *Desalination* 262 (2010) 161.

[12]: Meçabih, Z., Kacimi, S, Bouchikhi, B., (2006) *Revue des Sciences de l'Eau*. 19 (1) 23.

[13]: Aarfane et al (2014) 'Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants Red195 et Bleu de méthylène en milieu aqueux sur les cendres volantes ' J. Mater. Environ. Sci. 5 (6) 1927-1939



CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion Générale

Dans ce travail, on a expérimenté une méthode de traitement de décoloration d'une solution de l'éosine en milieu hétérogène .Les différentes analyses physico-chimiques effectuées sur l'éosine comme colorant organique et sur deux adsorbants à savoir l'argile brute et le charbon activé étudiées comme des excellents matériaux utilisés pour l'élimination des polluants organiques de l'eau ont permis de dévoiler le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité d'adsorption .

Une comparaison des teneurs de décoloration de l'éosine adsorbées par l'argile et le charbon activé montre une différence adsorption de la concentration entre ces deux adsorbants. Cette différence est caractérisée par l'espace inter foliaire et la structure cristalline de l'argile et à la surface spécifique du charbon actif ($S = 2500\text{m}^2/\text{g}$).

Les facteurs physiques, le pH et le temps jouent un grand rôle pour l'élimination de l'éosine par les deux adsorbants, ce qui laisse à dire que l'argile brute élimine bien le colorant organique en milieu basique, en contrepartie le charbon activé élimine l'éosine en milieu acide. Le tracé des isothermes d'adsorption montre que le modèle de Langmuir et Freundlich représentent parfaitement l'adsorption de l'éosine.

A l'effet de ces résultats nous concluons que :

- Les résultats des tests d'adsorption de la colorante éosine sur l'argile et le charbon active obéissants à l'équilibre d'adsorption
- L'équilibre d'adsorption est analysé par application du modèle de Langmuir et celui de Freundlich qui sont couramment utilisés par les chercheurs pour l'étude des isothermes d'adsorption des systèmes adsorbant/adsorbât.
- L'élimination du colorant par les deux adsorbants montrent bien l'efficacité de retenus l'éosine et maintenu son basicité pour le charbon activé et milieu acide pour l'argile, ce que veut dire que l'argile brute et le charbon activé sont des adsorbants excellents.
- En plus, l'abondance naturelle de ces matériaux peuvent offrir des nouveaux supports écologiques qui peuvent participer à la dépollution des eaux usées.

En perspective, ce travail est très loin d'être accompli, il serait attirant de poursuivre cette recherche en observant les points suivants :

- Tester d'autres nouveaux matériaux ;
- Tester d'autres colorants qui possèdent un caractère anionique (Exemple : Bleu de méthylène) ;
- Etudier la devenir des biosorbants chargés en polluants.