



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique
et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي
برج بوعريريج

Université Mohamed
El Bachir El Ibrahimi
de Bordj Bou Arréridj



**Faculté des Sciences et de la Technologie
Département Génie de l'environnement**

Mémoire de fin d'études

**PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE : Master**

**Filière : Génie des procédés
Option : Génie des procédés de l'environnement**

THÈME

Adsorption d'un colorant sur la perlite

**Préparé par : Remili hadjira
Chaouche meroua**

Soutenu le : 15 /09/2021

Mr ayeche riad	Président:	M.C.A	Université Bordj Bou arreridj
Mme boufassa samia	Rapporteur	M.C.B	Université Bordj Bou arreridj
Mr hellati abdelhak	Co-rapporteur	M.C.A	Université Bordj Bou arreridj
Mr karce houssam eddine	Examineur	M.A.B	Université Bordj Bou arreridj

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

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

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé au sein du laboratoire de science et de la technologie l'université de Mohamed el Bachir el Ibrahimi de bordj Bou arreridj.

Un remerciement exceptionnel à Mr. Hellati. A et M^{me}. Boufassa.S d'avoir accepté la charge de cette mémoire.

Nous tenons à remercions Mr. Ayeche.R et tous le personnel administratif du laboratoire, ainsi que les techniciens du laboratoire. De nous avoir fait confiance et nous avoir permirent de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.

Enfin, et surtout, nous aimerons remercier tous les membres de nos famille : nos parents, nos frères et nos sœurs, pour leur soutien tout au long de ces années.

Dédicace

J'offre ce modeste travail :

A ma mère et mon père..

A mes chers frères et sœurs, A tous mes
amis, ils sont nombreux ils se
reconnaîtront sûrement..

A tous ceux qui m'ont encouragé tout au
long de mes études...

A tous mes professeurs de l'université..

Hadjira..

Dédicace

J'offre ce modeste travail :

A mes parent..

A mes frères et sœurs..

A toute ma famille..

A tous ceux qui me sont chers..

A tous mes professeurs de
l'université

Meroua..

Table de matières	page
sommaire	a
Liste des tableaux	e
Liste des figures	e
Liste des abréviations	g
Liste des équations	h
Introduction générale	01
Chapitre I : Généralité sur l'adsorption	Pages
I.1. historique	02
I.2. Introduction	02
I.3. Définition	02
I.4. Types d'adsorption	03
I.4.1. Adsorption chimique (ou chimisorption)	03
I.4.2. Adsorption physique (ou physisorption)	03
I.5. Mécanismes d'adsorption	04
I.6. Facteurs influençant le phénomène d'adsorption	04
I.6.1. Les caractéristiques de d'adsorbant	04
I.6.1.1. volume poreux et fonctions superficielles	04
I.6.1.2. Polarité	04
I.6.1. 3.La surface spécifique	05
I.6.2. Les caractéristiques de l'adsorbat	05
I.6.2. 1.La polarité	05
I.6.2. 2.La solubilité	05
I.6.2. 3.Masse moléculaire de l'adsorbat	05

I.6.3. Les paramètres physico-chimiques du milieu	05
I.6.3.1. La température	05
I.6.3.2. L'agitation	05
I.6.3.3. Le pH	05
I.7. Isotherme d'adsorption	05
I.7.1. Classification des isothermes d'adsorption	06
I.7.1.1. Classe L	06
I.7.1.2. Classe S	06
I.7.1.3. Classe H	07
I.7.1.4. Classe C	07
I.8. Modélisation de l'équilibre d'adsorption	08
I.8.1. Isotherme de Langmuir	08
I.8.2. Isotherme de Freundlich	09
I.9. Domaine d'application de l'adsorption	09
I.10. Types d'adsorbants	10
I.10.1. Les charbons actifs	10
I.10.2. L'argile	10
I.10.3. La zéolithe	10
I.10.4. L'alumine activée	11
I.10.5. Le gel de silice	11
I.11. La perlite	11
I.11.1. Minéralogique de la perlite	12
I.11.2. La production de la perlite en Algérie	13
Conclusion	13

Chapitre II : Généralités sur les colorants	Pages
II.1. Historique des colorants	14
II.2. Introduction	15
II.3. Les colorants	16
II.4. Classification des colorants	17
II.4.1. Classification chimique	17
II.4.1.1. Les colorants azoïques	18
II.4.1.2. Les colorants triphénylméthanes	18
II.4.1.3. Les colorants indigoïdes	19
II.4.1.4. Les colorantes xanthines	19
II.4.1.5. Les colorants anthraquinoniques	19
II.4.1.6. Les phtalocyanines	20
II.4.1.7. Les colorants nitrés et nitrosés	20
II.4.2. Classification tinctoriale	21
II.4.2.1. Les colorants à mordants	21
II.4.2.2. Les colorants directs (ou substantifs)	22
II.4.2.3. Les colorants dispersés	22
II.4.2.4. Les colorants azoïques insolubles ou développés	22
II.4.2.5. Les colorants de cuve	23
II.4.2.6. Les colorants réactifs	24
II.4.2.7. Les colorants acides ou anioniques	24
II.4.2.8. Les colorants basiques ou cationiques	24
II.4.2.9. Les colorants au soufre	25
II.5. Les colorants et leurs impacts environnementaux	25

II.5.1. Bio- Accumulation	26
II.5.2. Toxicité des colorants	26
II.7. Choix de molécule organique étudié	28
Conclusion	30
Chapitre III : Résultats et discussion	pages
III .1. Préparation des solutions et méthode d'analyse	31
III.2. Détermination de la courbe d'étalonnage	31
III.3. Effet du temps de contact du Rouge Congo avec la perlite	33
III.4. Isotherme de l'adsorption	34
III.4.1. Isotherme de Langmuir	35
III.4.2. Isotherme de Freundlich	36
Conclusion générale	38
Résumé	

Liste des tableaux :

Tableau (I.1) : présente les différences entre les deux types d'adsorption	03
Tableau (I.2) : Composition chimique de la perlite	12
Tableau (I.3) : Propriétés physique de la perlite	12
Tableau (II.1) : principaux groupements chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante	17
Tableau(II.2) : propriétés physico-chimiques de colorant étudié	30
Tableau (III.1) : Résultats de la régression linéaire de Langmuir pour le système étudié.	36
Tableau (III.2) : Résultats de la régression linéaire de Freundlich pour le système étudié.	36

Liste des Figures :

Figure (I.1) : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption	02
Figure(I.2) : Schéma de mécanisme de transport de l'adsorbat au sein d'un grain	04
Figure(I.3) : classification des isothermes d'adsorption	07
Figure (I.4) : Isotherme d'adsorption : modèle de Langmuir	08
Figure(I.5) : Isotherme d'adsorption : modèle de Freundlich	09
Figure (II.1) : la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-)	18
Figure(II.2) : Structure du colorant triphénylméthane	18
Figure(II.3) : structure de l'indigo 2-(1,3-dihydro-3-oxo-2H-indole-2-ylidène)-1,2-dihydro-3H-indole-3-one (nom IUPAC)	19
Figure (II.4) : Structure moléculaire d'une colorante xanthine.	19
Figure (II.5) : La molécule anthraquinone (9,10- dihydro -9,10- dioxoanthracène, dérivé de l'anthracène)	20
Figure(II.6) : Structure de phtalocyanine	20

Figure(II.7): groupe nitro (-NO ₂) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés)	21
Figure(II.8) : Comportement du colorant à mordant en présence du textile	21
Figure(II.9) : structure d'un colorant substantif	22
Figure(II.10) : structure d'un colorant dispersé	22
Figure(II.11) : réaction de copulation entraîne le développement immédiat du colorant azoïque	23
Figure(II.12) : transformation d'un colorant insoluble par réduction alcaline	23
Figure(II.13) : structure d'un colorant réactif	24
Figure(II.14) : Exemple d'un colorant acides ou anioniques	24
Figure(II.15) : Exemple d'un colorant basique ou cationique	25
Figure(II.16) : Structure de soufre	25
Figure(II.17) : Conséquences de la bio accumulation après déversement de substances toxiques (insecticides) dans un cours d'eau	26
(II.18) : structures chimiques de quelques amines aromatiques toxiques	27
Figure(II.19) : rouge congo en poudre.	28
Figure(II.20) : structure de colorant rouge de congo	28
Figure(II.21): production de rouge congo	29
Figure(II.22): structure de colorant rouge Congo (a) $ph > 5.5$, $ph < 5.5$	29
Figure (III.1) : Organigramme descriptif des différentes étapes de travail	32
Figure (III.2) : Courbe d'étalonnage du Rouge Congo	33
Figure (III.3) : Effet du temps de contact de Rouge Congo avec la perlite	33
Figure (III.4) : Isotherme d'équilibre d'adsorption du Rouge Congo sur la perlite	34
Figure (III.5) : Courbe de linéarisation selon Langmuir du Rouge Congo sur la perlite à $T = 25^{\circ}C$	35
Figure (III.6): Courbe de linéarisation selon Freundlich du Rouge Congo sur la perlite	36

Liste des abréviations :

PH : potentiel hydrogène

Q_e : quantité adsorbée à l'équilibre par un gramme d'adsorbant (mg/g)

V : volume de solution (l)

m : masse de l'adsorbat (g)

C₀ : concentration initiale en adsorbat en phase liquide (mg/l)

C_e : concentration à l'équilibre en adsorbat en phase liquide (mg/l)

Q_{max} : quantité maximale adsorbée par unité de masse (mg/g)

K : constante de Langmuir (L/mg)

K_f et **1/n** sont des constantes de Freundlich (mg/g)

SiO₂ : dioxyde de silicium:

Al(OH)₃ : tri hydroxyde d'aluminium

Al-OH : Hydroxyde d'aluminium

K₂O : oxyde de potassium

CaO : oxyde de calcium

Na₂O : oxyde de sodium

Fe₂O₃ : oxyde ferrique et sesquioxyde de fer

MgO : oxyde de magnésium

MnO₂ : dioxyde de manganèse

MMC : mélanome malin cutané

UIPAC : union internationale de chimie pure et appliquée

λ : Longueur d'onde

pK_a : Constante d'équilibre

UV : Ultra violet

Abs : l'absorbance

Liste des équations :

Equation (I.1) $Q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} = \frac{X}{m}$

Equation (I.2) $\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max} K} + \frac{C_e}{Q_{max}}$

Equation (I.3) $\text{Log } Q_e = \text{Log } K_F + \text{Log } C_e$

Equation (III.1) $\text{Abs} = a [C] + b$

Equation (III.2) $\ln (Q_e) = f (\ln (C_e))$

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Depuis toujours et quel que soit le degré de développement de la société, l'eau a été la clé de tous les processus socio-économiques. Cependant, l'augmentation des activités agro-industrielles a engendré une menace grandissante sur la réserve planétaire en eau douce. En effet, les activités en question, génèrent une grande diversité de produits chimiques qui altèrent le cycle de l'eau, mettant en péril notre fragile équilibre naturel. Souvent, les substances chimiques, contenues dans l'eau usée, sont difficiles à biodégrader et le manque, ou l'insuffisance de systèmes de traitement, mènent à leur accumulation dans l'écosystème [1].

La protection de l'environnement est devenue ainsi un enjeu économique et politique majeur et tous les pays du monde sont concernés par la sauvegarde des ressources en eau douce.

Le traitement des eaux usées s'effectue, généralement, par procédés biologiques, se basant sur l'autoépuration naturelle des eaux. Des systèmes de traitement biologique de plus en plus perfectionnés ont été construits. Cependant, les stations de traitement biologiques ne peuvent pas traiter les substances difficilement biodégradables.

Durant les dernières décennies, beaucoup de recherches se sont intéressées aux nouvelles méthodes de décontamination, notamment l'adsorption et des méthodes d'oxydation [2].

Le présent travail, est une modeste contribution à l'étude de l'élimination d'un polluant organique (colorant rouge Congo) sur la perlite qui est une roche volcanique silicieuse. La progression de cette étude s'étale sur trois chapitres :

Chapitre I : généralités sur l'adsorption et les différents types d'isotherme d'adsorption ainsi que l'exposé des modèles les plus utilisés pour illustrer ces isothermes.

Chapitre II : généralités sur les colorants relatant les classifications des colorants et les colorants et leurs impacts environnementaux et le choix de molécule organique étudié.

Chapitre III : les résultats expérimentaux, leurs schématisations ainsi que l'interprétation et la discussion.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] Z.Redouane Salah, " Elimination d'un polluant organique par photodégradation par des photo-inducteurs en phase homogène et hétérogène", Mémoire Magister, Univ Mentouru de constontine , 2010.
- [2] J.Claude Boeglin, "Pollution industrielle de l'eau", technique de l'ingénieur traité Genie industriel, G1220.

CHAPITRE N°1
GÉNÉRALITÉS SUR
L'ADSORPTION

I.1. Historique

Les phénomènes dont l'adsorption ont été observés initialement dans les liquides par Lo witz en 1785, La première application industrielle a été réalisée quelques années plus tard dans une raffinerie de canne à sucre pour décolorer les sirops. En 1860, le charbon de bois a été utilisé pour éliminer le goût et les odeurs des eaux. Par suite début du 20^{ème} siècle les techniques d'adsorption sont développées grâce aux connaissances scientifiques.

Durant la première guerre mondiale, les capacités de purification par le charbon actif ont été mises en évidence dans plusieurs applications [1].

I.2. Introduction

L'adsorption connue d'abord comme un phénomène physico-chimique puis comme un Important procédé de séparation qui consiste en une interaction fluide solide des molécules d'un soluté en phase fluide (adsorbat). Elles diffusent vers la phase solide poreuse (adsorbant) Formant ainsi une nouvelle phase sur la surface solide dite : phase adsorbée. C'est donc un Phénomène de transfert de matière. L'adsorption est un traitement particulièrement efficace pour enlever de la matière Organique, spécialement lorsque la charge moléculaire est importante et la polarité est faible [2].

I.3. Définition :

L'adsorption à l'interface soluté/solide est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des molécules présentes dans effluent liquide ou gazeux, se fixent à la surface d'un solide. Ce phénomène dépend à la fois de cette interface et des propriétés physico chimiques de l'adsorbât. Ce phénomène spontané provient de l'existence, à la surface du solide et de forces non compensées, qui sont de nature physique ou chimique [3].

Ces forces conduisent respectivement à deux types d'adsorption: la chimisorption et la physisorption.

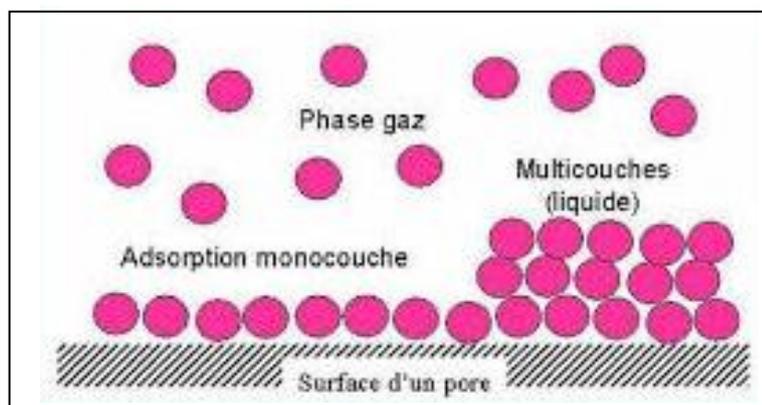


Figure (I.1): Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.

I.4. Types d'adsorption :

I.4.1. Adsorption chimique (ou chimisorption) :

Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbât et l'adsorbant. La chimisorption est généralement irréversible, produisant une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide. La chaleur d'adsorption, relativement élevée, est comprise entre 20 et 200 Kcal/mol. La distance entre la surface et la molécule adsorbée est plus courte que dans le cas de la physisorption.

I.4.2. Adsorption physique (ou physisorption) :

Contrairement à la chimisorption, l'adsorption physique se produit à des températures basses. Les molécules s'adsorbent sur plusieurs couches (multicouches) avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieures à 20 Kcal/mol. Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbât) et la surface du solide (adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques type dipôles, liaison hydrogène ou Van der Waals. La physisorption est rapide, réversible et n'entraînant pas de modification des molécules adsorbées [4].

La distinction entre les deux types d'adsorption n'est pas toujours facile. En effet, les énergies mises en jeu dans les physisorptions fortes rejoignent celles qui interviennent dans les chimisorptions faibles.

Tableau (I.1) : présente les différences entre les deux types d'adsorption.

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Type de liaison	Physique	Chimique
Chaleur d'adsorption	≤ 6 Kcal/mole	> 10 Kcal/mole
Température du processus	Favorisée par abaissement de la température	Favorisée par accroissement de la température
Désorption	Facile	Difficile
Spécificité	Non spécifique	Spécifique (dépend de la nature des liens)

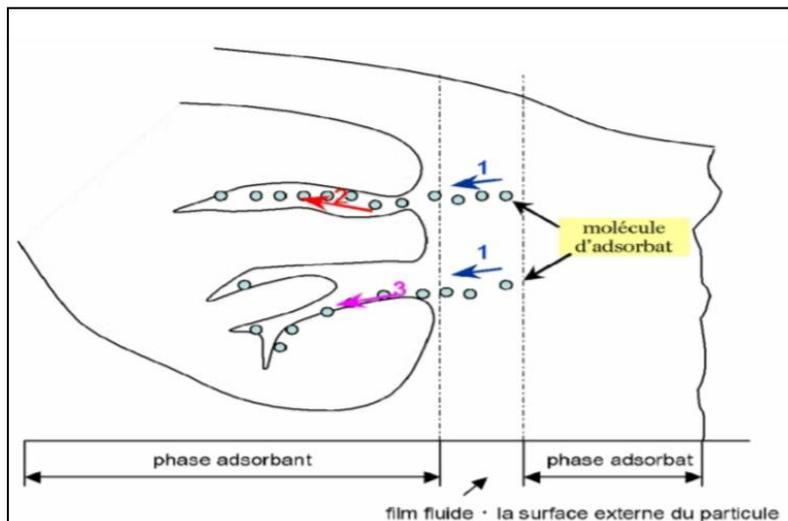
I.5. Mécanismes d'adsorption :

Le phénomène d'adsorption, contrôlé par la diffusion des molécules, atteint son équilibre relativement rapidement (quelques secondes à quelques minutes). Mais, peut se prolonger sur des temps très longs pour les adsorbants microporeux en raison du ralentissement de la diffusion des molécules dans ces structures de dimensions voisines du diamètre des molécules du fluide. Le transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbat vers une phase solide avec rétention de soluté à la surface de l'adsorbant se fait en plusieurs étapes [5].

1- 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.

2- 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.

3- Diffusion de surface Pour certains adsorbants, il peut exister également une contribution de la diffusion des molécules adsorbées le long des surfaces des pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant.



Figure(I.2): Schéma de mécanisme de transport de l'adsorbat au sein d'un grain.

I.6. Les facteurs influençant des paramètres d'adsorption :

L'adsorption dépend de nombreux facteurs dont les principaux [6] sont :

I.6.1. Les caractéristiques de d'adsorbant :

I.6.1.1. volume poreux et fonctions superficielles.

I.6.1.2. Polarité : Les solides polaires adsorbent préférentiellement les corps polaires, et les solides apolaires adsorbent les corps apolaires.

L'affinité pour les substrats croît avec la masse moléculaire de l'adsorbat.

L'adsorption est plus intense pour les corps qui ont relativement plus d'affinité pour le soluté que pour le solvant [7.8].

I.6.1.3. La surface spécifique : La surface spécifique est une donnée essentielle de la caractérisation des solides et des matériaux poreux. Cette grandeur désigne la surface accessible rapportée à l'unité de poids d'adsorbant [9]. Elle est liée à la granulométrie et à la porosité des adsorbants. Une grande surface spécifique est en générale souhaitable, elle permet d'obtenir de meilleures adsorptions [9].

I.6.2. Les caractéristiques de l'adsorbant :

I.6.2.1. La polarité : Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour un adsorbant plus polaire. Il faut que l'adsorbant et l'adsorbant soient de polarité voisine. L'affinité pour les substrats croît avec la masse moléculaire de l'adsorbant. Plus l'affinité de l'adsorbant est élevée pour le soluté que pour le solvant, plus l'adsorption est forte. [10].

I.6.2.2. La solubilité : La solubilité d'un adsorbant joue un rôle important lors de son adsorption. Plus solubilité est grande, plus faible sera l'adsorption. Ils n'ont constaté que les capacités d'adsorption suivent l'ordre inverse des solubilités [11].

I.6.2.3. Masse moléculaire de l'adsorbant : Les particules dont la masse moléculaire est faible sont légères et se déplacent plus rapidement que celles dont la masse moléculaire est élevée, donc leur chance d'être adsorbées est beaucoup plus grande [11].

I.6.3. Les paramètres physico-chimiques du milieu :

I.6.3.1. La température : L'adsorption est un phénomène endothermique ou exothermique suivant le matériau adsorbant et la nature des molécules adsorbées [10].

I.6.3.2. L'agitation : L'agitation peut avoir une influence sur la distribution des molécules du soluté dans la solution. Elle permet une bonne homogénéisation de la suspension de façon à atteindre plus rapidement l'état d'équilibre [10].

I.6.3.3. Le pH : Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois sur la structure de l'adsorbant et de l'adsorbant ainsi que sur le mécanisme d'adsorption [10].

I.7. Isotherme d'adsorption :

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

$Q_e = f(C_e)$ où Q_e et C_e sont respectivement la quantité de colorant adsorbé par gramme d'adsorbant et la concentration à l'équilibre de ce colorant [12].

La relation entre la masse d'adsorbat (Q_e) fixée à l'équilibre sur la surface de l'adsorbant et sa concentration dans la phase liquide est donnée par l'équation :

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} = \frac{X}{m}$$

Q_e : quantité adsorbée à l'équilibre par un gramme d'adsorbant (mg/g).

V : volume de solution (l).

m : masse de l'adsorbat (g).

C_0 : concentration initiale en adsorbat en phase liquide (mg/l).

C_e : concentration à l'équilibre en adsorbat en phase liquide (mg/l).

I.7.1. Classification des isothermes d'adsorption :

Tous les systèmes adsorbant-adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Expérimentalement, on distingue quatre classes principales nommées :

L (Langmuir), S (Sigmoïde) ; H (Hautes affinités) et C (partition Constante).

Après cette description nous abordons l'interprétation des différentes classes d'isothermes. Nous commençons par la plus fréquente : l'isotherme de Langmuir. [13].

I.7.1.1. Classe L :

Les isothermes de classe L présentent, aux faibles concentrations de la solution, une concavité tournée vers le bas qui traduit une diminution des sites libres au fur et à mesure de la progression de l'adsorption. Ce phénomène se produit lorsque les forces d'attraction entre les molécules adsorbées sont faibles. Elle est souvent observée quand les molécules sont Adsorbées à plat, ce qui minimise leur attraction latérale. Elle peut également apparaître quand les molécules sont adsorbées verticalement et lorsque la compétition d'adsorption entre le Solvant et le soluté est faible. Dans ce cas, l'adsorption des molécules isolées est assez forte pour rendre négligeable les interactions latérales.

I.7.1.2. Classe S :

Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut. Les molécules adsorbées favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative), ceci est dû aux molécules qui s'attirent par des forces de Van Der Waals, et se

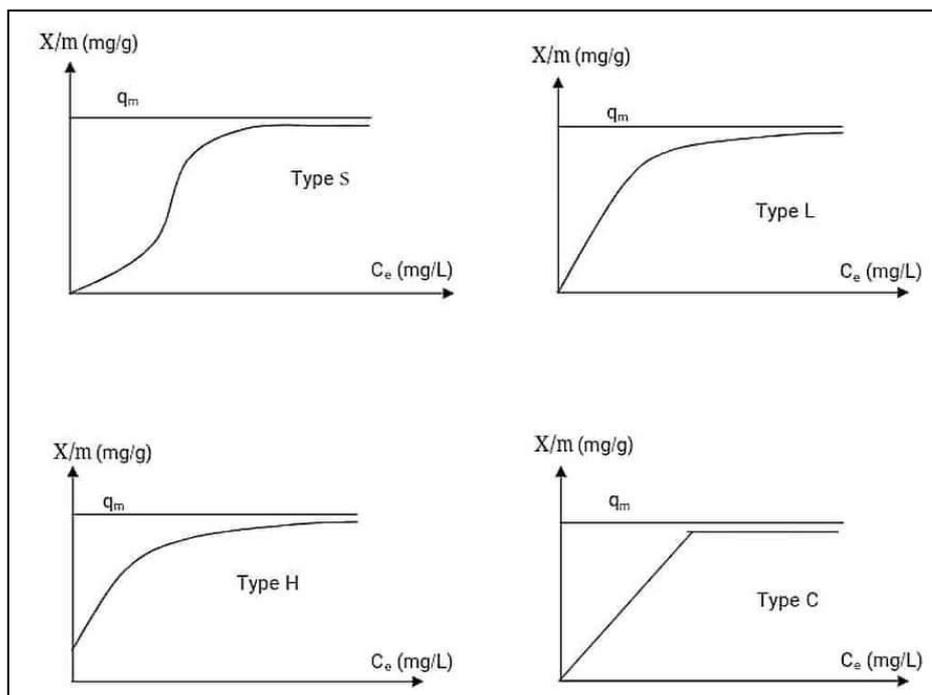
regroupent en îlots dans lesquels elles se tassent les unes contre les autres. Ce comportement est favorisé, d'une part, quand les molécules de soluté sont adsorbées verticalement comme c'est le cas des molécules possédant un seul groupe fonctionnel et d'autre part, quand les molécules se trouvent en compétition d'adsorption forte avec le solvant.

I.7.1.3. Classe H :

La partie initiale de l'isotherme est presque verticale, la quantité adsorbée apparaît importante à concentration quasiment nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes. L'isotherme de classe H est aussi observée lors de l'adsorption de micelles ou de polymères formées à partir des molécules de soluté.

I.7.1.4. Classe C :

Les isothermes de cette classe se caractérisent par une partition constante entre la solution et le substrat jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption. Ceci signifie que les sites sont créés au cours de l'adsorption. Ce qui implique que les isothermes de cette classe sont obtenues quand les molécules de soluté sont capables de modifier la texture du substrat en ouvrant des pores qui n'avaient pas été ouverts préalablement par le solvant [13].



Figure(I.3) : classification des isothermes d'adsorption.

I.8. Modélisation de l'équilibre d'adsorption :

L'adsorption peut être étudiée en utilisant des modèles qui reposent sur certaines hypothèses. Les modèles les plus connus sont le modèle de Langmuir et de Freundlich.

I.8.1. Isotherme de Langmuir :

La théorie de Langmuir (1918) a permis l'étude de l'adsorption de molécules de gaz sur des surfaces métalliques. Elle repose sur les hypothèses suivantes [14].:

- L'adsorption se produit sur des sites localisés d'égale énergie.
- L'adsorption se produit en monocouche.
- Il n'y a pas d'interaction latérale entre les molécules adsorbées à la surface.
- La réaction est réversible (c'est-à-dire qu'il y a équilibre entre l'adsorption et la désorption).
- le nombre de sites d'adsorption sur la surface est limité.
- L'isotherme de Langmuir est difficilement utilisable pour des systèmes naturels où l'adsorption en couche simple sur un seul type de site est rarement rencontrée.

L'isotherme est représentée par l'équation suivante :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max} K} + \frac{C_e}{Q_{max}}$$

Q_e : est la quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre (mg/g).

Q_{max} : quantité maximale adsorbée par unité de masse (mg/g).

K : constante de Langmuir (L/mg); cette constante nous donne une indication sur l'affinité de l'adsorbant pour l'adsorbant ; plus elle est élevée, plus l'affinité est forte.

C_e est la concentration du soluté en phase liquide à l'équilibre (mg/L).

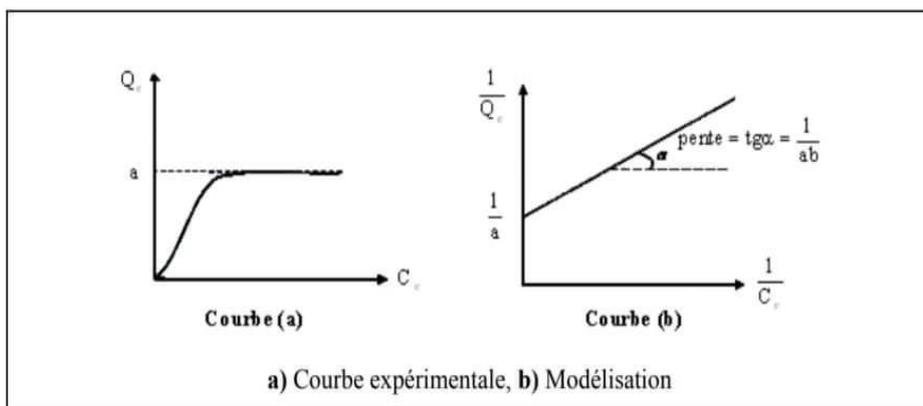


Figure (I.4): Isotherme d'adsorption : modèle de Langmuir.

I.8.2. Isotherme de Freundlich [15]:

En 1962, Freundlich a proposé un autre modèle pour décrire l'adsorption en milieu gazeux ou liquide. Ce modèle est représenté par une équation à deux paramètres (K_f et n) et consiste en une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption à la surface du support et se caractérise par une adsorption en sites localisés. Il convient de mentionner aussi, que celui-ci s'applique dans le cas des solutions diluées.

Il peut être décrit par l'équation :

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K_f + \text{Log } C_e$$

K_f (mg/g) et $1/n$ sont des constantes de Freundlich associées à la capacité d'adsorption et à l'intensité d'adsorption respectivement.

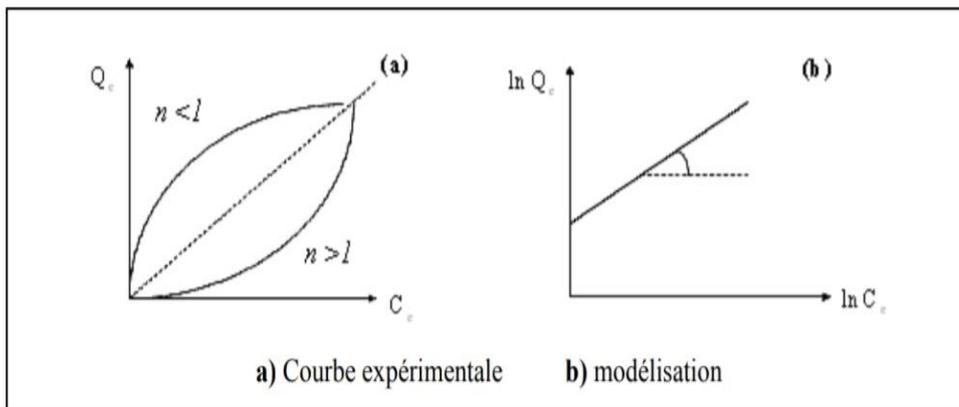


Figure (I.5) : Isotherme d'adsorption : modèle de Freundlich.

I.9. Domaine d'application de l'adsorption :

De nombreuses applications de l'adsorption résultent des trois caractéristiques qui la différencient des autres procédés de séparation, à savoir [16] :

- La rétention des très petites particules, comme par exemple les colloïdes ;
- La rétention des composants à très faible concentration, par exemple, des impuretés ou des molécules et ions métalliques qui confèrent aux produits, couleurs, odeurs ou saveurs désagréables, voire une toxicité ;
- La sélectivité de l'adsorbant par rapport à certains constituants du mélange. Parmi les applications, on cite :
- Le séchage, la purification et la désodorisation des gaz ;

- Le traitement des eaux (élimination des métaux lourds, des odeurs et de la matière organique) ;
- Le raffinage des produits pétroliers ;
- La catalyse de contact ;
- La récupération de solvants volatils et d'alcool dans les processus de fermentation ;
- La décoloration des liquides ;
- La chromatographie gazeuse (méthode de fractionnement basée sur les différences de vitesse d'adsorption de substances différentes, sur un adsorbant donné) ;
- Dessiccation des gaz et des produits organiques industriels.

I.10. Types d'adsorbants:

L'adsorption est un phénomène de surface d'où l'intérêt de connaissance des propriétés physiques des matériaux adsorbants tel que, la porosité, la surface spécifique, la densité apparente et réelle [17].

I.10.1. Les charbons actifs :

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

I.10.2. L'argile:

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

I.10.3. La zéolithe:

Les zéolithes sont des adsorbants de squelette cristallin aluminosilicate tridimensionnel constitué de tétraèdres SiO₄ et AlO₄, de formule globale (AlO₂M, nSiO₂) où M représente le plus souvent un métal alcalin ou alcalino-terreux .Il existe plus de 100 espèces de zéolithes, différant par la valeur de n et la structure cristallographique. Ils sont une structure microporeuse faite de cavités et de canaux qui leur confère des propriétés adsorbants. Ils Sont sous forme de poudre, granulés ou extrudés. La surface spécifique ne dépasse pas 900 m²/g mais, ils présentent une bonne sélectivité.

I.10.4. L'alumine activée :

Les alumines activées sont obtenues par thermolyse flash du tri hydroxyde d'aluminium $\text{Al}(\text{OH})_3$ qui conduit à un produit de composition approximative $\text{Al}_2\text{O}_3, 0.5 \text{ H}_2\text{O}$, possédant une structure poreuse résultant du départ de molécules d'eau. La surface des pores est couverte de groupements Al-OH , et l'adsorption se fait préférentiellement par liaison hydrogène. Les alumines activées sont des adsorbants amorphes moyennement polaires et hydrophiles. Ils ont une surface spécifique de $300 \text{ m}^2/\text{g}$.

I.10.5. Le gel de silice :

Les gels de silice sont préparés à partir de $\text{Si}(\text{OH})_4$ en phase aqueuse, obtenu par acidification d'un silicate de sodium, ou bien à partir d'un sol de silice. Les groupements Si-OH conduisent à des liaisons hydrogène.

Il existe deux types de gels de silice : les microporeux, assez hydrophiles, et les macroporeux, versatiles, qui diffèrent par la taille des pores comme le nom l'indique. Leur surface spécifique peut être de 300 à $800 \text{ m}^2/\text{g}$ [18].

I.11. La perlite :

La perlite est une roche volcanique siliceuse, contenant des molécules d'eau. Elle est broyée et expansée thermiquement aux alentours de $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ puis elle est chauffée à très haute température dans un four. L'eau s'évapore et les granulés minéraux enflent sous l'action des molécules d'eau qui se transforment en vapeur. Ce traitement thermique provoque une expansion qui donne des billes vitrifiées 4 à 20 fois plus grosses que leur volume initial [19].

Les grains blancs de perlite expansée, lors de leur fabrication, deviennent alors très légers et stables dans le temps. En raison de ses caractéristiques d'isolation et de son poids léger, la perlite expansée est utilisée pour l'isolation des toitures-terrasses ou des combles perdus. Elle est aussi largement utilisée en vrac comme isolant dans la construction en maçonnerie [20.21]. Le principal inconvénient de la perlite, utilisée seule, c'est qu'elle est hydrophile, c'est à dire qu'elle absorbe l'humidité. Sa capacité d'absorption d'eau est de 4 à 5 fois son poids. Du fait de sa composition, la perlite possède des propriétés très intéressantes vis-à-vis de la résistance au feu. La présence de silice en grande quantité dans le matériau lui confère une température de fusion élevée et une conductivité thermique faible. La perlite peut être utilisée dans l'isolation des installations et des constructions [22]. Enfin, la perlite entre dans la composition de produits du quotidien tels que les dentifrices. En effet, ce minéral naturel d'origine volcanique est utilisé par les dentistes dans les techniques de blanchiment des dents et également par les fabricants de dentifrice. Réduit en poudre, elle est utilisée pour polir les dents.

Tableau (I.2) : Composition chimique de la perlite.

Constituants	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO ₂
Pourcentage(%)	72.81	13.68	3.64	2.38	0.97	2.16	0.05	0.2

Tableau (I.3) : Propriétés physique de la perlite.

Couleur et odeur	Blanche – inodore
pH=	7
Point de fusion	1573,15 K
Densité	0.3 g/cm ³
Surface spécifique	5.3 m ² /g

La première identification de la perlite en tant que verre volcanique particulier semble remonter à l'antiquité, peut-être dès le troisième siècle avant identification de la perlite en tant que verre volcanique [23]. D'autres auteurs situent les premières descriptions de la roche et de ses propriétés au XVIIIe et au XIXe siècle, mais ce n'est que depuis 1940-1950 environ qu'est née une véritable industrie de la perlite obtenue par expansion thermique rapide de cette roche. Sous sa forme naturelle, la perlite est une roche volcanique acide, vitreuse et hydratée, de couleur gris clair, verdâtre ou noirâtre, dont la composition chimique est celle d'une rhyolite (plus de 72% SiO₂). Fréquemment, la roche présente un aspect lustré, avec un débit caractéristique en perles à structure concentrique en pelures d'oignons mais elle peut également se présenter sous d'autres textures. Elle se distingue des autres verres naturels par une teneur en eau chimique de constitution de 2 à 5 % dans la structure vitreuse.

Mais le terme perlite désigne également le granulat léger à structure cellulaire obtenu par expansion thermique rapide de cette roche, après qu'elle ait été broyée.

I.11.1. Minéralogique de la perlite :

Les différentes variétés de perlites se sont formées d'un même magma acide, fortement différencié, de nature essentiellement rhyolitique, plus rarement rhyodacitique [24]. En ce qui concerne la texture des perlites, on admet qu'elle correspond au stade final du processus de formation, au moment où le magma s'est solidifié en roche. La composition chimique des

différentes variétés de perlites est déterminée par les processus de différenciation ayant eu lieu dans le magma au cours de son ascension, tandis que leur composition minéralogique est conditionnée par la vitesse ascensionnelle du magma, les paramètres thermiques et les conditions de solidification de la roche [25].

L'analyse par diffraction aux rayons X de la perlite, présente une structure cristalline qui se compose de nombreux pics et une bosse indiquant l'arrangement irrégulier et non-répétitif des atomes qui présentent la nature amorphe du matériau.

I.11.2. La production de la perlite en Algérie :

La perlite est une roche volcanique siliceuse [26]. La roche est d'abord concassée et calibrée par granulométrie. En apparence, extraite du gisement de Hammam Boughrara situé à Tlemcen, Algérie. L'expansion industrielle de la perlite est réalisée dans des fours spéciaux, fixes ou rotatifs. Sous l'effet de la chaleur, les grains de perlite s'expansées : une multitude de cellules fermées se constituent à l'intérieur des grains[27]. La perlite est utilisée sous forme d'une poudre tamisée à 80 μm . La perlite existe dans les roches volcaniques et sédimentaires au Nord-Ouest algérien, exactement dans la localité de Hammam Boughrara, près de Maghnia.

Conclusion

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

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] T.Daoud , "Bio sorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte «La Streptomyces Rimosus » ", Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue hassan badi, el-harrach -Alger, juin, 2007.
- [2] A.Gouder, W.Nekkaa et M.Gouadjlia, "Adsorption d'un colorant noir ériochrome t sur un semi-conducteur oxyde de zinc", Mémoire de master en génie chimique, univ larbi ben m'hidi, faculté des sciences et sciences appliquees, oum el bouaghi, Algérie 2015-2016, P 03.
- [3] S.Tebessi, "étude cinétique et thermodynamique de l'adsorption d'un colorant organique sur le charbon actif", mémoire de master en chimie de matériaux, univ larbi ben m'hidi, faculté des sciences exacte et S.N.V de Oum Bouaghi, Algérie, 2011, P 16.
- [4] N.Lamri, " Elimination du colorant orange il en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption", Mémoire de magistère en chimie, univ Mentouri, faculté des sciences exactes, département de chimie, Constantine, Algérie, 2010, P 23.
- [5] B.Gouarir," Élimination d'un colorant par adsorption sur support solide et par procédés photochimique, en milieu aqueux", mémoire de magistère, univ constantine1, faculté des sciences exactes, département de chimie, Algérie, P 24.
- [6] R.Kanouri.A. Labide , "Adsorption du phénol sur la bentonite" de Maghnia, Mémoire master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2012/2013.
- [7] Degremont, Memoto Technique de l'eau Lavoisier et documentation. Degermot suiez : 1989.
- [8] C.Chittour, " Physicochimie des surfaces : L'adsorption gaz-solide et liquide solide.2°", Edition : Office des publications universitaires, 2004, p 415.
- [9] T. Sato, R.Ruch ; «Stabilization of Colloidal Dispersions by Polymer Adsorption »; Marcel Dekker ; Surfactant Science Series. New York ; 1980 ; Volume 32 ; Chapitre I.
- [10]G. Mahuzier, M.Hamon, P.Prognon, D.Ferrier ; Chimie Analytique : Tome 2 : « Méthodes de séparation »; Elsevier/Masson ; 3éme édition ; 1999.
- [11]Lourghi L, "Adsorption du furfural issue des rejets liquides de la raffinerie d'Arzew par charbon actif en poudre", Mémoire de magister, 2014.
- [12]LCAGC, Algérien Journal of Environmental Science and Technology, Vol.2.No2, Tizi-Ouzou, Algérie, 2016, P 45.

Références bibliographiques

- [13] M. belmouden, "contribution a l'étude de l'adsorption de deux familles de polluants organiques sur charbons actifs et sols", Thèse de Doctorat, Faculté des sciences d'Algadir, Maroc, 2000, P37.
- [14] S. Khemaissia et al, "Traitement des effluents uranifères par procédé d'adsorption sur le matériau zéolithe KLTL: Etude cinétique, thermodynamique et isotherme d'adsorption", Algerian Journal of Environmental Science and Technology, Avril édition, Vol.3.No1, 2017, P 21.
- [15] Ak.Ouakouakak, L.Youcef, "adsorption des ions Cu^{2+} sur un charbon actif en poudre et une bentonite sodique", Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°27, Sept 2016, P 53.
- [16] CHITOUR C. Physico-chimie des surfaces « l'adsorption gaz-solide et liquide solide », Tomes 2, office des publications Universitaires, Edition n°4556,09/2013.
- [17] N.Bouziane, "Elimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre", Mémoire de magister, univ mentouri, Faculté des sciences exactes, Département de chimie, de Constantine, 2007.
- [18] L-M.Sun, F.Meunier, "technique de l'ingénieur", J2730, Adsorption-Aspecte théorique.
- [19] S.Chandra.,L. Berntsson, "Lightweight Aggregate Concrete", Noyer publication/ William Andrew Publishing, NY,2002, P367.
- [20] C.ASTM, 330/330M, "Standard Spécification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete", ASTM, West Conshohocken,2009, P04.
- [21] C.ASTM, 332, "Standard Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete", ASTM, West Conshohocken,2009, P03.
- [22] ACI, "Guide to Thermal Properties of Concrete and Masonry Systems", ACI 122R-02, Detroit,2002, P21.
- [23] J.C.Langford, "identification de la perlite en tant que verre volcanique", Lerm, 2008 : «Au cœur du ciment », Direction Recherche & Innovation, Lerm (Arles) Laboratoire d'études et de recherches sur les matériaux, CBPC (N° 889, février-mars),1979.
- [24] F.Guenanou," Caractéristiques physico-mécaniques des mortiers contenant différents ajouts minéraux", exemple de la perlite, Mémoire de magistère, Université de sciences et de la technologie d'Oran MB, Algérie.
- [25] P.M.Thibaut, A.Coumoul," Mémento roches et minéraux industriels: la perlite", BRGM/RP-50469-FR, France, Universitaires, mars, 2003.
- [26] G. Habert et al," Effects of the secondary minerals of the natural pozzolana on their pozzolanic activity", Cement and Concrete Research, 963-975; 2008,P38.

- [27] S. Donatello et al, "Comparison of test methods to assess pozzolanic activity", *Cement & Concrete Composites*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/cemconcomp, 2010 P121–127.

CHAPITRE N°2
GÉNÉRALITÉS SUR LES
COLORANTS

II.1. Historique des colorants

Les colorants étaient connus et utilisés il ya plus de 4000 ans. Les Sumériens, Grecs, Romains, Egyptiens, Mayas, etc. les utilisaient abondamment, notamment comme teintures et produits cosmétiques. A cette époque on pouvait créer du rouge avec des terres jaunes en les calcinant. Quant aux procédés de teinturerie, souvent complexes, ils sont également extrêmement anciens. Dans certains cas, il suffit d'ajouter un peu de sel à la sève d'une plante pour en faire une teinture et déjà, c'est une modification chimique considérable que l'on impose à la matière première, une modification qui transforme même souvent sa couleur.

De principaux pigments naturels (colorants) sont extraits de plantes tinctoriales. La substance organique produisant la couleur est extraite de diverses parties constitutives de la plante : les feuilles (guède, chlorophylle (E140), anthocyanes (E163), les racines (garance) ou le tronc [1].

Parmi les plantes tinctoriales les plus connues furent :

- l'indigo tiré de l'indigotier pour la production du bleu indigo.
- la guède ou pastel des teinturiers pour la production du bleu pastel.
- la garance, pour la laque rouge de garance.
- le safran tiré du *Crocus sativus*. Loin devant le caviar et les truffes,

C'est le produit alimentaire le plus cher au monde puisqu'il se négocie couramment autour de 2 000 euros le kg. Il faut 160 000 fleurs pour faire un kilo de safran.

- la gaude pour la laque jaune de gaude (ou des verts en association avec le bleu de guède)

Les colorants pouvaient aussi être extraits d'organismes vivants :

- la cochenille/kermès pour des rouges carmins, écarlates ou cramoisis
- le murex pour le pourpre qui colore depuis des millénaires la robe des sénateurs ou des cardinaux à Rome.

A partir du XIX^e siècle, beaucoup de ces colorants ont été fabriqués de manière synthétique (l'alizarine remplace la garance, la mauvéine, aniline, fuchsine). Beaucoup sont aujourd'hui remplacés par des composés synthétiques, azoïques tirés de l'aniline.

Le pigment le plus connu est la mélanine, substance produite par les mélanocytes. On connaît deux types de mélanines :

- la mélanine- base ou eu mélanine est un polymère brun-noir
- la phéomélanine de couleur jaune-rouge, c'est un monomère présent dans les yeux et les phanères peaux, ongles et cheveux, elle donne les grains de beauté, le bronzage mais la dégénérescence de ces cellules donne le mélanome tumeur cancéreuse redoutable sous la forme du mélanome malin cutané (MMC).

Alors que le bronzage a pour rôle (outre de fournir de la vitamine D) de protéger les peaux claires des UVA/UVB du soleil.

L'absence congénitale de mélanine produit l'albinisme. Cette absence est due à une voire deux enzymes défailantes. La première sert à former de la tyrosine et la deuxième servant à transformer la tyrosine en mélanine. Cela signifie que si la première enzyme est défailante, la mélanine ne sera pas produite et par conséquent le sujet sera albinos.

Les pigments utilisés en peinture ont diverses origines : on peut les classer dans deux groupes chimiques (pigment minéral ou organique), divisés en deux sous-groupes (pigment naturel ou synthétique).

- Les pigments minéraux sont extraits de la roche naturelle (lapis-lazuli, ocre, terres) ou fabriqués synthétiquement à base d'oxydes métalliques (cobalt, cadmium). Leurs teintes sont proches de celles de la nature.
- Les pigments organiques proviennent de sources naturelles, animale (os, sépia) ou végétale (indigo, cinabre), ou constitués artificiellement de liaisons carbone (quinacridones, phtalocyanines, azoïques). Leurs teintes sont vives, colorantes et souvent translucides [2].

II.2. Introduction

L'homme a mis des couleurs dans sa vie dès les débuts de son aventure : peintures rupestres d'Altamira et de Lascaux, céramiques mésopotamiennes, vêtements des tombes égyptiennes, décors corporels des populations primitives, etc. Il a d'abord utilisé les pigments des « terres colorées », puis ceux des fibres végétales et animales.

L'industrie des colorants constitue aujourd'hui un domaine capital de la chimie. Les colorants sont employés pour l'impression et la teinture des fibres textiles, des papiers, des cuirs, des fourrures, des bois, des matières plastiques et des élastomères. Ils servent aussi à préparer des peintures, des encres d'imprimerie, des vernis et, comme additifs, à colorer des produits alimentaires et pharmaceutiques. Ils sont utilisés dans l'industrie des cosmétiques, la coloration des

métaux (aluminium anodisé), la photographie (sensibilisateurs), la biologie (coloration des préparations microscopiques), les indicateurs colorés, et certains d'entre eux sont employés en thérapeutique (antiseptiques, anti malariques, etc.) [3].

II.3. Les colorants :

Un colorant est défini comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur, appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation, les auxochromes. 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 chromophores. La molécule colorante est un chromogène. Plus le groupement chromophore donne facilement un électron, plus la couleur est intense [4].

Donne les groupements chromophores classés par intensité décroissante. D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore, ils sont appelés les groupements auxochromes.

Les chromophores sont des systèmes à liaisons conjuguées ou des complexes de métaux de transition. Les colorants diffèrent les uns des autres par des combinaisons d'orbitales moléculaires. La coloration correspond aux transitions possibles après absorption du rayonnement lumineux entre ces niveaux d'énergie propres à chaque molécule.

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 prolongé la durée de vie des produits textiles sur lesquels ils sont appliqués: résistance à l'abrasion, stabilité photo lytique des couleurs, résistance à l'oxydation chimique (notamment les détergents) et aux attaques microbiennes. L'affinité du colorant pour la fibre est particulièrement développée pour les colorants qui possèdent un caractère acide ou basique accentué. Ces caractéristiques propres aux colorants organiques accroissent leur persistance dans l'environnement et les rendent peu disposés à la biodégradation [4].

II.4. Classification des colorants :

Les colorants synthétiques sont classés selon leur structure chimique et leur méthode d'application aux différents substrats (textiles, papier, cuir, matières plastiques, etc.) le tableau suivant résume les principaux groupements.

Tableau (II.1) : principaux groupements chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante.

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
Azo (-N=N-)	Amine primaire (-NH ₂)
Nitroso (-N=O)	Amine secondaire (-NHR)
Carbonyl (=C=O)	Amine tertiaire (-NR ₂)
Vinyl (-CH=CH-)	Hydroxyl (-OH)
Nitro (-NO ₂)	Alkoxy (-OR)
Sulphure (>C=S)	Donneurs d'électrons (-Cl)

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 photolytique des couleurs, résistance à l'oxydation chimique (notamment les détergents) et aux attaques microbiennes.

L'affinité du colorant pour la fibre est particulièrement développée pour les colorants qui possèdent un caractère acide ou basique accentué. Ces caractéristiques propres aux colorants organiques accroissent leur persistance dans l'environnement et les rendent peu disposés à la biodégradation [5].

II.4.1. Classification chimique:

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature de groupement chromophore.

II.4.1.1. Les colorants azoïques :

Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-) reliant deux noyaux benzéniques.

Cette catégorie de colorants est actuellement la plus répandue sur le plan de l'application, puisqu'ils représentent plus 50% de la production mondiale de matières colorants.

Les colorants azoïques se répartissent en plusieurs catégories: les colorants basiques, acides, directs et réactifs solubles dans l'eau. Il est estimé que 10-15 % des quantités initiales sont perdues durant les procédures de teinture et sont évacués sans traitement préalable dans les effluents. Ces composés organiques sont cancérigènes et réfractaires aux procédés de traitements habituellement mis en œuvre et sont très résistants à la biodégradation [6].

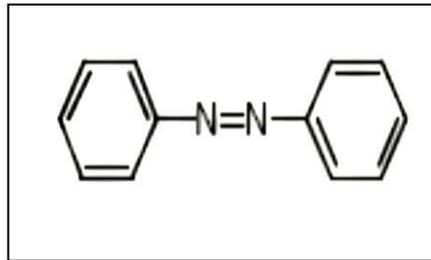
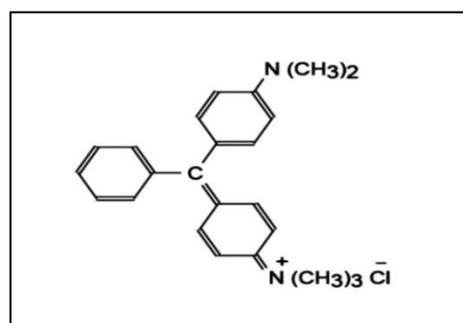


Figure (II.1): la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-).

II.4.1.2. Les colorants triphénylméthanés :

Les colorants triphénylméthanés et leurs dérivés hétérocycliques constituent la plus ancienne classe de colorants synthétiques. Actuellement bien moins importants que les colorants azoïques et anthraquinoniques, ils ont conservé une certaine valeur commerciale, car ils permettent de couvrir la totalité de la gamme de nuances. La coloration intense des triphénylméthanés provient du large système conjugué de l'ion cationique. Le carbocation central est en conjugaison avec les trois noyaux benzéniques, par lesquels la charge positive est fortement délocalisée [7].

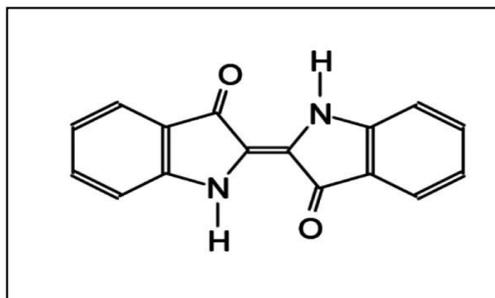


Figure(II.2) : Structure du colorant triphénylméthane.

II.4.1.3. 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 [8].

Le plus important des colorants indigoïdes est l'indigo lui-même, qui a la structure suivante :



Figure(II.3) : structure de l'indigo 2-(1,3-dihydro-3-oxo-2H-indole-2-ylidène)-1,2-dihydro-3H-indole-3-one (nom IUPAC).

II.4.1.4. Les colorants xanthines :

Ils sont dotés d'une intense fluorescence. Le composé le plus connu est la fluorescéine. Peu utilisés en tant que teinture, leur faculté de marqueurs lors d'accident maritime ou de traceurs d'écoulement Pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie [9].

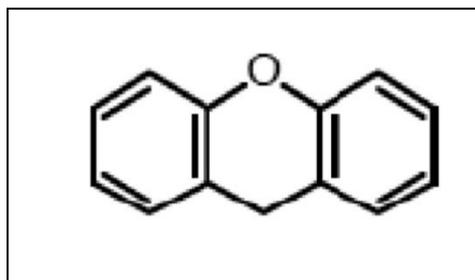


Figure (II.4) : Structure moléculaire d'une colorante xanthine.

II.4.1.5. Les colorants anthraquinoniques :

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

constituent en effet la classe de colorants présentant la plupart du temps les meilleures stabilités à la lumière et aux agents chimiques [9].

La molécule de base de ce groupe de colorants est l'antraquinone qui présente le groupe chromophore carbonyle ($>C=O$) sur un noyau quiconque, qui est le chromogène.

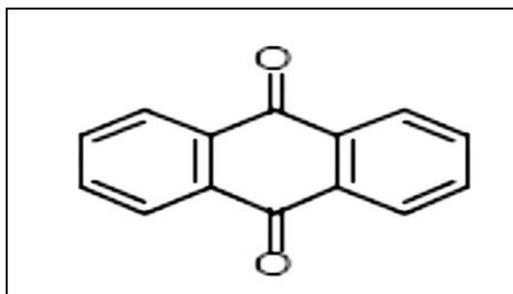
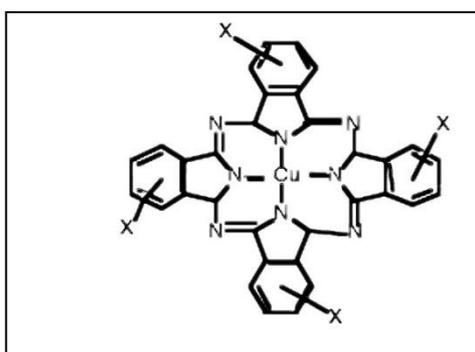


Figure (II.5): La molécule antraquinone (9,10- dihydro -9,10- dioxoanthracène, dérivé de l'anthracène).

II.4.1.6. Les phtalocyanines :

Ont une structure complexe basée sur l'atome central de cuivre. Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.). Parmi les phtalocyanines, le colorant le plus utilisé est la phtalocyanine de cuivre, qui est le plus stable[10].

Les applications les plus importantes concernent le domaine des pigments.

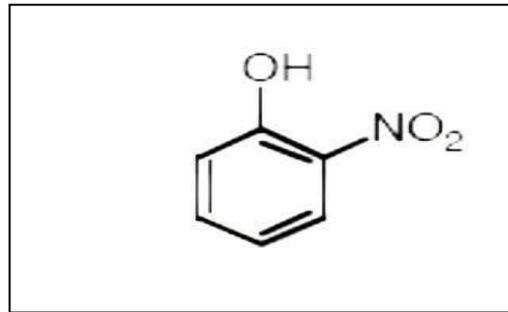


Figure(II.6) : Structure de phtalocyanine.

II.4.1.7. Les colorants nitrés et nitrosés :

Ils forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés, du fait de leur prix très modéré lié à la simplicité de leur structure

moléculaire caractérisée par la présence d'un groupe nitro (-NO₂) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés) [11].



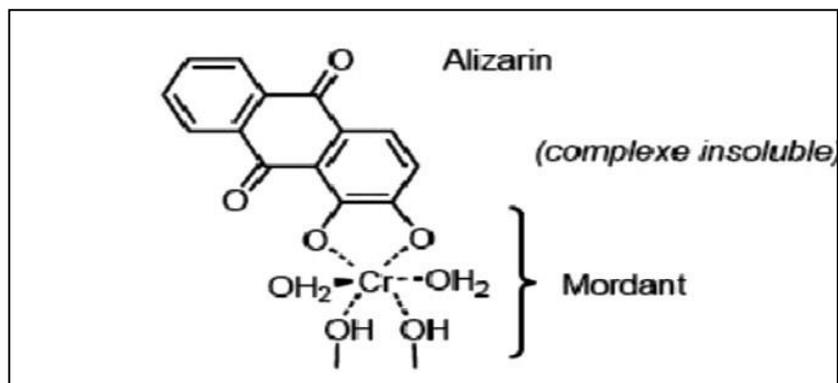
Figure(II.7): groupe nitro (-NO₂) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés).

II.4.2. Classification tinctoriale:

Cette classification permet aux utilisateurs professionnels, tels les teinturiers, de bien connaître le colorant en question. Il est clair que des informations comme la solubilité dans le bain de teinture, l'affinité vis-à-vis la fibre choisie et la nature de la fixation sont requises pour ce genre d'industrie. Les différentes classes tinctoriales de ces colorants se définie de part leurs auxochromes, et sont, essentiellement, comme suit:

II.4.2.1. Les colorants à mordants :

Des colorants solubles qui nécessitent un traitement de mordantage pour pouvoir être fixés sur les fibres textiles par l'intermédiaire d'oxydes de certains métaux (Al, Fe, Co et Cr). Cependant, le chrome est le métal le plus utilisé et pour ce, on les appelle «colorants chromatables». Ci-dessus est représenté un colorant à mordant qu'est l'alizarine et le complexe insoluble formé avec les fibres du tissu [12.]

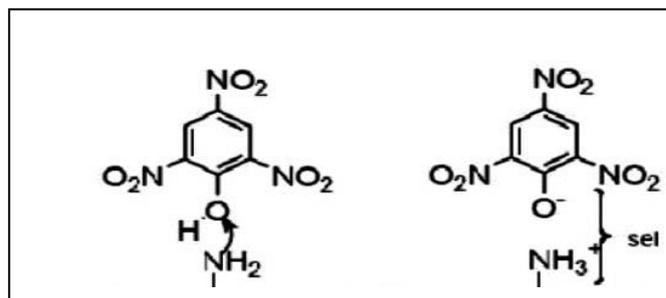


Figure(II.8) : Comportement du colorant à mordant en présence du textile.

II.4.2.2. Les colorants directs (ou substantifs) :

Des colorants solubles dans l'eau présentant une grande affinité pour les fibres cellulosiques. Ces colorants contiennent ou sont capables de former des charges positives ou négatives qui sont électro statiquement attirées par les charges des fibres.

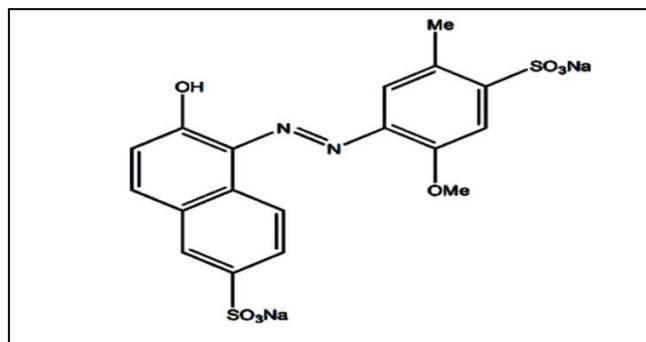
Leur affinité est due aussi à leur forme linéaire et à la coplanarité des noyaux aromatiques. Ainsi le rouge Congo par exemple est capable de teindre directement le coton sans la participation d'aucun mordant. En outre, ces colorants permettent d'obtenir une grande variété de coloris et sont d'une application facile [13].



Figure(II.9) : structure d'un colorant substantif.

II.4.2.3. Les colorants dispersés :

Des colorants très peu solubles dans l'eau ils sont appliqués sous forme d'une fine poudre dispersée dans le bain de teinture. Ces derniers sont en mesure, lors d'une teinture à haute température, de diffuser dans les fibres synthétiques puis de s'y fixer[14].



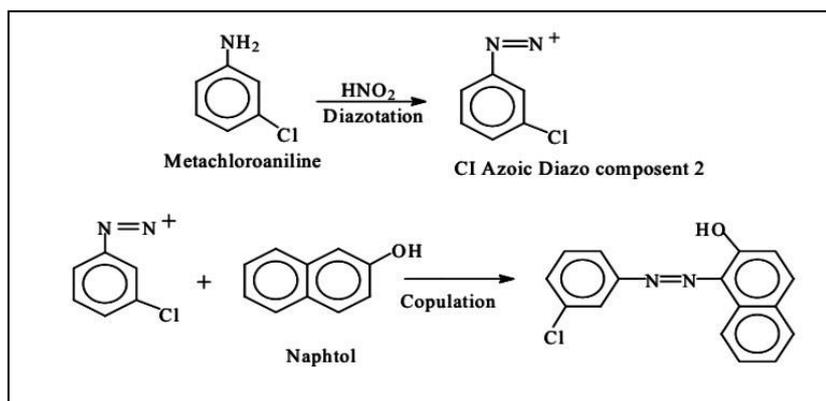
Figure(II.10) : structure d'un colorant dispersé.

II.4.2.4. Les colorants azoïques insolubles ou développés :

Des colorants générés à partir de réactions de diazotations-copulations. Ils permettent d'obtenir, sur les fibres cellulosiques des nuances vives et résistantes. Au cours d'une première étape, le support textile est imprégné d'une solution de naphthol (copulant). Les précurseurs de la molécule suffisamment petits pour diffuser dans les pores et les fibres sont ensuite traités avec une solution de sel de diazonium qui, par réaction de copulation entraîne le développement immédiat du colorant azoïque [15].

En effet, cette gamme de colorants est insoluble dans l'eau. Elle est très utilisée dans la coloration des peintures et des matières plastiques. Cependant, elle ne présente aucune affinité pour les fibres textiles.

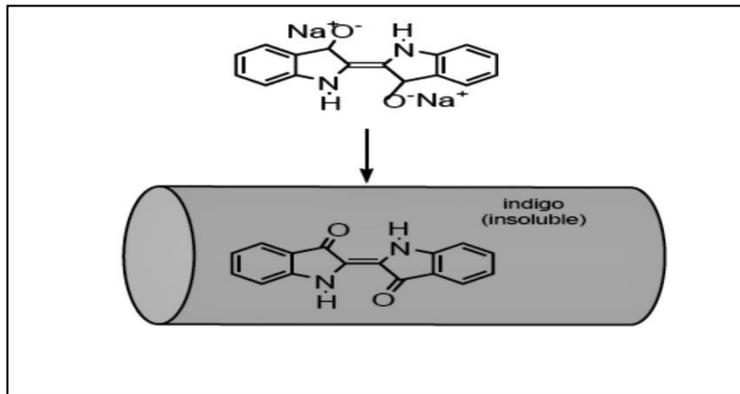
Pour ce, les pigments nécessitent un liant pour pouvoir être fixés à la surface des fibres comme cité ci-dessus.



Figure(II.11) : réaction de copulation entraîne le développement immédiat du colorant azoïque.

II.4.2.5. Les colorants de cuve :

Des colorants insolubles qui doivent être transformés en leuco dérivés par réduction alcaline. La teinture se termine par la ré oxydation in situ du colorant sous sa forme insoluble initiale. Cette classe de colorants est réputée pour sa bonne résistance aux agents de dégradation [15].

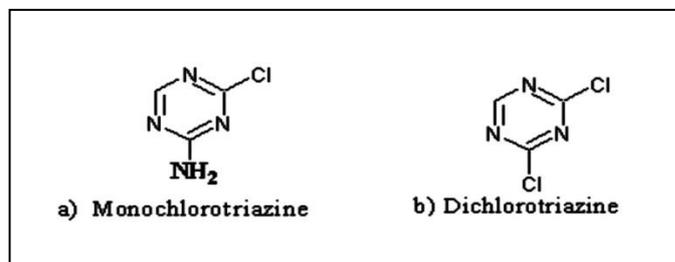


Figure(II.12) : transformation d'un colorant insoluble par réduction alcaline.

II.4.2.6. Les colorants réactifs :

Des colorants qui contiennent des groupes chromophores issus essentiellement des familles azoïques, anthraquinoniques et phtalocyanines.

Leur appellation est liée à la présence d'une fonction chimique réactive, de type triazinique ou vinylsulfone assurant la formation d'une liaison covalente forte avec les fibres. Solubles dans l'eau, ils entrent dans la teinture du coton et éventuellement dans celle de la laine et des polyamides.

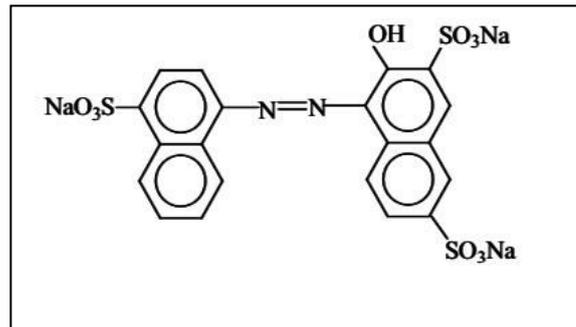


Figure(II.13) : structure d'un colorant réactif.

II.4.2.7. Les colorants acides ou anioniques :

Des colorants solubles dans l'eau grâce à leurs groupements sulfonates ou carboxylates, 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.

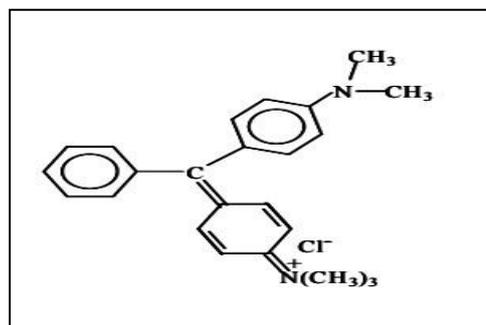
L'affinité colorant-fibre est le résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupements «amino» des fibres textiles.



Figure(II.14) : Exemple d'un colorant acides ou anioniques.

II.4.2.8. Les colorants basiques ou cationiques :

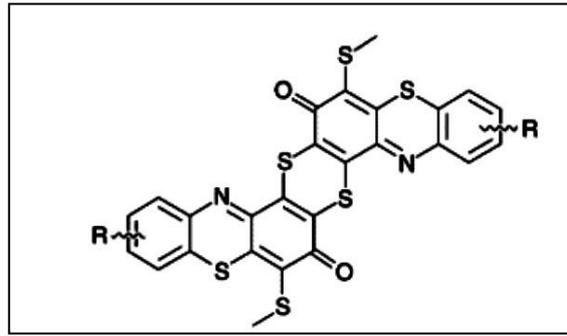
Des colorants essentiellement constitués de sels d'amines organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Les liaisons se font entre les sites cationiques des colorants et les sites anioniques des fibres. Cependant ils résistent mal à l'action de la lumière, et, de ce fait, ils ne peuvent être utilisés pour la teinture des fibres naturelles. En phase de disparaître de la teinture de la laine et de la soie, ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistantes [16].



Figure(II.15) : Exemple d'un colorant basique ou cationique.

II.4.2.9. Les colorants au soufre :

Ces colorants sont obtenus par fusion de dérivés aminés ou de phénols en présence de soufre ou de sulfures. Ils sont insolubles dans l'eau. Leur utilisation en teinture n'est rendue possible qu'en les réduisant en leuco-dérivés présentant de l'affinité pour les fibres.



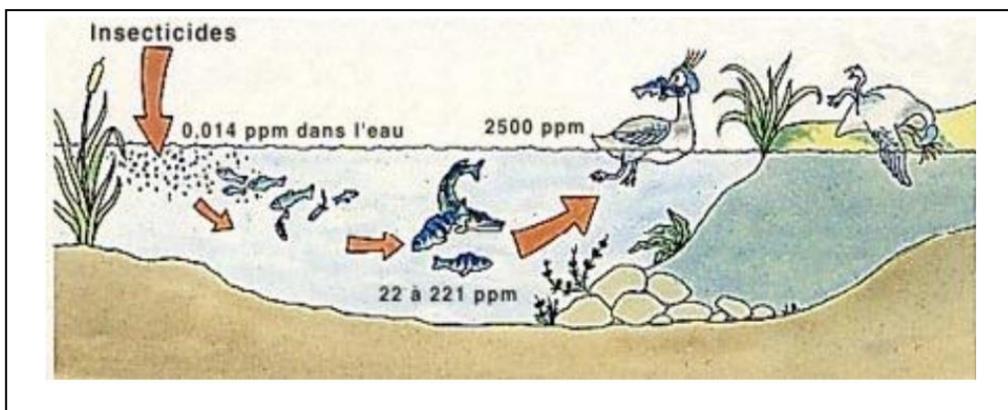
Figure(II.16) : Structure de soufre.

II.5. Les colorants et leurs impacts environnementaux :

Beaucoup de colorants sont visibles dans l'eau même à de très faibles concentrations ($< 1 \text{ mg L}^{-1}$). Ainsi, ils contribuent aux problèmes de pollution liés à la génération d'une quantité considérable d'eau usée contenant des colorants résiduels. Le rejet de ces eaux résiduelles dans l'écosystème est une source dramatique de pollution, d'eutrophisation et de perturbation non esthétique dans la vie aquatique et par conséquent présente un danger potentiel de bioaccumulation qui peut affecter l'homme par transport à travers la chaîne alimentaire [17].

II.5.1. Bio- Accumulation

Si un organisme ne dispose pas de mécanismes spécifiques, soit pour empêcher la résorption d'une substance, soit pour l'éliminer une fois qu'elle est absorbée, alors cette substance s'accumule. Les espèces qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire, y compris l'homme, se retrouvent exposées à des teneurs en substances toxiques pouvant aller jusqu'à cent mille fois plus élevées que les concentrations initiales dans l'eau (illustration du phénomène de bioaccumulation de pesticides Figure II.17).



Figure(II.17) : Conséquences de la bio accumulation après déversement de substances toxiques (insecticides) dans un cours d'eau.

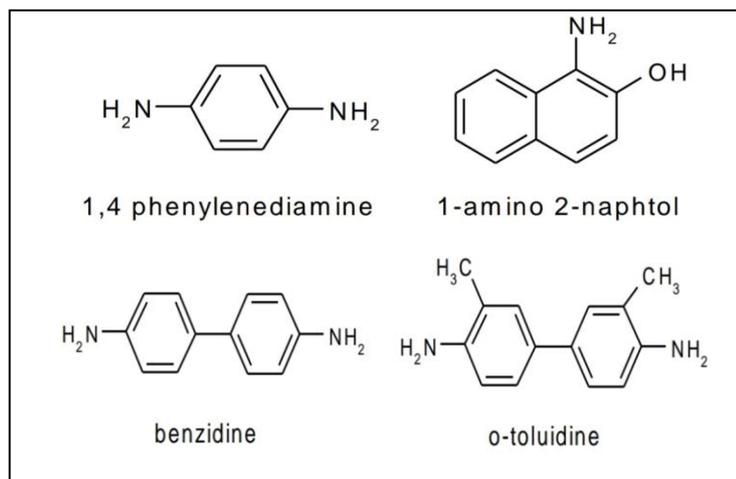
II.5.2. Toxicité des colorants :

La toxicité des différents types de colorants (mortalité, effet mutagénique et cancérigène) a été étudiée par plusieurs travaux de recherche aussi bien sur des organismes aquatiques (poisson, algue, bactéries, etc.) que sur les mammifères. En outre, des recherches ont été effectuées pour étudier l'effet des colorants sur l'activité des bactéries aérobies et anaérobies dans des systèmes de traitement des eaux résiduaires [18].

Des études faites sur divers colorants commerciaux ont démontré que les colorants basiques sont les plus toxiques pour les algues. Ce résultat a été prouvé par le test de mortalité des poissons effectués sur 3000 colorants commerciaux où il s'est avéré que les colorants basiques, et plus particulièrement ceux de la famille de triphénylméthane sont les plus toxiques. Par ailleurs, les poissons semblent être relativement sensibles aux colorants acides.

D'autre part, la mortalité examinée avec des rats a montré que seulement 1% sur 4461 colorants commerciaux présentent des valeurs de DL50 au dessous du poids corporel de 250 mg kg⁻¹. Par conséquent, la chance de la mortalité humaine due à la toxicité aiguë de colorant est probablement très basse. Cependant, il faut sensibiliser l'être humain quant à l'utilisation de certains colorants. En effet, il a été prouvé que quelques colorants dispersés peuvent causer des réactions allergiques, dermatologiques, etc. Par ailleurs, l'effet d'exposition des ouvriers dans l'industrie de textile aux colorants a suscité l'attention. Par conséquent, il s'est avéré que l'augmentation du nombre de cancers de la vessie observés chez des ouvriers de l'industrie textile, est reliée à leur exposition prolongée aux colorants azoïques.

La plupart des colorants azoïques ne sont pas initialement toxiques, excepté ceux à groupement amine libre. Cependant, la réduction de ces colorants (rupture de la liaison azoïque) génère la formation des amines aromatiques qui sont connues mutagéniques et cancérigènes. A titre d'exemple. On peut citer : 1,4-phenylenediamine, 1-amino 2-naphtol, benzidine et benzidine substitués comme o-toluidine.



Figure(II.18) : structures chimiques de quelques amines aromatiques toxiques.

En revanche, la toxicité des amines aromatiques est fortement liée à la structure spatiale de la molécule ou, en d'autres termes, à la position des groupes aminés. Par exemple, le 2-naphtylamine est cancérigène, par contre le 1-naphtylamine est beaucoup moins toxique que le premier. La toxicité des colorants azoïques dépend ainsi de la nature et de la position des substituants. Elle est accrue par la présence de substituants sur le noyau aromatique notamment des groupes nitro (-NO₂) et halogènes (particulièrement Cl). Cependant, la substitution avec des groupes carboxyliques ou sulfonates diminue la toxicité.

Des travaux de recherche faisant objet l'étude de l'effet mutagénique et cancérigène des amines aromatiques sulfonées, ont montré qu'ils ne présentent aucun ou un très faible effet génotoxique et cancérigène, contrairement à leurs analogues non sulfonés.

En raison des effets mentionnés ci-dessus, il est clair que les colorants, essentiellement les azoïques, ne devraient pas envahir notre environnement. Par conséquent, il est nécessaire de traiter les eaux résiduaires chargées de colorants jusqu'à leur minéralisation totale [18].

II.7. Choix de molécule organique étudié :

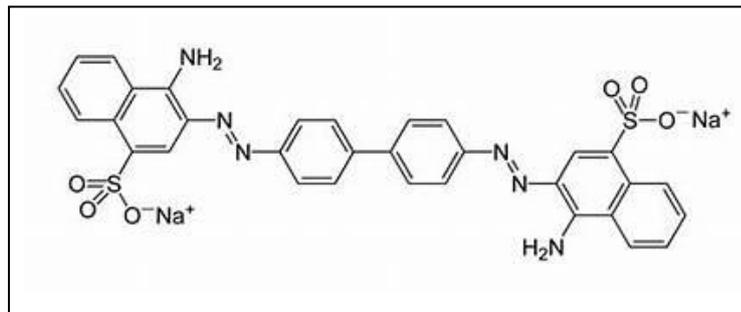
Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à l'étude du colorant Rouge de Congo représenté dans la figure. [19]

Le Rouge de Congo a été découvert en 1884 par un chimiste allemand BOTTIGER.



Figure(II.19) : Rouge Congo en poudre.

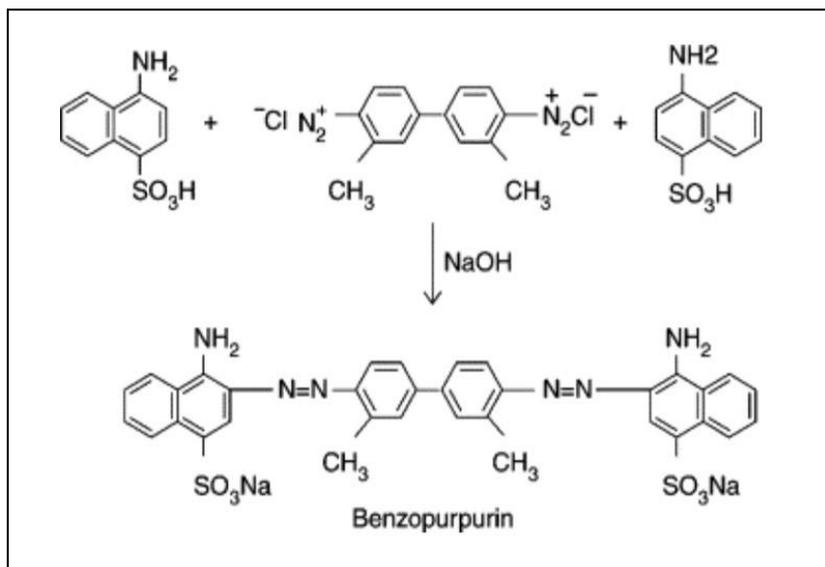
Le Rouge Congo est une molécule diazoïque, c'est-à-dire qui possède deux fois la structure de l'azobenzène. Le rouge Congo est à la fois un colorant organique – qui n'est plus beaucoup utilisé, en raison de sa toxicité – et un indicateur de pH. Il est aussi utilisé comme colorant histologique pour le diagnostic de certitude de l'amyloïdes hépatique. Il est utilisé couramment en microscopie mycologique.



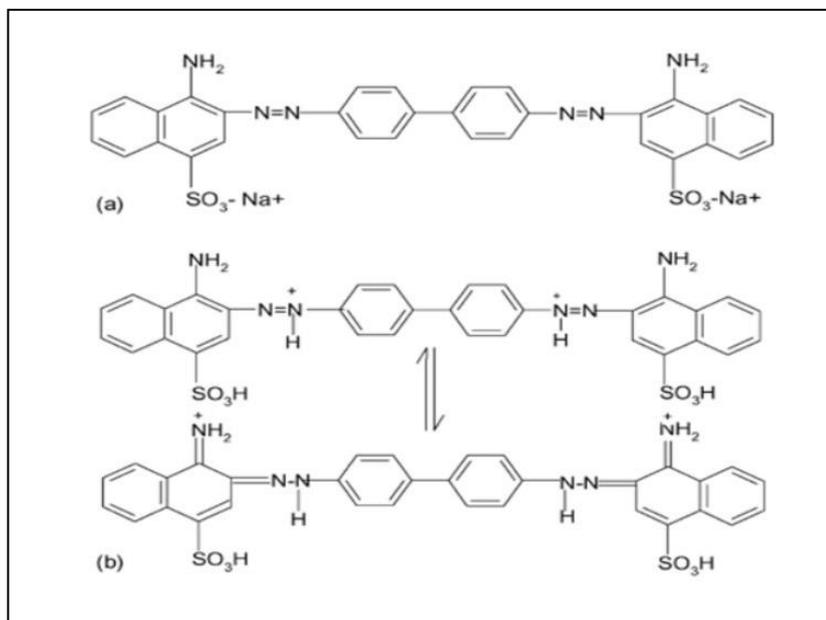
Figure(II.20) : structure de colorant rouge de Congo.

- **Production :**

La tétra-azotation de la benzidine et la copulation avec l'acide naphthionique conduisent au rouge congo.



Figure(II.21): production de rouge Congo.



Figure(II.22): structure de colorant rouge Congo (a) $\text{pH} > 5.5$, $\text{pH} < 5.5$.

Tableau(II.3) : propriétés physico-chimiques de colorant étudié[19].

Rouge Congo	Propriétés
Classification chimique	Colorant nitré et nitrosé
Classification selon le domaine d'application	Colorant direct
Nom IUPAC	Acide benzidinediazo-bis-1-naphtylamine-4-sulfonique
Formule brute	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$
Forme physique	Poudre rouge
Solubilité	25 g.l ⁻¹ dans l'eau à 20°C Très soluble dans l'alcool, insoluble dans éther
T° fusion	>360 °C
Masse molaire	696,663 ±0,04 g/mol
λ max	497nm, 488nm
Couleurs du rouge Congo	Bleu (3.0) à rouge (5.0)
pKa	4.1
Toxicité	Toxique par contact avec la peau, par ingestion et mortel à dose élevée

Conclusion

Au cours de ce chapitre, il nous a été possible de définir les colorants comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur, appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation, les auxochromes. Nous avons présenté aussi les classifications des colorants, parmi ces colorants en trouve le rouge Congo.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] <https://www.universalis.fr/encyclopedie/colorants/2-donnees-economiques>.
- [2] H. Zollinger, Color chemistry, Synthèses, properties and applications of organic dyes and pigments. VCH, 1987.
- [3] H. Ben Mansour et al, "Les colorants textiles sources de contamination de l'eau CRIBLAGE de la toxicité et des méthodes de traitement", juin 2021, P210-211.
- [4] I.Ayadi et al, Chemical Synonyms, "Molecular Structure and Toxicological Risk Assessment of Synthetic Textile Dyes: A Critical Review", Journal of Developing Drugs, , J Dev Drugs 2016, 5:1 ,P5.
- [5] A.bellem, "Elimination du vert phtalocyanine par adsorption sur le charbon actif " ,Mémoire de Master, Faculté de sciences et de la technologie , Département génie de l'environnement , univ Mohamed el Bachir el Ibrahim, de bordj Bou Arreridj,2018,P17.
- [6] U. Pagga, D. Brown, Chemosphere 15(4) (1986);P479-491.
- [7] W. Lüttke, M. Klessinger, Chem . Ber. 97 (1964) P2342.
- [8] Marcel Mazoyer, Larousse agricole, le monde agricole au XXème siècle, pars,2002.
- [9] A.Colin. Chimie organique. Tome 2 éditions paris. (1970).
- [10] M. Stolte, M. Vieth, ActaEndosc. 31 (2) (2001)125–130 .
- [11] W.karl, chimie organique,Edition Eyrolles,1981.
- [12] Bellir,2002, slejko et Dekkar,1985.
- [13] H.zollinger, color chemistry,synthesis, "properties and applications of organic dyes and pigments",2nd Ed, 1991.
- [14] F.P.Vandeseer, Anaerobic azo dye reduction, Wageningen University, Pays-Bas (2002).
- [15] S. HAMMAMI, "Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels", THÈSE, Univ El Manar Faculté des Sciences de Tunis, 2008, P9.
- [16] S.J.allen,G.Mckay,J.F ,poster,J,colloid interf,sci,2004,P 322.
- [17] Servais P. La matière organique dans les milieux naturels. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, octobre 1999, P 49.
- [18] Brown M.A., DeVito S.C., Predicting azo dye toxicity, Crit. Rev. Env. Sci. Tec. 23 (1993) P249-324.
- [19] S.saoud , "Etude cinétique de l'adsorption du rouge conGo sur le laitier traité thermiquement" Mémoire de fin d'étude, univ Mohamed El Bachir el Ibrahim, Faculté de la science et la technologie, Département de Génie de l'environnement, bordj Bou Arreridj , 2014,P34–36.

CHAPITRE N°3
RÉSULTATS ET
DISCUSSION

Introduction

La capacité d'absorption d'un matériaux dépend d'une part des propriétés physico-chimiques de l'adsorbant et d'autre part des caractéristiques du milieu réactionnel (adsorbat).

Le but de notre travail est d'éliminer le rouge Congo par adsorption sur la perlite commercial.

III.1. Préparation des solutions et méthode d'analyse :

Les solutions colorées de différentes concentrations utilisées dans notre étude ont été préparées par dilution à partir de la solution mère de concentration (0,01 g/l) dans de l'eau distillée. La méthode d'analyse utilisée (la spectrophotométrie) a permis de suivre la concentration du colorant étudié.

Les analyses ont été réalisées à l'aide d'un **spectrophotomètre type UV-1700 PHARMA SPEC (SHIMADZU)**.

Muni d'une cuve de 1cm de largeur et la longueur d'onde maximale $\lambda_{\max} = 498$ nm cette longueur d'onde est obtenue par balayage automatique entre 200 et 1000nm.

Les valeurs de la concentration ont été calculées par extrapolation sur la courbe d'étalonnage en utilisant l'équation de la droite suivante :

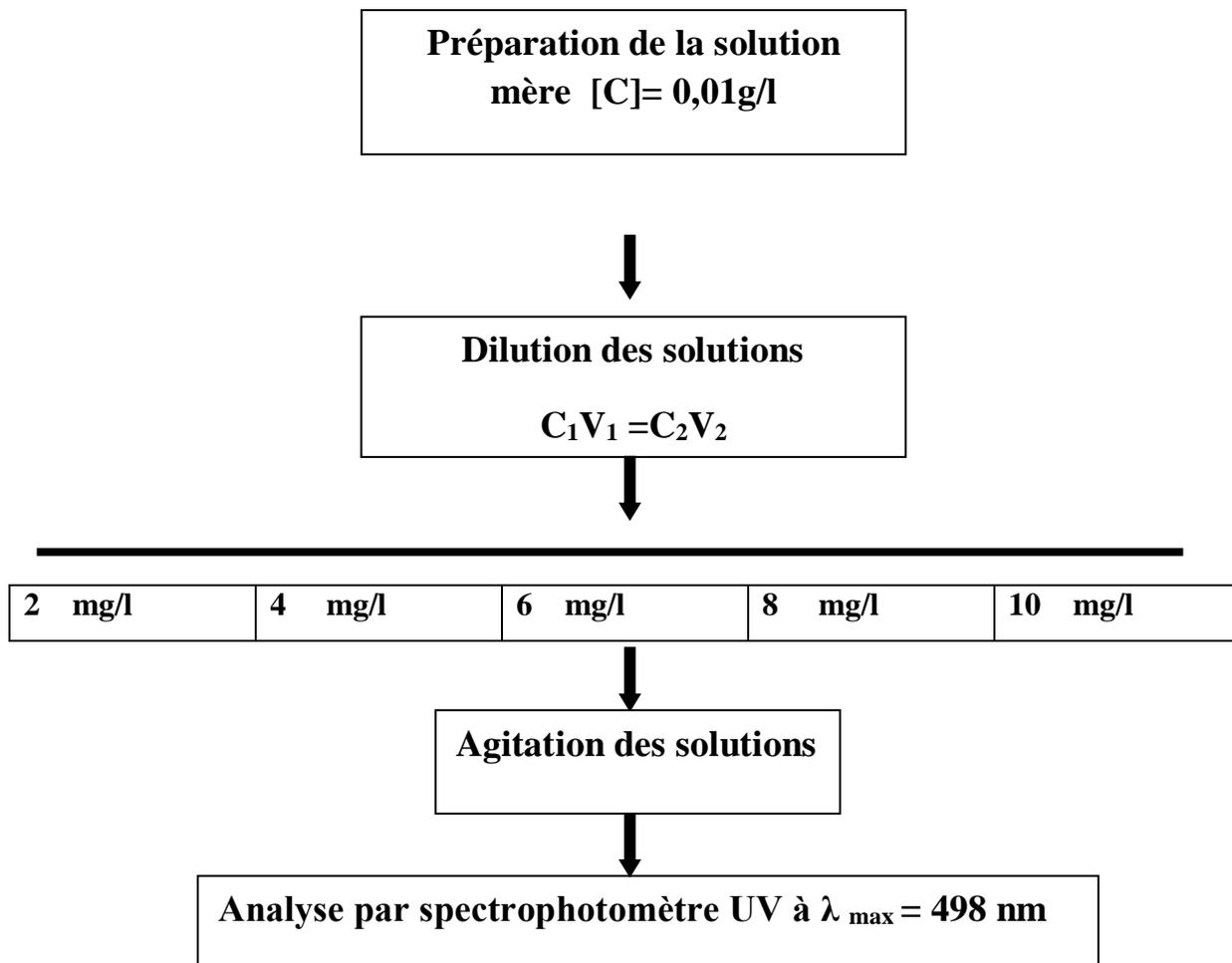
$$\text{Abs} = a [C] + b$$

Abs : absorbance

C : concentration massique du composé (colorant) (mg/l)

III.2. Détermination de la courbe d'étalonnage :

Les étapes suivies sont :



Figure(III.1) : Organigramme descriptif des différentes étapes de travail.

Nous avons établis la droite d'étalonnage qui représente l'absorbance à la longueur d'onde trouvée 498 nm en fonction de la concentration C en mg/l.

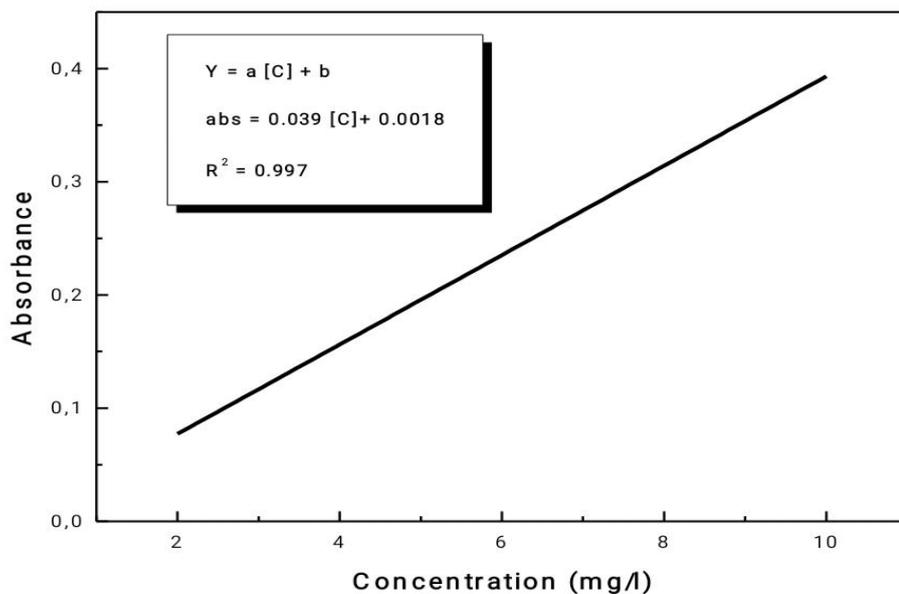


Figure (III.2) : Courbe d'étalonnage du Rouge Congo.

III.3. Effet du temps de contact du Rouge Congo avec la perlite :

La détermination du temps d'équilibre permettra de fixer le temps minimum nécessaire au contact de la perlite avec le Rouge Congo d'avoir l'abattement maximum par adsorption des polluants existants dans la solution. Les conditions fixées pour l'étude de ce paramètre sont: masse de la perlite $m = 0.5\text{g}$, volume de la solution $V = 25\text{ ml}$, vitesse d'agitation.

$V = 200\text{ tr/mn}$. La température ambiante moyenne est maintenue à 25°C .

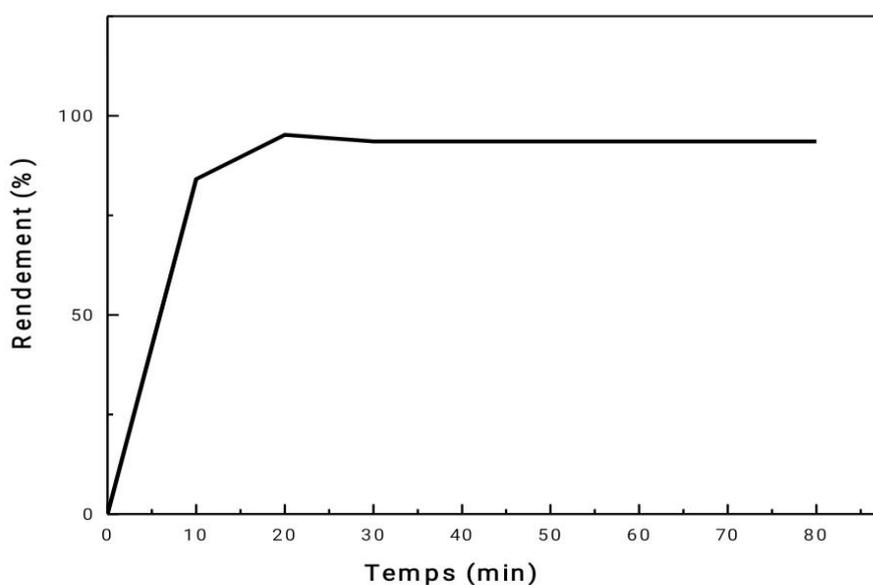


Figure (III.3) : Effet du temps de contact de Rouge Congo avec la perlite

L'analyse de cette courbe montre que la vitesse d'absorption du Rouge Congo sur la perlite évolue rapidement pendant les premières minutes de contact est atteint une valeur de 90%, puis se stabilise à l'approche de la saturation.

La cinétique d'absorption rapide, constatée au début du processus, peut être interprétée par le fait qu'au début de l'adsorption le nombre de sites actifs disponibles à la surface du matériau est important. Après un certain temps, le reste des sites vacants deviennent difficilement accessibles à cause de l'existence des forces de répulsion entre les molécules du colorant (Rouge Congo) adsorbée par la perlite et celles qui se trouvent en solution. Au -delà de 20 min de temps de séjour, on observe une stabilisation de la quantité adsorbée. Afin de s'assurer que l'équilibre est atteint et qu'il n'ya pas de désorption des molécules adsorbées, on a fixé la durée de contact solide- solution, pour le reste de nos expériences à 40 min.

III.4. Isotherme de l'adsorption :

Une isotherme d'adsorption **Figure (III.4)** Représente, pour des conditions de température et de concentrations données, la variation de la quantité du colorant adsorbée Q_e (milli gramme de composé par gramme d'adsorbant) en fonction de concentration à l'équilibre de ce polluant en phase liquide C_e . **La figure (III.4)** montre que l'isotherme d'adsorption est de type I dans la classification de Brunauer et al cela signifie une diminution des sites d'adsorption quand la concentration du polluant organique augmente. L'adsorption de Rouge Congo n'est pas linéaire, et semble être de type monomoléculaire, la perlite étant saturé lors du remplissage de la monocouche.

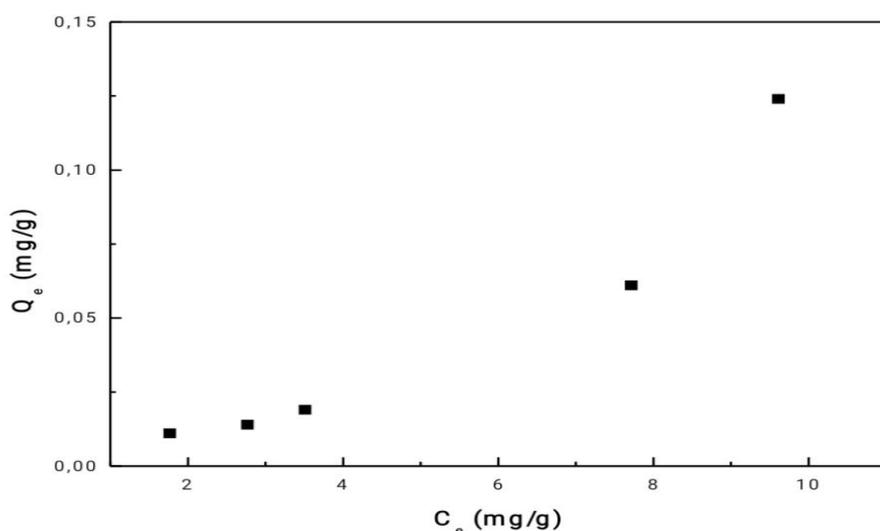


Figure (III.4) : Isotherme d'équilibre d'adsorption du Rouge Congo sur la perlite.

Il existe plusieurs modèles théoriques qui ont été développés pour décrire les isothermes d'adsorption. Cependant, on s'intéresse aux modèles à deux paramètres de Langmuir et de Freundlich.

III.4.1. Isotherme de Langmuir

L'isotherme de Langmuir s'applique pour l'adsorption en couche mono moléculaire, il est basé sur les hypothèses suivantes :

- Les molécules sont adsorbées sur des sites bien définis à la surface de l'adsorbant
- Tous les sites sont identiques
- Chaque site ne peut fixer qu'une molécule, donc l'adsorption s'effectue suivant une couche mono-moléculaire.

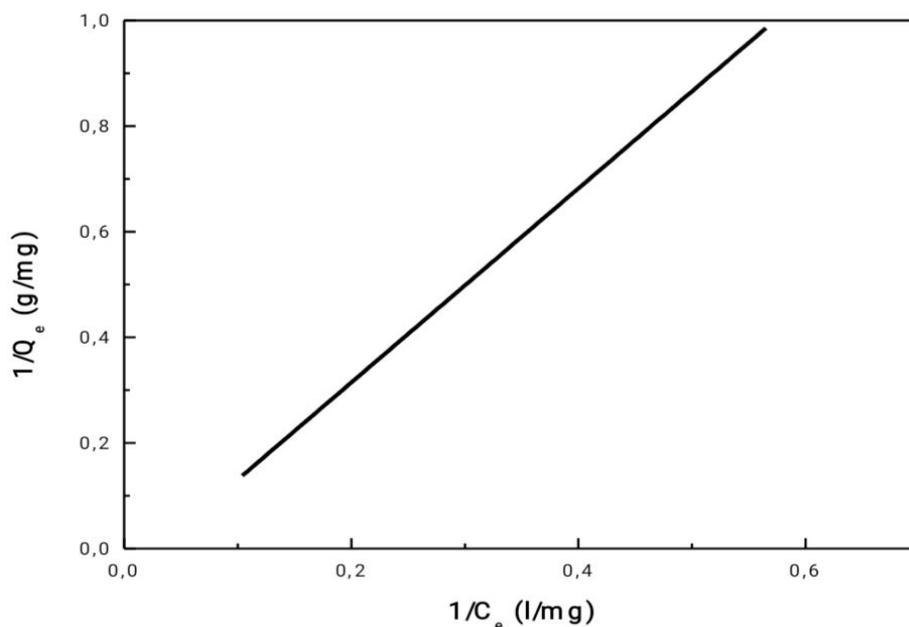
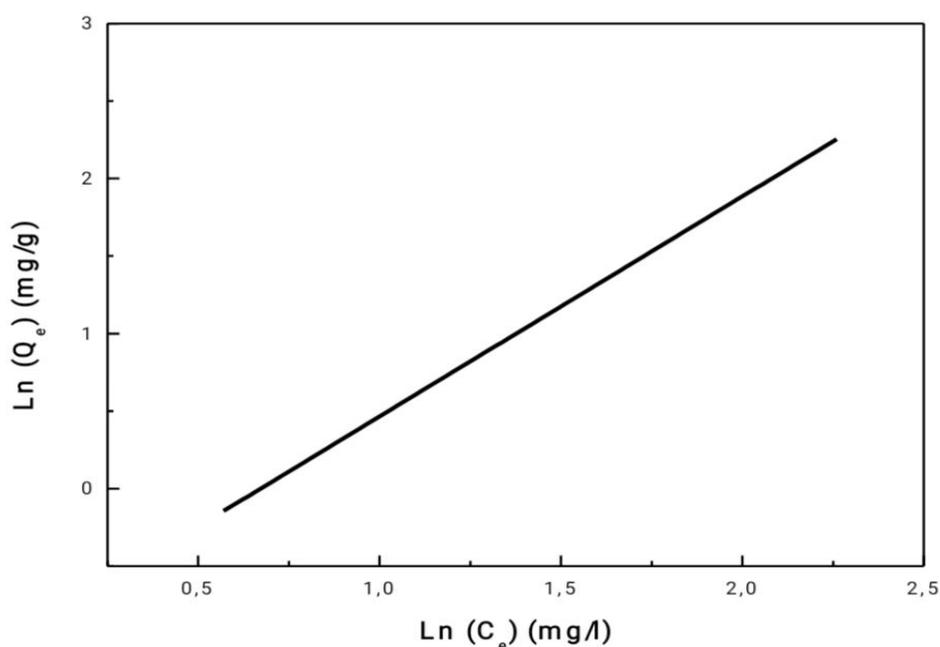


Figure (III.5) : Courbe de linéarisation selon Langmuir du Rouge Congo sur la perlite à T = 25°C

L'équation de Langmuir (Forme I) donne une forme linéaire à partir de laquelle on peut calculer les constantes de Langmuir (Q_m et b).

Tableau (III.1): Résultats de la régression linéaire de Langmuir pour le système étudié.

Modèle de langmuir	$1/Q_m = -0.05$	$Q_m = -20$
	Pente = 1.838	$1/bQ_m = \text{pente} / b = -0.027$
	$R^2 = 0.94$	

III.4.2. Isotherme de Freundlich**Figure (III.6): Courbe de linéarisation selon Freundlich du Rouge Congo sur la perlite.**

Le tracé de $\ln(Q_e) = f(\ln(C_e))$ sur la figure (III.6) permis de calculer les constantes de Freundlich (k et n) les résultats sont regroupés dans le **Tableau(III.2)**:

Tableau (III.2): Résultats de la régression linéaire de Freundlich pour le système étudié.

Modèle de freundlich	$R^2 = 0.94$	
	$\ln K = -0.95$	$K = 1.768$
	$1/n = 1.419$	

La modélisation des isothermes d'adsorption des systèmes étudiés par le modèle de Freundlich a permis d'aboutir au coefficient de corrélation estimé à 0.94. Cependant, la comparaison de ses

résultats avec les valeurs de corrélation de régression linéaire de Langmuir et de Freundlich on déduit que le modèle de Langmuir est plus adéquat pour la modélisation des systèmes étudiés. La valeur de $1/n$ trouvée est supérieure à 1 pour les solutions, démontrant ainsi qu'il s'agit d'isothermes **de type c**.

**CONCLUSION
GÉNÉRALE**

Conclusion Générale

L'objectif de ce travail est l'étude de l'adsorption du colorant Rouge Congo sur un nouveau matériau qui est la perlite.

L'ensemble des conclusions qu'on peut tirer est :

- ✓ Le dosage de rouge Congo peut être suivi par spectrophotométrie UV-Visible à la longueur d'onde égale **498 nm** ce qui permet de le détecter à faible concentration en solution et même en présence d'autres éléments.
- ✓ L'étude cinétique a montré que le processus de l'adsorption est rapide.
- ✓ Le temps nécessaire pour assurer l'équilibre d'adsorption sur la perlite évolue rapidement pendant les premières minutes (40min) de contact puis se stabilise à l'approche de saturation
- ✓ La représentation des isothermes par les modèles cités dans la partie théorique, montre que le modèle de Freundlich avec une valeur de $1/n > 1$ ce qui montre que le lien d'adsorption devient faible, l'adsorption est défavorable en raison des diminutions de capacité d'adsorption.
- ✓ meilleure précision est obtenue par le modèle de Langmuir avec un coefficient qui est égale 1.768.

Résumé

Dans ce travail, nous avons étudié l'adsorption d'un colorant acide, le rouge Congo, en solution aqueuse sur un matériau argileux naturel (la perlite) dans un processus en lots. La concentration initiale du colorant était de $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Les résultats ont montré pour la vitesse d'adsorption :

- ✓ Le dosage de rouge Congo peut être suivi par spectrophotométrie UV-Visible à la longueur d'onde égale 498 nm ce qui permet de le détecter à faible concentration en solution.
- ✓ La représentation des isothermes par les modèles cités dans la partie théorique, montre que le modèle de Freundlich avec une valeur de $1/n > 1$ ce qui montre que le lien d'adsorption devient faible, l'adsorption est défavorable en raison des diminutions de capacité d'adsorption.
- ✓ meilleure précision est obtenue par le modèle de Langmuir avec un coefficient qui est égale 1.768.

Suite aux résultats obtenus le modèle qui caractérise au mieux l'adsorption est celui de Langmuir.

Mots clé : adsorption, rouge Congo, la perlite .

Abstract

In This work, we studied the adsorption of an acid dye, Congo red, in aqueous solution on a natural clay material (perlite) in a batch process. The initial concentration of the dye was $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. The results showed for the adsorption rate:

- ✓ The Congo red assay can be followed by Visible UV spectrophotometry at a wavelength equal to 498 nm, which makes it possible to detect it at low concentration in solution.
- ✓ The representation of isotherms by the models cited in the theoretical part, shows that the Freundlich model with a value of $1 / n > 1$ which shows that the adsorption becomes weak and unfavorable due to the decreases in adsorption capacity.
- ✓ Better prediction is obtained by the model of Langmuir with a coefficient equal to 1.768.

Following the results obtained the model which best characterizes the adsorption is that of Langmuir.

Key words: adsorption, Congo red, perlite.

الخلاصة

- في هذا العمل درسنا امتصاص الصبغة الحمضية، أحمر الكونغو، في محلول مائي على مادة طينية طبيعية (بييرلايت) في عملية دفعية، كان التركيز الأولي للصبغة 10 مجم/لتر. أظهرت النتائج لمعدل الامتزاز:
- ✓ يمكن أن يتبع الفحص الأحمر في الكونغو باستخدام قياس طيفي مرئي للأشعة فوق البنفسجية بطول موجة يساوي 498 نانومتر، مما يسمح باكتشافه عند التركيز المنخفض في المحلول.
 - ✓ يوضح تمثيل متساوي الحرارة بالنماذج المذكورة في الجزء النظري أن نموذج freundlich بقيمة $1/n > 1$ مما يدل على أن رابط الامتزاز يصبح ضعيفًا، والامتزاز غير ملائم بسبب انخفاض قدرة الامتصاص.
 - ✓ يتم الحصول على دقة أفضل من خلال نموذج Langmuir بمعامل يساوي 1.768.
- بعد النتائج التي تم الحصول عليها، فإن أفضل نموذج يميز الامتزاز هو نموذج Langmuir.
- الكلمات الرئيسية:** الامتزاز ، الكونغو الأحمر ، البييرلايت.