

République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université a. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie  
Département de Génie des procédés  
Laboratoire de méthode physique d'analyse

## Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés  
Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Présenté par

**HASSAM Taklit Lilly & OUCHENE Chahinez**

### *Thème*

Traitement des effluents liquides par adsorption sur charbon actif

Soutenue le 28/09/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
BOUARICHE Zakia	MAA	Université de Bejaia	Encadrante
HAMOUR Noura	MCA	Université de Bejaia	Présidente
IKKOUR Kahina	MCA	Université de Bejaia	Examinatrice

Année Universitaire : 2021/2022



---

## Remerciements

---

*Avant tout nous remercions DIEU le tout puissant de nous avoir donné le courage, la santé et la sagesse pour pouvoir mener à terme ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer toute notre gratitude et notre reconnaissance envers celles et ceux dont le mérite aura été de nous avoir accompagnés, soutenus, conseillés, et permis d'approfondir les connaissances que nous avons accumulées durant notre parcours universitaire.*

*Nous adressons notre vif remerciement à notre encadrante Mme. BOUARICHE Zakia d'avoir accepté de diriger ce travail malgré ses multiples responsabilités, sa bonne volonté, ses conseils pratiques, ses orientations, ses compréhensions, sa patience et son suivi nous a beaucoup inspiré et aidé.*

*Nos remerciements s'adressent à l'ensemble du personnel de la société SONATRACH pour leur aide précieuse qu'il nous a fournie durant toute la période de notre stage pratique en particulier Mr ZIRIRI, Mme KHANE, Mme TIATI, Mme SAADI et Mme AMGHAR. Enfin, on remercie nos familles et nos ami(e)s qui de près ou de loin nous ont aidés à l'élaboration de ce travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

- *Mes très chers parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et*

*longue vie.*

- *Mes chers frères Abd Raouf et Yacine*
- *Mes chères sœurs Zoubida et Manel*
- *A mes meilleurs amies Nassima et Nedjma*
- *A Chahinez, chère amie avant d'être binôme et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, en particulier « Les chanceux ».*

*Lilly*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A mes chers frères, IDIR, NASSIM, CHERIF et HOCINE, source de joie et de bonheur*

*A ma chère sœur SABRINA et ces enfants, source d'espoir et de motivation*

*A mon cher fiancé, RIAD pour la patience et le soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitude.*

*Merci infiniment*

*A mes meilleures amies, KARIMA, KAHINA et NORA*

*A LILLY, chère amie avant d'être binôme et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, en particulier « Les chanceux ».*

**CHAHINEZ**

## Liste d'abréviations

a	capacité d'adsorption ultime
b	constante d'énergie ou constante de Langmuir, qui dépend de la température
CAG	charbon actif en grains
CAP	charbon actif en poudre
Ce	concentration de la substance en solution à l'équilibre
C <sub>eq</sub>	la concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre
CRD	Centre de recherche et développement
DBO <sub>5</sub>	La demande biologique en oxygène de cinq jours
DCO	La demande chimique en oxygène
FTIR	Fourier Transforme Infrared Spectroscopy
IR	Analyse par spectroscopie infrarouge
K1	la constante de vitesse pour une cinétique de pseudo première ordre
K2	la constante de vitesse pour une cinétique de pseudo deuxième ordre
K <sub>f</sub>	la constante de Freundlich
m <sub>1</sub>	La masse du filtre vide
m <sub>2</sub>	La masse du filtre plus le précipité
MES	Détermination de la teneur en matières en suspension
n	paramètre énergétique de Freundlich
P <sub>0</sub>	poids du bécher avant utilisation
P <sub>1</sub>	poids du bécher après utilisation
pH	Potentiel d'Hydrogène
Q <sub>e</sub>	la capacité d'adsorption à l'équilibre
Q <sub>t</sub>	la capacité d'adsorption à l'instant t
Q <sub>e</sub>	la quantité de substances adsorbées

Q <sub>e</sub>	la quantité d'entités adsorbées par gramme d'adsorbant à l'équilibre
SAA	La spectroscopie d'adsorption atomique
TPD	température programme désorption
V	Le volume de la prise d'échantillon à analyser
WC	Toilette

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1:</b> schéma démonstratif la différence entre adsorption et absorption .....	15
<b>Figure I.2:</b> Les types d'adsorption .....	16
<b>Figure I.3:</b> classification des isothermes d'adsorption .....	17
<b>Figure I.4:</b> photo présentatif d'une zéolite .....	20
<b>Figure I.5:</b> photo présentatif d'une argile activée .....	21
<b>Figure I.6:</b> photo présentatif d'un gel de silice .....	21
<b>Figure I.7:</b> photo présentatif d'une alumine .....	22
<b>Figure I.8:</b> photo présentatif d'un charbon actif .....	22
<b>Figure I.9:</b> structure de charbon actif .....	23
<b>Figure I.10:</b> structure de charbon actif .....	24
<b>Figure I.11:</b> charbon actif en poudre .....	24
<b>Figure II.1:</b> pH mètre .....	27
<b>Figure II.2:</b> Equipement de filtration sous vide .....	28
<b>Figure II.3:</b> spectroscopie d'absorption d'atomique .....	29
<b>Figure II.4:</b> DCO mètre .....	29
<b>Figure II.5:</b> Appareil de DBO mètre .....	30
<b>Figure II.6:</b> spectroscopie d'absorption d'atomique .....	31
<b>Figure III.1:</b> l'influence du temps de contact sur l'élimination de la DCO en fonction du temps (pH=7,56 ; dose=1g/l ; v=250rpm ; temps=40 min). .....	37
<b>Figure III.2:</b> Evolution du rendement de l'adsorption de la DCO en fonction du temps (pH=7,56; dose=1g/l; v=250rpm; temps=40min). .....	37
<b>Figure III.3:</b> l'influence de la dose sur l'élimination de la DCO des eaux usées .....	38
<b>Figure III.4:</b> Evolution du rendement de l'adsorption de la DCO en fonction du temps (pH=7,56, V= 250 rpm, DCO <sub>i</sub> = 361mg/l). .....	40

<b>Figure III.5:</b> l'influence de la concentration sur l'élimination de la DCO des eaux usées .....	41
<b>Figure III.6:</b> Evolution du rendement de l'adsorption de la DCO en fonction du temps (PH=7,56, la dose =1g/l, v=250rpm, temps =40min).....	42
<b>Figure III.7:</b> l'influence du pH sur l'élimination de la DCO des eaux usées .....	43
<b>Figure III.8:</b> Evolution du rendement de l'adsorption de la DCO en fonction du temps (PH=7,56, la dose =1g/l, v=250rpm, temps =40min).....	45



## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1:</b> Quelques concentrations typiques d'eaux usées provenant des industries agro-alimentaires. ....	6
<b>Tableau I.2:</b> Caractéristiques des eaux résiduaires industrielles par branche industrielle.....	7
<b>Tableau I.3:</b> Quelques paramètres physicochimiques des eaux usées industrielles par branche industrielle. ....	9
<b>Tableau I.4:</b> Teneur typique en composés azotés et phosphorés dissous dans les eaux usées municipales.....	11
<b>Tableau I.5:</b> moyenne des nombres bactériens et viraux trouvés dans les eaux usées brutes du nord-est du Brésil à une température de 26 °C.....	11
<b>Tableau I.6:</b> Les valeurs limites maximales des paramètres de rejet d'effluents industriels dans un milieu récepteur par branches industrielles (JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE, 2006). ....	13
<b>Tableau I.7:</b> Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.....	14
<b>Tableau I.8:</b> Distinction entre l'adsorption physique et chimique.....	17
<b>Tableau II.1:</b> spectroscopie d'absorption d'atomique .....	29
<b>Tableau III.1:</b> Résultats d'élimination de la DCO par adsorption sur le charbon actif granulaire.....	35
<b>Tableau III. 2:</b> Résultats d'élimination de la DCO par adsorption sur le charbon actif granulaire.....	36
<b>Tableau III.3:</b> l'influence de la dose sur l'élimination de la DCO des eaux usées.....	37
<b>Tableau III.4:</b> l'influence de la dose sur l'élimination de la DCO des eaux usées .....	39
<b>Tableau III.5:</b> l'influence de concentration sur l'élimination de la DCO des eaux usées.....	40

<b>Tableau III.6:</b> l'influence de la concentration sur l'élimination de la DCO des eaux usées. .	41
<b>Tableau III.7:</b> l'influence de pH sur l'élimination de la DCO des eaux usées.....	43
<b>Tableau III.8:</b> l'influence du pH sur l'élimination de la DCO des eaux usées.....	44

# **SOMMAIRE**

# Table des matières

Liste des abréviations et symboles

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

<b>I. Généralités sur les eaux usées .....</b>	<b>1</b>
<b>I.1. Définition des eaux usées .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2. Origine des eaux usées .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2.1. Eaux usées domestiques.....</b>	<b>1</b>
<b>I.2.2. Eaux usées industrielles .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2.3. Les eaux usées agricoles.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2.4. Les eaux de ruissellement .....</b>	<b>2</b>
<b>I.3. Composition des eaux usées.....</b>	<b>2</b>
<b>I.4. Type de pollution .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4.1. Pollution organique .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4.2. Pollution microbiologique .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4.3. Pollution minérale.....</b>	<b>3</b>
<b>I.4.4. Pollution thermique .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4.5. Pollution toxique .....</b>	<b>4</b>
<b>I.4.6. Pollution radioactive .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5. Caractéristiques des eaux usées .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.1. Les paramètres physico-chimiques .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.1.1. La toxicité .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.1.2. La demande biochimique en oxygène (DBO5) .....</b>	<b>5</b>
<b>I.5.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO) .....</b>	<b>5</b>
<b>I.5.1.4. Les matières en suspension.....</b>	<b>6</b>
<b>I.5.1.5. La température .....</b>	<b>7</b>
<b>I.5.1.6. Le potentiel d'hydrogène (pH) .....</b>	<b>7</b>
<b>I.5.1.7. La turbidité .....</b>	<b>9</b>

I.5.1.8. Les composés phosphorés .....	10
I.5.1.8. Les composés azotés .....	10
I.5.2. Les paramètres biologiques .....	11
I.6. Les procédés de traitement des eaux .....	12
I.6.1. Procédés physico-chimiques .....	12
I.6.2. Procédés biologiques .....	12
I.7. Les normes de rejet en Algérie .....	12
II. Généralités sur l'adsorption .....	15
II.1. Définition de l'adsorption .....	15
II.2. Types d'adsorption.....	15
II.2.1. Adsorption physique .....	16
II.2.2. Adsorption chimique.....	16
II.3. Isotherme d'adsorption.....	17
II.4. Modèles des isothermes d'adsorption .....	18
II.4.1. Modèle de Langmuir .....	18
II.4.2. Modèle de Freundlich .....	19
II.5. Cinétique d'adsorption .....	19
II.5.1. Modèle pseudo premier ordre .....	19
II.5.2. Modèle pseudo-second ordre .....	20
II.6. Différents adsorbants .....	20
II.6.1. Le charbon actif .....	23
II.6.1.1. Types de charbon actif .....	23
II.6.1.2. Les avantages et les inconvénients.....	24
II.1. Caractéristiques physico chimiques des eaux usées de la raffinerie ...	26
II.1.1. Méthodes d'analyse des paramètres d'effluents .....	26
II.1.1.1. Mesure de la température .....	26
II.1.1.2. Mesure du pH .....	26
II.1.1.3. Détermination de la teneur en matières n suspension .....	27
II.1.1.4. La demande chimique en oxygène (DCO).....	28
II.1.1.5. La demande biologique en oxygène (DBO5) .....	29
II.1.1.6. Mesure du chrome et du plomb .....	31

II.1.1.7. Mesure de l'hydrocarbure .....	31
II.2. Caractérisation du charbon actif.....	32
II.3. Elimination de la DCO des eaux usées de la raffinerie par adsorption sur le charbon actif.....	33
II.3.1. Paramètres influant sur l'adsorption .....	33
III.1. Caractérisation des eaux résiduaires de la raffinerie.....	35
Les valeurs limites.....	35
III.2. Résultats de l'élimination de la DCO par adsorption sur charbon actif granulaire .....	36
III.2.1. Effet du temps .....	36
III.2.2. Effet de la dose .....	37
III.2.3. Effet de la concentration.....	39
III.2.5. Effet du pH.....	42

# **INTRODUCTION**

### **Introduction générale**

L'eau est un élément indispensable à l'existence des êtres vivants et une substance aux propriétés uniques, qui se purifie en transportant les polluants dans les sols où ils se dégradent ou en les diluants au point de n'avoir plus d'effets sur l'environnement. Cependant, ce processus est long et face à l'augmentation des rejets de matières polluantes ; les sources d'eau potable peuvent se retrouver contaminées. L'eau est également fondamentale pour le développement économique de la civilisation humaine, vu son utilisation dans de nombreux secteurs notamment l'industrie et l'agriculture. Cette ressource vitale est très connue par sa grande fragilité d'où la nécessité d'amélioration des moyens pour sa protection contre la pollution.

Au cours de ces diverses utilisations, l'eau est souvent polluée. Son rejet en milieu naturel sous forme d'effluents plus ou moins pollués peut engendrer à long ou à court terme des conséquences graves, aussi bien pour la santé et l'hygiène publique que pour l'environnement et avoir des répercussions économiques et sociales successives non négligeables.[1]

Les activités industrielles, particulièrement les raffineries, utilisant l'eau de manière répétée et à des quantités énormes au cours des étapes successives de la chaîne de fabrication, en engendrant des eaux résiduaires. La composition de ces eaux produites dans les raffineries de pétrole est en fonction de sa quantité et de son traitement.[2]

Les eaux de procédé du raffinage entrent directement en contact avec les substances traitées au cours des processus de séparation, de conversion et d'amélioration des produits pétroliers.

Ces eaux résiduaires contiennent des hydrocarbures, la demande chimique en oxygène, les matières en suspension, la demande biochimique en oxygène, le chrome totale et le plomb c'est-à-dire les éléments qu'on trouve à l'état naturel dans le pétrole.

Les eaux rejetées par les usines sont fortement concentrées en DCO parfois non dégradables ou peu dégradables, ce qui rend les traitements biologiques difficilement applicables. Il est donc nécessaire de trouver des techniques d'efficacité importante et avec un coût pas très élevé.



Le traitement de cet effluent déchet est donc primordial. Parmi les procédés de traitement des rejets liquides, l'adsorption reste une technique relativement utilisée et facile à mettre en œuvre. L'adsorption est une méthode alternative intéressante aux méthodes physicochimiques conventionnelles, elle est largement utilisée dans le processus de traitement et de récupération des eaux usées organiques pour simplifier l'exploitation.

Le charbon actif est l'adsorbant le plus utilisé en raison de sa grande capacité d'adsorption des matières organiques. Le charbon activé grâce à son grand pouvoir adsorbant est un moyen très efficace en ce qui concerne le traitement des eaux usées, le seul problème est son coût de production.

Pour évaluer la capacité du charbon actif granulaire à éliminer la DCO contenue dans les eaux usées issues de la raffinerie d'Alger (Sonatrach), on a effectué un stage pratique au sein de CRD (Centre de Recherche et Développement) qui est un centre dédié à analyser et traiter différents produits et déchets de la Sonatrach compris ses eaux usées ; en agissant sur différents paramètres, tels que le temps de contact, la quantité d'adsorbant, le pH et la concentration initiale.

Notre mémoire est structuré en trois chapitres principaux:

Le premier chapitre traite des généralités sur les eaux usées et l'adsorption ;

Le deuxième chapitre renferme les objectifs de recherche et présente la méthodologie des analyses qu'on a effectuées au laboratoire;

Le troisième chapitre présente tous les résultats expérimentaux et leur discussion.

Enfin, dans la conclusion, nous récapitulons avec les principaux résultats obtenus au cours de ce travail ainsi que des recommandations futures pour une éventuelle amélioration et une continuation.



**PARTIE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

**CHAPITRE I :**  
**GENERALITES SUR LES**  
**EAUX USEES ET**  
**L'ADSORPTION**

La plupart des activités humaines qui utilisent de l'eau produisent des rejets liquides extrêmement pollués qu'on connaît sous le terme d'eaux usées. Étant donné que la demande d'eau dans son ensemble augmente, la quantité d'eaux usées produites, et leur charge polluante globale, sont en augmentation constante dans le monde entier. C'est pourquoi il est primordial d'effectuer des traitements sur ces effluents liquides afin de réduire les charges polluantes qu'elles contiennent et préserver ainsi les milieux récepteurs.

Pour ce faire plusieurs procédés d'épuration intensifs ou extensifs sont employés dont le procédé d'adsorption sur charbon actif.

## **I. Généralités sur les eaux usées**

### **I.1. Définition des eaux usées**

On entend par le terme « eau usée » toute altération de la qualité de l'eau et de sa nature, causée principalement par l'activité humaine.

Ces eaux contiennent généralement de fortes charges polluantes minérales, organiques et bactériologiques, raison pour laquelle elles représentent un réel danger sur la santé humaine ainsi que sur le milieu où elles sont déversées.

### **I.2. Origine des eaux usées**

#### **I.2.1. Eaux usées domestiques**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, ces rejets incluent :

- Eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bain et les cuisines et qui sont chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques ...etc.
- Eaux 'vannes', rejets des toilettes (WC) très chargés en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et germes fécaux [3].

#### **I.2.2. Eaux usées industrielles**

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....).
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...).
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...).
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....).
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....) [4].

### **I.2.3. Les eaux usées agricoles**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux [5]

### **I.2.4. Les eaux de ruissellement**

Les eaux de pluie constituent l'essentiel des eaux de ruissellement. Avant d'arriver dans les réseaux, elles se chargent de pollution en deux étapes, dans l'atmosphère en lavant les poussières et en dissolvant les gaz, puis lors du ruissellement sur les surfaces en entraînant les matières particulaires et en solubilisant les éléments solubles déposés sur les surfaces. [6]

## **I.3. Composition des eaux usées**

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de compositions. Elles peuvent contenir :

- Des matières en suspension plus ou moins facilement décantables ou coagulables.
- Des matières colloïdales ou émulsionnées : argiles, micro-organismes, macromolécules hydrophobes (huiles, graisses, hydrocarbures...).
- Des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous.
- Des micro-organismes végétaux (algues, plancton, ...) ou animaux (protozoaires, bactéries...).

- On considère que ces caractéristiques varient suivant les habitudes alimentaires, le niveau de vie, le mode d'habitat (urbain ou rural), les activités économiques, la densité de population et le climat.[7]

#### **I.4. Type de pollution**

Parmi les différents types de pollution rencontrée dans les eaux usées on distingue les suivants :

##### **I.4.1. Pollution organique**

Elle constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acception la plus large, cette forme de pollution peut considérer comme résultats de diverses activités (urbain, industriels, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organique banale "protides, glucides, lipides", Les détergents, les huiles et goudron. [5]

##### **I.4.2. Pollution microbiologique**

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes Vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites...). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.[3]

##### **I.4.3. Pollution minérale**

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Les polluants minéraux ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs. [8]

##### **I.4.4. Pollution thermique**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...) ; ont une température de l'ordre de 70 à 80 °C. Elle diminue jusqu' à 40 à 45°C lorsqu'elles rencontrent les eaux des **milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.** [9]

### **I.4.4. Pollution radioactive**

Il s'agit de l'introduction directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances radioactives dans l'environnement, susceptible de causer un danger pour la santé humaine et pour les ressources biologiques. Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements [9].

## **I.5. Caractéristiques des eaux usées**

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits mais aussi de composition et reflètent une gamme de contaminants émis par les différentes sources citées ci-dessus, pour ces raisons le choix des paramètres de mesure de la pollution est particulièrement délicat. Plusieurs paramètres déterminent le niveau de contamination croisé dans les eaux usées

### **I.5.1. Les paramètres physico-chimiques**

#### **I.5.1.1. La toxicité**

La toxicité résulte d'un ensemble de phénomènes complexes mettant en jeu des substances néfastes pour le développement normal des organismes vivants.

Des effets pourront être directement perceptibles (mort, apparition de malformations ou de tumeurs...) ou plus sournois, telles que des difficultés de reproduction, la disparition de certaines espèces animales ou végétales peu visibles, voire la perte des facultés de concentration et de réflexion ou la survenance de stress chez l'homme. Ces effets peuvent être décelés au niveau cellulaire (dégénérescence de membranes...), sur l'organisme entier (difficulté de se mouvoir), sur l'espèce (diminution du nombre d'individus) et enfin sur tout le système écologique (disparition de prédateurs et déséquilibre des groupes vivants).

Les produits toxiques sont nombreux. Ils peuvent avoir un caractère minéral :

- métaux lourds toxiques : mercure, cadmium, nickel, cuivre, zinc, chrome ... etc.
- cyanures, arsenic, sulfures ... etc.
- produits présentant une acidité ou une basicité élevée

Ils peuvent avoir aussi un caractère organique : produits phytosanitaires, pesticides, hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés phénolés, solvants chlorés... etc. [10].



### I.5.1.2. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

C'est la différence entre la quantité initiale d'oxygène dissous, dans un échantillon, et la quantité finale après une période déterminée d'incubation à 20 °C et à l'obscurité. Elle représente la quantité d'oxygène en milligramme par litre (mg d'O<sub>2</sub>/L) nécessaire aux microorganismes aérobies pour oxyder les matières biodégradables. Quand la période d'incubation est de cinq jours, elle est appelée DBO<sub>5</sub>, elle représente la pollution organique carbonée biodégradable [11].

### I.5.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène en milligrammes par litre (mg d'O<sub>2</sub>/L) consommée, dans des conditions opératoires bien définies, lors de l'oxydation chimique des matières organiques et inorganiques oxydables présentes dans l'eau [7].

La DCO et la DBO sont des paramètres complémentaires, le rapport DCO/DBO permet de qualifier la biodégradabilité d'un effluent :

- DCO/DBO < 2 : effluent facilement biodégradable ;
- 2 < DCO/DBO < 4 : effluent moyennement biodégradable ;
- DCO/DBO > 4 : effluent difficilement biodégradable.

Cependant, il ne renseigne pas sur sa fraction de DCO non ou très difficilement biodégradable qu'on appelle DCO dure, appelée notamment DCO réfractaire ou DCO ultime.

**Tableau I.1:** quelques concentrations typiques d'eaux usées provenant des industries agro-alimentaires.

Produits	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> mg/l
Sucre	7500	5000
Fécule de pomme de terre	7416	6333
Fécule de blé	-	12344-18270
Amidon du riz	2192	1475
Margarine	1000-2000	500-1000
raffinement de légumes	-	5000-8000
Jus de fruits	300-800	25-1380
abattoir	2579-6650	1900
	-	1530-2567
Amidon de maïs	17608	11543

**I.5.1.4. Les matières en suspension (MES)**

Il s'agit de matières qui ne sont ni solubilisées ni colloïdales. Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou fulviques par exemple), à ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, plancton, algues et virus. Ces substances sont responsables, en particulier, de la turbidité et de la couleur observée dans les eaux usées.

La pollution particulière sera à l'origine :

- de nuisances esthétiques et de dépôts et envasements nuisibles à la navigation, en favorisant les inondations ;
- du colmatage éventuel des voies respiratoires des poissons entraînant leur mortalité et surtout de l'augmentation de la turbidité de l'eau, gênant ainsi la pénétration des rayonnements lumineux, c'est-à-dire le phénomène de photosynthèse [10].

**- I.5.1.5. La température**

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C [7].

**I.5.1.6. Le potentiel d'hydrogène (pH)**

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH. Un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 [7].

*Tableau I.2: Caractéristiques des eaux résiduaires industrielles par branche industrielle*

Caractéristiques des eaux résiduaires industrielles par branche industrielle [10].

<b>Branches industrielles</b>	<b>Caractéristiques des eaux usées</b>
<b>Industries agroalimentaires</b>	
Conserves de légumes et fruits, industrie de la pomme de terre	Teneur élevée en MES, matières organiques dissoutes, pH parfois alcalin, amidon
Conserves de viande et salaisons	Forte concentration en matières organiques dissoutes et en suspension (sang, protéines) graisses, NaCl
Laiteries	Forte concentration en matières organiques dissoutes principalement protéines, lactose, graisses
Sucreries	Forte concentration en matières organiques dissoutes et en suspension (sucres et protéines), NH <sub>3</sub>
Huileries, margarineries	Matières grasses, acidité et salinité fortes, teneur élevée en matières organiques
Boissons non alcoolisées	Alcalinité élevée, teneur en matières en suspension, détergents, DBO
<b>Industries chimiques et de synthèse</b>	
Produits phosphatés, acide phosphorique, engrais phosphatés	Argiles, limons et huiles, faible pH, teneur élevée en matières en suspension et produits siliceux et fluorés
Caoutchouc et polymères de synthèse	Teneur élevée en matière en suspension, pH variable, teneur élevée en chlorures et DCO
Insecticides et pesticides	Teneur élevée en matières organiques, benzène, toxiques pour les bactéries et les poissons, acides
Raffinerie et pétrochimie	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques plus ou moins émulsifiés, sulfures, matières en suspension, peu de DBO sauf eaux de procédé phénolées

<b>Industrie papetière</b>	
Pâte à papier	Pollution organique élevée, couleur, teneur élevée en matières en suspension, colloïdales et dissoutes ; sulfites ; pH variable
Papiers et cartons	Eaux blanches et organiques, fibres, alumine, titane, kaolin, baryte, pigments, latex, sels de mercure
<b>Industrie textile</b>	
Blanchisserie	Teneur élevée en alcalinité et en matières organiques ; détergents
Fabrication des fibres	Présence de solvants, produits d'enzymage, colorants, eaux neutres chargées de matières organiques
Préparation des fibres	Matières en suspension élevées ou moyennes, eaux alcalines ou acides, matières organiques (DCO) très élevées et variables, colorants, produits chimiques, réducteurs ou oxydants : parfois sulfures, graisse

**Tableau I.3:** Quelques paramètres physicochimiques des eaux usées industrielles par branche industrielle.

Industrie	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)		MES (mg/l)	pH
<b>Industrie du vêtement</b>					
Coton	200 - 1000	400 - 1800		200	8 - 12
Laine	2000 - 5000	2000 - 5000		3000 - 30000	9 - 11
Tannerie	1000 - 2000	2000 - 4000		2000 - 3000	11 - 12
<b>Industrie agroalimentaire</b>					
Brasserie	850	1700		90	4 - 8
Distillerie	7	10		faible	-
Laiterie	600 - 1000	150 - 250		200 - 400	Acide
Agrumes	200	-		7000	Acide
Abattoir	1500 - 2500	200 - 400		800	7
Procédés de pommes de terre	2000	3500		2500	11 - 13
Volaille	500 - 800	600 - 1050		450 - 800	6 - 9
<b>Industrie pétrochimique</b>					
Raffinage du pétrole	100 - 500	150 - 800		130 - 600	2 - 6

### I.5.1.7. La turbidité

La mesure de la turbidité permet d'apprécier les informations visuelles sur l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM [12].

### I.5.1.8. Les composés phosphorés

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme d'ions orthophosphates isolés, soit sous forme d'ions phosphates avec des molécules organiques. Les orthophosphates correspondent au groupement  $PO_4^{3-}$ , leur présence dans les eaux usées est souvent liée à la décomposition de la matière organique, aux engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration [13].

### I.5.1.8. Les composés azotés

L'azote représente un élément chimique essentiel à la vie biologique terrestre [14].

Il constitue paradoxalement à l'heure actuelle d'une part un élément principal de la productivité agricole et de l'autre part une des substances principales de nuisance à l'environnement.

L'azote existe sous deux formes bien connues (voir le tableau I.4):

- La forme organique non oxydée et peu soluble (azote organique)
- La forme minérale et soluble (azote ammoniacal  $NH_3$  ou  $NH_4^+$ , nitrites  $NO_2^-$  nitrates

En effet, la pollution azotée sous toutes ces formes, se justifie par le déversement abusif, direct ou indirect, d'impuretés dérivées de l'azote dans les eaux naturelles et dans le sol. Cependant le secteur agricole demeure la source principale de la pollution azotée ; les nitrates et les nitrites, ajoutés au phosphore et potassium accélèrent le phénomène d'eutrophisation conduisant ainsi à l'asphyxie de la faune aquatique.

Une attention particulière est portée aux composés azotés et phosphorés qui provoquent la croissance de cyanobactéries et de micro-algues dans les lacs, les rivières et la mer (eutrophisation).

Les principaux composants dissous et leurs concentrations dans les eaux usées municipales sont présentés dans le tableau I.4.

Les valeurs de  $NH_3+NH_4$  dissous pour l'industrie et l'agriculture sont données dans le tableau I.5

**Tableau I.4:** Teneur typique en composés azotés et phosphorés dissous dans les eaux usées municipales [15].

Composé	Concentration	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge
Azote	C <sub>NH</sub> , NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub>	50	25	12
	C <sub>ND</sub> , N organique	35	15	8
phosphore	C <sub>PO4</sub> , Orthophosphate	8	4	2
	C <sub>ORG</sub> , organique	5	3	1
	C <sub>PP</sub> , inorganique	10	5	3

### I.5.2. Les paramètres biologiques

Les eaux usées contiennent une large variété de micro-organismes dont un certain nombre d'entre eux est pathogène, on cite parmi ces colonies microbiennes : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, les clostridium, les salmonelles ... etc.

Au Brésil par exemple, une analyse bactériologique effectuée sur des eaux usées brutes révèle les charges bactériennes contenues dans ces eaux [16]

le tableau I.5 ci-dessous illustre les résultats obtenus.

**Tableau I.5:** moyenne des nombres bactériens et viraux trouvés dans les eaux usées brutes du nord-est du Brésil à une température de 26 °C.

Micro-organismes	Eau brute
Coliformes fécaux	$2 \times 10^7$
Streptocoques fécaux	$3 \times 10^6$
Clostridium perfringens	$5 \times 10^4$
Bifidobactéries totales	$1 \times 10^7$
Bifides sorbitol-positifs	$2 \times 10^6$

## **I.6. Les procédés de traitement des eaux**

Différentes méthodes de traitement des eaux polluées sont à ce jour disponibles. Nous pouvons les regrouper en traitements physiques, biologiques, physico-chimiques ou chimiques. [6,7].

### **I.6.1. Procédés physico-chimiques**

Ces technologies d'oxydation sont regroupées sous le terme de procédés d'oxydation avancés (POA). L'activation catalytique et/ou photochimique du processus oxydatif est utilisée dans le but d'obtenir une oxydation totale et une minéralisation complète des polluants organiques

#### **➤ Traitements physiques**

Les traitements physiques sont appliqués pour une simple séparation mécanique solide-liquide, sans introduction de réactif chimique. Il s'agit de la décantation et de la filtration.

#### **➤ Traitements chimiques**

Dans le cas des polluants non –biodégradables, il est indispensable de trouver d'autres méthodes de traitement comme le traitement chimique qui consiste à extraire les polluants par exemple les métaux lourds par complexations ou par adsorption sur des matériaux minéraux. La recherche est donc ouverte dans le domaine des méthodes chimiques de traitement.

### **I.6.2. Procédés biologiques**

Les traitements biologiques des effluents aqueux utilisent des micro-organismes (microflore de bactéries, microfaune d'animaux, protozoaires, métazoaires ...) pour éliminer les polluants biodégradables dans l'eau.

## **I.7. Les normes de rejet en Algérie**

Afin de réduire voire mettre fin aux conséquences de la pollution par les eaux usées, dont les problèmes énumérés ci-dessous, un certain nombre de normes ont été établis par différents pays.



En Algérie par exemple, la législation qui régit l'environnement est le journal officiel de la république algérienne. L'article 03, du décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, a fixé les valeurs limites de ces rejets, elles sont données dans le tableau I.6.

L'article 03, du décret exécutif n° 09-209 du 17 Jomada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration, précise que la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques ne peut, en aucun cas, dépasser, au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration, les valeurs limites maximales définies dans le tableau I.7

**Tableau I.7:** Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration [18].

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs limites maximales</b>
Azote global	150
Aluminium	100
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Béryllium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1

fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,1
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

Le choix du procédé de traitement des eaux se fait en fonction de plusieurs paramètres, les techniques utilisées diffèrent d'une industrie à l'autre. Pour ce qui est de la Sonatrach, elle utilise plusieurs procédés de traitement dont l'adsorption sur charbon actif qu'on a vu et étudié durant notre période de stage pratique ; notre choix est tombé sur ce procédés pour plusieurs raisons qu'on va voir ci-dessous.

## II. Généralités sur l'adsorption

L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant en particulier par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles. Ce phénomène de surface ne doit pas être confondu avec l'absorption, phénomène de profondeur.

Dans ce chapitre nous allons donner quelques généralités sur l'adsorption dont celle-ci c'est d'expliquer sa cinétique, son isotherme et ses différents adsorbants.

### II.1. Définition de l'adsorption

L'adsorption est définie comme le passage d'espèces chimiques d'une phase liquide ou gazeuse vers une surface solide. Il s'agit donc du passage de l'état de dissous à celui d'adsorbé. Le processus inverse s'appelle la désorption. Cette définition s'applique à toutes les substances dissoutes qu'elles soient ionisées ou pas et à toutes les surfaces solides. L'accès à ces surfaces se fait toujours par diffusion moléculaire dans les pores et peut constituer une limite à la fois cinétique et quantitative à l'adsorption [19].

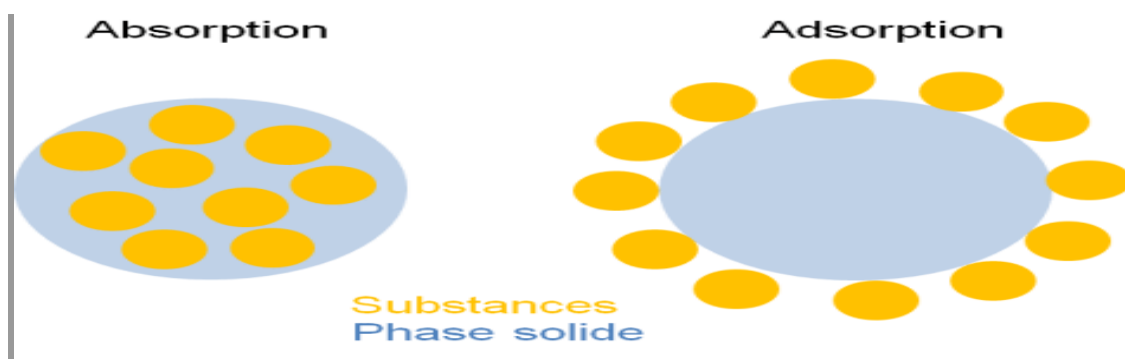


Figure I.1 : schéma démonstratif la différence entre adsorption et absorption

### II.2. Types d'adsorption

La nature des liens entre l'adsorbant et la substance adsorbée, et le grandeur de l'énergie mise en jeu ont permis de distinguer deux types d'adsorption [20].

Dans la (figure I.2) on distingue deux types de l'adsorption :

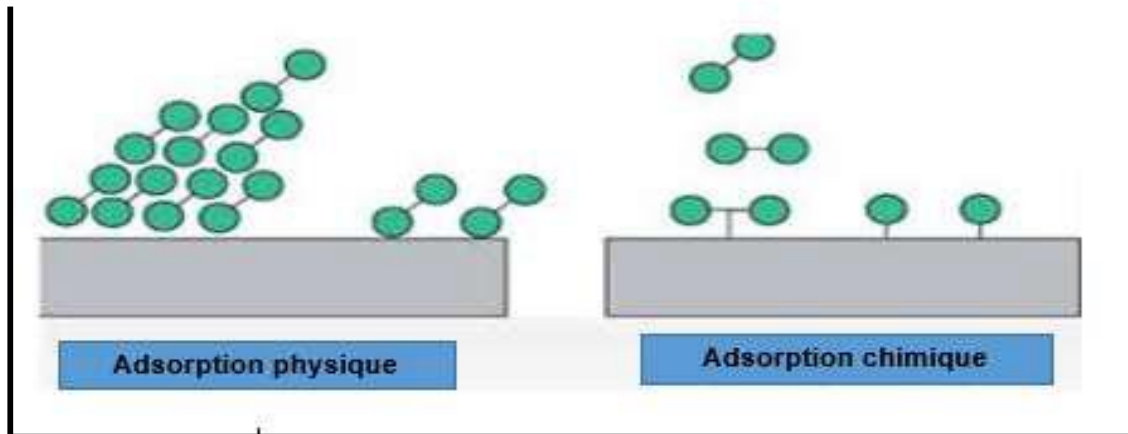


Figure I.2 : Les types d'adsorption

### II.2.1. Adsorption physique

L'adsorption physique ou physisorption met en jeu de très faibles interactions entre entités moléculaires comme les forces d'attraction de Van der Waals et des forces dues aux interactions électrostatiques de polarisation, elle est réversible et peu spécifique, L'adsorption physique est rapide et généralement limitée par les phénomènes de diffusion.

### II.2.2. Adsorption chimique

L'adsorption chimique, dite aussi chimisorption, est un phénomène irréversible dû à une liaison chimique forte de type covalente entre les atomes superficiels du solide et les molécules adsorbées. Ce type d'adsorption met en jeu des énergies d'attractions élevées, qui conduisent à des chaleurs d'adsorption.

Le tableau I.8 suivant regroupe quelques critères de distinction entre l'adsorption physique et chimique :

**Tableau I.8:** Distinction entre l'adsorption physique et chimique.

Propriété	Adsorption physique	Adsorption chimique
Température	Relativement basse	Plus élevée
Chaleur d'adsorption	5kCal/mol environ	10kCal/mol environ
Liaison	Physique Van der Waals	Chimique
Cinétique	Rapide, réversible	Lente, irréversible
Spécificité	Processus non spécifique	Processus très spécifique
Désorption	Facile	Difficile
Couches formées	Mono ou multicouche	Uniquement monocouche.

### II.3. Isotherme d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. D'après la (figure I.3) les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante.

La majorité des isothermes d'adsorption observées peuvent être classées en cinq types :

- **Les isothermes de type I :** sont généralement obtenues dans le cas des adsorbants microporeux avec une saturation progressive des sites d'adsorption sensiblement équivalents.
- **Les isothermes de type II et III :** sont observées avec les adsorbants ayant des distributions larges des tailles de pore avec une transition continue de l'adsorption en monocouche à l'adsorption en multicouche jusqu'à la condensation capillaire.
- **Les isothermes de type IV :** peuvent résulter de la formation de deux couches successive d'adsorbat à la surface du solide quand les interactions entre les molécules d'adsorbat et la surface du solide sont plus fortes que les interactions entre les molécules adsorbées. Dans ce cas, les sites d'adsorption de la seconde couche ne commencent à se remplir que quand la première couche est à peu près complète.
- **L'isotherme de type V :** traduit l'existence d'interactions intermoléculaires importantes, l'interaction entre les molécules d'adsorbat et le solide étant faible

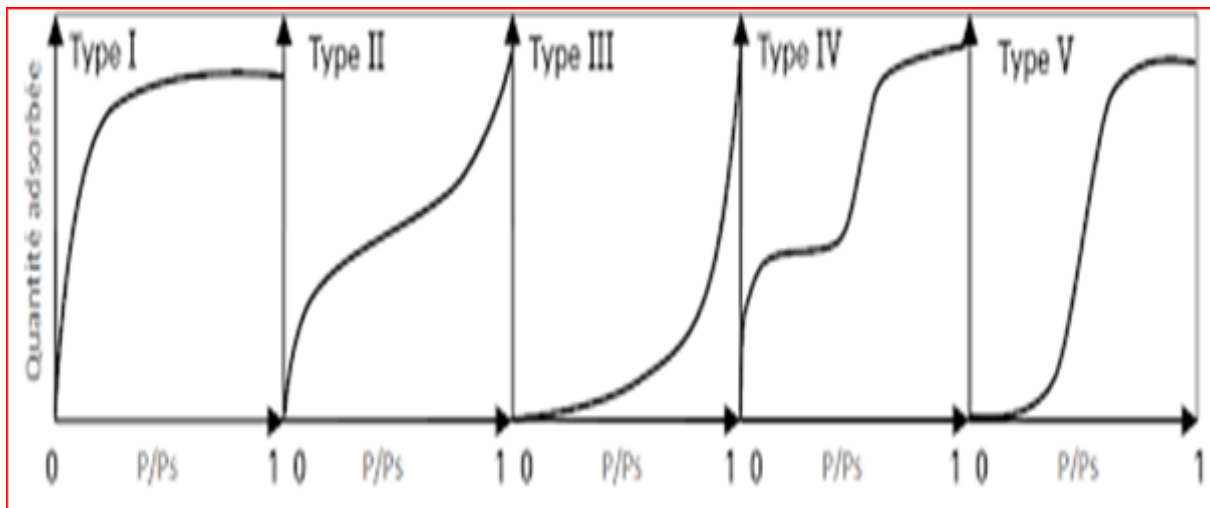


Figure I.3 classification des isothermes d'adsorption.

### II.4.1. Modèle de Langmuir

L'adsorption se produit sur des sites localisés d'égale énergie ; elle se produit en monocouche ; il n'y a pas d'interaction latérale entre les molécules adsorbées a la surface ; la réaction est réversible ; le nombre de sites d'adsorption sur la surface est limité. L'isotherme de Langmuir est difficilement utilisable pour des systèmes naturels ou l'adsorption en couche simple sur un seul type de site est rarement rencontrée.[21]

L'isotherme est représentée par l'équation suivante :

$$Q_e = a \cdot b \cdot C_e / (1 + b \cdot C_e) \dots\dots\dots(1)$$

- $Q_e$  : la quantité de substances adsorbées (mg /g).
- $C_e$  : concentration de la substance en solution a l'équilibre (mg /l).
- $a$  : capacité d'adsorption ultime (mg /g).
- $b$  : constante d'énergie (L/mg) ou constante de Langmuir, qui dépend de la température.

La linéarisation de l'équation de Langmuir (1) donne :

$$1 / Q_e = 1/a \cdot b \cdot C_e + 1/a \dots\dots\dots(2)$$

En traçant la courbe (1/ $Q_e$ ) en fonction de (1/ $C_e$ ) on peut obtenir une droite de pente 1/b.a. et d'ordonnée a l'origine 1/a.

### II.4.2. Modèle de Freundlich

Freundlich a proposé un autre modèle pour décrire l'adsorption en milieu gazeux ou liquide. Ce modèle est représenté par une équation à deux paramètres ( $K_f$  et  $n$ ) et consiste en une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption à la surface du support et se caractérise par une adsorption en sites localisés [22].

Ce modèle est décrit par :

$$Q_e = K_f C_{eq}^{1/n} \dots \dots \dots (3)$$

Sachant que :

- **Q<sub>e</sub>**: la quantité d'entités adsorbées par gramme d'adsorbant à l'équilibre (mg/g).
- **C<sub>eq</sub>**: la concentration de l'adsorbé dans la solution à l'équilibre (mg/L).
- **K<sub>f</sub>** : la constante de Freundlich (L/mg).
- **n**: paramètre énergétique de Freundlich.

Lorsque la valeur de  $n$  est comprise entre  $1 < n < 10$  cela indique une adsorption favorable, par contre si la valeur est  $n < 1$  révèle une faible adsorption.

Les deux paramètres de Freundlich  $K_f$  et  $n$  peuvent être déterminés expérimentalement par le passage au logarithmique de l'expression pour donner :

$$\ln Q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_{eq} \dots \dots \dots (4)$$

**II.5. Cinétique d'adsorption**

La cinétique présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre d'un adsorbant industriel et constitue l'une des plus importantes caractéristiques définissant l'efficacité d'une adsorption [23]. Elle est exprimée en termes de taux de rétention de soluté en fonction du temps et de contact.

Pour déterminer la vitesse et le mécanisme contrôlant le phénomène d'adsorption, plusieurs modèles cinétiques ont été mis à contribution.

**II.5.1. Modèle pseudo premier ordre**

L'équation de pseudo-premier ordre ou équation cinétique de Lagergren est basée sur la supposition que le taux de rétention d'un soluté, au cours du temps, est proportionnel à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre et celle adsorbée à un instant t, Soit:[24 ,25]

$$dQ_t / dt = k_1 (Q_e - Q_t) \dots \dots \dots (5)$$

Où :

- **K<sub>1</sub>** : la constante de vitesse pour une cinétique de pseudo première ordre.
- **Q<sub>t</sub>** : la capacité d'adsorption à l'instant t.

- $Q_e$  : la capacité d'adsorption à l'équilibre.

L'intégration de l'équation (5) donne :

$$\text{Log}(Q_e - Q_t) = \log Q_e - (k_1/2.303).t - Q_t \dots\dots\dots(6)$$

### II.5.2. Modèle pseudo-second ordre

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 [30]

$$dQ_t/dt = K_2(Q_e - Q_t)^2 \dots\dots\dots(7)$$

Où :

- $K_2$  : la constante de vitesse pour une cinétique de pseudo deuxième ordre ;
- $Q_t$  : la capacité d'adsorption à l'instant  $t$  ;
- $Q_e$  : la capacité d'adsorption à l'équilibre ;

L'intégration de l'équation donne :

$$1/q_t = 1/K_2 Q_e^2 + 1/Q_e.t \dots\dots\dots(8)$$

On retrouve dans le marché plusieurs types d'adsorbants, chaque type a ses propres caractéristiques et ses propres utilisations, dans ce qui suit, on va citer quelques matériaux ainsi que leurs domaines d'application.

### II.6. Différents adsorbants

On distingue les différentes marques de charbon actif, les gels de silice, les résines synthétiques macroporeuses et autre solide. Tous ces adsorbants sont régénérables.

- **Les zéolites:** sont des adsorbants de squelette cristallin aluminosilicate tridimensionnel de formule  $(AlO_2)_m, nSiO_2$ . Ils sont sous forme de poudre, granulés ou extrudés.

Les zéolites sont utilisées en tant qu'échangeurs d'ions dans des applications domestiques telles que la purification ou l'adoucissement de l'eau, elles sont aussi utilisées comme catalyseurs.



Figure I.4 : photo présentatif d'une zéolite

- **Les argiles activées :** les argiles sont des aluminosilicates, ce sont des produits naturels



qui sont activées pour avoir de meilleures propriétés adsorbantes. Ce matériau est utilisé pour l'épuration des eaux usées en industrie minière et comme catalyseur dans l'industrie pétrolière.



**Figure I.5 :** photo présentatif d'une argile activée

g

**els de silice:** sont des hydroxydes de silicium  $\text{Si(OH)}_4$  polymère d'acide silicique préparé à partir de silicate de sodium. Il existe deux type de gels de silice : les microporeux, assez hydrophiles, et macroporeux, versatiles, qui différent par la taille des pores comme le nom l'indique.

Ses applications sont diverses par exemple on le retrouve dans les tours de dessiccation, il est également utilisé comme filtre d'entrée d'air de futs.



**Figure I.6 :** photo présentatif d'un gel de silice

- **Les alumines:** sont des adsorbants amorphes, moyennement polaires et hydrophiles, se sont des oxydes d'aluminiums de formule  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ils sont représentés par des solides blancs inodores insolubles dans l'eau. Ils ont une surface spécifique de  $300 \text{ m}^2/\text{g}$ .

L'alumine est généralement utilisée comme source d'aluminium, comme abrasif et comme matériau réfractaire.



**Figure I.7 :** photo présentatif d'une alumine

- **Les charbons actifs:** les charbons actifs sont de loin les adsorbants les plus fabriqués et utilisés industriellement.



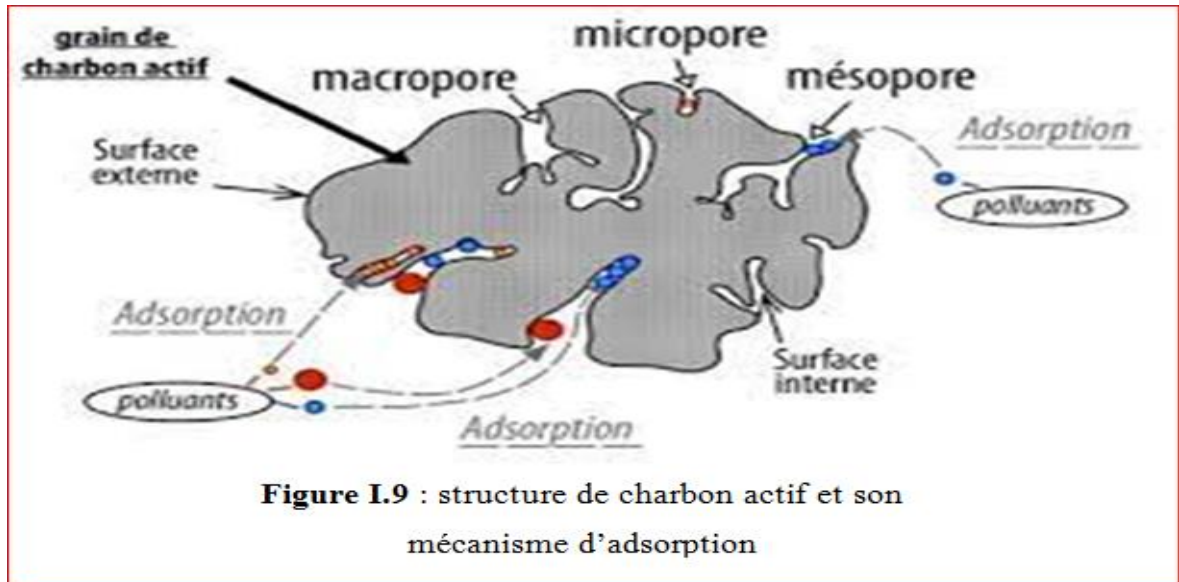
**Figure I.8 :** photo présentatif d'un charbon actif

### II.6.1. Le charbon actif

Le charbon actif est l'adsorbant le plus utilisé industriellement, le charbon actif est un matériau constitué essentiellement de matière carbonée à structure poreuse. Il s'agit d'une structure amorphe composée principalement d'atomes de carbone qui est généralement obtenue après une étape de carbonisation à haute température, présentant une très grande surface spécifique qui lui confère un fort pouvoir adsorbant. [24 ,25].

Il peut être obtenu à partir d'un grand nombre de matériaux contenant du carbone organique d'origine animale, végétale ou minérale, le bois, ou les coques. Le principe est de créer une structure rigide et poreuse.

Le charbon actif est disponible généralement sous deux formes « poudre et granulé »



### II.6.1.1. Types de charbon actif

Les charbons actifs sont disponibles sous deux formes : charbon actif en poudre (CAP) (figure II.11) et le charbon actif en grains (CAG) (figure II.10). Le CAG est, la plupart du temps, employé dans le traitement de l'eau en mode continu. [26]

#### ➤ Charbon actif granulé



**Figure I.9** : structure de charbon actif

Le charbon actif granulé peut être soit en forme granulée soit extrudée, il est utilisé dans différents types dans le système de traitement des eaux pour la réduction des oxydants chlorés résiduels, il a une grande capacité d'adsorber une partie de presque toutes les vapeurs et les substances organiques en particulier les solvants [26].

➤ **Charbon actif poudre**

Le charbon actif en poudre prend la forme de grains fins, il est qu'il est moins cher que le charbon actif granulé et l'adsorption est rapide dans la mesure, mais il ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde [26].



**Figure II.11** : charbon actif en poudre

### **II.6.1.2. Les avantages et les inconvénients du charbon actif granulé**

- **Les avantages**
- Il est inerte et on peut l'utiliser en toute sécurité.
- Il est facilement disponible et de bon marché.

➤ Il a une grande capacité d'adsorption pour les substances organiques en particulier les solvants

➤ **Les inconvénients**

- Préfiltration: Les carburants dissous et les matières en particules peuvent rapidement encrasser le charbon, nécessitant un prétraitement dans la plupart des cas.
- Durée de vie limitée.

L'adsorption peut aussi être définie comme étant une opération physique de séparation des mélanges, celle-ci permet une élimination d'une substance par une autre de la phase gazeuse ou liquide, dans laquelle elle se trouve.

Le solide est appelé adsorbant et la substance qui s'adsorbe et qu'est appelé plus couramment soluté afin d'éviter toute confusion avec l'adsorbant.

# **CHAPITRE II :**

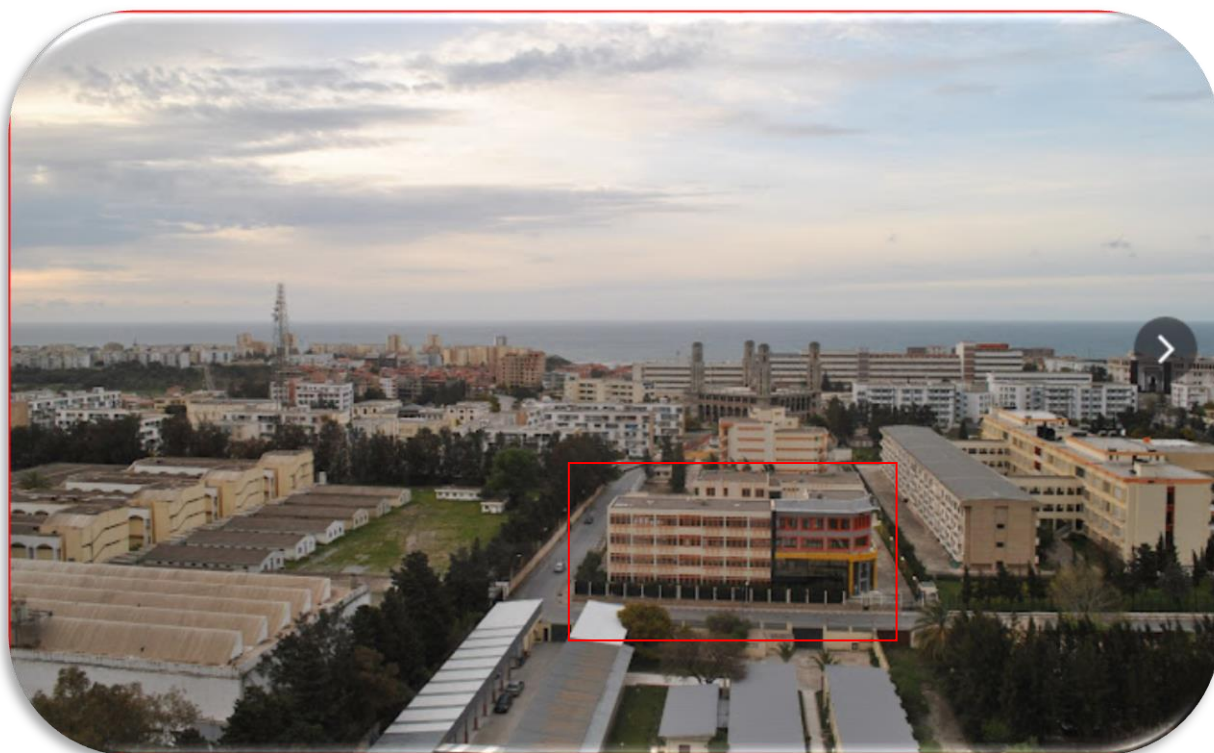
# **MATERIEL ET**

# **METHODES**

Dans ce chapitre, nous exposons les réactifs et le matériel, ainsi que les méthodes expérimentales et analytiques propre a l'élimination de la DCO par adsorption sur le charbon actif.

La raffinerie d'Alger a une activité très polluante dans laquelle on utilise de grandes quantités d'eau dans le processus de raffinage. Avant d'entamer toute étude de traitement, il nous a apparu intéressant de caractériser notre eau usée par l'analyse de certains nombre de paramètres afin d'évaluer son degré de pollution et proposer une méthode de traitement.

Ce travail a été réalisé au niveau de centre de recherche et développement division laboratoire CRD/ Boumerdes.



### **Image représentante CRD**

La division laboratoire CRD/ Boumerdes est l'outil scientifique et technique de la SONATRACH qui a l'avenue du 1<sup>er</sup> novembre 35000 aux alentours de front de mer

Il a été créé en 1973 et a pour missions essentielle :

- le développement et la promotion de la recherche et développement en relation avec les préoccupations de l'entreprise.

- La prestation de service en matière d'analyse, d'expérimentaux, d'étude et de recherche dans les domaines de l'exploitation et développement des gisements, de la production et du transport des hydrocarbures et de liquéfaction du gaz naturel.
- La fourniture de support scientifique et d'expertise pour la résolution des problèmes d'études et de services notamment pour les domaines de surveillance géologique des puits en cours de forage.
- La réalisation de synthèses et d'études pluridisciplinaires intégrées.
- L'intervention à tout les niveaux du chantier du forage jusqu'aux bureaux de leurs clients en passant par le laboratoire.

## **II.1. Caractéristiques physico chimiques des eaux usées de la raffinerie**

### **II.1.1. Méthodes d'analyse des paramètres d'effluents**

On s'est limité à la mesure d'un certain nombre de paramètres suivant l'importance des polluants et des possibilités matérielles mises à notre disposition. Pour cela, les paramètres analysés sont les suivants :

#### **II.1.1.1. Mesure de la température**

La température est un facteur écologique important du milieu, elle influe sur la densité de l'eau et joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, et sur les processus biologiques. La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure sur site.

#### **II.1.1.2. Mesure du pH**

➤ **Appareillage :**

- Un PH mètre.
- Agitateur.
- Electrode en verre.
- Eau distillé.
- Un bécher contenant 100ml de notre échantillon.



➤ **Principe :**

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et électrode de référence, plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$ .

➤ **Mode opératoire :**

Pour commencer on allume le pH mètre et on le laisse jusqu'à la stabilisation, puis on rince l'électrode avec l'eau distillée, ensuite on prend environ 100ml d'eau à analyser dans lequel un agitateur est mis avec une faible agitation et on immerge l'électrode dans le bécher. La valeur du pH est notée après stabilisation de l'appareil.



Figure II.1 : pH mètre

### II.1.1.3. Détermination de la teneur en matières en suspension (MES)

➤ **Appareillage :**

- dispositif de filtration sous pression.
- disques filtrants en fibre.
- 100ml de notre échantillon.
- l'eau distillé.-une étuve a 150°C

➤ **Principe :**

De très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau, et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. Le résultat s'exprime en mg /L.

➤ **Mode opératoire :**

On pèse le filtre à vide puis on met marche le dispositif de filtration sous pression, on verse 100 ml de la prise d'essai sur le filtre, on lave le récipient contenant l'échantillon avec l'eau distillée après on sèche le filtre dans l'étuve à 105°C pendant une heure, enfin on va refroidir le filtre au dessiccateur puis on le pèse

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en matière en suspension exprimé en mg/l est donné par la relation suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (m_2 - m_1) / V \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(1)$$

$m_1$  : La masse du filtre vide en (mg).

$m_2$  : La masse du filtre plus le précipité (mg).

$V$  : Le volume de la prise d'échantillon à analyser (ml).



**Figure II.2 :** Equipement de filtration sous vide

#### II.1.1.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

➤ **Appareillage :**

- Pipette Jaugé A 2ml.
- Adaptateur De Tube DCO Sur Dr/2000.
- Portoir De Tube DCO.
- Réacteur A 150°C (DCO120/240v).
- Spectrophotomètre Hach type Dr/1900

➤ **Principe :**

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation de la matière organique par voie chimique. Elle permet de mesurer la teneur en matière organique totale. Il s'agit donc d'un paramètre important de caractériser la pollution globale d'une eau par des composées organiques.

➤ **Mode opératoire :**

On introduit 2 ml de l'échantillon à analyser dans une cuve d'un réactif (65% d'acide sulfurique, sulfate de mercure, bichromate de potassium) puis on agite le mélange et on le met dans un réacteur à 148°C pendant 2 h, jusqu'à une température de 44°C, puis on le met à l'abri de la lumière pendant quelque minute et on mesure la DCO avec un DCO mètre.



**Figure II.3:** spectroscopie d'absorption  
D'atomique



**Figure II.4 :** DCO mètre

### II.1.1.5. La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO<sub>5</sub>) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés et /ou inorganiques.

➤ **Mode opératoire :**

La valeur de la prise d'essai est déterminée en fonction des résultats attendus et en fonction de la valeur de la DCO.

Volumes des prises d'essai d'eau à analyser pour différentes marges de DCO

**Tableaux II.1 :** Spectroscopie d'absorption d'atomique

Marge de DCO (mg /l)	Volume d'eau (ml)	Coefficient de conversion
0-40	432	1
0-60	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43,5	50
0-4000	22,7	100

Sur la base de la valeur de la DCO, d'abord on prélève un volume bien déterminé de la prise d'essai et on l'introduit dans un flacon brun, ensuite On met un barreau aimanté dans le flacon en le plaçant dans le col de la bouteille, un support en caoutchouc qui contient une à trois pastilles de NaOH, puis on agite le mélange pendant 1 heure tout en équilibrant la température à 20°C, puis on ferme les bouchons du flacon et du réservoir à mercure, après on ajuste l'échelle au niveau du mercure dans le capillaire .On note la date et l'heure de mise en marche en lisant quotidiennement les valeurs indiquées sur l'échelle.

Après le cinquième jour, on lit le résultat sur l'échelle et le multiplions par le coefficient de conversion. Le résultat à la consommation d'oxygène est en mg/l.



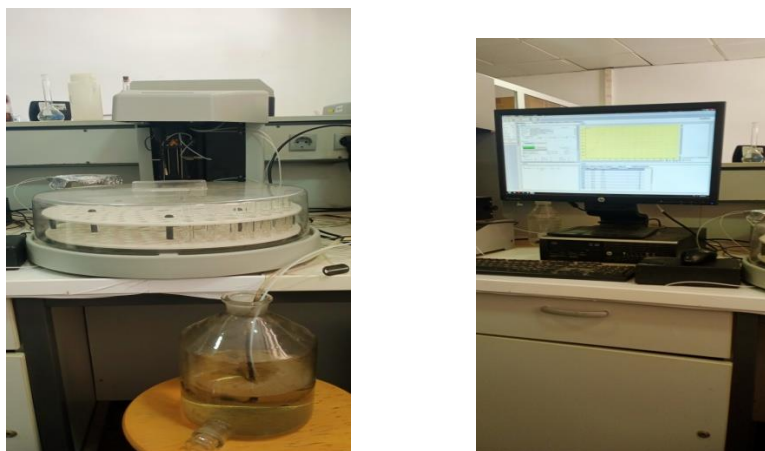
Figure II.5: Appareil de DBO mètre

#### II.1.1.6. Mesure du chrome et du plomb

La spectroscopie d'adsorption atomique SAA est une méthode de dosage d'élément chimique fondé sur l'absorption des radiations atomiques en phase vapeur.

La solution contenant l'élément à doser est aspirée à travers un capillaire et dirigée vers le nébuliseur. Elle est ensuite pulvérisée à très grande vitesse à travers une chambre où s'éliminent les grosses gouttes grâce à une bille brise-jet. La solution ainsi vaporisée est entraînée par le combustible à travers le brûleur à la sortie duquel a lieu la combustion.

Après dissociation thermique dans la flamme, les radiations incidentes, qui sont fournies par une lampe à cathode creuse qui émet le spectre de l'élément que l'on veut doser sont adsorbées. La mesure de cette absorption permet de déterminer la concentration de l'élément à doser.



**Figure II.6 :** spectroscopie d'absorption d'atomique

### II.1.1.7. Mesure de la concentration en l'hydrocarbure

➤ **Principe :**

Les hydrocarbures sont des composés constitués de carbone et d'hydrogène ( $C_xH_y$ ) peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables. Leur densité est inférieure à celle de l'eau. La mesure de la quantité des hydrocarbures présents dans l'échantillon à analyser s'effectue par une méthode classique purement physique, les hydrocarbures présents dans l'eau sont extraits par solvant d'éther de pétrole selon la méthode normalisée NFT90-203[1]

➤ **Mode opératoire:**

On pèse un bécher vide préalablement conditionné, soit  $p_0$  le poids du bécher avant utilisation, on verse 250 ml de notre l'échantillon à analyser dans une ampoule décanter de 500ml préalablement nettoyée, on ajoute 25ml de solvant éther de pétrole, on agite et on évente afin de dégager les gaz produits, on laisse décanter quelques minutes, jusqu'à l'apparition de deux phases : la phase organique et la phase aqueuse, on récupère la phase organique dans le bécher et on le met sur une plaque chauffante à une température de  $180^\circ\text{C}$  afin de la sécher, puis on la met au dessiccateur pour refroidir pendant 15min, on pèse à nouveau le bécher et on note son poids, soit  $p_1$ .

La concentration des hydrocarbures présents dans l'échantillon analysé s'exprime en mg/l ; elle est obtenue par cette relation :

$$[\text{Hydrocarbures}] = [(p_1 - p_0) / V] \dots\dots\dots(2)$$

$P_0$  : poids du bécher avant utilisation (g)

$P_1$  : poids du bécher après utilisation (g)

$V$  : volume de l'échantillon prélevé (ml)

## II.2. Caractérisation du charbon actif

Le charbon actif est utilisé pour le traitement des eaux, il possède à un haut degré la propriété de fixer et de retenir des fluides amenés à son contact. Il consiste à biodégrader et oxyder les matières organiques ainsi qu'éliminer ou absorber certains micropolluants pour améliorer le goût, l'odeur et la couleur de l'eau. Le charbon activé est principalement disponible sous deux formes différentes « en poudre » et « granulé ».

### ➤ Propriétés physique de charbon actif granulaire commercial :

- Surface spécifique : 600 à 1500 m<sup>2</sup>/g
- Diamètre effectif : 0,55 à 1,05 mm
- Masse volumique : 0,2 à 0,6
- Coefficient d'uniformité : 1,6 à 1,8

## II.3. Elimination de la DCO des eaux usées de la raffinerie par adsorption sur le charbon actif

Les essais d'adsorption ont été menés en batch système. Un volume constant (250 ml) d'une solution d'eau usée est mélangé avec le charbon actif dans des erlenmeyers de capacité de 500ml, le tout subit une agitation permanente, à une température constante, pendant un temps de contact bien déterminé : après l'agitation les échantillons sont filtrés pour ensuite mesurer la concentration résiduelle de ce polluant suivi la DCO.

Le calcul du taux d'abattement de la DCO exprimé en pourcentage R% , est basé sur la formule suivante :

$$R\% = [(C_{\text{initiale}} - C_{\text{finale}}) / C_{\text{initiale}}] \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

**Remarque : on a choisi l'élimination de la DCO et DBO parce que leurs teneur dépassent la norme. On a traité que la DCO car la période d'analyse la DBO est plus de 3mois et on était aussi limité par le temps.**

### II.3.1. Paramètres influant sur l'adsorption

Dans cette étude on procède à l'optimisation des paramètres physico-chimiques suivants : la masse de charbon actif, le temps de contact, le pH et la concentration initiale de polluant étudié.

➤ **Influence du temps de contact**

Pour déterminer le temps optimal du processus d'adsorption, différents intervalles de temps de contact sont testés : 5, 10, 20 et 40 min, 1g de charbon actif et 250ml de la solution.

➤ **Influence de la masse de charbon actif**

Des quantités variées de charbon actif (1, 0,5,1,5 et 2g), ont été mélangées avec 250mld'une solution d'eau usée, à une température ambiante, les échantillons sont filtrés pour ensuite mesurer la concentration résiduelle des composés adsorbés.

➤ **Influence de concentration**

La variation de la quantité de la DCO adsorbé par le charbon actif en fonction de la concentration initiale des eaux usées de la raffinerie (obtenue par dilution du rejet), a été étudiée à une température ambiante et d'une masse de l'adsorbant qui est ég



**CHAPITRE III :**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

### III.1. Caractérisation des eaux résiduaires de la raffinerie

Les eaux usées qu'elles soient domestiques, industrielles ou urbaines, précieusement les industries pétrolières contiennent différents polluants. L'intérêt croissant porté à la qualité de l'eau a conduit à définir pour ces eaux un certain nombre de paramètres spécifiques dans le but d'apprécier leur action potentielle sur le milieu aquatique récepteur et l'environnement. Parmi les paramètres plus significatifs, on peut citer la DCO qui est essentiel pour évaluer le degré de pollution d'un rejet.

Le **Tableau III .1** d'analyse physico-chimique des eaux usées de la raffinerie étudiée, indique que les normes algériennes définissent les limites des rejets d'effluents liquides industriels.

**Tableau III.1 :Analyse physico-chimique des eaux usées de la raffinerie**

Les paramètres	Les unités	Les valeurs	Les valeurs limites
température	C°	22,4	35
pH	–	7,56	5,5-8,5
MES	mg/l	24	30
Plomb	mg/l	0,1562	0,5
Chrome 6 <sup>+</sup>	mg/l	0,276	-
Chrome total	mg/l	0,1252	0,5
DCO	mg/l	363	120
DBO <sub>5</sub>	mg/l	65	30
Hydrocarbure	mg/l	0,3528	10

Au vue de l'ensemble de ces résultats, on peut dire que les eaux usées rejetées par la raffinerie sont de nature organique, par ce fait la biodégradation de ces matières provoque une consommation énergétique de l'oxygène dissous.

Donc un traitement physico-chimique est nécessaire pour réduire la concentration de polluant présent. Nous proposons dans cette étude, un procédé de traitement physico-

chimique par l'adsorption sur le charbon actif à fin de diminuer la teneur en DCO des eaux résiduelles de la raffinerie.

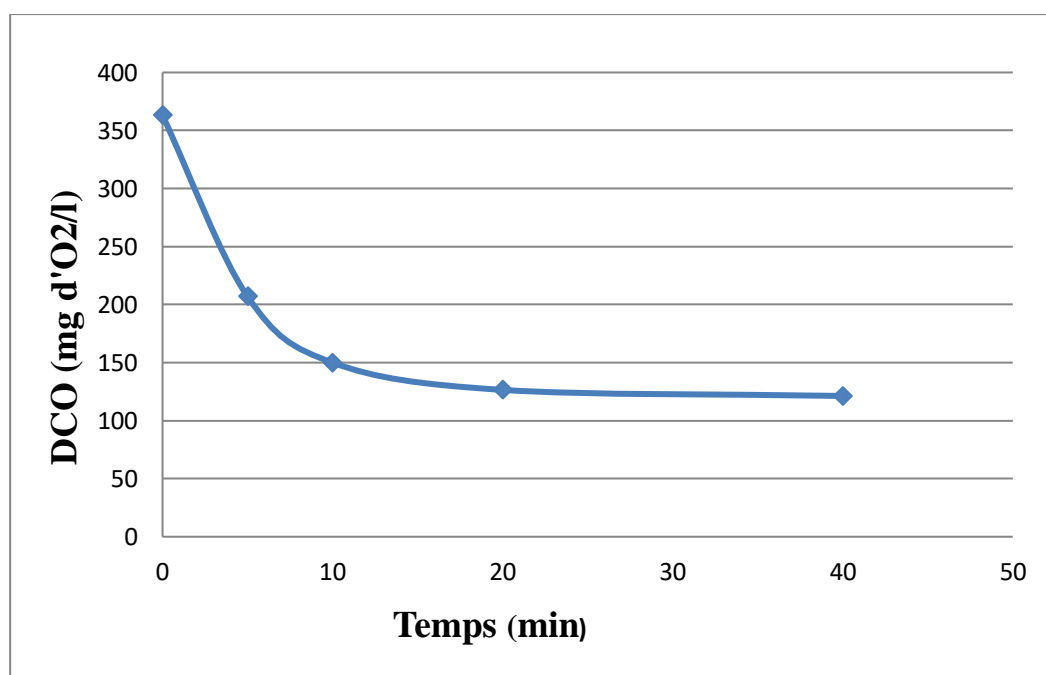
## III.2. Résultats de l'élimination de la DCO par adsorption sur charbon actif granulaire

### III.2.1. Effet du temps du contact

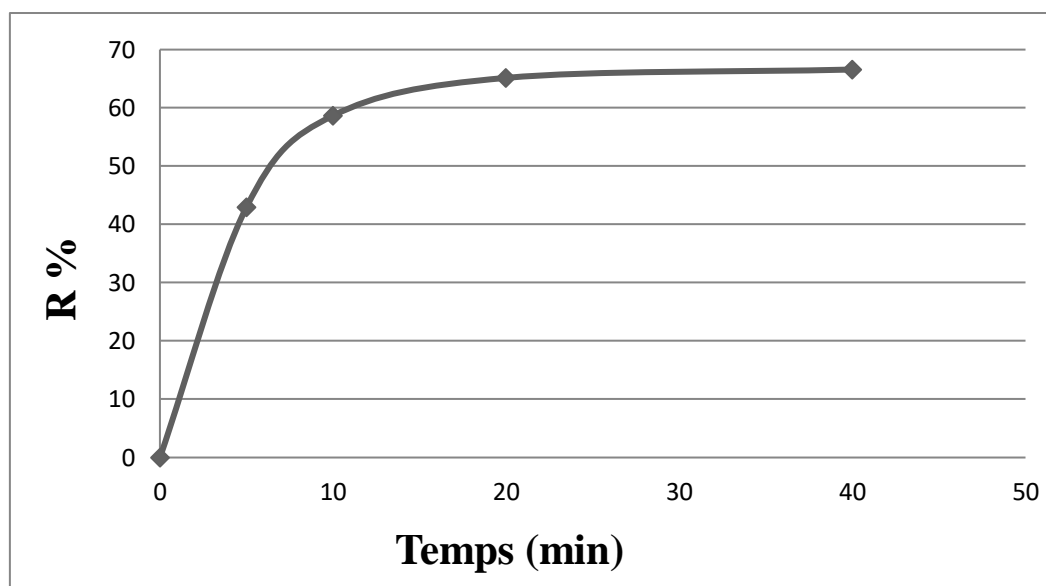
Dans ce **tableau (III.3)** on va vous présenter les résultats d'influence du temps sur l'élimination de la DCO.

**Tableau III.2** : Résultats d'élimination de la DCO par adsorption sur charbon actif granulaire l'influence du temps de contact sur l'élimination de la DCO des eaux usées.

Temps	0	5	10	20	40
DCO mg d'O <sub>2</sub> /l	363	207	150	126,5	121,3
R%	0	42,98	58,67	65,15	66,58



**Figure III.1**: l'influence du temps de contact sur l'élimination de la DCO en fonction du temps (pH=7,56 ; dose=1g/l ; v=250rpm ; temps=40 min).



**Figure III.2:** Evolution du rendement de l'adsorption de la DCO en fonction du temps (pH=7,56; dose=1g/l; v=250rpm; temps=40min).

D'après les **figures(III.1) (III.2)** montrent les résultats d'adsorption obtenus pour la DCO par l'adsorbant. On remarque que la concentration de l'adsorbat diminue et le taux d'élimination augmente. Avec le temps, jusqu'à l'obtention d'un palier de saturation ; ou ce rapport ne change plus. Il montre l'interaction adsorbant adsorbat qui atteint l'équilibre. Durant 20min avec une concentration de 121,3mg/l, il correspond à un pourcentage 66,78%.

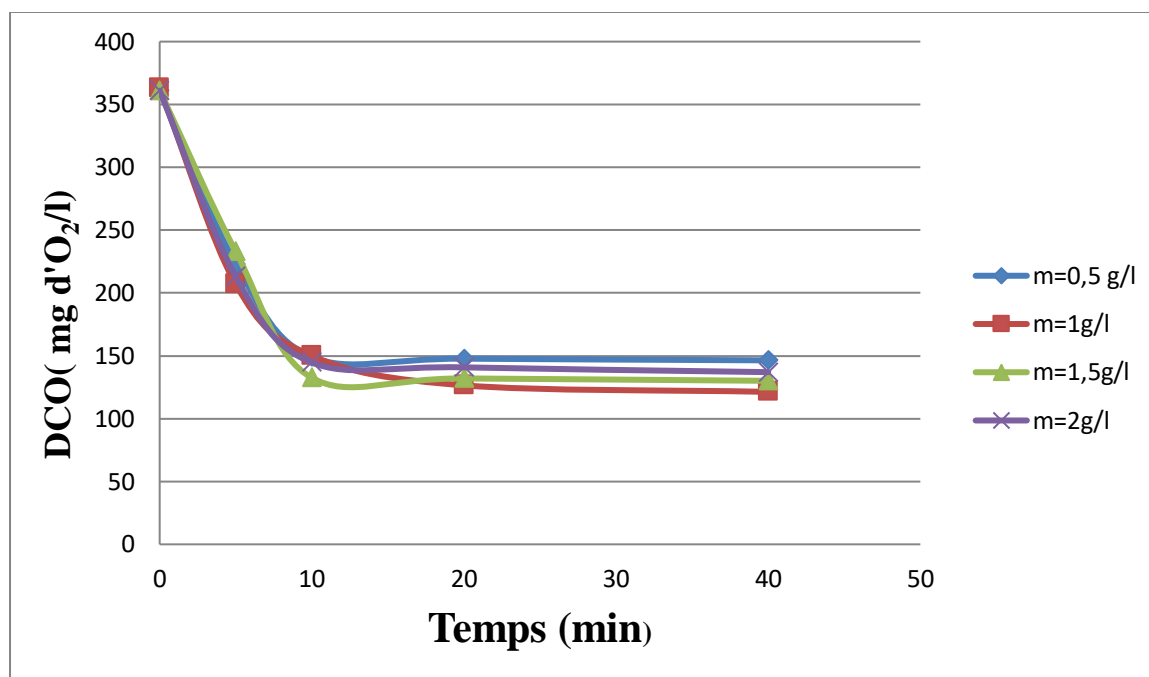
### III.2.2. Effet de la dose charbon actif

Dans ces **tableaux (III.3)(III.4)** on va vous présenter les résultats d'influence de la dose sur l'élimination de la DCO.

**Tableau III.3:** l'influence de la dose du charbon sur l'élimination de la DCO des eaux usées

Temps (min) / DCO mg/l	DCO mg/l m=0,5g/l	DCO mg/l m=1g/l	DCO mg/l m=1.5g/l	DCO mg/l m=2g/l
0	361	363	361	361
5	223	207	233	213
10	149	150	132,5	144,7
20	147,7	126,5	132	140,8

40	146,4	121,3	130,1	137
----	-------	-------	-------	-----



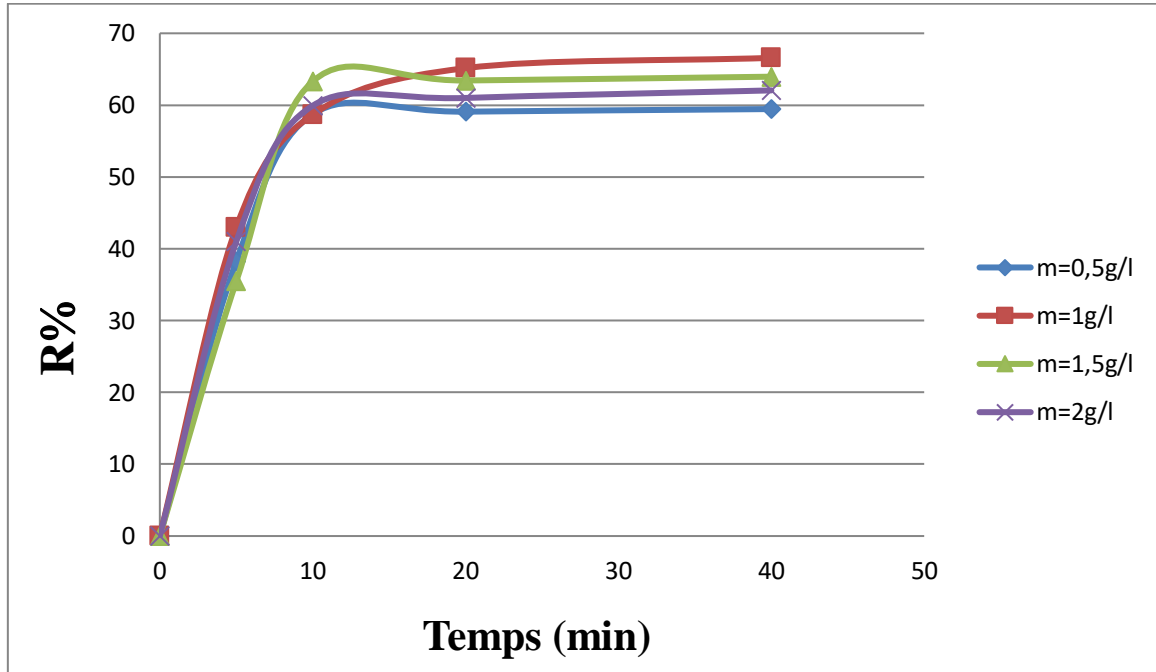
**Figure III.3:**L’influence de la dose du charbon sur l’élimination de la DCO des eaux usées (pH=7,56; dose=1g/l; v=250rpm;temps=40min)

La **figure(III.3)** montre que la concentration d’adsorbat diminue avec l’accroissement de la dose d’adsorbant introduite jusqu’à ce que l’adsorbat est atteint son équilibre et qu’il y’est un palier de stabilisation, correspondant à un temps de 15 minuteavec une concentration 121,3 mg/l.

**Tableau III.4:**L’influence de la dose du charbon sur l’élimination de la DCO des eaux usées.

Temps (min) \ R %	R % m=0,5g/l	R % m=1g/l	R % m=1.5g/l	R % m=2g/l
0	0	0	0	0
5	38,23	42,98	35.46	41
10	58,73	58,68	63.30	59,92

20	59,09	65,15	63.43	61
40	59,45	66,58	63.96	62.05



**Figure III.4:** Evolution du rendement de l’adsorption de la DCO en fonction du temps (pH=7,56, V= 250 rpm, DCO<sub>i</sub>= 361 mg/l).

D’après la **figure(III.4)**, nous constatons que le taux de fixation de l’élément étudié passe d’environ 66,58% pour une masse optimale qu’est égale à m=1g. L’augmentation du taux d’adsorption de la DCO en fonction de l’augmentation de la masse de l’adsorbant est due principalement à un accroissement conséquent du nombre de site actifs d’adsorption à la surface de l’adsorbant.

### III.2.3. Effet de la concentration

Dans ces **tableaux (III.5)(III.6)** on va vous présenter les résultats d’influence de la concentration sur l’élimination de la DCO.

**Tableau III.5:** l’influence de concentration sur l’élimination de la DCO des eaux usées..

Temps (min)	100%	50%	68%	80%
-------------	------	-----	-----	-----

	DCO mg/l	DCO mg/l	DCO mg/l	DCO mg/l
0	363	170	204	250
5	207	69,4	92,3	83,3
10	150	70	80	82
20	126,5	64	71,9	85,3
40	121,3	63,1	70	81,9

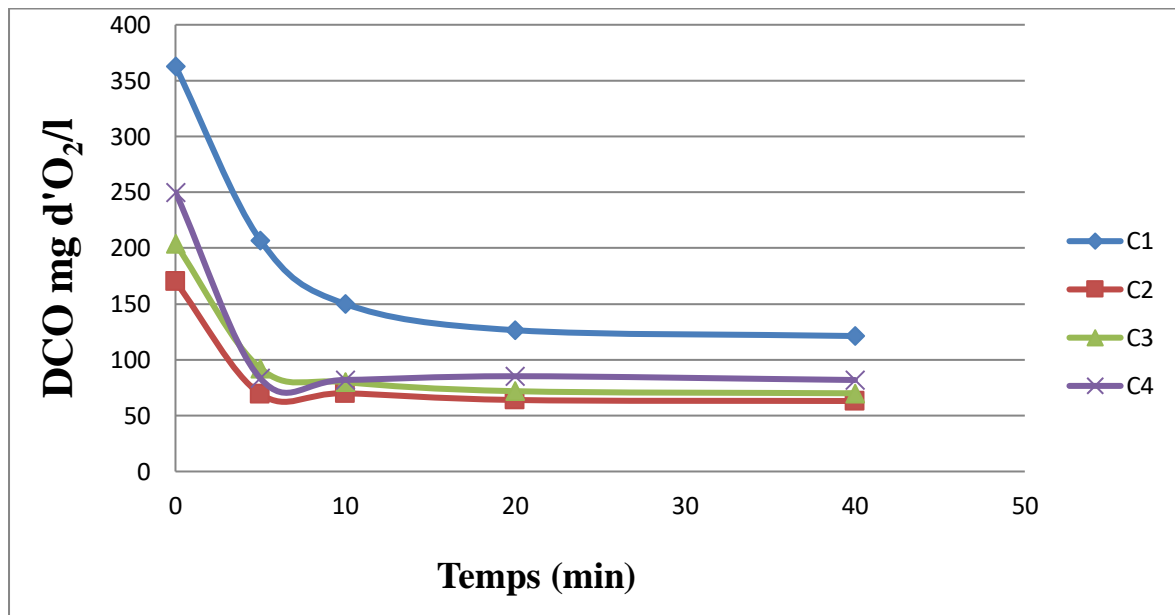
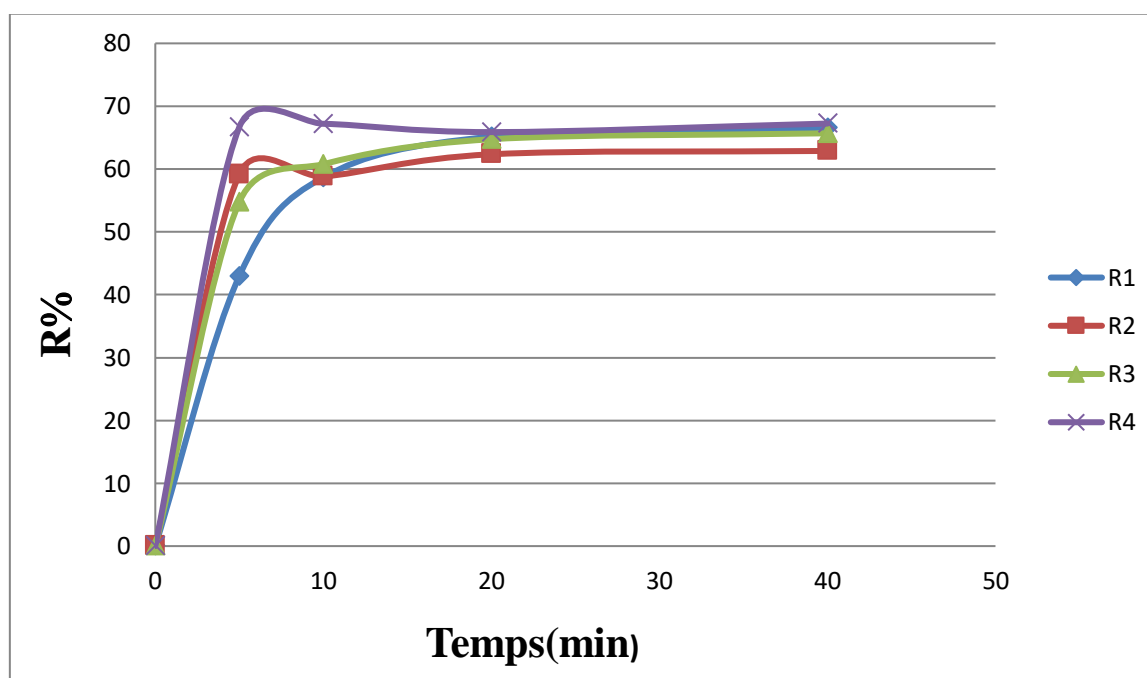


Figure III.5: L'influence de la concentration du charbon actif sur l'élimination de la DCO des eaux usées

(pH=7,56; v=250rpm;dose=1g/l ;temps=40min)

Les courbes représentées dans la **figure (III.5)** montrent une diminution rapide de la concentration en fonction du temps jusqu'à 10min. Pour toutes ces concentrations étudiées, on observe une légère stabilité allant de 10min jusqu'à sa saturation qui débute à partir de 20 min à 40min.

Temps	100%	50%	68%	80%
	R%	R%	R%	R%
0	0	0	0	0
5	42,98	59,18	54,75	66,68
10	58,68	58,82	60,78	67,2
20	65,15	62,35	64,75	65,88
40	66,58	62,88	65,69	67,24



**Figure III.6:** Evolution du rendement de l'adsorption de la DCO en fonction du temps (PH=7,56, la dose =1g/l, v=250rpm, temps =40min).

Afin d'évaluer les performances du charbon actif comme adsorbant sur l'élimination de la DCO, nous avons varié la concentration initiale par dilution de (100%; 80%;68% et 50%), à partir de la **figure (III.6)** nous constatons dans la première étape une augmentation du rendement en fonction du temps jusqu'à 15 min. Cependant dans la deuxième étape, la quantité adsorbée évolue légèrement, en indiquant l'établissement équilibré. Au bout de 20 min la fixation atteint un rendement d'élimination de 67,24%. Elle devient ensuite constante donc l'équilibre est atteint.

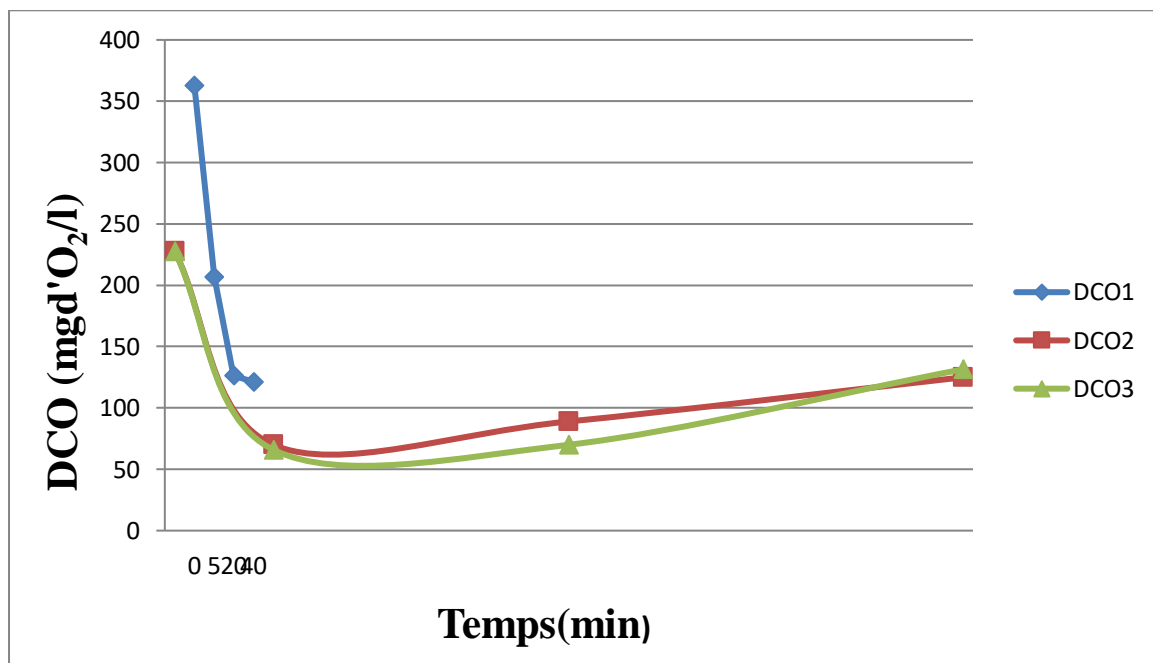


### III.2.5. Effet du pH

Dans ces **tableaux (III.7)(III.8)** on va vous présenter les résultats d'influence de pH sur l'élimination de la DCO.

**Tableau III.1:** l'influence de pH sur l'élimination de la DCO des eaux usées

Temps	DCO mg/l pH=7,56	DCO mg/l pH=5	DCO mg/l pH=9
0	363	228	228
5	207	70	80
20	126,5	100	99,8
40	121,3	125	131,5



**Figure III.7:** l'influence du pH sur l'élimination de la DCO des eaux usées

(pH=7,56; dose= 1g/l; v=250rpm;temps=40min).

- pH =7.56
- pH=5
- pH=9

La **figure III.7** montre une diminution de la concentration de l'adsorbat jusqu'à une valeur minimale, à partir d'un certain temps on remarque un palier de stabilisation correspondante à t=20min avec une concentration de 121,3 mg/l.

Tableau III.8:l'influence du pH sur l'élimination de la DCO des eaux usées.

Temps	R% de pH=7,56	R% de pH=5	R % de pH=9
0	0	0	0
5	42,98	69,3	64,91
20	65,15	56,14	56,23
40	66,58	45,18	42,41

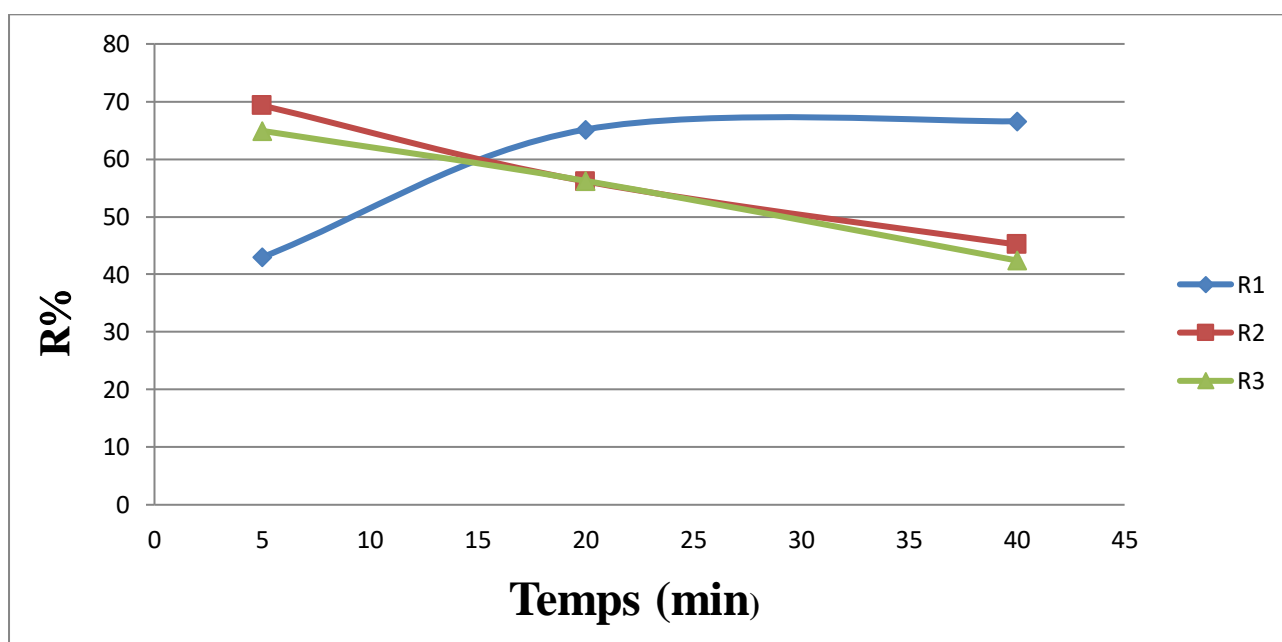


Figure III.8:Evolution du rendement de l'adsorption de la DCO en fonction du temps (PH=7,56, la dose =1g/l, v=250rpm, temps =40min).

- pH =7.56
- pH=5
- pH=9

D'après la **figure (III.8)** on constate que le meilleur taux d'élimination est obtenu d'une manière générale à pH neutre malgré qu'au début du taux d'élimination atteint son maximum à un pH égal à 5. Pour tous les pH étudiés durant 40min, on observe une augmentation du pourcentage d'adsorption en fonction du temps de contact pour le pH7 contrairement au pH5 et pH9, jusqu'à ce qu'une valeur limite de pH7 soit atteinte, donc le pH ne varie pas avec le temps.

# **CONCLUSION GENERALE**

### **Conclusion générale**

Ce travail s'inscrit dans le cadre général de la dépollution des eaux usées. Il a pour objectif d'étudier la possibilité d'utiliser le charbon actif pour l'adsorption des polluants organiques.

Nous avons entrepris de purifier l'eau usées industrielles chargées en polluants organique par l'adsorption sur le charbon actif granulé.

Dans notre étude, le rendement obtenu en utilisant ce matériau est 66.58 %, ce qui montre que le charbon actif granulé est un bon adsorbant pour les polluants organiques.

L'adsorption des polluants organiques sur le CA est favorisée en milieu neutre. Ce travail constitue une ébauche pour des études approfondies sur l'adsorption des polluants organiques et inorganique sur le charbon actif granulé en vue de la dépollution des eaux usées industrielles.

Dans l'avenir on propose une étude expérimentale d'activation physico-chimique sur le charbon actif dans le but d'améliorer son efficacité et augmenter son rendement.

- [1] **S. Bouafia**. Dégradation Des Colorants Textiles Par Procédés D'oxydation Avancé Basée Sur La Réaction De Fenton, Application A La Dépollution Des Rejets Industriels Thèse De Doctorat. Université De Paris.2010.
- [2] **I.Sekoulou, S. Brinke-Seferth**. Application De Bio-Filtration Dans L'industrie Du Raffinage Du Pétrole. Water Science Technology. Vol.8n° 36,71p.1999.
- [3] **S.Benmoussa, I.Gasmi**, Etude De Faisabilité De L'épuration Des Eaux Usées Par Un Lagunage Naturel (Cas De La Région De M'rara), Université De Echahidhamma Lakhdar El Oued. 2015.
- [4] **Mekhalif Faiza** , Réutilisation Des Eaux Résiduares Industrielles Epurées Comme Eau D'appoint Dans Un Circuit De Refroidissement, Mémoire De Magister, 2009.
- [5] **Chebli Derradji**. Traitement Des Eaux Usées Industrielles: Dégradation Des Colorants Azoïques Par Un Procédé Intégré Couplant Un Procédé D'oxydation Avancée Et Un Traitement Biologique, Thèse De Doctorat, 2012.
- [6]**J. Le Coent**. "Assainissement : Eaux Usées – Eaux Pluviales", Bod - Books On Demand. **Journal** Officiel De La République Algérienne .2006.
- [7] **J. Rodier, B. Legube, N. Merlet, R. Brunet**. "L'analyse De L'eau - 9e Ed.: Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, Eau De Mer", Dunod.2009.
- [8] **K. Bouchenak, M. Racha** .Comparaison Qualitative Entre Filtration Sur Sable Et Filtration Sur Charbon Actif Application Aux Eaux Usées Epurées De La Step De Ain El Houtz', Mémoire De Master, D'état Hydraulique, Université De Tlemcen. 2015.
- [9] **A. Mizi**, Traitement Des Eaux De Rejets D'une Raffinerie Des Corps Gras Région De Bejaia Et Valorisation Des Déchets Oléicoles, Thèse De Doctorat, Université De Badji Mokhtar Annaba.2006.
- [10] **J ,C.Boeglin et J,L.Roubaty**.Pollution Industrielle De L'eau- Caractérisation,Classification,Mesure.2007.
- [11] **L. Nelson, F. Nemerow, J. Agardy, J.A. Salvato, 2009**. "Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil And Groundwater Treatment And Remediation", John Wiley & Sons.

[12] **American Society For Testingmaterial**

[13] **R. Salghi.** ‘‘Différentes Filières De Traitement Des Eaux’’, Ensa Agadir.2017

[14] **D.Petit.** Développement D’une Nouvelle Aproved’enlevement De L’azote Amoniacal Des Eaux Usées Domestiques.2012

[15] **Henze Et Al.** Treatment Wasterwater , Biological And Chemical Process. Springer-Verlag Heidelberg 2002.

[16] **M. Ducan Et H.Nigel.** Hand Book Of Water And Wastewater Microbiology. 2003

[17] **Journal Officiel** De La République Algérienne, 2006.

[18] **Journal Officiel** De La République Algérienne, 2009.

[19] **S. ATTOUTI.** Activation de deux algues méditerranéennes par diverses méthodes pour l’élimination de colorants. Diplôme de doctorat en sciences. Université Abdelhamid ibn badais de Mostaganem, 2013.

[20] **Moumenine Sarah.** Elimination De Polluants Des Eaux D'usines Par Adsorption Sur Charbon De Chêne En Combinaison Avec Un Désinfectant, Mémoire D’ingénieur D’état En Chimie, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen, 2011.

[21] **DIPA G. Krishna G. B. J.Applied** Clay Science, 20, 295-300, (2002).

[22] **N.BOUGDAH.** «Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur le Bentonite,» 2007.

[23] **K.A. KRISHNAN, T.S. Anirudhan.** Water SA, 29 (2003) 147

[24] **S. LAGERGREN.** Kungliga Svenska Vetenskaps akademiers, Handl. 24 (1898) 1-39.

[25] **CASSAN PH, BAGLIN A. FRIT D.**Les hyperoxaluries. Revue de médecine 17, p803-808. (cinétique bendada) 1976

[24] **SARAH KHIRANI.** Procédés hybrides associant la filtration membranaire et l’adsorption/échange ionique pour le traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation .Thèse de doctorat, institut national des sciences appliquées de Toulouse, 2007

[26] **N.BENDERDOUCHE.** Activation d’un précurseur naturel en vue de l’adsorption de cuivre, Technologie d’Oran (USTOMB), Algérie. (2004).

### Résumé

Les eaux usées industrielles contiennent des composés organiques de nature différente et de concentrations variables. Le rejet de tels effluents dans l'environnement est indésirable. Ils sont à l'origine de nombreuses contaminations des eaux de surface et souterraine. Les recherches actuelles visent donc à limiter cette contamination d'origine industrielle en proposant des technologies simples et moins coûteuses.

La caractérisation des eaux usées de la raffinerie d'Alger, par analyse physico-chimique de certains paramètres a montré une forte charge polluante organique (demande chimique en oxygène).

L'objectif de ce travail est le suivi des valeurs moyennes des teneurs en demande chimique en oxygène (DCO) après traitement par adsorption sur le charbon actif, afin d'évaluer les performances épuratoires par cette méthode.

Les essais d'adsorption ont été réalisés en système batch ; l'influence des différents paramètres expérimentaux a été étudiée : le temps de contact, la masse de l'adsorbant, la concentration initiale de l'adsorbat.

Les résultats expérimentaux ont montré que la masse optimale du charbon actif est de 1g et le pH du milieu n'a pas un effet remarquable sur la rétention des composés étudiés.

**Mots clés :** eaux usées, adsorption, charbon actif, DCO, environnement

### Abstract

Industrial wastewater contains organic compounds of different types and in varying concentrations. Discharge of such effluents to the environment is undesirable. They are the source of many contaminations of surface and ground water. Current research therefore aims to limit this contamination of industrial origin by proposing simple and less expensive technologies.

The characterization of wastewater from the Algiers refinery, by physico-chemical analysis of certain parameters, showed a high organic pollutant load (chemical oxygen demand).



The objective of this work is to monitor the average values of the chemical oxygen demand (COD) contents after treatment by adsorption on activated carbon, in order to evaluate the purification performance by this method.

The adsorption tests were carried out in batch system; the influence of the various experimental parameters was studied: the contact time, the mass of the adsorbent, the initial concentration of the adsorbate.

The experimental results showed that the optimal mass of activated carbon is 1g and the pH of the medium does not have a remarkable effect on the retention of the studied compounds.

**Keywords :** wastewater, adsorption, activated carbon, DCO, environment