



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued  
Faculté de la Technologie

Mémoire de Fin d'Etude  
En vue de l'obtention du diplôme de  
**MASTER ACADEMIQUE**

Domaine: Sciences et Techniques  
Filière: Industrie pétrochimique  
Spécialité: Raffinage et Pétrochimie

### Thème

**Dépollution par charbon actif d'une  
eau contaminée par le Rouge Congo**

Présenté par:

**KHEZZANE Ali & MAAMRI Hani & ALLAL Badis**

Soutenu le 27 /05/2017

### Devant le Jury:

Mme	<b>LAMI Nassima</b>	Président	<b>M.A.A</b>	Université d'El Oued.
Mr	<b>ZEGHOUD Laid</b>	Examineur	<b>M.A.A</b>	Université d'El Oued.
Mr	<b>BARANI Djamel</b>	Rapporteur	<b>M.A.A</b>	Université d'El Oued

**2016/2017**



## *Dédicace*

*Nous dédions ce modeste travail à nous chers  
parentes Qui nous ont toujours encouragés tout au  
long de notre vie  
a nous frères et nous sœurs et à tous nos amis  
et ne pas oublier tous les profs  
finalement à tout l monde*

**Ali**

**badis**

**hani**



## *Remerciement*

*Ce travail a été réalisé au Laboratoire de l'université " E'chahid hamma lakhdar"*

*Faculté de la technologie département génie des procédés .*

*D'abord nous exprimons nos sincères remerciements à notre encadreur Mr Djamel Barani » pour mener ce travail, la confiance et la liberté qui nous est donnée, pour sa disponibilité ,et nous apporter l'aide nécessaire, tant sur le plan scientifique que moral .Nous tenons également à le remercier pour avoir relu attentivement ce manuscrit et pour le temps qu'il a consacré à redonner de la rigueur à cet écrit .*

*Nous tenons également à remercier tout le personnel de laboratoire de département génie des procédés pour toute l'aide et les conseils précieux qu'ils nous ont donné.*

*Ne pas oublier aussi remercié les travailleurs du laboratoire de l'hôpital d'el oued « Djilali Ben Omar » qui nous a accueillis et nous ont présenté beaucoup d'aide en termes de dispositifs de mesure.*

*Nous remercions infiniment à nos amis et nos familles pour le soutiennent et l'encouragement.*

# symboles

Symbole	Signification	Unité
<b>RC</b>	Rouge Congo	
<b>CA</b>	charbon actif	
<b>pHi</b>	pH initial	
<b>pHe</b>	pH à l'équilibre	
<b>Qa</b>	La quantité adsorbée	mg/g
<b>Ci</b>	La concentration initiale de la solution	mg/L
<b>Ce</b>	La concentration résiduelle à l'équilibre	mg/L
<b>V</b>	Le volume de la solution	L
<b>M</b>	La masse de l'adsorbant	g
<b><math>\Lambda</math></b>	Longueur d'onde	nm
<b>Qe</b>	quantité adsorbée à l'équilibre	mg/g
<b>qt</b>	quantité adsorbée au temps t	mg/g
<b>K<sub>1</sub></b>	constante de vitesse d'adsorption de premier ordre	1/min
<b>K<sub>2</sub></b>	la constante de vitesse pour une cinétique du deuxième ordre	1/min
<b>H</b>	la vitesse initiale de sorption	mg/g min
<b>B</b>	constante de désorption	g/mg
<b>A</b>	le taux d'adsorption initiale	mg/g min
<b>k<sub>w</sub></b>	La constante de la diffusion intra particulaire	mg/g.min <sup>0.5</sup>
<b>Qm</b>	Capacité d'adsorption à la saturation et qui correspond à la formation d'une monocouche (c'est aussi le nombre de sites actifs par unité de masse de la phase solide).	mg.g-1
<b>KL</b>	La constante de Langmuir	
<b>Kf et n</b>	constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné.	
<b>B</b>	Constante liée à l'énergie d'adsorption	mole <sup>2</sup> /j <sup>2</sup>
<b>R</b>	constante des gaz parfaits	J/mol.K

# Liste des figures

<b>Figure I.1 :</b> structure de Azobenzène.....	6
<b>Figure I.2 :</b> structure de anthraquinoniques.....	7
<b>Figure I.3 :</b> Indigo.....	7
<b>Figure I.4 :</b> xanthène.....	7
<b>Figure I.5 :</b> Ortho nitro phenol.....	8
<b>Figure I.6 :</b> Comportement du colorant direct en présence des fibres.....	9
<b>Figure II.1:</b> schéma de phénomène de l'adsorption .....	12
<b>Figure II.2:</b> Mécanisme de transport de l'adsorbat .....	14
<b>Figure II.3:</b> classification des modèles d'adsorption .....	17
<b>Figure II.4:</b> modèle d'adsorption de langmuir .....	18
<b>Figure II.5:</b> schéma de l'adsorption multicouches .....	19
<b>Figure III.1:</b> Les étapes de fabrication du charbon actif .....	23
<b>Figure III.2 :</b> charbon actif extrudé.....	24
<b>Figure III.3 :</b> charbon actif en poudre.....	25
<b>Figure III.4 :</b> charbon actif granulé.....	26
<b>Figure III.5 :</b> Structure des pores de Charbon Actif .....	27
<b>Figure IV.1:</b> schéma de la spectrophotomètre .....	30
<b>Figure IV.2 :</b> balayage spectral du RC.....	31
<b>Figure IV.3:</b> courbe d'étalonnage de RC à pH égale 7.....	34
<b>Figure IV.4:</b> Influence de la vitesse d'agitation sur l'adsorption du RC.....	35
<b>Figure IV.5:</b> l'influence du pH initial sur l'adsorption de RC sur charbon actif .....	36
<b>Figure IV.6:</b> l'effet de la masse sur l'adsorption du RC .....	37

<b>Figure IV.7:</b> cinétique d'adsorption de RC .....	38
<b>Figure IV.8:</b> l'isotherme d'adsorption de RC sur charbon actif .....	40
<b>Figure IV.9:</b> Influence de la température sur l'adsorption de RC .....	41
<b>Figure IV.10:</b> modélisation de la cinétique du RC (modèle de pseudo premier ordre).....	43
<b>Figure IV.11:</b> modélisation de la cinétique du RC (modèle de pseudo second ordre).....	44
<b>Figure IV.12:</b> modélisation de la cinétique du RC (modèle d'elovitch) .....	44
<b>Figure IV.13:</b> modélisation de la cinétique d'adsorption du RC (modèle de la diffusion intraparticule).....	45
<b>Figure IV.14:</b> L'isotherme d'adsorption du RC selon le modèle de Langmuir .....	48
<b>Figure IV.15:</b> L'isotherme d'adsorption du RC selon le modèle de freundlich .....	49
<b>Figure IV.16:</b> L'isotherme d'adsorption du RC selon le modèle de temkin.....	50
<b>Figure I.1:</b> courbe d'étalonnage à pH =3.....	annexe
<b>Figure I.2:</b> courbe d'étalonnage à pH =9.....	annexe

# Liste des tableau

<b>Tableau II.1:</b> Comparaison entre l'adsorption physique et L'adsorption chimique .....	13
<b>Tableaux III.1:</b> les avantages et les inconvénients du charbon actif en poudre .....	25
<b>Tableaux III.2:</b> les avantages et les inconvénients du charbon actif en granulé .....	26
<b>Tableau IV.1:</b> caractéristique de charbon actif utilisé .....	30
<b>Tableau IV.2:</b> caractéristiques physico-chimiques de RC .....	31
<b>Tableau VI.3:</b> résultats expérimentales de courbe d'étalonnage .....	34
<b>Tableau VI.4:</b> résultats expérimentales de l'effet de la vitesse d'agitation .....	35
<b>Tableau VI.5:</b> résultats expérimentales de l'effet de pH initial .....	36
<b>Tableau VI.6 :</b> résultats expérimentales de l'effet de la masse .....	37
<b>Tableau VI.7:</b> résultats expérimentales de la cinétique d'adsorption .....	38
<b>Tableau VI.8 :</b> résultats expérimentales l'enfluence de concentration initial .....	39
<b>Tableau VI.9:</b> résultats expérimentales de l'effet de la température .....	41
<b>Tableau VI.10 :</b> résultats de différentes modélisations de cinétique d'adsorption de RC sur charbon actif .....	46
<b>Tableau VI.11 :</b> résultats de différentes modélisations des isothermes d'adsorption de RC sur charbon actif .....	50

# sommaire

symbole

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale ..... 1

## **chapitre I : généralités sur la pollution**

Introduction..... 3

I.1.les type des pollutions ..... 3

I.1.1. pollution de l'aire..... 3

I.1.2.pollution de sols ..... 3

I.1.3.Pollution de l'eau ..... 3

I.2. les types de la pollution de l'eau ..... 3

I.2.1.La pollution chimique ..... 3

I.2.2 Pollution physique ..... 4

I.2.3. La pollution microbiologique ..... 4

I.3. Les différentes sources de pollution de l'eau..... 5

I.3. 1. L'origine domestique ..... 5

I.3. 2. L'origine industrielle..... 5

I.3. 3.L'origine agricole..... 5

I.4.la pollution par les colorants ..... 5

I.4.1.Classification des colorants ..... 6

I.4.2.Les dangers des colorants ..... 9

I.5.les effet des pollution des eau ..... 10

I.5. 1. Sur la santé..... 10

I.5.2. sur le milieu naturel ..... 11

## **references bibliographies du chapitre I**

## **chapitre II : phénomène de l'adsorption**

Introduction..... 12

II .1 definition de l'adsorption..... 12

II .2 Les types d'adsorption ..... 12

II.2.1 L'Adsorption chimique .....	13
II.2.2 L'Adsorption physique .....	13
II.3 description du mécanisme d'adsorption .....	14
II.4 Facteurs influençant le phénomène d'adsorption .....	14
II.4.1.Température. ....	15
II.4.2.pH.....	15
II.4.3.surface spécifique.....	15
II.4.4.Solubilité.....	15
II.4.5.porosité.....	15
II.4.6.Polarité.....	16
II.4.7.Structure de l'adsorbant .....	16
II .5.Les modèles d'adsorption .....	16
II .6.Classification des isothermes d'adsorption .....	17
II.6.1.Modèle de Langmuir (Langmuir, 1916).....	18
II.6.2.Le modèle de Freundlich(1906) .....	18
II.6.3.Isotherme de Temkin.....	19
II.6.4.Isotherme BET (Brunauer, Emmett, Teller) .....	19
II.7.Cinétique d'adsorption.....	19
II .7.1 Facteurs influençant la cinétique d'adsorption .....	20
II .8 Les avantages et inconvénient de l'adsorption .....	20
II.9 Application de l'adsorption .....	21

## references bibliographiques du chapitre II

### chapitre III: généralités sur le charbon actif

introduction.....	22
III.1. l'origine du charbon actif.....	22
III.1.1.Origine minérale .....	22
III.1.2.Origine végétale .....	22
III.1.3.Origine animale.....	22
III.2. procédés de fabrication du charbon actif.....	23
III.2.1. La carbonisation.....	23
III.2.2. l'activation.....	23
➤ Activation physique.....	24
➤ Activation chimique .....	24

III.3. les types du charbon actif .....	24
III.3.1.Le charbon actif extrudé .....	24
III.3.2.Le charbon actif en poudre (CAP) .....	25
III.3.3.Le charbon actif en grain (CAG) .....	25
III .4.Texture du charbon actif.....	27
III .5.Surface spécifiques .....	27
III.6.Utilisation du charbon active.....	28

### references bibliographiques du chapitre III

## chapitre IV : étude expérimentale

Introduction.....	29
IV .1 Matériels et produit utilisés .....	29
IV 1.1.Le spectrophotomètre .....	29
IV .1.2.Caractéristiques de charbon actif utilisés .....	30
IV.2 Le choix du colorant.....	30
IV .3 Préparation de la solution mère du rouge Congo .....	31
IV .3.1 détermination de Longueur d'onde de RC .....	31
IV .3.2 courbe d'étalonnage.....	31
IV.4 l'effet de certain paramètre sur l'adsorption du RC.....	32
IV .4.1.l'effet de vitesse d'agitation .....	32
IV .4.2 Etude de l'influence du pH de la solution sur l'adsorption .....	32
IV .4.3 effet de la masse de charbon actif.....	33
IV .4.4 la cinétique d'adsorption (temps de contact).....	33
IV .4.5 isotherme d'adsorption.....	33
IV .4.5 effet de la température .....	34
IV.II. Résultats et discussions .....	34
IV.II.1.Courbe d'étalonnage .....	34
IV.II.2.Vitesse d'agitation.....	35
IV.II.3.L'effet de pH .....	36
IV.II.4.effet de la masse.....	37
IV.II.5 cinétique d'adsorption.....	38
IV.II.6 isotherme d'adsorption.....	39
IV.II.7 effet de la température .....	40
IV. III. Modélisation de résultats.....	42

IV. III.1.Modélisation de la cinétique .....	42
A.Modèle de la cinétique du pseudo premier ordre .....	42
B.Modèle de la cinétique du deuxième ordre .....	43
C.Modèle d'elovitch .....	44
D.Modèle de la diffusion intra particule .....	45
IV. III.2 Modélisation de l'isotherme d'adsorption .....	47
A.Modèle de Langmuir .....	47
B.modèle de Freundlich .....	48
C.modèle de Temkin .....	49
<b>references bibliographies du chapitre IV</b>	
Conclusion générale .....	51

*Introduction*  
*générale*

## Introduction Générale

L'eau est l'élément le plus important dans la vie, De ce fait sa pollution constitue le danger le plus redoutable pour l'humanité.

En définition La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles.

Les polluants qui altèrent la qualité des eaux sont divers et diversifiés notamment (hydrocarbures, phénols, colorants, acides organiques, les métaux lourds...) Tous ces polluants sont toxiques et ont des effets graves sur l'environnement et l'homme. Il est donc indispensable d'éliminer totalement ces polluants présents dans les différents effluents industriels ou de réduire leur quantité en dessous des seuils admissibles définis par les normes.[1]

La dépollution des eaux peut être réalisée par différents procédés qui sont actuellement bien maîtrisés à l'échelle du laboratoire et appliqués à grande échelle dans l'industrie. Dans cette étude, nous avons opté pour le procédé d'adsorption pour son efficacité dans l'abattement des polluants organiques.

Le principe du traitement par adsorption est de fixation des polluants par un matériau solide appelé adsorbant. Il existe plusieurs matériaux solides pouvant être utilisés dans des procédés de purification des eaux (argiles, zéolites, biomasses, charbon actif...) L'utilisation du charbon actif dans le processus d'adsorption comme adsorbant est largement utilisée, due à sa haute capacité d'adsorption, sa grande surface spécifique et sa structure microporeuse. [2]

Nous sommes proposés de faire une étude expérimentale, de l'adsorption de Rouge Congo sur charbon actif en poudre et les étapes de base de notre travail sont:

Etudier l'influence de quelques paramètres tels que: (le pH, la masse d'adsorbant, la concentration de colorant) sur le pouvoir d'adsorption de charbon actif commercial vis-à-vis de Rouge Congo, aussi établir et modéliser les isothermes et la cinétique d'adsorption du colorant.

La structure de notre mémoire est organisée comme suit:

Chapitre I : nous avons résumé quelques informations indispensables sur la pollution et les colorants synthétiques.

Chapitre II: généralité sur l'adsorption et les aspects théoriques essentiels de l'adsorption et de ses modalités dans le domaine du traitement des eaux.

Chapitre III : nous présentons un aperçu bibliographique sur les charbons actifs.

# Introduction générale

---

Chapitre IV : nous présenterons une étude expérimentale sur l'adsorption du Rouge congo sur le charbon actif, après ont fait une discussion des résultats obtenus.

Enfin, cette étude se terminera par une conclusion générale.

*Chapitre I:*

*Généralités sur la*

*pollution*

# Chapitre I : généralités sur la pollution

---

## **Introduction :**

Un polluant peut se présenter sous la forme de particules, d'un liquide, de gaz ou de vapeurs. La sensibilité des documents d'archives aux différents polluants est très variable. L'étude de ces deux facteurs, est de grande importance dans la gestion des archives.[3]

## **I.1.les type des pollutions:**

### **I.1.1.pollution de l'air:**

La qualité de l'air dans les villes est un enjeu important qui influe sur les conditions de vie des populations. Cette pollution atmosphérique importante a des effets néfastes sur la santé humaine, sur l'environnement et la biodiversité, et a un rôle dans le changement climatique. [4] La pollution de l'air, qui résulte avant tout de la production et de l'utilisation de l'énergie, entraîne des maladies cardiaques et pulmonaires et le cancer, avec environ 6,5 millions de décès chaque année [5]

### **I.1.2.pollution de sols :**

La notion de pollution des sols désigne l'ensemble des formes de pollution touchant tous les types de sols, qu'ils soient forestiers, agricoles, urbains. Les polluants du sol peuvent être d'origine organique ou minérale. Les polluants les plus couramment rencontrés et les plus fréquemment recherchés sont les métaux lourds et les hydrocarbures [6].

### **I.1.3.Pollution de l'eau :**

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques; elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu naturel. Généralement, La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscules organismes extérieurs, de produits chimique ou de déchets industriels. [7]

## **I.2. les types de la pollution de l'eau :**

### **I.2.1.La pollution chimique :**

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories:

# Chapitre I : généralités sur la pollution

---

## ❖ organique :

Qui sont généralement biodégradables (hydrocarbures, matières organiques, les graisses, détergents...) sauf les composés organiques Synthétiques (biphényles poly chlorés) et de l'industrie chimique parfois. Sa composition est structurée autour du carbone. [8]

## ❖ minérale :

(métaux lourds : Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, azote, phosphore,) provenant des activités industrielles, ainsi que des pratiques agricoles appartiennent à cette catégorie. La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. [9]

### **I.2.2 Pollution physique :**

La pollution physique est une modification de la qualité physique du milieu. Les trois principaux agents de cette pollution sont:

#### ❖ Pollution radioactive :

la pollution des eaux par des substance radioactive pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur la populations en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérigènes et mutagènes de ses rayonnements. [10]

#### ❖ Pollution thermique :

Elle résulte des rejets d'eaux à température trop élevée par les usines utilisant un circuit de refroidissement par exemple certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...) [11].

#### ❖ Pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. [12]

### **I.2.3. La pollution microbiologique:**

Ils s'agissent de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons efflorescences planctoniques, etc...) [13]

# Chapitre I : généralités sur la pollution

---

## **I.3. Les différentes sources de pollution de l'eau:**

La pollution de l'eau connaît différentes origines : domestique. Industrielle et agricole.

### **I.3. 1. L'origine domestique:**

Les eaux usées urbaines sont rejetées par les installations collectives (hôpitaux, écoles, commerces,...etc.).elle comportent (pesticides, matière organique et azotée, germes et matières fécales, ...). Les eaux qui ruissellent sur les toits, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés.[9]

### **I.3. 2. L'origine industrielle :**

La fabrication des produits industriels génère très souvent des rejets d'eau polluée par les ateliers de production a cause des milliers de produits chimiques différents sont utilisés. Ils sont appelés effluents industriels. Ces effluents doivent impérativement être traités car la pollution qu'ils contiennent peut être très concentrée, ou avoir un effet toxique sur les organismes vivants et ainsi nuire au pouvoir d'auto-épuration de l'eau. [14]

### **I.3. 3.L'origine agricole:**

Ce type de pollution s'intensifie depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation. Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (lisiers et purins). Néanmoins, le problème de la pollution agricole est un peu différent, dans la mesure où cette source de pollution n'arrive qu'indirectement à la station. [14]

## **I.4.la pollution par les colorants:**

Un colorant est défini comme étant un produit capable de teinter une substance d'une manière durable. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur: appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation.

L'industrie du textile consomme des quantités considérables d'eau dans le processus de fabrication. La présence de matières colorantes dans les rejets textiles cause des dégâts à l'environnement puisqu'ils sont toxiques même à des faibles concentrations [15]; et la couleur de l'eau est visiblement désagréable. Les effluents de la teinture textile sont généralement très colorés, avec de grandes quantités des matières en suspensions organiques. Les colorants synthétiques sont conçus pour être récalcitrants à la

## Chapitre I : généralités sur la pollution

---

biodégradation et donc les processus de traitement biologique sont inefficaces pour éliminer la couleur des eaux usées [16].

### I.4.1. Classification des colorants:

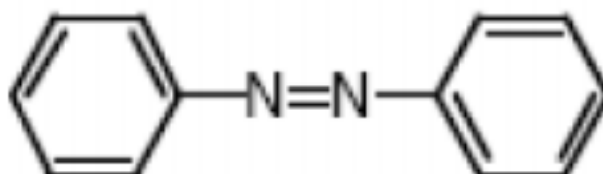
Les principes de classification les plus couramment rencontrés dans les industries sont basés sur les structures chimiques des colorants synthétiques et sur les méthodes d'application aux différents substrats (textiles, papier, cuir, matières plastiques, etc.).

#### I.4.1.1. Classification chimique:

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

##### a. Les Colorants azoïques :

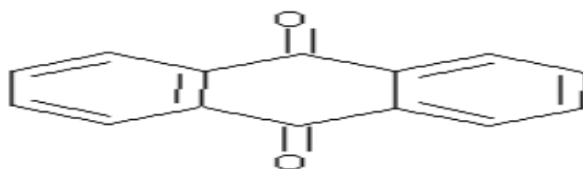
Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-). suivant le nombre de chromophores azo rencontrés dans la molécule on distingue les mono-azoïques, les bisazoïques et les polyazoïques. La classe de ces colorants est très développée et elle comporte plus de 1000 produits commercialisés et représente 50% environ de la production mondiale de colorants[17]



*Figure I.1 : structure de Azobenzène*

##### b. Les colorants anthraquinoniques :

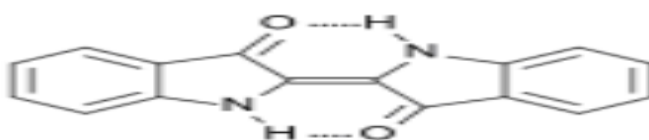
Les colorants anthraquinoniques sont les plus importants, après les colorants azoïques. Leur formule générale dérivée de l'anthracène montre que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino. Ces produits sont utilisés pour la coloration des fibres polyester, acétate et tri acétate de cellulose. La molécule de base de ce groupe de colorants est l'anthraquinone qui présente le groupe chromophore carbonyle (>C=O) sur un noyau quinonique, qui est le chromogène [18]



*Figure I.2 : structure de anthraquinoniques*

### c. Colorants indigoïdes:

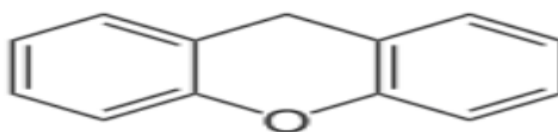
Les colorants indigoïdes tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Un colorant indigoïde est celui dont la coloration est une variante de l'indigo (bleu-violet). Les colorants indigoïdes sont utilisés comme colorants textiles, comme additifs en produits pharmaceutiques en confiserie, ainsi que dans les diagnostics médecine.[19]



*Figure I.3 : Indigo*

### d. Les colorants xanthenes :

Ce sont des composés qui constituent les dérivés de la fluorescéine. Ils sont dotés d'une intense fluorescence. Peu utilisés en tant que teinture, leur faculté de marqueurs lors d'accidents maritimes ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines. Ils sont aussi utilisés comme colorants alimentaires, cosmétiques, textiles et impression.[20]



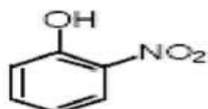
*Figure I.4 : xanthène*

### e. Les phthalocyanines :

Les phthalocyanines 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.)[21]

### f. Les colorants nitrés et nitrosés :

Ces colorants 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 (-NO<sub>2</sub>) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés)[15]



*Figure I.5 : Ortho nitro phénol*

### I.4.1.2. Classification tinctoriale:

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.

#### a. Les colorants acides ou anioniques:

Ils sont 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 [19]

#### b. Les colorants basiques ou cationiques:

Les colorants basiques ou cationiques sont des sels d'amines organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Les liaisons se font entre les sites cationiques des colorants et les sites anioniques des fibres. En phase de disparaître dans la teinture de la laine et de la soie, ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistantes [20]

## Chapitre I : généralités sur la pollution

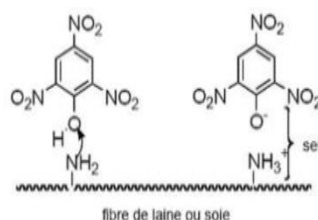
---

### c. Les colorants de cuve :

Ce sont des colorants solubles en milieu réducteur, on les appelle ainsi car, en terme métier, cette solution réductrice est appelée cuve. Ils se régénèrent sous l'action d'un oxydant. Ils permettent de teindre les fibres cellulosiques et ils donnent des teintures très solides. Ils sont encore utilisés, à l'image de l'indigo, pour la teinture des articles jean ou denim [22]

### d. Colorants directs:

Ce sont des colorants à caractères anioniques ( $R-SO_3Na$ ) ; ils sont solubles dans l'eau et utilisés en solution aqueuse. Ils se fixent directement sur la fibre par leurs groupes polaires. Leur fixation sur la fibre n'a pas un caractère chimique comme dans le cas précédent.[22]



*Figure I.6 : Comportement du colorant direct en présence des fibres*

### e. Les colorants à mordants :

Ces colorants contiennent généralement un ligand fonctionnel capable de réagir fortement avec un sel d'aluminium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de nickel ou de fer pour donner différents complexes colorés avec le textile.[21]

### f. Colorants réactifs :

Ces colorants 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 [15]

## I.4.2. Les dangers des colorants:

### ✚ La couleur, turbidité, odeur :

L'accumulation des matières organiques dans les cours d'eau induit l'apparition de mauvais goûts, prolifération bactérienne, odeurs pestilentielles et colorations anormales.

# Chapitre I : généralités sur la pollution

---

En dehors de l'aspect inesthétique, les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission de la lumière dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques[17]

## ✚ Eutrophisation:

Sous l'action des microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel. Ces ions minéraux introduits en quantité trop importante peuvent devenir toxiques pour la vie piscicole et altérer la production d'eau potable. Leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et conduit à l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau et des eaux stagnantes.[13]

## ✚ La persistance:

Les colorants organiques synthétiques sont des composés impossibles à épurer par dégradations biologiques naturelles . Cette persistance est en étroite relation avec leur réactivité chimique:

- ❖ Les composés insaturés sont moins persistants que les saturés.
- ❖ Les alcanes sont moins persistants que les aromatiques.
- ❖ La persistance des aromatiques augmente avec le nombre de substituants.[19]

## ✚ Cancer:

Si la plupart des colorants ne sont pas toxiques directement, une portion significative de leurs métabolites. Leurs effets mutagènes, tératogène ou cancérigène apparaissent après dégradation de la molécule initiale en sous-produits d'oxydation: amine cancérigène pour les azoïques, leuco-dérivé pour les triphénylméthanes[21]

## I.5.les effet des pollution des eau:

### I.5. 1. Sur la santé :

Elles conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voir mortelles [11]:

## Chapitre I : généralités sur la pollution

---

- ✚ Paludisme (un million de décès par ans, 100 à 150 millions de cas annuels dont en Afrique, et 300 million de porteurs de parasites 90%)
- ✚ Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides).
- ✚ Le choléra, du aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées.
- ✚ L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées).
- ✚ Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales.

### I.5.2. sur le milieu naturel :

- ✚ Une augmentation du volume d'algues et de biomasse.
- ✚ Le développement de phytoplancton toxique et de pathogènes en lien avec la diminution de la pénétration de la lumière dans l'eau.
- ✚ Une dégradation de l'eau (aspect ,couleur, odeur....).
- ✚ L'envasement plus rapide du milieu et l'apparition de vase sombre et malodorante.
- ✚ L'asphyxie du milieu par diminution de la teneur en oxygène dissous la nuit due à la respiration des nombreux végétaux et animaux présents.
- ✚ La dégradation des habitats lors de la décomposition des algues. Les éléments décomposés vont colmater le fond des cours d'eau détruisant ainsi les milieux de vie des invertébrés et les zones de frai des poissons.

Ces effets peuvent également se répercuter sur l'activité touristique qui peut être menacée lorsque la qualité de l'eau se dégrade. [11]

## Références bibliographiques du chapitre I

---

- [1] **MOUAZIZ Soumia** "Préparation et Caractérisation des bentonites modifiées par des sels de Bis-imidazolium –Application à l'adsorption du bleu Telon" memoir de master universite Abou Beker Belkaid Tlemcen (2012)
- [2] **BOUAZZA Fayza** "Elimination des polluants organiques par des argiles naturelles et modifiées" memoir magister universite Abou Beker Belkaid Tlemcen (2012)
- [3] **M.W.pascoe** "la pollution de l'environnement et ses effets sur les documents d'archives" une etude , paris (1988).
- [5] **rebouh samia** "impact de la pollution de l'air provoquée par la cimenterie tahar djouad sur la sante publique et le cadre bati-cas de hamma bouziane" mémoire de magister , universite de constantine (2011).
- [6] SOURCE: l'Organisation mondiale de la Santé (OMS),15MARS 2016 GENÈVE)  
[http://www.who.int/topics/air\\_pollution/fr](http://www.who.int/topics/air_pollution/fr) "
- [6] fiche conseille n 11 la pollution de sols –introduction,1p.
- [7] **Catherine AYRAL** "Elimination de polluants aromatiques par oxydation catalytique sur charbon actif" DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE (2009).
- [8] cour de pollution Chapitre 4 :L'eau, sa pollution, et son traitement.
- [9] **beya de sidi salem** "Caractérisation de la composition chimique des eaux usées traitées de la STEP de Sebkha " mémoire de master ,Nouakchott (2013).
- [10] **fadela sahnoun** "Contrôle et surveillance de la pollution par la qualité des eaux du littoral - cas de la zone industrielle d'Arzew" mémoire magister, oran (2010).
- [11] **Poitou-Charentes** , édition 2015 " L'Environnement Poitou-Charentes - Thème Eau" Page (178).
- [12] **faiza mekhlef** " reutilisation des eaux residuaires industrielles epurees comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement " mémoire magister universite Skikda (2009).
- [13] **emna errais** "réactivité de surface d'argiles naturelles etude de l'adsorption de colorants anioniques" These de doctorat université de Strasbourg (2011).

## Références bibliographiques du chapitre I

---

[14] **lazhar graini** "Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique" mémoire magister Sétif (2011).

[15] **MEHDI fatima** "Modification de la bentonite par un sel de diphosphonim – Applications à l'adsorption des colorants textiles (rouge, bleu et jaune Bemacide), mémoire master universite Abou beker belkaied -tlemcen (2014).

[16] **KHALFAOUI AMEL Épouse DERBAL** "Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels: Application aux Peaux d'Orange et de Banane" these de doctorat Université de Constantine (2012).

[17] **BELAID ISLAM FOUHMA SAMIRA** "Synthèse et caractérisation des hydroxydes double lamellaires trimétallique : Etude de l'intercalation des colorants" mémoire de master Université d' El-oued (2015).

[18] **lemlikchi wahiba** "elimination de la pollution des eaux industrielles par différents procedes d'oxudation et de co-precipitation" These de doctorat , universite mouloud Mammeri tizi ouzou (2012).

[19] **farida hrrlekas** "couplage des procédés membranaires aux techniques physico-chimiques ou biologiques pour le traitement des rejets liquides de l'industrie de textile" These de doctorat université cadī ayyad de Marrakech (2008).

[20] **Madani Med amine** "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 Khaider – Biskra (2014).

[21] **OUBAGHA NOURA** "decontamination des eaux contenant les colorantes textiles et les adjuvantes par es materiaux naturels et synthetique " mémoire de magister, universite tizi ouzou (2011).

[22] **AZZOUZ AINES** " Etude comparative de la capacité d'adsorption des matériaux naturels vis-à-vis de certains polluants " mémoire magister, UNIVERSITE USTO-MB oran (2011).

*Chapitre II :*  
*phénomène de*  
*l'adsorption*

# Chapitre II phénomène de l'adsorption

## Introduction :

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 [1].

Généralement, L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant par une modification de concentration à l'interface entre un fluide et un solide. L'adsorption par un solide peut être définie comme étant le phénomène de concentration des molécules d'une phase gazeuse ou des solutés d'une phase liquide sur une surface solide (surface externe + surface interne des pores). Le solide est appelé adsorbant et le composé gazeux ou liquide qui subit l'adsorption est appelé adsorbat. [2]

## II .1 définition de l'adsorption:

Le phénomène d'adsorption résulte de l'existence des forces à la surface du solide, qui sont de nature physique ou chimique. Ces forces conduisent respectivement à deux types d'adsorption: la chimisorption et la physisorption. [1]

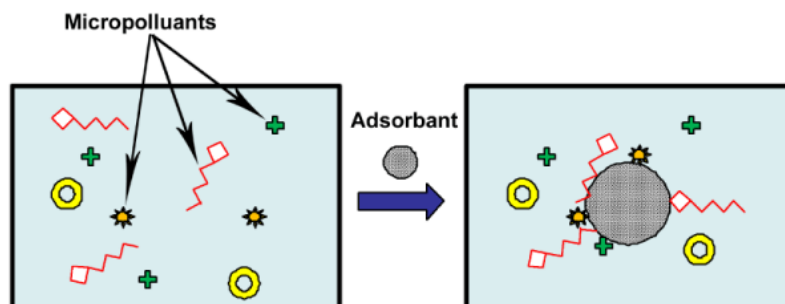


Figure II.1:schéma de phénomène de l'adsorption.

## II .2 Les types d'adsorption:

Suivant l'importance des énergies mises en jeu entre l'adsorbant et l'adsorbat, Les forces responsables du phénomène d'adsorption peuvent être de nature physique ou chimique, conduisant ainsi à deux types d'adsorption [2] :

- ❖ l'adsorption physique ou adsorption de Van der Waals.
- ❖ l'adsorption chimique.

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

### II.2.1 L'Adsorption chimique :

L'adsorption chimique par laquelle une molécule adhère à une surface par l'intermédiaire de formation d'une liaison chimique [3]

Dans ce type d'adsorption, le temps de rétention est long et seule la première couche liée à la surface adsorbante est chimiquement adsorbée, les autres couches, dans le cas où elles existent, sont retenues par physisorption [4].

### II.2.2 L'Adsorption physique :

L'adsorption physique se produit à des températures basses et est caractérisée par une énergie d'adsorption faible (la molécule adsorbée n'est pas donc fortement liée); elle résulte des forces de Van Der Waals. La molécule adsorbée est fixée sur un site spécifique et peut se déplacer librement à l'interface. La physisorption est rapide, réversible et n'entraîne pas de modification des molécules adsorbées. [5]

Dans le cas d'une telle adsorption, le temps de rétention de la substance adsorbée est court et la surface adsorbante peut être recouverte de multiples couches moléculaires de produit adsorbé. [4]

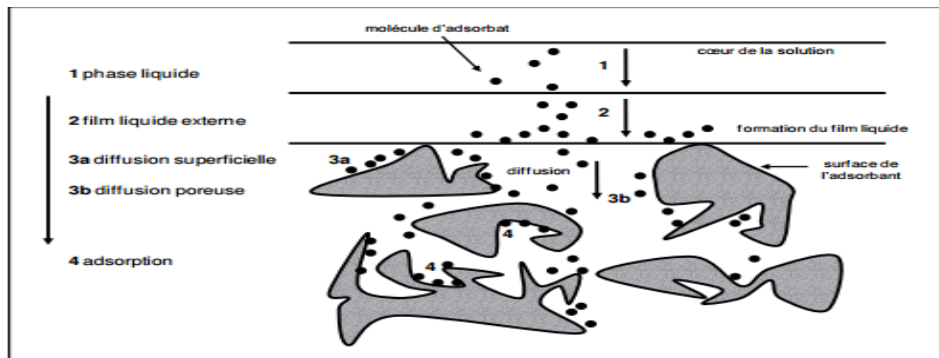
*Tableau II.1: Comparaison entre l'adsorption physique et L'adsorption chimique [6]*

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Types de liaison	Liaison de Van Der Waals	Liaison chimique
Température du Processus	Relativement faible comparé à la température d'ébullition de l'adsorbât	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbât
Individualité des Molécules	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide, indépendante de la température	Très lente
Chaleur d'adsorption	Inférieur à 10 kcal/mole	Supérieur à 10 kcal/mole
Energie mise en jeu	Faible	Elevée
Type de formation	Formation en multicouches et monocouches	Formation en monocouche

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

### II.3 description du mécanisme d'adsorption:

L'adsorption se produit principalement en plusieurs étapes. La figure II.2 représente un matériau (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques qui sont susceptibles de rentrer en interaction avec le solide.



*Figure II.2: Mécanisme de transport de l'adsorbât.*

Le transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbât vers une phase solide avec rétention de soluté à la surface de l'adsorbant se fait en quatre étapes:

- 1)- Diffusion de l'adsorbât de la phase liquide externe vers celle située au voisinage de la surface de l'adsorbant.
- 2)- Diffusion extra granulaire de la matière : transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface des grains.
- 3)- Transfert intra granulaire de la matière: transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface extérieure des grains vers les sites actifs.
- 4)- Réaction d'adsorption au contact des sites actifs, une fois adsorbée, la molécule est considérée comme immobile. [7]

Généralement, la deuxième étape décrit la résistance de transfert de matière à travers le film. La troisième étape est relative au modèle de la diffusion intra particulaire. La première et la quatrième étape sont des étapes généralement rapides [6]

### II.4 Facteurs influençant le phénomène d'adsorption:

L'équilibre d'adsorption, entre un adsorbant et un adsorbât dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont:

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

---

**A-** Propriétés de l'adsorbat

**B-** Propriétés de l'adsorbant

**C-** Les paramètres physico-chimiques du milieu

Alors Les principaux facteurs sont [7, 8,9]:

### **II.4.1.Température:**

L' adsorption physique s'effectue à des basses températures (phénomène exothermique) alors que l'absorption chimique demande des températures plus élevées (phénomène endothermique). ce qui nécessite de fixer la température du Processus dès le départ . en pratique, il n' y a pas de modification significative dans l'intervalle 5- 20°C.

### **II.4.2.pH:**

le pH a parfois un effet non négligeable sur les caractéristiques de l'absorption dans la plupart des cas, les meilleurs résultats sont acquis aux pH les plus faibles. cette propriété s'applique particulièrement à l'absorption de substances acides

### **II.4.3.surface spécifique:**

la quantité adsorbée est proportionnelle à la surface de l'adsorbant accessible à l'adsorbat qui est souvent différent de la surface spécifique total du matériau. l'absorption n'est donc souvent pas proportionnelle à la surface spécifique du solide. elle dépend donc de la surface accessible du matériau qui est parfois difficile à estimer.

### **II.4.4.Solubilité:**

plusieurs chercheurs ont montré que les constantes d'adsorption ont tendance à être plus importants quand la solubilité du composé diminue. D'autres chercheurs, présentent un certain nombre de relations entre la constante d'adsorption et diverses propriétés de la molécule organique.[10]

La solubilité d'un adsorbat joue un rôle important lors de son adsorption. plus la solubilité est grande, plus faible sera l'adsorption.

### **II.4.5.porosité:**

la porosité est liée à la répartition de la taille des pores. elle reflète la structure interne des adsorbants microporeux [11]

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

---

la porosité d'un matériau adsorbant joue un rôle très significatif dans l'adsorption des composés organiques aromatiques. le charbon macroporeux a une meilleure capacité d'adsorption que le charbon mésoporeux dans le cas de macromolécules.

### II.4.6.Polarité:

Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour l'adsorbant polaire.il faut que l'adsorbant et l'adsorbat soient de polarité voisine.

### II.4.7.Structure de l'adsorbant :

Elle joue un rôle déterminant dans la fixation du substrat, par la taille de ses particules. En effet plus la taille est petite, plus la surface de contact sera grande. Ce qui va alors augmenter son pouvoir de rétention. En outre, cette surface s'accroît lorsque le support est poreux. Les adsorbants industriels (essentiellement les charbons actifs) développent des surfaces spécifiques énormes (600 à environ 1200 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) .

## II .5.Les modèles d'adsorption:

Depuis de nombreuses années, plusieurs équipes ont souvent souhaité modéliser l'adsorption. Les isothermes d'adsorption sont souvent utilisées pour décrire ce phénomène[12].

Une telle isotherme est une courbe qui représente la relation entre la quantité de soluté adsorbé par unité de masse d'adsorbant  $Q_e$  et la concentration de soluté en solution  $C_e$ . On obtient une telle courbe à partir des résultats d'essais de laboratoire effectués à une température constante. Pour ce faire, on introduit des quantités connues d'adsorbant dans des volumes d'eau à traiter et, après un temps de contact donné, on mesure la concentration résiduelle de soluté en solution[13,14]

La quantité de soluté adsorbé (La capacité d'adsorption ) est calculée à l'aide de l'équation :

$$Q_e = \frac{C_0 - C_t}{m} \cdot V \dots\dots\dots (II.1)$$

$Q_e$  : Capacité d'adsorption du support (mg/g).

$C_0$  : Concentration initiale (mg/l) à  $t=0$ .

$C_t$  : Concentration du colorant (mg/l) à l'instant  $t$  du processus d'adsorption.

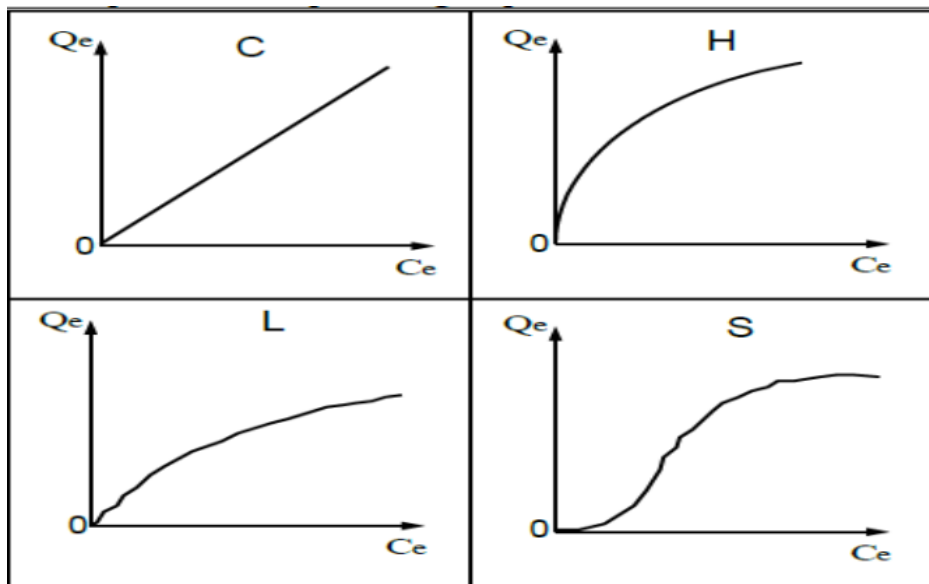
## Chapitre II phénomène de l'adsorption

**V** : Volume de la solution (litre).

**m** : Masse adsorbant du support (g).

### II .6.Classification des isothermes d'adsorption :

L'allure de l'isotherme varie selon le couple adsorbat – adsorbant étudié. Les isothermes d'adsorption ont été classées par Giles et coll en quatre types principaux (FigureII.3) :



*Figure II.3 : classification des modèles d'adsorption.*

- ❖ **Type C** : Ligne droite, cela signifie qu'il y a compétition entre le solvant et le soluté pour occuper les sites, toujours avec le même partage.
- ❖ **type L**: (dites de Langmuir) se rencontrent dans le cas où l'adsorption du solvant est faible et lorsque les molécules de l'adsorbat sont orientées à plat.
- ❖ **type S**: s'obtiennent lorsque les molécules du soluté ne s'accrochent au solide, que par l'intermédiaire d'un seul groupement.
- ❖ **type H**: (haute affinité) s'obtiennent lorsqu'il y a chimisorption du soluté indiquant une forte affinité entre l'adsorbat et l'adsorbant [15,16].

Différents modèles ont été établis pour représenter l'équilibre d'adsorption. Les modèles les plus souvent utilisés sont :

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

---

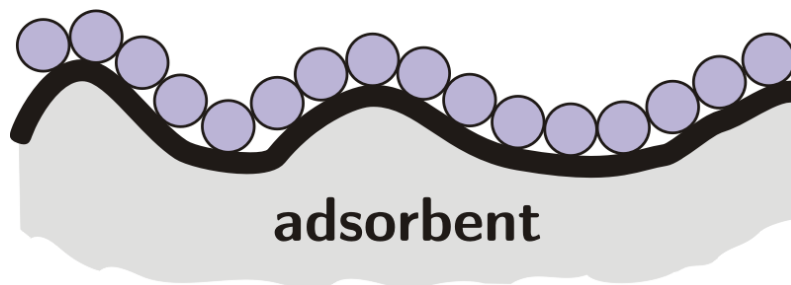
### II.6.1. Modèle de Langmuir (Langmuir, 1916):

Le modèle d'adsorption de Langmuir est défini par une capacité maximale d'adsorption qui est liée à la couverture des sites de surface par une monocouche. L'importance de l'isotherme de Langmuir est qu'il peut être théoriquement appliqué à une surface parfaitement uniforme, et lorsqu'il n'y a pas d'interactions entre les molécules adsorbées[17]

La théorie proposée par Langmuir repose sur une vision cinétique de l'adsorption de molécules sur une surface plane : il n'y a pas d'accumulation des molécules, les molécules sont continuellement dirigées vers la surface et un équilibre d'adsorption et de désorption des molécules se met en place.[14]

Les hypothèses de ce modèle sont les suivantes :

- ❖ L'existence de sites définis d'adsorption.
- ❖ Une et une seule entité adsorbée par site.
- ❖ Une énergie d'adsorption constante.
- ❖ L'absence d'interaction entre molécules adsorbées.[13]



*Figure II.4: modèle d'adsorption de langmuir .*

### II.6.2. Le modèle de Freundlich(1906):

Ce modèle établit une relation entre la quantité d'impureté adsorbée et la quantité restante en phase liquide, cette équation est basée sur une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption[5,18]

ainsi on distingue :

- ❖  $1/n = 1$  l'isotherme linéaire de type C.
- ❖  $1/n > 1$  l'isotherme concave de type S.

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

---

- ❖  $1/n < 1$  l'isotherme convexe de type L.
- ❖  $1/n \ll 1$  l'isotherme de type H.

Plus  $1/n$  est important plus la soluté a de l'affinité pour l'adsorbant. sachant que "n" est la constantes de Freundlich [19]

### II.6.3. Isotherme de Temkin:

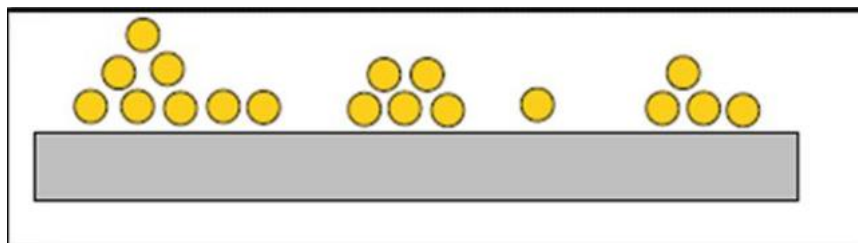
la derivation de l'isotherme de temkin suppose que l'abaissement de la chaleur d'adsorption est linéaire plutot que logarihmique et l'adsorption est caractéiée par une distribution uniforme des énergies de liaison jusqu'à une certaine énergie maximale de liaison .comme appliqué dans l'équation de Freundlich. [12,19]

### II.6.4. Isotherme BET (Brunauer, Emmett, Teller):

L'isotherme BET propos en 1938 par **Brunauer, Emmett, Teller** Pour généraliser la théorie de Langmuir.

La modèle BET est appliqué pour déterminer la surface spécifique des solides répondants aux hypotheses suivant:

- ❖ Plusieurs couches successives de molecules peuvent être fixées sur l'adsorbant.
- ❖ Les sites d'adsorption sont distribués uniformément à la surface de l'adsorbant.
- ❖ Chaque site est indépendant des sites voisins.
- ❖ L'énergie d'adsorption retient la première couche de molecules , alors que l'énergie de condensation retient les couches successives suivantes.[18,12]



**Figure II.5:** schéma de l'adsorption multicouches .

### II.7. Cinétique d'adsorption:

La cinétique du phénomène d'adsorption est déterminée par le transfert de matière à l'interface liquide - solide où sont localisées toutes les résistances au transfert de matière,

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

---

L'étude cinétique a donc une grande importance pour définir l'efficacité d'un procédé. Elle permet d'estimer la quantité de polluants adsorbée en fonction du temps.

La vitesse d'adsorption d'un soluté à partir d'une solution dépend de nombreux facteurs, notamment la nature de l'adsorbant, l'adsorbat, ainsi que de la vitesse d'agitation du milieu[15]

La cinétique d'adsorption intrinsèque est très rapide pour les systèmes d'adsorption physique, et par conséquent il est généralement bien admis que la cinétique d'adsorption globale est uniquement limitée par les processus de transport[20]

Pour étudier la cinétique d'adsorption, on détermine la capacité de fixation ( $q_t$ ) en fonction du temps. L'équilibre d'adsorption est pratiquement atteint après un certain temps de contact adsorbant-adsorbat[6]

### **II .7.1 Facteurs influençant la cinétique d'adsorption:**

La vitesse d'adsorption est d'autant plus grande que :

- ❖ La concentration du soluté est élevée.
- ❖ La granulométrie de l'adsorbant est faible.
- ❖ La surface spécifique de l'adsorbant est élevée.
- ❖ La taille des molécules adsorbables est faible.[20]

### **II .8 Les avantages et inconvénients de l'adsorption:**

L'adsorption présente l'avantage de pouvoir être appliquée au traitement des sources à débit presque nul ainsi qu'aux concentrations très faibles ou fluctuantes. L'adsorption permet de répondre aux exigences réglementaires tant pour l'environnement que pour l'hygiène du travail. Aussi, il y a une bonne capacité d'élimination d'une grande variété de polluants métalliques et de colorants.

On retiendra comme inconvénients principaux la difficulté de détecter simplement le dysfonctionnement d'un adsorbant du fait de sa saturation, notamment sur les systèmes passifs.[21]

Nécessité de régénérer la résine; coût des solvants. de régénération élevé

## Chapitre II phénomène de l'adsorption

---

### II.9 Application de l'adsorption:

Les applications pratiques fondamentales de l'adsorption et des domaines connexes sont les suivantes:

- Séparation et purification de mélanges liquides et gazeux, de produits chimiques en vrac, d'isomères et d'air.
- Sécher les gaz et les liquides avant de les charger dans des systèmes industriels.
- Élimination des impuretés des milieux liquides et gazeux.
- Récupération de produits chimiques provenant de gaz industriels et de gaz d'échappement.

Parmi les applications aussi, on cite[22,13]:

- Le raffinage des produits pétroliers.
- La déshumidification et la désodorisation de l'air.
- La décoloration des liquides et La chromatographie gazeuse.
- La purification de divers produits pétroliers et de matières grasses animales et végétales.
- Le traitement des eaux (élimination, des métaux lourds, des odeurs, et de la matière organique).
- La dessiccation des produits organiques industriels.
- Applications environnementales

## Références bibliographiques du chapitre II

---

- [1] **Benamraoui Faouzia** " Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture" mémoire magister universite ferhat abbas setif (2014).
- [2] **NAIT BAHLOUL Naila** "Etude de l'adsorption du colorant anionique Rouge 2 sur charbons actifs et argiles modifiées" Mémoire du Master, Université Mohammed Boudiaf oran( 2014).
- [3] **KEBAILI Hadja Oum Keltoum** "Contribution à l'étude par la simulation numérique de Dynamique Moléculaire de la croissance des couches minces par procédé PECVD" mémoire magister, OUARGLA (2013).
- [4] **MOUMENINE Sarah** "Elimination de polluants des eaux d'usines par adsorption sur charbon de chêne en combinaison avec un désinfectant" mémoire INGENIEUR D'ETAT, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID( 2011) .
- [5] **Nait Merzoug Nesrine** "application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques" Mémoire du magister Souk-Ahras (2014).
- [6] **KHAMLA Nassim** "couplage coagulation-floculation suivi par l'adsorption sur charbon actif pour élimination du Zinc (II) chargée dans l'eau saumâtre " Mémoire de Master, Université Mohamed Khider,( 2015).
- [7] **bouhamed mouna, dia ouhida** "etude de l'élimination du colorant rouge congo par adsorption sur des matériaux argileux naturels" mémoire master universite d'el-oued (2012)
- [8] **w.j.Masschelian**, processus unitaires du traitement de l'eau potable. Ed.CEBEDOC spril,liège,(1996).
- [9] **f.edeline**, l'épuration physico-chimique des eaux, Editions CEBEDOC spril,(1992).
- [10] **Nouzha Bouziane** "elimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre" Mémoire magister Université Mentouri (2007).
- [11] **R.Upago-perez et al**, Granular C. and monolithic actived carbon from KOH-activation of olive stones, microporous and mesoporous materials,(2006),vol.92,pp.64-70.

## Références bibliographiques du chapitre II

---

- [12] **hammou sara , gaboussa safia** "elimination des polluants organiques par adsorption sur bentonite de touggourt" Mémoire master el-oued(2016).
- [13] **Nora SEDIRA** "Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes" mémoire magister ,Souk-Ahras(2013).
- [14]**ALA ABDESSEMED** "etude de l'elimination de l'ethyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif et par des methodes photochimiques en milieu aqueux " Mémoire magister universite Mentouri Constantine (2009).
- [15] **Bouacherine Souheila** "Eliminations des polluants spécifiques par adsorption sur charbon actif et argile traitée et non traitée" Diplôme de Magister Université Mohamed Chérif Messaadia (2013).
- [16]**KANOURI Rima et LABIDE Abdelhamid** "Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia" Mémoire Master ,Ouargla (2013).
- [17] **NAIMA GHERBI** "Etude expérimentale et identification du processus de rétention des cations métalliques par des matériaux naturels" THÈSE DU DOCTORAT,(2008).
- [18] **derrouche née, touileb farida** "décoloration par adsorption des eaux résiduaires textiles chargées en colorants acides par les bentonites locales" Mémoire Magister Université Boumerdes (2007).
- [19] **BOULKRAH Hafida** "etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants" Mémoire de Magister Université du 20 août 1955 SKIKDA(2008).
- [20] **CHWKI DJELLOUL**" experimentation modelisation et optimisation de l'adsorption des effluents textiles" universite Mohammed khider biskra (2014).
- [21]**ARRIS Sihem Epouse CHEBIRA** "Etude Expérimentale de l'Élimination des Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Sous Produits de Céréales "THÈSE DU DOCTORAT(2008).
- [22] **stéphanie marteau**, traitement des gaz dangereux captés sur les lieux de travail, ED4263, Inrs.

*Chapitre III*  
*généralités sur*  
*le charbon*  
*actif*

# Chapitre III généralités sur le charbon actif

---

## **introduction:**

Le charbon actif est un matériau constitué essentiellement de matière carbonée à structure poreuse. Il s'agit d'une structure amorphe présentant une très grande surface spécifique qui lui confère un fort pouvoir adsorbant.

Le charbon actif se rapporte à l'ensemble des substances carbonées présentant une surface spécifique élevée (700-1500 m<sup>2</sup>/g) et une porosité également très élevée. Cela explique pourquoi ce matériau est très utilisé dans le traitement des eaux potables, des eaux résiduaires tertiaires (urbaines) et enfin des eaux résiduaires industrielles.

## **III.1. l'origine du charbon actif:**

Le charbon actif peut être obtenues à partir d'un plusieurs nombre de matériaux contenant le carbone, ce matériaux sont le suivante[1]:

### **III.1.1.Origine minérale :**

Les charbons actifs sont obtenus en grandes majorité à partir de matériaux combustibles comme le charbon minéral (houille, coke) ou la tourbe.

### **III.1.2.Origine végétale :**

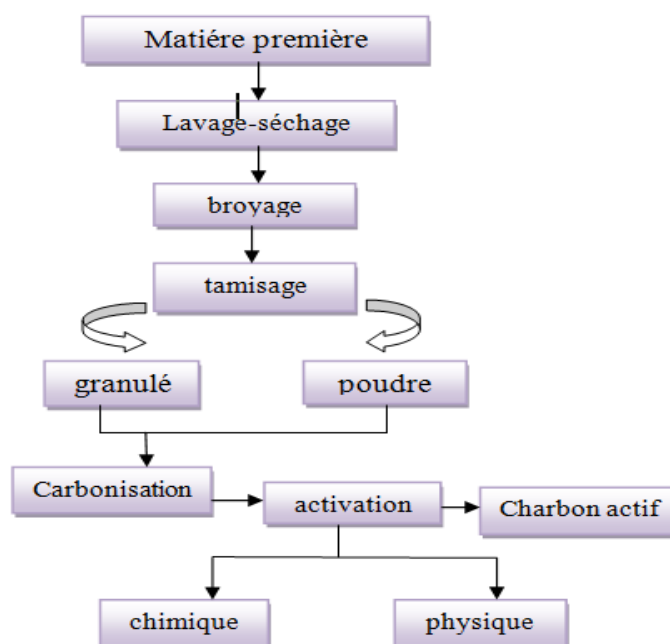
Il existe une multitude de produits d'origine végétale qui peuvent intervenir dans la synthèse des charbons actifs et sous différentes formes variées :

- ❖ Déchets agricoles non utilisables exemple : Noyaux de fruit, coque de noix de coco, bagasse de canne à sucre.
- ❖ Paille et enveloppes de céréales exemple : blé et riz.
- ❖ Arbre sous forme de copeaux ou de sciure de bois exemple : Bouleau, chêne, eucalyptus, lignite.

### **III.1.3.Origine animale :**

Les charbons activés sont essentiellement obtenus à partir d'ossements d'animaux, mais aussi à partir de leur sang voire de leur chair.

### III.2. procédés de fabrication du charbon actif:



*Figure III.1 : Les étapes de fabrication du charbon actif*

La fabrication de charbon actif comporte plusieurs étapes (figure III.1). La matière première une fois lavée et séchée elle est envoyée vers section broyage puis tamisage d'où deux fractions distinctes sont obtenues selon leur granulométrie; fraction en poudre et fraction en granulés ; ensuite elle subit un traitement decalcination et/ou activation dans le but d'améliorer son pouvoir adsorbant. [2]

Ces deux étapes sont essentielles dans le procédé de fabrication du charbon actif :

#### III.2.1. La carbonisation:

La carbonisation est un craquage thermique sans produits oxydants. Sous l'action de la chaleur, La carbonisation est une étape nécessaire pour transformer la matière en carbonésous atmosphère contrôlée (absence d'air) à une température de 400 à 1000 °C. Celle-ci permet l'élimination de toutes les matières organiques volatiles [5]

#### III.2.2. l'activation:

Le but du processus d'activation est d'augmenter le volume poreux et en élargissant le diamètre des pores créent lors de la carbonisation. L'activation obtenue par une oxydation ménagée à une température de 400 °C environ. Elle peut être également obtenue avec le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) à des températures élevées. [3][4]

## Chapitre III généralités sur le charbon actif

---

### ✚ Activation physique:

Au cours de ce procédé la matière carbonisée est activée à des températures de l'ordre de 850 -1100 °C dans des fours rotatifs ou des fours à cuve, sous atmosphère oxydante. Les gaz oxydants généralement utilisés sont le dioxyde de carbone, le dioxygène, la vapeur d'eau ou le mélange de ces deux.

### ✚ Activation chimique:

L'activation chimique est une activation en phase liquide : le matériau traité préalablement est imprégné dans l'agent activant puis pyrolyse sous atmosphère inerte. Les agents utilisés sont :  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ ,  $H_2SO_4$ , etc...

### III.3. les types du charbon actif:

Selon leurs applications, les charbons actifs sont disponibles soit en poudre, soit en grains, soit sous forme de extrudé.

#### III.3.1.Le charbon actif extrudé:

Le charbon actif extrudé est de forme cylindrique avec des diamètres allant de 0.8mm à 5mm. Il est principalement utilisé pour des applications en phase gazeuse à cause de sa faible perte de charge, de sa grande résistance mécanique et de sa faible teneur en poussières [6] Depuis quelques années, les fibres de charbon suscitent un intérêt grandissant car elles présentent des cinétiques et des capacités d'adsorption supérieures aux charbons en grains et en poudre.



*Figure III.2 : charbon actif extrudé*

## Chapitre III généralités sur le charbon actif

### III.3.2. Le charbon actif en poudre (CAP):

Les charbons actifs en poudre présentent une granulométrie inférieure à 100  $\mu\text{m}$  avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25  $\mu\text{m}$ . Ils ont une large surface externe et une faible profondeur de diffusion : la vitesse d'adsorption est très rapide.

Ce charbon est principalement employé dans des applications en phase liquide et pour le traitement des flux gazeux.[7]



*Figure III.3 : charbon actif en poudre*

*Tableaux III.1. les avantages et les inconvénients du charbon actif en poudre:[8]*

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le charbon actif en granule.</li><li>➤ Des quantités supplémentaires peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentelles ou temporaires.</li><li>➤ L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Le charbon actif en poudre ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde.</li><li>➤ Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impuretés sans ajouter une quantité très importante de charbon actif en poudre.</li><li>➤ La détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration applicable est limitée</li></ul>

### III.3.3. Le charbon actif en grain (CAG):

La forme charbons actifs granulaire comme est caractérisée par une taille des particules supérieure à 1mm, un faible diamètre des pores, une grande surface interne et une externe

## Chapitre III généralités sur le charbon actif

relativement faible. Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans le processus d'adsorption.

Ces charbons sont préférentiellement utilisés en lit fixe pour l'adsorption des gaz et des vapeurs. Ils sont couramment utilisés pour le traitement de l'eau.[9]



*Figure III.4 : charbon actif granulé*

*Tableaux III.2.les avantages et les inconvénients du charbon actif en granulé:[8]*

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ La durée de vie du charbon actif granulé dépend de l'abatement de la matière organique et du lissage des points de pesticide.</li><li>➤ Il a une grande capacité d'adsorption pour les substances organiques en particulier les solvants.</li><li>➤ Il fonctionne bien dans un domaine large de température et d'humidité</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ La cinétique d'adsorption est lente.</li><li>➤ Préfiltration: Les carburants dissous et matières en particules peuvent rapidement encrasser le charbon, nécessitant un prétraitement dans la plupart des cas.</li><li>➤ Coût: Le besoin de remplacer régulièrement le charbon épuisé rend le charbon actif granulé plus cher que le stripping pour des concentrations élevées de contaminants.</li></ul>

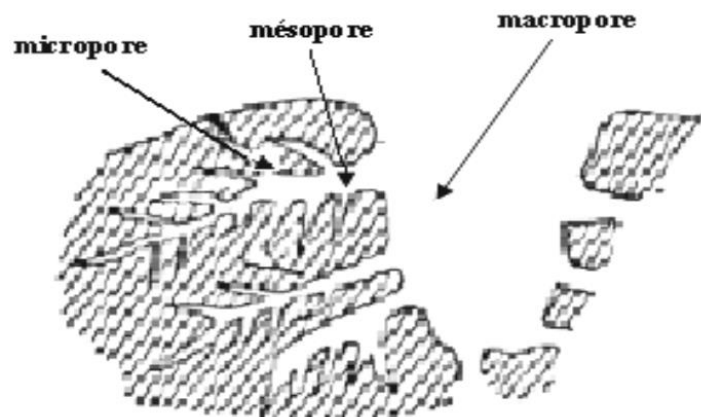
### III .4.Texture du charbon actif:

La texture est en général caractérisée par deux principaux paramètres :

l'aire spécifique et la porosité. Cette paramètre est indispensable pour déterminer les capacités et les cinétiques d'adsorption. [10][11]

la porosité est classée de la manière suivante :

- ✚ **Les macropores** : ils possèdent un rayon moyen compris entre 500 et 1000 Å, voir jusqu'à 20000 Å.
- ✚ **Les micropores** : Leur rayon qui est inférieur à 18 Å (de l'ordre de la taille des molécules simples) leur confère un très grand rôle dans le processus d'adsorption.
- ✚ **Les mésopores**: ils ont un rayon compris entre 18-20 Å et 500-1000 Å. Leurs surfaces spécifiques (25 à 75 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) montrent qu'ils peuvent influencer moyennement la capacité d'adsorption. [10][11]



*Figure III.5 : Structure des pores de Charbon Actif*

### III .5.Surface spécifiques :

La surface spécifique de charbon actif est une surface par unité de masse. Elle est exprimée en m<sup>2</sup>/g. Son estimation est conventionnellement fondée sur des mesures de la capacité d'adsorption de l'adsorbant en question, correspondant à un adsorbant donné ; la molécule adsorbée doit avoir une surface connue et acceptable. Il suffit à cet effet, de déterminer la valeur de la capacité de la monocouche à partir de l'isotherme d'adsorption. [12]

# Chapitre III généralités sur le charbon actif

---

## III.6.Utilisation du charbon active:

Les domaines d'application des charbons actifs sont nombreux et variés

### III.6.1.adsorbant :

Grace à ses propriétés particulières (grande surface spécifique, hétérogénéité chimique et structurale), le charbon actif est capable d'adsorber toute sorte de composés organiques et inorganiques. Cependant, l'adsorption est un phénomène qui dépend non seulement de la nature physique et chimique de l'adsorbant, mais aussi de la nature de l'adsorbat (pKa, groupes fonctionnels présents, polarité, poids moléculaire, taille) et de la solution (pH, force ionique, concentration en adsorbat) .

### III.6.2.Médecine:

- + Chélateur dans un grand nombre d'intoxications,
- + Epuration digestive et abaissement du taux de cholestérol total et en particulier du taux des LDL.
- + anti-diarrhéique dans les cas des diarrhées.
- + Aigreurs d'estomac, aérophagies, flatulences.
- + Dans les cas de gastro-entérites, de gastralgies et dans les états d'infection de l'intestin accompagnés de constipation[13]

### III.6.3.Agroalimentaire:

- + domaine des eaux et autres liquides alimentaires tels que les boissons gazeuses
- + Décoloration des édulcorants (glucose, saccharose), des acides organiques issus de procédés fermentaires, des acides aminés et des vitamines.
- + Purification des huiles végétales et animales,
- + Abattement de toxines dans les jus de fruits.
- + Détachage des vins blancs, comme le Champagne produit à partir de raisin noir.
- + Décoloration du sucre.

### III.6.4.Industrie chimique:

- ✚ Stockage de l'hydrogène (nano-fibres de charbon actif ou de dérivés du charbon),
- ✚ Support pour métaux catalytiques ultra divisés (platine ou nickel sur charbon actif),
- ✚ Traitement des eaux par charbon actif
- ✚ Extraction de l'or des minerais (fixation sur le charbon actif),
- ✚ Traitement des effluents liquides,
- ✚ Traitements des gaz (Composés Organiques Volatils COV)[13] .

## Références bibliographiques du chapitre III

---

- [1] **Mbaye Gueye** "synthese et etude des charbons actifs pour le traitement des eaux usees d'une tannerie" Mémoire de magister institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2009).
- [2] **Melle Nora SEDIRA** "Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes" Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras.
- [3] **SEKIRIFA Mohamed Lamine** "Étude des propriétés adsorbantes des charbonsactivés issus des noyaux de dattes.Application au traitement d'effluent aqueux" thèse de doctorat; Université Badji Mokhtar, Annaba (2013).
- [4] **J-P.wauquier** "le raffinage de pétrole tome 2"; Edition Technip; paris 1998;(p540).
- [5] **Boukhari Brahim** "fabrication et application du charbon actif (carbone activé) à partir des noyaux des dattes" Mémoire de master Université Mohamed Khider – Biskra (2015).
- [6] **Moreno-Castilla, C.** (2004). Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials, Carbon, 42, 83-94.
- [7] **N'guessan Joachim KROU** "Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentielAD-OX d'élimination de polluants organiques" These de Doctorat Universite de Toulouse (2010).
- [8] **DJIDEL TADJIA** "etude de la preparation d'un charbon actif à partir des grain d'olives et application sur des rejets industriels" Memoir de magister Université Med-BOUDIAF oran (2011).
- [9] **Carmen MANOLE CREANGĂ** "Procédé AD-OX d'élimination de polluants Borganiques non biodégradables (par adsorptionpuis oxydation catalytique)" These de Doctorat L'institut National Polytechnique de Toulouse (2007).
- [10] **Gouarir Borhane** "Elimination d'un colorant par adsorption sur support solide et parprocédés photochimiques, en milieu aqueux" Mémoire de magister Universite de constantine1.
- [11] **Seghier Abdelkarim** "Synthèse d'un charbon actif à base de grignonsd'abricot pour la dépollution des eaux usées" Mémoire de magister; Universite d'Oran (2010).

## Références bibliographiques du chapitre III

---

[12] **yahiaoui nouara** " etude de l'adsorption des composes phenoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif " mémoire de magister; universite de tizi ouzou (2012).

[13] **Messemeche Faiza** "Etude qualitative et quantitative de l'adsorption d'un colorant organiquesur le charbon actif" Mémoire de Master; Université Med Khider Biskra(2014).

*Chapitre IV*

*étude*

*expérimentale*

## **introduction :**

Dans ce chapitre on a étudié l'efficacité d'un charbon actif pour épurer des solutions aqueuses, contenant des colorants. Nos expériences consistent à étudier l'adsorption au mode statique à partir d'une solution artificielle contenant le rouge congo (RC). nous avons étudié l'effet des différents paramètres sur la capacité d'adsorption: le temps de contact, la concentration initial, la masse d'adsorbant, et la température. Après, nous avons faire une modilisation de cinétiques pour simuler les données expérimentales de cinétique d'adsorption des colorants. Enfin, nous avons étudié les isothermes d'adsorption. Les isothermes d'adsorption peuvent être générées sur la base de nombreux modèles théoriques

## **IV .1 Matériels et produit utilisés:**

- ❖ Agitateur magnétique.
- ❖ Thermomètre.
- ❖ pH-mètre.
- ❖ Balance analytique.
- ❖ Fiole jaugée .
- ❖ Pipette graduée.
- ❖ Charbon actif en poudre.
- ❖ Hydroxyde de sodium (NaOH)
- ❖ Acide chlorhydrique (HCl)

### **IV 1.1.Le spectrophotomètre:**

Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques. Les analyses sont effectuées sur un spectrophotomètre piloté par un ordinateur. Les longueurs d'onde maximales sont obtenues directement par balayage automatique entre 200 et 800 nm. Des cuves en quartz de 1cm de trajet optique sont utilisées. Des échantillons témoins sans adsorbants sont préparés afin de vérifier qu'il n'y a aucune interférence au cours du temps[1]



*Figure IV.1: la spectrophotomètre UV visible.*

### IV .1.2.Caractéristiques de charbon actif utilisés :

*Tableau IV.1: caractéristique de charbon actif utilisé*

<b>PH</b>	<b>6.0-7.5</b>
<b>Taille de particules 300 mesh %</b>	<b>0.0</b>
<b>Teneur en humidité (105 °C)%</b>	<b>5.0</b>
<b>Acide soluble %</b>	<b>1.5</b>
<b>Soluble dans l'eau %</b>	<b>0.2</b>
<b>Teneur en cendres %</b>	<b>5.0</b>

### IV.2 Le choix du colorant:

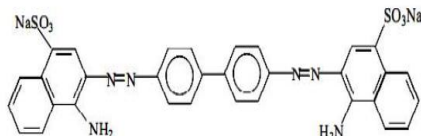
Le choix du colorant étudié répond aux critères suivants :

- ✚ leurs solubilités élevée dans l'eau.
- ✚ l'analyse simple et rapide par spectrophotométrie dans le visible.

RC est un colorant dangereux sur l'environnement, en particulier l'eau ci-dessous présente les principales caractéristiques physiques et chimiques de la RC

# Etude expérimentale

Tableau IV.2: caractéristiques physico-chimiques de RC.[2]

<b>Nom</b>	Rouge Congo (RC)
<b>PKa</b>	environ 4
<b>Formule</b>	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$
<b>Utilité</b>	Textile
<b>Masse molaire</b>	696.66 g/mol
<b>Longer d'onde</b>	498 nm
<b>Structure</b>	

## IV .3 Préparation de la solution mère du rouge Congo:

Nous avons préparé dans une fiole de 1 litre, une solution mère de RC par dissolution de **75 mg** dans une litre d'eau distillée. cette concentration est utilisé dans toutes les expériences.

### IV .3.1 détermination de Longueur d'onde de RC :

On prend un solution mère de concentration 25 mg/l, à l'aide de spectrophotomètre on fait un balayage spectral dans la plage de longueur d'onde (200-800 nm). La figure montre que le maximum d'adsorption de RC se suite à une longueur d'onde = 498 nm.

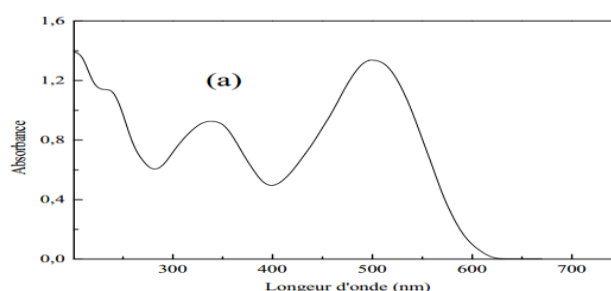


Figure IV.2 : balayage spectral du RC

### IV .3.2 courbe d'étalonnage:

Pour obtenir les concentrations des solutions préparées, nous avons utilisé l'équation de la dilution suivante :

## Etude expérimentale

---

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \dots\dots\dots \text{VI.1}$$

$C_1$  : Concentration de la solution mère (mg/l) ;

$V_1$  : Volume de la solution mère à prélever (l) ;

$C_2$  : Concentration de la solution fille (mg/l) ;

$V_2$  : Volume de la solution mère fille (l).

Ces solutions ont été Analysées par spectrophotométrie UV/visible et les absorbances relatives à ces concentrations ont été déterminées avec  $\lambda_{\text{max}} = 498$ . la droite d'étalonnage représentant la densité optique en fonction de la concentration initiale  $C$ . la courbe d'étalonnage est établie pour déterminer les concentrations résiduelles.

### **IV.4 l'effet de certain paramètre sur l'adsorption du RC:**

Pour étudier le phénomène de l'adsorption du RC sur charbon actif nous avons opté à des conditions opératoires suivantes: temps de contact, pH de solution masse du charbon actif, vitesse d'agitation, température, concentration initiale du RC.

A la fin de chaque manipulation d'adsorption, la solution a été filtrée par centrifugation à vitesse de 4000 tr/min pendant 15 minutes ensuite dosée par spectrophotométrie UV Visible dans le but de déterminer la concentration résiduelle des RC.

#### **IV .4.1.l'effet de vitesse d'agitation:**

La vitesse d'agitation est une condition opératoire physique qui n'a pas de relation avec la nature chimique de l'adsorbant utilisé. nous avons opté pour l'optimisation de ce paramètre en introduisant des masses de charbon actif (50 mg) dans des volumes (50mL) de solution de RC dont la concentration initiale égale à 75 mg/l , pH = 7 et en agitant à différentes vitesses (250, 400, 500, 600, 750 tr/min) pendant 150 min à la température ambiante.

#### **IV .4.2 Etude de l'influence du pH de la solution sur l'adsorption:**

Le pH joue un rôle important dans le processus d'adsorption. puisqu'il agit sur l'état d'ionisation de la surface de l'adsorbant. l'influence du pH sur l'adsorption a été étudié en faisant varier le pH de la solution de (3 à 10).

## Etude expérimentale

---

Dans une série de béchers, nous avons introduit 50 mL de solution connue de RC de concentration égale 75 mg/l en ajustant les solutions aux valeurs désirées du pH par HCl (1N) et NaOH (2N). le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre , Le mélange est agité avec une masse 25 mg du charbon actif pendant un temps 150 min et vitesse d'agitation 400tr/min à température ambiante, après centrifugation le liquide surnageant est analysé par spectrophotomètre UV-visible. Le point de pH optimale est utilisé à la fin de l'expérience.

### IV .4.3 effect de la masse de charbon actif:

L'effet de la masse initiale de charbon actif est très indispensable pour connaitre la meilleur quantité adsorbé a quelle masse. Cette expérience a été étudiée à pH égale 5 et à température ambiante. On agitant pendant 150 min à une vitesse de 400 tr/min. les masses de charbon actif étudié sont 25mg, 30mg, 35mg, 40mg, 45mg, 50mg.

On tracer la courbe de rendement de l'adsorption du RC à l'aide de l'équation suivants

$$R\% = \frac{C_i - C_e}{C_i} \cdot 100 \dots\dots\dots \text{IV.2}$$

### IV .4.4 la cinétique d'adsorption (temps de contact):

Cette étape est plus importante pour connaitre le temps d'équilibre de la réaction d'adsorption. on prépare une série des échantillons Contient 50 ml de solution de RC avec concentration égale 75mg/l . Chaque échantillon est mélangé avec une masse égale 40 mg de charbon actif. Le pH égale 5 et la température est constant, la vitesse d'agitation égale 400 tr/min.

### IV .4.5 isotherme d'adsorption:

Dans une série de béchers, on introduit un volume de 50 ml de rouge Congo, Nous utilisons des concentrations différentes de 70 mg/l à 120 mg/l, on ajoute une masse de 40 mg de charbon actif pour chaque bécher, la vitesse d'agitation est 400 tr/min pendant 120 min à température ambiante.

Après la centrifugation on analysés par UV-visible et les résultat obtenus permettre de trace la courbe d'isotherme  $Q_a = f(C_e)$ .

## Etude expérimentale

### IV .4.5 effet de la température:

L'effet de la température est étudiée avec des solution de RC à concentration 75mg/l, et une volume 50ml à pH égale 5 de solution. nous avons ajouté une masse de charbon actif commercial égale 40mg sont placé dans un bain marie à l'aide d'un thermostat pour préserver la température désirée constante et nous chauffons et agitons à l'aide d'un agitateur magnétique avec une vitesse égale 400 tr/min .l'adsorption est étudié aux température suivantes: 35, 40, 55 °C.

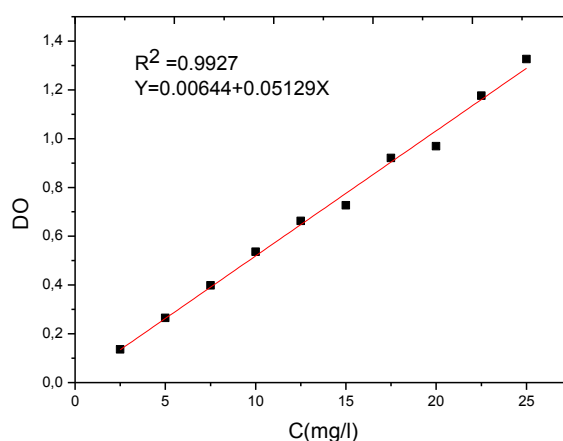
Le tempe de contact est à partir de 15 min jusqu'a l' 'équilibre.

### IV.II. Résultats et discussions:

#### IV.II.1.Courbe d'étalonnage :

*Tableau IV.3: résultats expérimentales de courbe d'étalonnage.*

V (RC)	5	10	15	20	25	35	45	50
V (H <sub>2</sub> O)	45	40	35	30	25	15	5	0
C (mg/l)	2.5	5	7.5	10	12.5	17.5	22.5	25
DO	0.1361	0.2651	0.3982	0.5361	0.6628	0.9207	1.176	1.3258



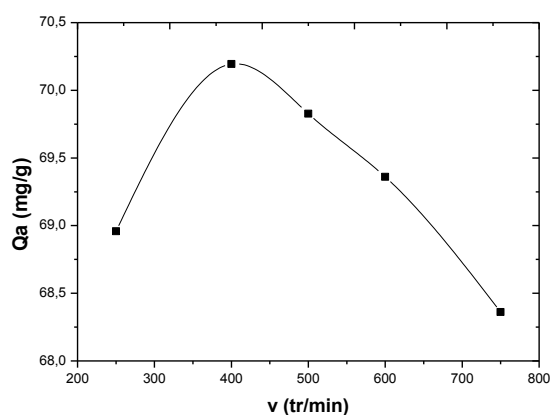
*Figure VI.3: courbe d'étalonnage de RC à pH égale 7*

## Etude expérimentale

### IV.II.2.Vitesse d'agitation:

*Tableau IV.4: résultats expérimentales de l'effet de la vitesse d'agitation*

V (tr/min)	250	400	500	600	750
DO	0.3163	0.2529	0.2717	0.2956	0.3469
Ce (mg/l)	6.0419	4.8055	5.1724	5.639	6.639
Qa (mg/g)	68.9581	70.1945	69.8276	69.361	68.361
pH	7.52	7.84	7.63	7.71	7.79



*Figure IV.4: Influence de la vitesse d'agitation sur l'adsorption du RC*

$$C = 75 \text{ mg/l}, V = 50 \text{ ml}, t = 150 \text{ min}, m = 50 \text{ mg}, \text{pH} = 7$$

D'après les résultats donnés par la figure IV.4, nous remarquons que la capacité de l'adsorption de RC augmente avec l'augmentation de la vitesse d'agitation jusqu'à 400 tr/min, après cette vitesse la capacité d'adsorption commence à diminuer. On peut traduire ces résultats par le phénomène d'adsorption physique due aux faibles forces d'attraction entre le charbon et le colorant. Finalement on peut dire que l'agitation est une influence non négligeable sur la capacité d'adsorption et que dans notre cas il est recommandé de travailler avec une vitesse d'agitation égale à 400 tr/min afin d'obtenir le meilleur résultat de la quantité optimale adsorbée pour le RC.

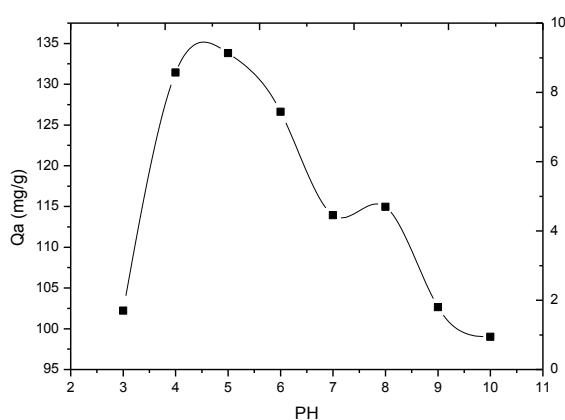
## Etude expérimentale

### IV.II.3.L'effet de pH :

Le pH initial de la solution est un paramètre très important, il y a un grand effet sur l'adsorption de RC et donc sur la quantité adsorbée. Les résultats de l'adsorption de RC sur le charbon actif en différents valeur de pH sont représentés dans la figure suivante.

*Tableau IV.5: résultats expérimentales de l'effet de PH initial*

pH <sub>i</sub>	3	4	5	6	7	8	9	10
pH <sub>e</sub>	3.61	7.07	7.21	7.55	7.40	7.83	9.08	9.17
DO	0.8769	0.4827	0.4214	0.6061	0.9313	0.9050	0.9677	1.0365
Ce	23.8915	9.2856	8.0904	11.6931	18.0321	17.5192	23.6795	25.4907
Qa	102.217	131.428	133.819	126.613	113.937	114.961	102.64	99.018



*Figure IV.5: l'influence du pH initial sur l'adsorption de RC sur charbon actif*

**V**=50 ml; **m** = 25 mg; **C** =75 mg/l; **t** =150 min; **T**= 25±2 °C; **v** =400tr/min

D'après les résultats consignés dans la figure, nous remarquons que la quantité adsorbée de RC sur charbon actif est beaucoup plus important aux pH acides Par rapport à pH basique. Cette remarque peut être expliquée par le fait qu'à l'état acide, la charge positive domine la surface de l'adsorbant. Aussi une attraction électrostatique sensiblement élève existe entre les charges positives de la surface de l'adsorbant et les charge négatives du RC. [3]

## Etude expérimentale

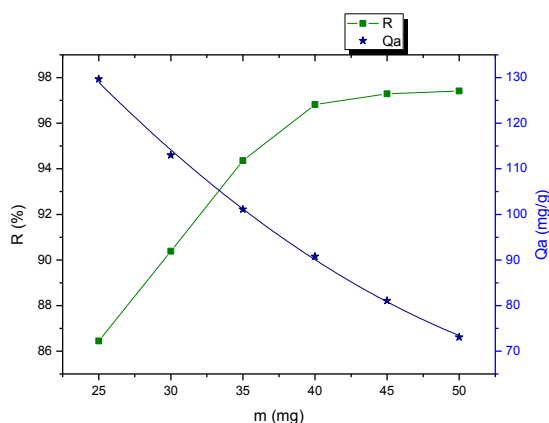
En pH basique la quantité adsorbées est diminuée, la diminution explique par l'existence d'une attraction entre les charges des ions  $\text{OH}^-$  de l'adsorbat et les ions  $\text{OH}^-$  de la surface de l'adsorbant. Alors on peut dire que le  $\text{pH} = 5$  est la meilleure Valeur pour obtenir une bonne quantités adsorbée.

### IV.II.4. effet de la masse:

La figure suivants montre l'influence de la variation de la masse de charbon actif sur l'adsorption de RC à concentration initiale constante de RC égale 75 mg/l et temps d'équilibre égal à 150 minutes, avec variation de la masse du charbon de 25 à 50 mg.

*Tableau IV.6 : résultats expérimentales de l'effet de la masse*

<b>m (mg)</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>
<b>pHe</b>	7.33	7.25	7.05	7.66	7.48	7.72
<b>DO</b>	0.5279	0.3764	0.2234	0.1287	0.1106	0.1059
<b>Ce mg/l</b>	10.1671	7.2138	4.2308	2.3844	2.0322	1.94
<b>TX(%)</b>	86.4438	90.3815	94.3589	96.8208	97.2904	97.4133
<b>Qa</b>	129.6658	112.977	101.0988	90.7695	81.0754	73.06



*Figure IV.6: l'effet de la masse sur l'adsorption du RC*

$C = 75 \text{ mg/l}$ ,  $V = 50 \text{ ml}$ ,  $t = 150 \text{ min}$ ,  $v = 400 \text{ tr/min}$ ,  $\text{pH} = 5$ ,  $T = 25^\circ\text{C}$

Nous remarquons d'après la figure IV.6 que le rendement d'élimination de RC est augmenté lorsque la masse de l'adsorbant augmente. car l'augmentation de la masse de

## Etude expérimentale

l'adsorbant augmente la surface spécifique et donc le nombre des sites disponibles, par contre la quantité adsorbée par unité de masse (mg/g) diminue pourrait s'expliquer par la non-saturation des sites d'adsorption [4]

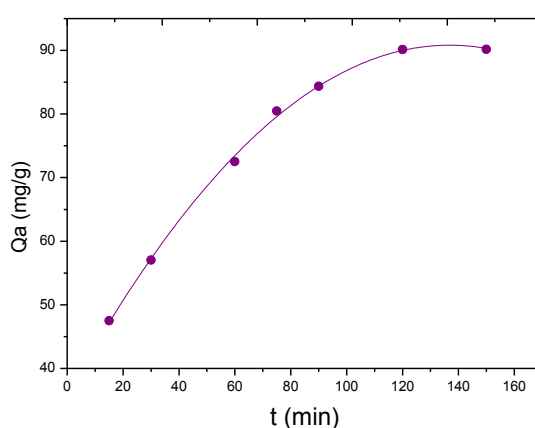
Aussi il y a une variation plus ou moins significative de la concentration résiduelle de RC. Alors cette courbe nous aidera donc à faire le bon choix du rapport solide / liquide. A travers les résultats obtenus, on peut dire que la masse 40 mg est la meilleure masse pour l'adsorption.

### IV.II.5 cinétique d'adsorption:

La relation entre l'adsorption de colorant RC et le temps de contact a été étudiée pour déterminer le taux de disparition du colorant et la quantité maximale adsorbée.

*Tableau IV.7: résultats expérimentales de la cinétique d'adsorption*

T(min)	15	30	60	75	90	120	150
DO	1.904	1.5124	0.8778	0.5521	0.3917	0.1547	0.1537
Ce(mg/l)	36.998	29.3617	16.99	10.6395	7.5123	2.8912	2.8712
Qa(mg/g)	47.5024	57.0478	72.5118	80.4506	84.3596	90.136	90.160
pHe	7.66	7.34	7.14	7.50	7.44	7.46	7.39



*Figure IV.7. cinétique d'adsorption de RC*

$C=75$  mg/l;  $V=50$ ml;  $v= 400$  tr/min;  $pH =5$ ;  $T^\circ = 25 \pm 2$  °C ;  $m =40$  mg

## Etude expérimentale

---

Les résultats obtenus montrent que la capacité d'adsorption de RC augmente en fonction du temps de contact jusqu'à atteindre un palier de saturation.

Nous pouvons considérer selon les résultats obtenus que la rétention de RC consiste en deux étapes distinctes. L'adsorption est tout d'abord rapide ça peut être expliqué par la disponibilité abondante des sites actifs (les pores) sur la surface du charbon actif, ensuite elle devient stable au bout de 120 minutes qui correspond à l'équilibre puisque tous les sites deviennent occupés, et on remarque la disparition du colorant de la solution.

On conclue que dans ces conditions que le temps de contact nécessaire aux solutions du colorant RC pour atteindre l'équilibre est de 120 min avec une capacité de rétention de  $Q_a = 90.136 \text{ mg/g}$ .

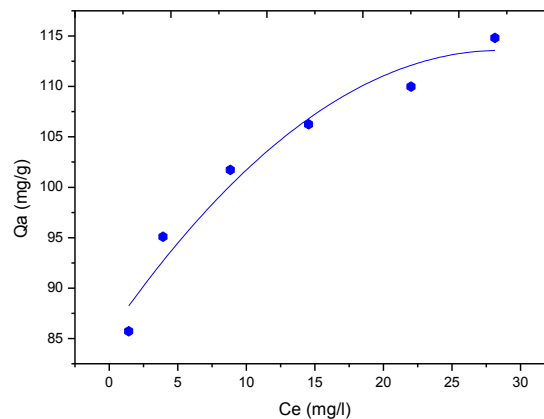
### IV.II.6 isotherme d'adsorption:

L'isothermes d'adsorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales d'adsorption. Il est donc indispensable dans notre étude.

L'isotherme d'adsorption exprime la relation entre la concentration de l'adsorbat et son degré d'accumulation sur la surface de l'adsorbant à une condition initial ( température, pH, vitesse d'agitation ..) constantes. Dans le but d'étudier son effet nous avons considéré les valeurs suivantes: 70, 80, 90, 100, 110 et 120mg/L. les résultats obtenus sont représentés sur le tableau suivante:

*Tableau IV.8 : résultats expérimentales de l'isotherme*

<b>Ci (mg/l)</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>
<b>Ce (mg/l)</b>	1.4301	3.925	8.8263	14.55	22.014	28.142
<b>pHe</b>	7.12	7.17	7.33	7.32	7.41	7.37
<b>Qa mg/g</b>	85.7123	95.0937	101.7171	106.25	109.9825	114.8225
<b>DO</b>	0.0797	0.2077	0.4591	0.7527	1.1355	1.4498



**Figure IV.8:** *l'isotherme d'adsorption de RC sur charbon actif*

**V** = 50 ml; **t** = 120 min ; **T** =  $25 \pm 2$  °C ; **m** = 40mg ; **pH** = 5; **v** = 400 tr/min

La Figure IV.8 présente l'isotherme d'adsorption de RC à une température ambiante 25°C .cette figure montre que la quantité adsorbée augmente avec l'augmentation de la concentration en solution. D'après la classification de Giles, les isothermes sont de type L

Ces phénomènes se produisent lorsque les forces d'attraction entre les molécules adsorbées sont faibles parce que les molécules sont adsorbées horizontalement, ce qui minimise leur attraction latérale. Il peut également apparaître quand les molécules sont adsorbées verticalement avec des liaisons assez fortes de telle manière à rendre négligeable les interactions latéral.[5]

### **IV.II.7 effet de la température :**

Dans la nature, les phénomènes d'adsorption sont généralement exothermiques, De ce fait, on peut admettre qu'une augmentation de la température affecte beaucoup plus l'adsorption physique que chimique. De nombreuses études de l'influence de la température sur l'adsorption des composés organiques ont été réalisées.

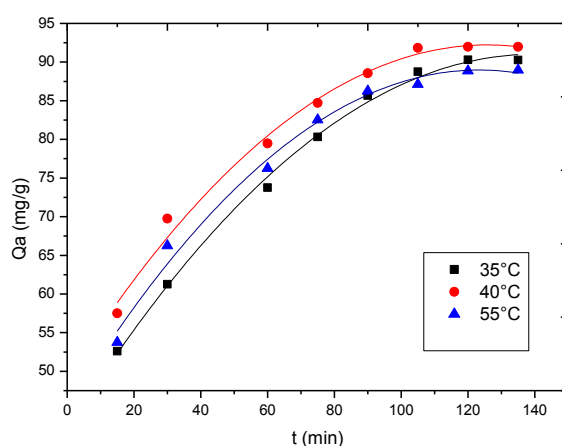
L'augmentation de la température est connue pour augmenter la vitesse de la diffusion des molécules d'adsorbat à travers la couche limite externe et à l'intérieur des particules d'adsorbant, à cause de la diminution de la viscosité de la solution [4]

La figure IV.9 traduit l'effet de la température sur les quantités adsorbées.

## Etude expérimentale

*Tableau IV.9: résultats expérimentales de l'effet de la température*

	T	15	30	60	75	90	105	120	135
35°C	Ce	32.923	25.992	15.999	10.743	6.4608	3.9922	2.772	2.7918
	Qa	52.596	61.259	73.75	80.321	85.674	88.759	90.285	90.26
	DO	1.695	1.3395	0.827	0.5574	0.3378	0.2111	0.1486	0.1496
	pHe	7.36	7.45	7.24	7.36	7.48	7.44	7.68	7.74
40°C	Ce	28.999	19.199	11.427	7.2208	4.1488	1.5247	1.427	1.4313
	Qa	57.501	69.75	79.469	84.724	88.564	91.844	91.966	91.96
	DO	1.4937	0.9911	0.5925	0.3767	0.2192	0.0846	0.0796	0.0734
	pHe	7.74	7.61	7.66	7.24	7.14	7.32	7.11	7.63
55°C	Ce	31.992	21.999	13.992	8.9728	5.999	5.2999	3.8996	3.8096
	Qa	53.759	66.25	76.259	82.534	86.25	87.125	88.875	88.988
	DO	1.6473	1.1347	0.724	0.4666	0.3141	0.2782	0.2064	0.2018
	pHe	7.49	7.51	7.38	7.69	7.72	7.85	7.64	7.78



*Figure IV.9 Influence de la température sur l'adsorption de RC sur charbon actif*

**V=50 ml, C= 75mg/l, m=40 mg, v =400 tr/min, pH= 5, t =120 min**

## Etude expérimentale

---

Après Les résultats obtenus nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence entre les quantités adsorbées maximale à différentes températures mais il y a une diminution de la capacité d'adsorption avec l'augmentation de la température cette diminution est principalement due à l'affaiblissement des forces adsorptives entre les sites actifs sur le charbon actif et les molécules des RC

### IV. III. Modélisation de résultats:

#### IV. III.1. Modélisation de la cinétique:

Plusieurs modèles de cinétique ont été utilisés afin d'interpréter les données expérimentales, pour donner des informations essentielles pour l'utilisation de ces charbons actifs dans le domaine d'adsorption. Nous avons adopté quatre modèles de cinétique, Ces modèles sont : modèles de pseudo-premier-ordre (PPO), de pseudo-second-ordre (PSO) Elovich et la diffusion intraparticule

##### A. Modèle de la cinétique du pseudo premier ordre (modèle Lagergren) :

L'équation de Lagergren est une expression de pseudo-premier ordre pour l'adsorption dans un système liquide-solide. Elle est représentée de la relation suivante :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \dots \dots \dots \text{IV.3}$$

Après intégration et application des conditions initiales l'équation est exprimée par l'équation suivant:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 \cdot t \dots \dots \dots \text{IV.4}$$

Avec:

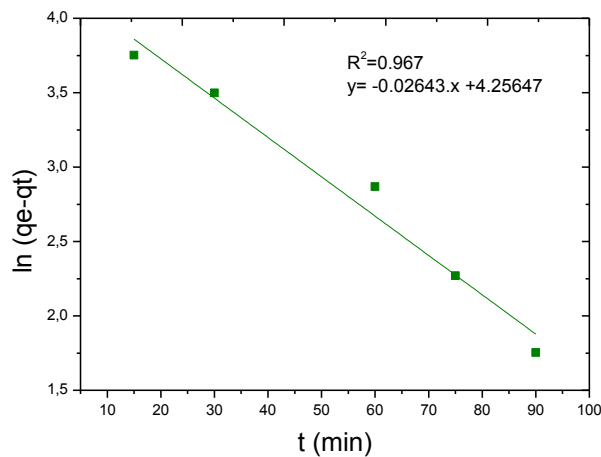
**k<sub>1</sub>** : constante de vitesse d'adsorption (1/min),

**q<sub>t</sub>** : la capacité d'adsorption au temps t. (mg/g).

**q<sub>e</sub>** : la capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g).

**t** : temps (min).[6]

le calcul de la constante de vitesse d'adsorption est obtenu à partir la courbe  $\log [(q_e - q)/q_e]$  en fonction du temps t



**Figure VI.10:** modélisation de la cinétique d'adsorption du RC (modèle de pseudo premier ordre)

### B. Modèle de la cinétique du deuxième ordre (Modèle de Blanchard):

Le modèle du pseudo deuxième ordre suggère l'existence d'une chimisorption, un échange d'électron par exemple entre molécule d'adsorbat et l'adsorbant solide. Il est représenté par la formule suivante :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \dots\dots\dots\text{IV.5}$$

L'intégration de l'équation qui donne :

$$\frac{1}{q_t} = \frac{1}{(k_2 \cdot q_e^2)} + \frac{1}{q_e} \dots\dots\dots\text{IV.6}$$

Avec:

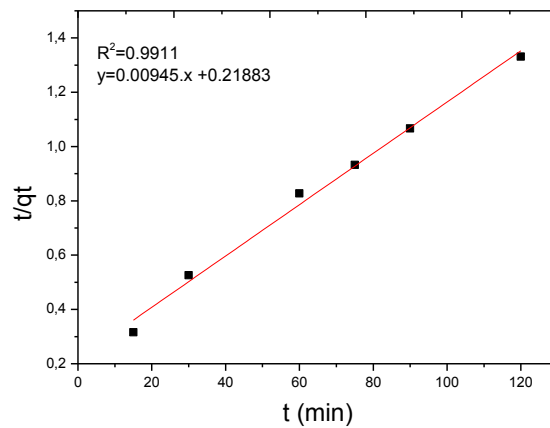
**k<sub>2</sub>** : la constante de vitesse pour une cinétique du deuxième ordre

**q<sub>t</sub>** : la capacité d'adsorption à l'instant t.

**q<sub>e</sub>** : la capacité d'adsorption à l'équilibre[6]

La constante de vitesse de pseudo-second ordre est utilisée pour calculer la vitesse initiale de sorption h (mg/g min) en utilisant l'équation suivante :

$$h = K_2 \cdot q_e^2 \dots\dots\dots\text{IV.7}$$



*Figure VI.11: modélisation de la cinétique (modèle de pseudo second ordre).*

### C. Modèle d'elovitch:

Ce modèle est représenté par l'équation suivante :

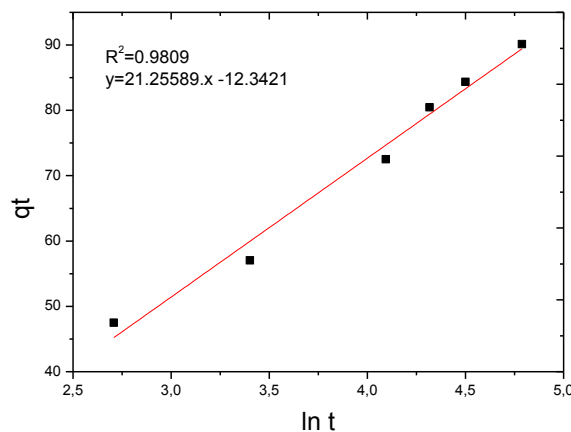
$$qt = \beta \cdot \ln(\alpha\beta) + \beta \cdot \ln(t) \dots\dots\text{IV.8}$$

Avec:

$\alpha$  : le taux d'adsorption initiale en (mg/g min)

$\beta$  : constante relié à la surface externe et à l'énergie d'activation de la chimisorption en (g/mg).

Ce modèle n'apporte pas des hypothèses évidentes pour le mécanisme de rétention. Mais, il est recommandé pour des systèmes hautement hétérogènes[7]



*Figure VI.12: modélisation de la cinétique d'adsorption du RC (modèle d'elovitch).*

# Etude expérimentale

## D. Modèle de la diffusion intra particule (Weber et Morris):

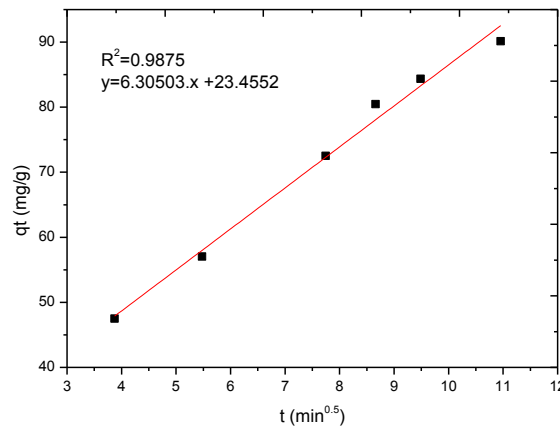
Le modèle de la diffusion intra particule est proposé par Weber et Morris. Il est représenté par l'équation suivante :

$$qt = K_w * t^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots \text{IV.9}$$

Avec:

$K_w$ : la constante de la diffusion intra particule en (mg/g min<sup>1/2</sup>)

Si  $q = f(t^{1/2})$  La constante  $K_w$  est déduite de la pente de la partie linéaire de l'équation représentant ce modèle.[7]



*Figure IV.13: modélisation de la cinétique (modèle de la diffusion intraparticule).*

## Etude expérimentale

*Tableau IV.10 : résultats de différentes modélisations de cinétique d'adsorption de RC sur charbon actif*

<b>Modèle du Pseudo-premier ordre</b>	<b>K<sub>1</sub></b> (1/min)	0.02643
	<b>R<sup>2</sup></b>	0.967
<b>Modèle du Pseudo-second ordre</b>	<b>K<sub>2</sub></b> (g/mg.min)	5.6246.10 <sup>-4</sup>
	<b>Q<sub>e</sub></b> (mg/g)	105.8201
	<b>h</b> (mg/g.min)	4.5697
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.9911</b>
<b>Modèle d'elovich</b>	<b>A</b>	0.02632
	<b>B</b> (mg/g)	21.25589
	<b>R<sup>2</sup></b>	0.9809
<b>Modèle de Diffusion intra-particulaire</b>	<b>K<sub>w</sub></b> (mg/g.min <sup>0.5</sup> )	6.300503
	<b>R<sup>2</sup></b>	0.9875

Le meilleur modèle établi pour l'étude de la cinétique d'adsorption est choisi selon le facteur de corrélation. Plus ce facteur est élevé plus le modèle est favorable pour l'étude du processus d'adsorption. A partir des résultats des **tableaux IV.10**, nous remarquons que le modèle qui présente un facteur de corrélation le plus élevé est celui du modèle de pseudo-second-ordre avec un facteur **R<sup>2</sup> = 0.9911**, on peut en déduire donc que le modèle de pseudo-second-ordre est celui qui décrit mieux le processus d'adsorption de RC sur le charbon actif.

### IV. III.2 Modélisation de l'isotherme d'adsorption:

Il existe de nombreux modèles théoriques qui ont été développés pour décrire les isothermes d'adsorption. Elles expriment la relation entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant à une température donnée. Nous rappellerons ci-dessous les principales lois utilisées. Le meilleur modèle applicable parmi ceux que nous avons choisis sera évalué à partir de ce coefficient  $R^2$  ( $0 < R^2 < 1$ ) et la valeur de la quantité maximum obtenue à partir des différents modèles et celle obtenue expérimentalement.

#### A. Modèle de Langmuir :

L'équation de Langmuir s'écrit comme suit :

$$Q_e = \frac{Q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \dots\dots\dots \text{IV.10}$$

Avec:

**Q<sub>e</sub>**: quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant (mg.g-1).

**Q<sub>m</sub>**: capacité maximale de l'adsorbant appelée aussi capacité ultime (mg.g-1).

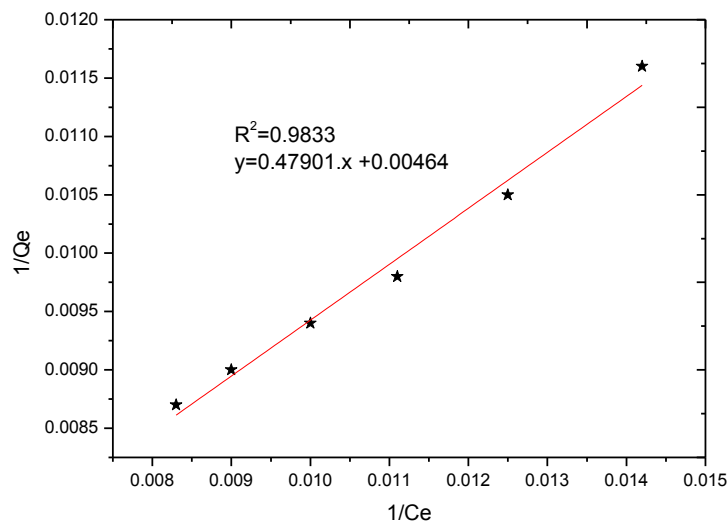
**K<sub>L</sub>**: constante de Langmuir (l/mg).

**C<sub>e</sub>** : concentration de l'adsorbat dans la phase liquide à l'équilibre (mg.L-1)[8]

La linéarisation de cette équation donne :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{(K_L \cdot Q_m)} \cdot \left( \frac{1}{C_e} \right) \dots\dots\dots \text{IV.11}$$

En traçant la droite  $1/Q_e = f(1/C_e)$  et à l'aide de la pente, on détermine les valeurs de la capacité de la monocouche **Q<sub>m</sub>** et du paramètre de Langmuir **K<sub>L</sub>**.



*Figure IV.14 : L'isotherme d'adsorption du RC sur charbon actif selon le modèle de Langmuir*

## B. modèle de Freundlich :

L'équation de Freundlich s'écrit comme suit:

$$Q_e = K_f * C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots\text{IV.12}$$

Avec:

**Q<sub>e</sub>** : quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g),

**C<sub>e</sub>** : concentration résiduelle de l'adsorbât à l'équilibre (mg/l ou mol/l)

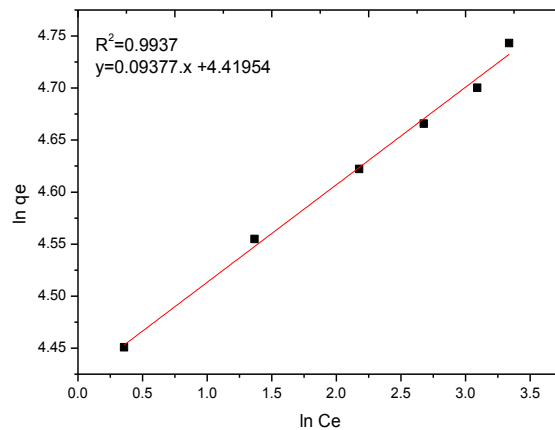
**K<sub>f</sub>, n** : constantes de Freundlich caractéristiques du polluant [8]

La linéarisation de cette équation donne :

$$\ln Q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \cdot \ln C_e \dots\dots\dots\text{IV.13}$$

On trace la courbe **Ln Q<sub>e</sub> = f (Ln C<sub>e</sub>)**, on obtient une droite de la forme **y = Ax + B**;

ou **1/ n** est la pente de la droite et **K<sub>f</sub>** est l'ordonnée à l'origine.



*Figure IV.15 : L'isotherme d'adsorption du RC sur charbon actif selon le modèle de freundlich*

### C. modèle de Temkin :

L'isotherme de Temkin a été généralement présentée par l'équation suivante:

$$Q_e = B. \ln C_e + B. \ln K_t \dots\dots\dots\text{IV.14}$$

$$B = \frac{RT}{\Delta Q}$$

Avec

**C<sub>e</sub>** : Concentration à l'équilibre, exprimé en (mg/l)

**Q<sub>e</sub>** : quantité du produit adsorbé par unité de masse d'adsorbant exprimé en (mg/g)

**ΔQ**: variation de l'énergie d'adsorption (j/mol.g/mg)

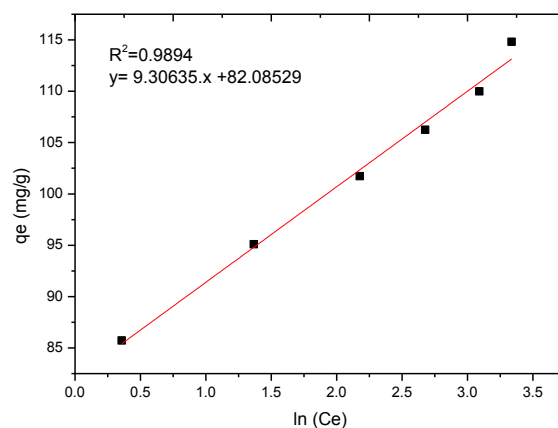
**K<sub>t</sub>**: constantes d'isotherme de Temkin (l/mg)

**T**:temperature en (k)

**R**: constante de gaz l'universel (8.314 J.k mol)[7]

En traçant  $Q_e = f(\ln C_e)$ , on obtient une droite dont la pente et l'ordonné à l'origine permettent de déterminer la constante d'équilibre **K<sub>t</sub>**

## Etude expérimentale



**Figure IV.16 :** L'isotherme d'adsorption du RC sur charbon actif selon le modèle de temkin.

**Tableau IV.11 :** résultats de différentes modélisations des isothermes d'adsorption de RC sur charbon actif.

<b>Le modèle de langmuir</b>	<b><math>K_L</math></b> (l/mg)	0.0096
	<b><math>Q_m</math></b> (mg/g)	215.5172
	<b><math>R^2</math></b>	0.9833
<b>Le modèle de freundlich</b>	<b><math>K_F</math></b> (mg/g)	83.058
	<b><math>n_f</math></b>	10.6643
	<b><math>R^2</math></b>	<b>0.9937</b>
<b>Le modèle de temkin</b>	<b><math>K_T</math></b>	23.97
	<b>B</b>	9.3063
	<b><math>\ln K_T</math></b>	8.8204
	<b><math>R^2</math></b>	0.9894

À partir des résultats obtenus, après la modélisation des isothermes d'adsorption (Langmuir, Freundlich et Temkin.), on observe que le coefficient de corrélation de Freundlich est le meilleur pour l'isotherme d'adsorption.

## Références bibliographiques du chapitre IV

---

- [1] **Gomri Fatima** " Synthèses et caractérisations d'argiles cationiques et anioniques organophiles. Elimination des chlorophénols" Mémoire Magister Université Ferhat Abbas setif (2010).
- [2] **Baghriche Oualid** " Contribution de methodes destructives (Photolyse et P.O.A's ) et non destructives à l'élimination de deux colorants (Bleu de méthylène et rouge Congo ) en solution aqueuse" mémoire magister Université Mentouri Constantine (2005).
- [3] **emna errais** "réactivité de surface d'argiles naturelles etude de l'adsorption de colorants anioniques" These de doctorat Université de Strasbourg (2011).
- [4] **Benamraoui Faouzia** "Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture" mémoire magister Université Ferhat Abbas setif, (2014).
- [5] **Heddi Djawhar** "Interaction des copolymères P4VP-alkylbromé avec les colorants textiles" Mémoire de Master, Université Abou Baker Belkaid (2013).
- [6] **R.K. Singh et al.** / Journal of Hazardous Materials 155 (2008) 523–535
- [7] **A. Rodríguez et al.** / Journal of Hazardous Materials 172 (2009) 1311–1320
- [8] **V. Vimonses et al.** / Applied Clay Science 43 (2009) 465–472

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Notre étude s'inscrit dans ce contexte de gestion durable de l'environnement, d'une part parce qu'elle prétend dépolluer des eaux contaminées et d'autre part parce qu'elle permet de valoriser un déchet abondamment disponible dans notre pays.

Cette présente étude avait pour objectif, l'application du charbon actif dans l'adsorption de colorant textiles (Rouge Congo) présente dans les eaux de l'industrie des textiles. Cette étude a été réalisée au laboratoire de recherches de l'université d'El-oud.

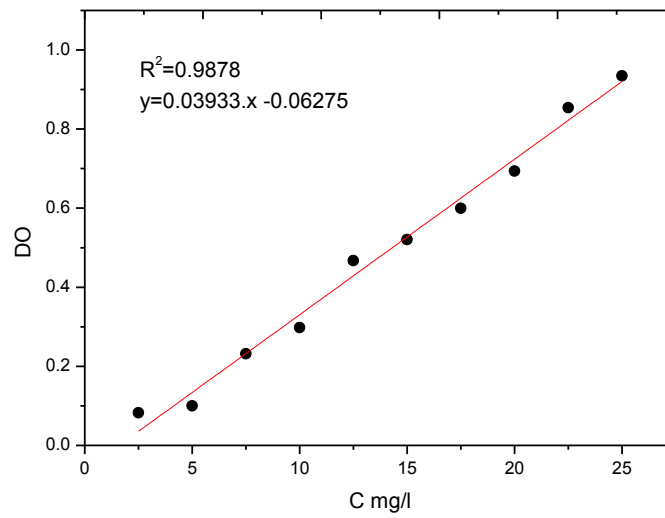
Dans notre étude nous avons essayé d'étudier l'influence de certains paramètres comme le pH, la masse, le temps de contact, et la température sur l'adsorption de Rouge Congo sur charbon actif.

Les expériences ont montré que :

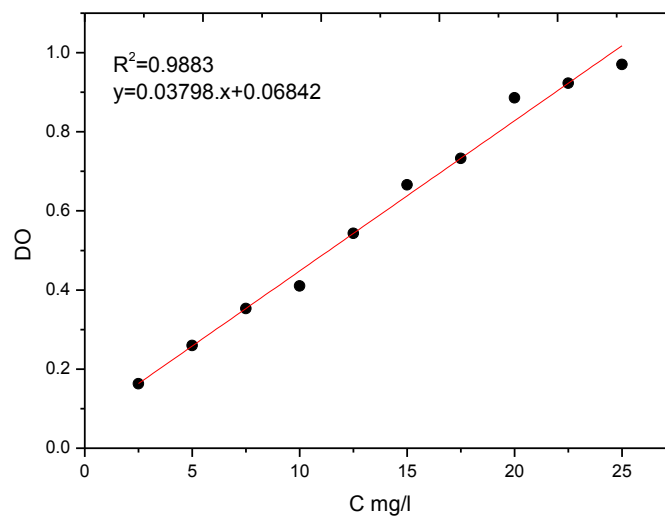
- ✚ L'augmentation de la masse de charbon actif entraîne une augmentation du rendement d'élimination de polluant. Par contre, il y a une diminution de la capacité de l'adsorption et une diminution de la concentration du colorant en solution, c'est-à-dire une meilleure élimination du polluant. Lorsque la masse du sorbant égale 40 mg.
- ✚ Un faible impact de la vitesse d'agitation sur la capacité de rétention de RC.
- ✚ L'étude cinétique montre que l'équilibre s'établit au bout de 120 minutes respectivement pour des solutions de RC à 75 mg/l et que le mécanisme d'adsorption peut être décrit par une cinétique du pseudo-second ordre.
- ✚ Les isothermes d'adsorption des colorants par le charbon actif sont décrites de manière satisfaisante par le modèle de Langmuir.
- ✚ Nous avons pu constater que l'élimination du RC par charbon actif est meilleure au pH acide (pH=5).

Les résultats obtenus lors de cette étude à l'échelle de laboratoire, confirment l'intérêt pratique et économique de l'utilisation de charbon actif dans le domaine de la dépollution des eaux contaminées par les polluants.

*annex*



*Figure I.1 : courbe d'étalonnage à pH = 3*



*Figure I.2 : courbe d'étalonnage à pH = 9*

## annexe

---

*Tableau I.1: résultats expérimentales de courbe d'étalonnage a pH =3*

<b>V<sub>RC</sub></b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>
<b>V<sub>H2O</sub></b>	45	40	35	30	25	20	15	10
<b>C mg/l</b>	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20
<b>DO</b>	0.0821	0.0996	0.2314	0.2978	0.5202	0.5994	0.6935	0.9347
<b>PH</b>	3.22	3.14	3.25	3.63	3.47	3.66	3.45	3.51

**Tableau I.2: résultats expérimentales de courbe d'étalonnage a pH =9**

<b>V<sub>RC</sub></b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>
<b>V<sub>H2O</sub></b>	45	40	35	30	25	20	15	10
<b>C(mg/l)</b>	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20
<b>DO</b>	0.1628	0.2598	0.3528	0.5429	0.6656	0.7329	0.923	0.9703
<b>PH</b>	9.11	9.21	9.34	9.31	9.22	9.54	9.41	9.35

## Résumé :

La pollution des eaux issues des rejets industriels peut être provoquer des effets nocifs sur l'environnement et l'homme ; Mais il existe de nombreuses techniques pour éliminer ces polluants ; Le plus important de ces techniques est l'adsorption Ce que nous allons utiliser dans notre travail.

Dans ce travail, nous étudions l'élimination de colorant textile (Rouge Congo RC ) par adsorption sur charbon actif en poudre; pour tester l'efficacité du charbon actif en poudre comme adsorbant. Une série d'expériences a été ensuite réalisée afin d'étudier l'influence sur la capacité d'adsorption de certains paramètres tels que ( la masse de l'adsorbant le temps de contact, la concentration initiale de colorant, l'effet de PH et la température ).Les résultats que nous avons obtenus indiquent que le charbon actif est de bonne adsorbants qui présentent des caractéristiques d'adsorption favorables à l'élimination de ces colorants textile synthèse.

**Mots clés :** adsorption; charbon actif; Rouge Congo; cinétique; isotherme.

## Abstract :

Water pollution from industrial discharges can cause harmful effects on the environment and man; But there are many techniques to remove these pollutants; The most important of these techniques is adsorption What we will use in our work

In this work, we study the removal of textile dye (red congo RC) by adsorption on activated charcoal powder; To test the effectiveness of powdered activated carbon as an adsorbent. A series of experiments was then carried out in order to study the influence on the adsorption capacity of certain parameters such as (mass of the adsorbent, contact time, initial dye concentration, PH And temperature). The results that we obtained indicate that the activated carbon is good adsorbents which have adsorption characteristics favorable to the removal of these synthetic textile dyes.

**Key words:** adsorption: activated carbon: Congo red: Kinetics: isotherm.

## المخلص :

تلوث المياه من التصريفات الصناعية يمكن أن يسبب آثار سلبية على البيئة والبشر. ولكن هناك العديد من التقنيات لإزالة هذه الملوثات. وأهم هذه التقنيات هو الامتصاص ما سوف نستخدمه في عملنا .

في هذه العمل ، نقوم بدراسة القضاء على صبغ النسيج (احمر الكونغو) عن طريق الامتزاز على مسحوق الكربون المنشط ؛ لاختبار مدى فعالية مسحوق الكربون المنشط باعتباره ممتص. ثم نجري سلسلة من التجارب لدراسة تأثير بعض المعلمات على قدرة امتصاص مثل (كتلة الممتص , زمن الاتصال ، والتركيز الأولي من الصبغة ، وتأثير درجة الحموضة ودرجة الحرارة). والنتائج التي حصلنا عليها تشير إلى أن الكربون المنشط هو من المميزات الجيدة التي له خصائص امتصاص مفضلة لنزع أصباغ النسيج الاصطناعية.

**الكلمات المفتاحية :** ادمصاص , الفحم المنشط , احمر الكونغو , حركية , إيسوترم .