

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El Bachir El Brahimy - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Génie de l'environnement.

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLÔME DE MASTER

FILIÈRE: Génie des procédés

Spécialité :Génie des procédés de l'environnement.

Par

➤ Hansali Dounia

➤ Aissat Roukaya

Intitulé

**TRAITEMENT D'UNE EAU INDUSTRIELLE PAR ADSORPTION SUR
CHARBON ACTIF**

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Établissement</i>
<i>Mr. S. BAHAH</i>	<i>MCB</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M^{me}. M. BANOU</i>	<i>MAB</i>	<i>Encadrant</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M^{me}. S. BEKRIE</i>	<i>MCB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Soutenu le : 2023/2024

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

En préambule de ce projet, Nous louons Dieu, Celui qui nous a aidé, et nous a donné la patience et le courage pendant toutes ces années d'études.

Ce travail est réalisé dans la structure « Génie des procédés de l'environnement », dirigé par Mr. **H. KARESS**, professeur à la Faculté des Sciences et Technologies.

Nous adressons notre sincères remerciements à notre encadreur madame **M.**

BANO, à qui nous exprimons toutes notre reconnaissance, de nous avoir encadré et encouragé tout le long de notre stage. Merci pour sa bonne volonté, sa patience et ses précieux conseils ainsi que pour la pertinence de ses remarques.

L'ensemble du personnel du Centre de Recherche et Développement

SONTRACH pour leur accueil et leur gentillesse particulièrement **Mr**

FADHOUL Djamel sans oublier les membres du laboratoire pendant toute la période du stage.

Nous ne saurons jamais assez remercier la lumière de notre vie, nos parents, qui par leurs prières et leurs encouragements, nous avons réussi à surmonter tous les obstacles.

Nous exprimons aussi nos vifs remerciements aux membres du jury, Mme **Sara**

BEKRI et **Mr Salah BAHAH** de la Faculté des Sciences et Technologies, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs remarques.

Pour conclure, nous souhaitons adresser nos remerciements à tout l'ensemble du personnel du département de Génie des Procédés de L'environnement de la

Faculté des Sciences et Technologies, aussi tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Nous commençons par remercier Allah le tout puissant de nous avoir donné le courage, la santé, la volonté du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et matériel tout au long de ma vie, ma source de joie, celui qui s'est toujours sacrifié pour ma réussite. Que Dieu te procure une bonne santé et une longue vie mon très cher papa.

À lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, celle qui m'a transmis le courage et l'amour, pour son soutien moral et matériel, à ma très chère maman que j'adore.

À mes frères : Faress , Nour El dine et Mohammed .

À mes sœur Nada et Olien

À ma chère sœur soumia et son mari et ses filles Malak et Acil

À toute ma famille et mes chères amies

À ma grand-mère que dieu procure bonne santé et longue vie.

À toute la famille Hensali.

À ma chère binôme : Rokaya

À mes amies :chaima ,sabrina ,widade ,achouak ,

À toute la promotion 2024. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

Dounia

Dédicace

*Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné
la santé, la patience, la volonté et pour sa grâce.*

Je dédie ce projet aux êtres les plus chers à mon cœur.

*Mon cher père qui a toujours été présent dans les moments les plus difficiles,
son soutien et ses encouragements m'ont toujours donné la force de continuer
mes études.*

Ma chère mère, Qui m'a soutenu durant toute ma vie,

Pour moi, vous êtes un exemple de courage et de sacrifice constant.

*Nulle dédicace ne peut témoigner de l'amour, de l'estime et du respect que je
leur porte.*

À mes sœur soumia , imane , amina et zineb

À toute ma famille et mes chères amies

À ma chère binôme : Dounia

*Merci à tous ce qui m'ont soutenu et encouragé, en me donnant la force de
continuer .*

Roukaya

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations et symboles

Introduction générale	4
CHAPITRE I.....	5
1.1 Les eaux usées.....	6
1.2 Types des eaux usées.....	6
1.2.1 Les eaux usées domestiques.....	6
1.2.2 Les eaux usées pluviales	6
1.2.3 Les eaux usées agricoles	6
1.2.4 Les eaux usées industrielles	6
1.3 Différents type de pollution des eaux	7
1.3.1 Pollution chimique	7
1.3.2 Pollution organique	7
1.3.3 Pollution thermique.....	8
1.3.4 Pollution radioactive	8
1.3.5 Pollution microbienne.....	8
1.3.6 Pollution par Hydrocarbure.....	8
1.4 Hydrocarbures.....	8
1.4.1 Dangers des hydrocarbures	9
1.4.1.1 Pollution de sol.....	9
1.4.1.2 Pollution de l'air.....	9
1.4.1.3 Pollution de l'eau	10
1.4.2 Détermination des hydrocarbures dans l'eau	10
1.5 Définition des métaux lourds	11
1.5.1 Les rejets des métaux lourds dans l'eau.....	12
1.6 Méthodes de traitement des eaux usées.....	13
1.6.1 Paramètres chimiques.....	14
1.6.1.1 Demande chimique en oxygène (DCO)	14
1.6.1.2 Carbone organique total (COT).....	14
1.6.1.3 Potentiel Hydrogène (pH)	14
1.6.2 Paramètres biologiques	15
1.6.2.1 Demande biologique en oxygène (DBO).....	15

1.6.2.2 Biodégradabilité	15
Références bibliographiques	16
CHAPITRE II	18
1.1 Définition de l'adsorption.....	19
1.2 Type d'adsorption.....	19
1.2.1 Adsorption physique.....	19
1.2.2 Adsorption chimique	20
1.3 Description du mécanisme d'adsorption	21
1.4 Equilibre d'adsorption.....	21
1.4.1 Isotherme d'adsorption de Langmuir	22
1.4.2 Modèle de Freundlich	23
1.5 Facture influençant l'adsorption.....	23
1.6 Adsorbants.....	24
1.7 Généralité sur charbon actif	24
1.7.1 Origine	24
1.7.2 Propriétés physiques du charbon actif.....	25
1.7.3 Types des charbons actifs.....	25
1.7.3.1 Charbon actif pulvérulent CAP (0.045 à 0.14 mm).....	25
1.7.3.2 Charbon actif en grain CAG (0.4 à 4 mm).....	26
1.7.3.3 Charbon actif en extrudé	26
1.8 Facteurs influençant l'adsorption.....	27
1.8.1 Effet de la température	27
1.8.2 Effet du pH.....	27
Références bibliographiques	27
CHAPITRE III	28
1.1 Présentation de SONATRACH	29
1.2 Situation géographique	29
1.3 Champ de HBK	30
1.4 Présentation de la station de déshuilage du champ de HaoudBerkaoui	30
1.4.1 Station de déshuilage	30
1.5 Charbon actif	33
1.6 Échantillonnage	34
1.7 Méthodes d'analyse	34
1.7.1 Détermination de la teneur des hydrocarbures dans l'eau	34

1.7.1.1	Objet et domaine d'application	34
1.7.1.2	Principe	34
1.7.1.3	Mode opératoire d'extraction	35
1.7.1.4	Mode opératoire de concentration	36
1.7.2	Détermination de la Demande chimique en oxygène (DCO)	36
1.7.2.1	Principe	36
1.7.2.2	Traitement par charbon actif	39
1.7.2.3	Mode Opératoire	39
1.7.3	Détermination de la Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	40
1.7.3.1	Principe	40
1.7.3.2	Mode opératoire	41
1.7.4	Détermination du carbone organique total	41
1.7.4.1	Objet et domaine d'application	41
1.7.4.2	Principe	41
1.7.4.3	Mode opératoire	42
1.7.5	Détermination de la turbidité	42
1.7.5.1	Principe	43
1.7.5.2	Appareillage	43
1.7.5.3	Mode opératoire	43
1.7.5.4	Expression des résultats	43
1.7.6	Détermination de la quantité des matières en suspension.....	43
1.7.6.1	Principe	43
1.7.6.2	Mode opératoire	45
1.7.6.3	L'expression de MES	45
1.7.7	Potentiel d'hydrogène	46
1.7.7.1	Principe	46
1.7.7.2	Matériels utilisées	46
1.7.7.3	Mode opératoire	46
1.7.8	Détermination de nitrate NO_3^-	47
1.7.8.1	Principe	47
1.7.8.2	Domaine d'application	47
1.7.8.3	Mode opératoire	47
1.7.9	Détermination de nitrite NO_2^-	47
1.7.9.1	Principe	47
1.7.9.2	Domaine d'application	47

1.7.9.3	Mode opératoire	48
1.7.10	Détermination d Ammonium NH_4^+	48
1.7.10.1	Principe	48
1.7.10.2	Mode opératoire	49
1.7.11	Détermination de phénol	49
1.7.11.1	Principe	49
1.7.11.2	Domaine d'application	49
1.7.11.3	Mode opératoire	49
1.7.12	Détermination de cyanure	50
1.7.12.1	Principe:	50
1.7.12.2	Domaine d'application	50
1.7.12.3	Mode Opératoire.....	50
CHAPITRE IV		51
1.1	Caractérisation de l'eau usée utilisée	52
1.2	Traitement des eaux par charbon actif	52
1.2.1	Effet de temps	52
1.2.2	Effet de la quantité de charbon actif.....	54
1.2.3	Effet de pH	55
1.3	Analyse d'échantillons d'eaux usées après traitement par adsorption sur charbon actif	57
Conclusion générale		58
Résumé		59

Liste des tableaux

Tableau (I.1): Les types des hydrocarbures.

Tableau (I.2) :Classification des procédés d'oxydations avancées

Tableau (II.1): Principales différences entre la physisorption et la chimisorption

Tableau (III-1):Représente les caractéristique de charbon active utilisée .

Tableau (III.2) : Matériels et les réactifs utilisés pour la teneur des hydrocarbures.

Tableau (III.3):Matériels et les réactifs utilisés pour DCO

Tableau (III.4) : Matériels et Réactif de charbon actif

Tableau (III.5) : Matériels et Réactif utilisés pour DBO₅

Tableau (III.6) : Matériels et les réactifs utilisés de MES

Tableau (IV-1) : Caractéristiques des eaux usées au niveau de la station H.B.K à l'entré

Tableau (IV-2) : Résultats d'analyses des eaux par charbon actif

Tableau (IV-3) : Evolution de DCO en fonction de la quantité de charbon actif

Tableau (IV-4) : Evolution de la DCO et le rendement de l'adsorption des polluants en fonction de pH

Tableau (IV-5) :Quelques analyses de l'échantillon traité

Tableau (IV-6) : Quelque travaux réalisés sur les métaux lourds

Liste des figures

Figure (I. 1) : Pollution chimique des eaux

Figure (I.2):Classification périodique des métaux lourds

Figure(II. 1):Représentation schématique de phénomène d'adsorption

Figure (II. 2):Les types d'adsorption

Figure(II. 3):Mécanisme d'adsorption en phase aqueuse sur charbon actif .

Figure (II .4): Modèle d'adsorption de Langmuir.

Figure (II.5) :Charbon actif en poudre

Figure (II.6) : charbon actif en grain

Figure (II.7) : charbon actif en grain

Figure (III.1) : Situation géographique de la Direction Régionale HBK

Figure (III.02) : Schéma technologique de la station de déshuilage

Figure (III.03) : Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K.

Figure (III.4):chromatographie en phase gazeuse

Figure (III.5) : Réacteur (HACH-DRB 200)

Figure (III.6) : photomètre HACH -DR 1900

Figure (III.7) : Dispositif expérimentale

Figure (III.8) : Turbidité-mètre

Figure (III.9) : Étuve

Figure (III.10) : Dessiccateur

Figure (III.11) : Equipement de filtration sous vide

Figure (III.12) : pH-mètre utilisée.

Figure (III.13) : LCK 340

Figure (III.14) : LCK 342

Figure (III.15) : LCK 304

Figure (IV.1): Evolution de la DCO en fonction de temps

Figure (IV.2) : Evolution du rendement de l'adsorption des polluants en fonction de temps

Figure (IV.3): Evolution de la DCO en fonction de quantité d'adsorba

Figure (IV.4) : Evolution du rendement de l'adsorption des polluants en fonction de quantité de
CA

Figure (IV.5) : Evolution de la DCO en fonction de pH

Figure (IV.6) : Evolution du rendement de l'adsorption des polluants en fonction de pH

Liste des abréviations et symboles

COT : Carbone Organique Total

CA : Charbon actif

CAC : Charbon actif commercial

CAG : Le charbon actif en grain

CRD : Centre de la Recherche et
Développement

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène à 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

HBK : Haoud BERKAOUI

LCK: lymphocyte-specific protein tyrosine kinase.

MES : Matières en Suspension

NH₄⁺ : Ammonium

NO₂⁻: Nitrite

NH₃⁻: Nitrate

pH: Potentiel d'hydrogène

T : Température

Introduction générale

L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe. Elle constitue l'hydrosphère. Son volume est estimé à 1370 millions de kilomètres cubes, cependant 0,6 % seulement (de l'ordre de 8106 km³) constitue les eaux continentales (y compris les nappes souterraines et l'humidité des sols) dont la moitié est difficilement exploitable. Cette dernière est le vecteur privilégié de la vie et de l'activité humaine. Ceci implique la nécessité impérieuse de la protéger et de la traiter pour limiter les rejets de pollution dans le milieu naturel [1]. On estime que 8% de l'utilisation mondiale de l'eau est à usage domestique (eau de boisson, baignade, cuisine, nettoyage et jardinage...), 22% pour les usages industriels (fluide thermique, fluide de nettoyage et agent intervenant dans un procédé de fabrication comme solvant ou matière première ...), 70% pour l'irrigation des cultures [2].

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

L'adsorption par le charbon actif est une méthode efficace pour traiter les eaux usées en éliminant une large gamme de polluants organiques et inorganiques. Cette technologie offre une solution durable pour préserver la qualité de l'eau et protéger l'environnement.

Afin d'approfondir nos connaissances dans le domaine du traitement des eaux, nous avons choisi d'effectuer notre stage pratique au niveau de centre de recherche et développement SONTRACH de la ville de Boumerdes.

Notre étude est constituée de deux parties :

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons donné une synthèse bibliographique qui rassemble des données essentielles sur :

- Généralités sur la pollution des eaux usées ; □Généralités sur l'adsorption .

La deuxième partie porte sur

- Les matériels et méthodes utilisés.
- L'étude expérimentale de l'adsorption des hydrocarbures sur charbon actif.
- Et finalement une Conclusion générale.

CHAPITRE I

1.1 Les eaux usées

L'eau usée est une eau dont les caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques sont dégradées suite à utilisation dans différents domaines (domestique, agricole, industriel, etc.). Pour cette raison, ces eaux usées devront être traitées avant d'être restituées au milieu naturel et éviter ainsi de causer d'autres pollutions notamment des sols et de l'atmosphère. Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. L'eau de pluie et peuvent aussi provenir de sources agricoles et industrielles [1].

1.2 Types des eaux usées

Selon la source d'où elles proviennent, on distingue quatre types d'eaux usées :

1.2.1 Les eaux usées domestiques

Provenant des habitations composées des eaux ménagères et des eaux des vanes. Les eaux ménagères qui proviennent des salles de bains et des cuisines sont chargées des détergents, des polluants organiques et des graisses. Les eaux des vanes sont des rejets des toilettes constituées essentiellement de matières organiques et des germes fécaux [2].

1.2.2 Les eaux usées pluviales

Les eaux pluviales se chargent des impuretés au contact de l'air, en ruisselant elles se chargent des métaux lourds, des carburants, des huiles de vidange, des matières en suspensions et des résidus déposés sur les toits, les chaussées et les sols ...etc. [3].

1.2.3 Les eaux usées agricoles

Les eaux usées agricoles elles représentent les eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses, les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau. [4].

1.2.4 Les eaux usées industrielles

Ces eaux sont chargées en matières organiques et/ ou matières minérales. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à une autre [5].

On distingue deux types d'eaux usées industrielles comme

- Eaux usées huileuses : il s'agit d'eaux usées polluées par les hydrocarbures et collectées par le circuit des eaux huileuses. On distingue plusieurs origines des eaux huileuses : les

salles des machines, les ateliers et les magasins, les postes électriquement la zone de stockage des wagons d'huile.

- Eaux non huileuses : non polluées par les hydrocarbures, ces eaux résiduaire ni acides ni alcalines proviennent de des purges des chaudières, des circuits fermés de réfrigération et des circuits vapeur.
- Eaux chimiques : ce sont des eaux rejetées par les industries de traitement des métaux et les industries agro-alimentaires. Elles peuvent être acides, alcalines ou salines [3].
- Eaux diverses : n'entrant pas dans les catégories précédentes et devant en généraliste recueillies dans des récipients (purgé d'appareils contenant des asphaltes, déparaffines ou des résidus lourds se figeant à la température ambiante).

1.3 Différents type de pollution des eaux

1.3.1 Pollution chimique

Elle résulte d'eau à température trop élevée influant, à la fois, sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique. Les systèmes de refroidissement de l'eau des industries et des centrales notamment les centrales nucléaires représentent une source de pollution par réchauffement de la température de l'eau [6].



Figure (I. 1) : pollution chimique des eaux

1.3.2 Pollution organique

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante. Elle résulte de diverses activités : urbaines, industrielles, artisanales et rurales. Chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou non biodégradables.

- la matière organique biodégradable est consommée par des microorganismes dans le milieu récepteur. Quand celle-ci est en excès, la biodégradation devient très limitée avec un déficit en oxygène.

- la matière organique non biodégradable tel que les hydrocarbures, une fois rejetés, diminuent la pénétration de la lumière et de l'oxygène de l'air [7].

1.3.3 Pollution thermique

Elle résulte d'eau à température trop élevée influant, à la fois, sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique. Les systèmes de refroidissement de l'eau des industries et des centrales notamment les centrales nucléaires représentent une source de pollution par réchauffement de la température de l'eau [6].

1.3.4 Pollution radioactive

C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). 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 [8].

1.3.5 Pollution microbienne

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. La nature de la population bactérienne par exemple est très variée et il n'est pas possible d'en faire ici un inventaire complet. L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique) [9].

1.3.6 Pollution par Hydrocarbure

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires). Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition. En fait leurs activités peuvent s'exercer selon plusieurs modalités très différentes [8].

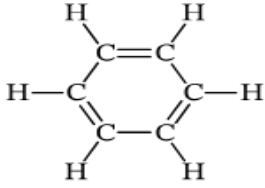
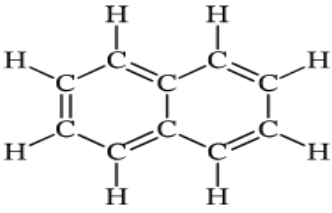
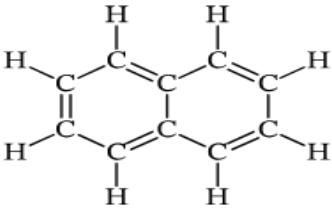
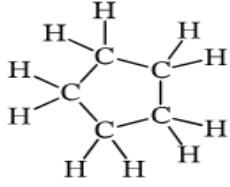
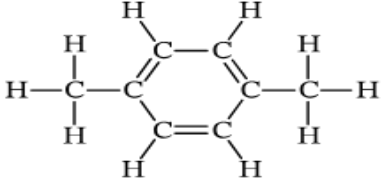
1.4 Hydrocarbures

Les hydrocarbures, ou huiles minérales regroupent différents produits pétroliers.

Ce sont des composés organiques qui contiennent des atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H).

Leur formule brute est C_nH_m où n et m sont deux entiers naturels.[10]

Tableau I -1: Les types des hydrocarbures [8].

Hydrocarbures aliphatiques	Hydrocarbures aromatiques
<p>Alcane</p> $\begin{array}{cccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	
<p>Alcène</p> $\begin{array}{ccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ & \text{C} & =\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ & \text{H} & & \text{H} \end{array}$	
<p>Alcyne</p> $\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \\ & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}\equiv\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \end{array}$	
<p>Cycloalcane</p> 	

1.4.1 Dangers des hydrocarbures

1.4.1.1 Pollution de sol

Le degré de gravité de cette pollution dépend de la nature du sol et de son utilisation. Ainsi, le déversement accidentel d'hydrocarbures liquides sur un terrain agricole peut le rendre momentanément impropre à la culture, au pâturage, ..., jusqu'à disparition (évaporation, infiltration ou nettoyage) des hydrocarbures [2].

1.4.1.2 Pollution de l'air

Elle est due à la vaporisation des fractions légères des hydrocarbures laissés ou rejetée à l'air libre, les fractions lourdes n'étant pas volatiles. Cette vaporisation est d'autant plus forte que la température ambiante est élevée. Cette pollution présente deux types de dangers :

- Dangers physiologiques
- Dangers d'incendie et d'explosion

L'acuité de ces dangers dépend du milieu, de l'ampleur de la pollution et bien entendu, de la nature de l'hydrocarbure [5].

1.4.1.3 Pollution de l'eau

Elle peut apparaître soit :

- À la suite d'un déversement direct dans un cours d'eau
- Par ruissellement des eaux en contact avec des hydrocarbures
- Par infiltration directe des hydrocarbures ou d'eau polluée

Les deux premiers modes de pollution touchent les eaux de surface, l'infiltration atteint surtout les nappes souterraines.

Les hydrocarbures étant plus légers que l'eau et généralement non-miscibles, flottent à la surface. Ils ont un effet nuisible sur la faune et la flore et rendent les eaux impropres à la consommation humaine.

Ce problème est d'autant plus aigu qu'il suffit d'une infime quantité d'hydrocarbure pour polluer l'eau [5].

1.4.2 Détermination des hydrocarbures dans l'eau

Les hydrocarbures sont déterminables selon diverses méthodes qui sont :

- Effluents aqueux des raffineries de pétrole - dosage des matières organiques en suspension dans l'eau extractibles à l'hexane : c'est une méthode de mesure par absorption et floculation des matières organiques (hydrocarbures compris) dans une colonne garnie d'hydroxyde d'aluminium, extraction du floculat à l'hexane, puis dosage gravimétrique après évaporation du solvant. Cette méthode permet de mesurer les hydrocarbures insolubles et reproduit sensiblement le processus de leur épuration par des procédés physico-chimiques. Dans ces conditions, elle peut être utilement employée pour la surveillance des performances de filières de ce type.

- Effluents aqueux des raffineries de pétrole - dosage des hydrocarbures totaux: il s'agit d'une méthode de mesure faisant appel à une extraction des produits hydrocarbonés par le tétrachlorure de carbone (CCl_4) en milieu acide, à une séparation des hydrocarbures des autres composés organiques par chromatographie sur une colonne garnie d'un adsorbant, puis à une détermination spectrophotométrie dans le spectre infra-rouge à la longueur d'onde de 3420 nm (qui correspond à la vibration de valence la plus intense des Liaisons CH_2 des hydrocarbures aliphatiques). En première approche, cette méthode peut être utilisée lorsqu'on désire connaître la teneur en hydrocarbures Aliphatiques dissous.
- Dosage des hydrocarbures totaux - méthode par spectrophotométrie infra-rouge : cette Méthode est identique à la précédente en ce qui concerne les modalités d'extraction. En Revanche, la mesure est différente et consiste en une détermination des absorbances de La solution chromatographie non pas pour une longueur donnée, mais dans tout le spectre compris entre 3290 et 3510 nm (se rapportant aux Vibrations les plus intenses des liaisons CH , CH_2 et CH_3 des hydrocarbures Aromatiques et aliphatiques). Mesurant tous les pics d'hydrocarbures dissous dans la Gamme spectrale considérée, il s'agit donc d'une méthode spectrophotométrie déportée plus large que la précédente.
- Dosage de 6 hydrocarbures aromatiques polycycliques -méthode par chromatographie Liquide haute pression : cette dernière méthode est relative à un essai visant plus Particulièrement à doser les composés à pouvoir cancérigène. Les HAP sont extraits de L'échantillon à tester par action du cyclohexane, séparés des autres composés par Chromatographie liquide haute pression, puis dosés par fluorimétrie[13]

1.5 Définition des métaux lourds

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser. D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme [11] :

- Tout métal ayant une densité supérieure à 5.
- Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (Z=11).
- Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques. Certains chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques. Le géologue, par exemple, considérera comme métal lourd tout métal réagissant avec la pyrimidine (C₆H₅N) [11].

Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité, sont généralement : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn) et le zinc (Zn).

Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces. Les plus toxiques d'entre eux sont le plomb, le cadmium, l'arsenic et le mercure [5,6]. D'autres comme le cuivre, le zinc, le chrome, pourtant nécessaires à l'organisme en petites quantités, peuvent devenir toxiques à doses plus importantes.

Bloc S												Bloc p					
H		■ Métaux lourds de densité > 5															He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Bloc d										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Bloc f														
Lanthanides		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
Transuraniens		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr		

Figure (I-2) : Classification périodique des métaux lourds

1.5.1 Les rejets des métaux lourds dans l'eau

L'eau constitue un élément fondamental en matière de pollution, puisque dans le cas des métaux, comme pour d'autres composées, celle-ci va favoriser de nombreuses réactions chimiques. L'eau transporte les métaux lourds, et les insère dans les chaînes alimentaires (algues, poisson, etc.). Même si les métaux lourds sont le plus souvent présents à l'état de traces, ils n'en restent pas moins dangereux, puisque leur toxicité se développe par bioaccumulation dans l'organisme [12].

1.6 Méthodes de traitement des eaux usées

Différentes méthodes de traitement des eaux polluées sont à ce jour, disponibles. Cette partie présente ces méthodes de façon très générale. Selon la nature de chaque méthode, nous pouvons les regrouper en traitements physiques, biologiques, chimiques et physico-chimiques :

- **Le traitement physique** : les méthodes les plus anciennes d'élimination des polluants de l'eau sont des méthodes physiques de transfert de masse, citons la simple décantation, la filtration ou encore l'osmose inverse ou même par changement de l'état physique du polluant ou de l'eau le contenant [14].
- **Le traitement biologique** : son principe de fonctionnement est la digestion des composés organiques par des micro-organismes avec, pour conséquences, la production de CO₂, de CH₄ et /ou un accroissement de la population de microorganismes. Ce procédé nécessite que les contaminants de l'eau soient biodégradables [15].
- **Le traitement chimique** : 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 complexation ou par adsorption sur des matériaux minéraux. La recherche est donc ouverte dans le domaine des méthodes chimiques de traitement [15].
- **Le traitement physico-chimique** : il devient nécessaire de passer des méthodes physiques à des méthodes de destruction chimique des contaminants de l'eau. Ces méthodes vont toutes dans le sens d'une oxydation complète de la matière organique avec pour produit final le CO₂. Citons, entre autres, les méthodes d'oxydations purement chimiques, les procédés électrochimiques, ou les procédés photochimiques ; l'utilisation de la lumière pour le traitement de l'eau est généralement combinée avec différents oxydants. en effet, l'utilisation de l'irradiation dans l'ultra –violet (UV) seule n'est jusqu'à maintenant pas considérée comme un moyen d'oxydation, de même que, un oxydant utilisé seul ne produit qu'une décontamination partielle, donc nous combinons ces deux méthodes pour une dépollution totale ce qui est un procédé d'oxydation nouveau et intéressant parmi les procédés de traitement des eaux usées. On présente sur le tableau (I-2), la classification des principaux procédés d'oxydations avancées selon la phase de réaction (homogène ou hétérogène).

Tableau (I-2) :Classification des procédés d'oxydations avancées [16].

Phase hétérogène	Phase homogène
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La photocatalyse hétérogène (TiO₂/UV) <input type="checkbox"/> La radiolyse <input type="checkbox"/> Oxydation par voie humide 	<ul style="list-style-type: none"> • Oxydation UV • Photochimie assisté : (H₂O₂/UV) • Photo Fenton : (H₂O₂ / Fe²⁺ (Fe³⁺) / UV) • Fenton : (H₂O₂/ (Fe³⁺)) • Photolyse de l'ozone : (O₃/UV), (O₃/H₂O₂) • Photo-peroxonation: (O₃ / H₂O₂ / UV) • Les procédés électrochimiques d'oxydation

1.6.1 Paramètres chimiques

1.6.1.1 Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique (biodégradable ou pas) présente dans les eaux à l'aide d'un réactif oxydant fort (dichromate de potassium) exprimée en mg L⁻¹ [17].

1.6.1.2 Carbone organique total (COT)

Le Carbone Organique Total est mesuré directement, dans un test instrumental, et non indirectement par la détermination de l'oxygène consommé. Le test COT mesure tout le carbone libéré sous forme de CO. Pour garantir que le carbone mesuré est bien du carbone organique, les formes inorganiques du carbone (CO₂, HCO₃⁻, etc.) doivent être éliminées avant l'analyse ou être corrigées lors du calcul. Le test COT a été principalement utilisé jusqu'à présent dans la recherche ou dans les évaluations détaillées des caractéristiques du liquide, en raison des coûts élevés de l'équipement[18].

1.6.1.3 Potentiel Hydrogène (pH)

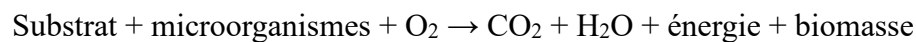
La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal variant de 6,5 à 7,5. Des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la viabilité et la croissance des micro-organismes. Le pH est donc l'un des paramètres les plus

importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement [19].

1.6.2 Paramètres biologiques

1.6.2.1 Demande biologique en oxygène (DBO)

La demande biologique en oxygène (DBO) est définie comme étant la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes lors de l'oxydation de la matière organique biologiquement dégradée contenue dans l'effluent liquide. Elle se mesure au bout de 5 jours à 20 °C et dans le noir, c'est ce qu'on appelle DBO₅ [20]. Elle représente la pollution organique carbonée biodégradable. D'autres variantes de la DBO sont utilisées comme la DBO₇ ou encore la DBO₂₁, appelée la DBO ultime. Elle est exprimée en milligrammes par litre d'oxygène (mgO₂.L⁻¹). Elle se résume à la réaction chimique suivante :



1.6.2.2 Biodégradabilité

La biodégradabilité traduit la capacité d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans le processus de traitement biologique des eaux (Billen et al., 1989). La DCO et la DBO sont des paramètres complémentaires. La DCO renseigne sur la totalité des matières oxydables mais ne donne aucun renseignement sur leur biodégradabilité. La DBO indique la quantité de matières biodégradables d'un effluent. Le rapport DCO/DBO₅ permet de qualifier la biodégradabilité d'un effluent [21].

- DCO/DBO₅ < 2 : effluent facilement biodégradable (eaux usées provenant d'industries agroalimentaires dont la DBO₅ élevée) .
- 2 < DCO/DBO₅ < 4 : effluent moyennement biodégradable .
- DCO/DBO₅ > 4 : effluent difficilement biodégradable.

Le rapport DCO/DBO₅ très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures, etc. Le rapport DCO/DBO₅ détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physicochimique

Références bibliographiques

- [1] DUGNIOLLE.H, (1980). L'assainissement des eaux résiduaires domestique, CSTC Révue n°3-septembre.
- [2] BESSEDIK Madani : Traitement des eaux usées. Université de Tlemcen, 2011, p112.
- [3] MOKHBIyassmina: Étude de la photocatalyse hétérogène couplée à un procédé de dépollution pour le traitement des eaux huileuses. Thèse de doctorat en génie des procédés, Université KasdiMerbah Ouargla, 2019, p4-8.
- [4]GROS CLAUDE G. 1999. L'eau – Tome II: Usage et polluants. Edition INRA, Paris, France.
- [5] BELAHMADI Mohamed Seddik Oussama : Étude de la biodégradation du 2,4 dichlorophénol par le micro biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad. Mémoire de Magister en microbiologie appliqué et biotechnologie microbienne, Université Mentouri-Constantine, 2011,p12.
- [6] GAUJOUS D, (1995) Lapollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, page 220.
- [7] Gomella C, Guerree H, (1978) Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, page 262.
- [8] MIZI Abdelkader, Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie -région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles, Thèse de Doctorat, 2006.
- [9]MEKHALIF Faiza , Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Mémoire de Magister, 2009.
- [10] BATTAZ Sarah, Etude comparative de la dégradation d'une terre polluée par des hydrocarbures lourds, Mémoire de Magister, 2009
- [11] M. Popescu, J. Blanchard, J. Carré, Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels. Émission, fumées, odeurs et poussières, Édition Lavoisier Technique et Documentation. 1998
- [12] D. Chapman, Water qualityassessments et FNSPON second édition. (UNESCO/WHO/UNEP). 1996

- [13] GEOFFROY Lesage, Etude de l'élimination de substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation, thèse de doctorat, 2009.
- [15] Krou N. J., Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques, Thèse de doctorat, Toulouse, 2010.
- [14] Laurent J., traitement des eaux par photocatalyse et photolyse VUV : dégradation oxydative de polluants organiques, Thèse de doctorat, lausanne, EPFL, 1992.
- [16]Chergui S., Bouafia et Alloune R., Procédé d'oxydation avancée pour le traitement des eaux usées : Principe et applications, Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen pp.163 – 170, 2007.
- [17] Badia-Gondard, F. 2003. L'assainissement des eaux usées. Edition Technicité, France,p.227
- [18] Eckenfelder W. 1980. Principles of water quality management. CBI Publishing Company, Boston, USA, p.718
- [19] Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Rodi L. 1996. Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer », 8ème Edition, Dunod, Paris, France, p.1383
- [20] Bourier, R. 2008. Les réseaux d'assainissement, 5ème édition, Tec et Doc – Lavoisier, Paris, France, p. 1013
- [21] Truc A. 2007. Traitements tertiaires des effluents industriels. Technique de l'ingénieur G1310v1.

CHAPITRE II

1.1 Définition de l'adsorption

c'est un procédé de traitement, pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air. Au cours de ce processus les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière plus ou moins réversible. Au cours de ce processus, il y aura donc un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide [1, 2].

La nature des liaisons formées ainsi que la quantité d'énergie dégagée lors de la rétention d'une molécule à la surface d'un solide permettent de distinguer deux types d'adsorption : adsorption physique et adsorption chimique [3, 4].

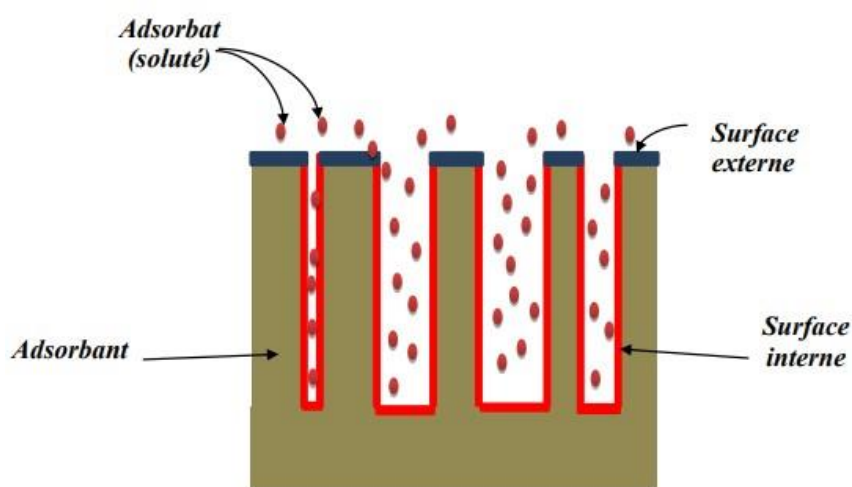


Figure II. 1 : Représentation schématique de phénomène d'adsorption [1].

1.2 Type d'adsorption

On distingue deux types d'adsorption :

1.2.1 Adsorption physique

Ce type d'adsorption résulte de l'établissement d'un échange de forces de faible énergie entre la surface d'un solide et des molécules à proximité de cette surface. Dans ce cas, la rétention est le résultat des liaisons de nature électrostatique de type Van Der Waals [1]. Du point de vue énergétique, la physisorption se produit aux basses températures avec des énergies de l'ordre de 10 Kcal.mol⁻¹ au maximum. Elle correspond à un processus réversible (équilibre dynamique d'adsorption et de désorption) et ne conduit pas à une modification de l'identité chimique de la molécule adsorbée. 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 [5].

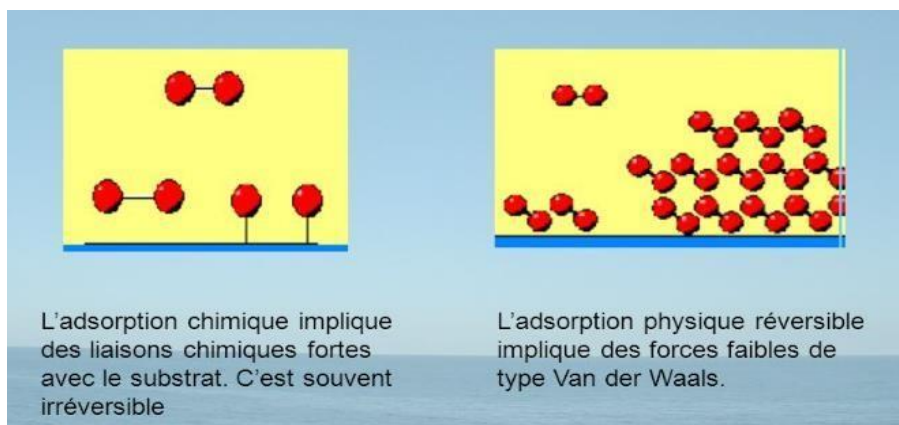


Figure II. 2. Les types d'adsorption [3].

1.2.2 Adsorption chimique

Dans ce cas, l'adsorption est due à la formation d'une liaison chimique, covalente plus permanente, entre l'adsorbât et la surface de l'adsorbant. Par rapport au premier, l'adsorption chimique se distingue par des énergies d'adsorption plus élevées (2 à 100 Kcal mol/1 contre quelques Kcal mol/1) et par une fixation irréversible de l'adsorbât sur des sites d'adsorption très spécifiques. Elle est aussi favorisée à température élevée [6].

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

Tableau II-1: Principales différences entre la physisorption et la chimisorption.

Adsorption physique	Propriétés	Adsorption chimique
Faible de type de Van Der Waals ou pont d'hydrogène	Liaison adsorbant adsorbant	Forte de type covalent ou ionique
≤ 10 kcal/mole	Chaleur d'adsorption	0 -100 kcal /mole
Formation de multicouches	Etat de surface	Formation d'une Monocouche
Favorisée par un abaissement de température.	Température du processus	Favorisée par accroissement de température.
Non spécifique	Spécificité	Spécifique
Rapide	Cinétique d'adsorption	Lente
Facile	Désorption	Difficile

1.3 Description du mécanisme d'adsorption

Le mécanisme d'adsorption peut être décomposé en plusieurs étapes :

- 1 étape (la diffusion externe) : le transfert des molécules de soluté de la phase liquide externe vers la phase liquide liée à la particule solide (par diffusion et par convection)
- 2^{ème} étape (la diffusion interne) : le transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant.
- 3^{ème} étape la diffusion de l'adsorbât à l'intérieur de la particule de l'adsorbant sous l'effet du gradient de concentration.
- 4^{ème} étape : l'adsorption dans un micropore[7].

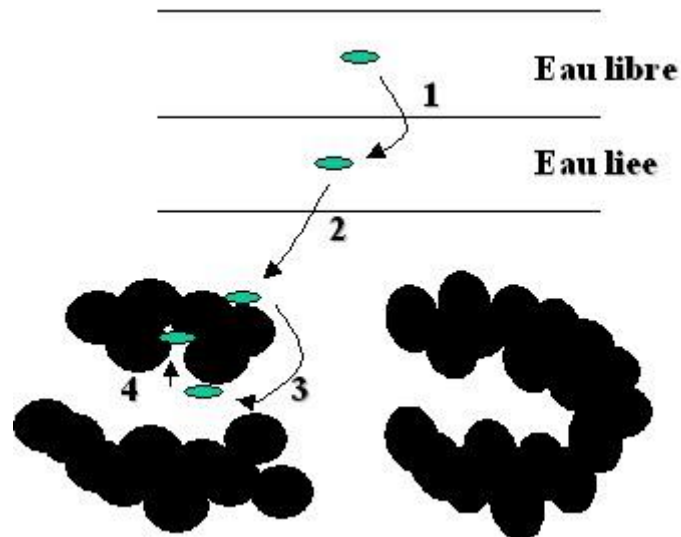


Figure II. 3. Mécanisme d'adsorption en phase aqueuse sur charbon actif .

1.4 Equilibre d'adsorption

Pour décrire les performances d'un système adsorbât/adsorbant, des modèles théoriques et empiriques ont été développés, décrivant la relation entre la masse d'adsorbât fixée à l'équilibre et la concentration sous laquelle elle a lieu, à température constante.

Il s'agit d'isotherme d'adsorption.

Une isotherme est donc une courbe qui représente la variation de la quantité de soluté adsorbée par unité de masse d'adsorbant en fonction de la concentration à l'équilibre C_e .

Les trois isothermes les plus connues sont celles de Langmuir, de Freundlich et de Brunauer-Emmett-Teller(BET).[8]

1.4.1 Isotherme d'adsorption de Langmuir

La théorie proposée par Langmuir (1918) repose sur une vision cinétique de l'adsorption de molécules de gaz sur une surface plane : il n'y a pas d'accumulation des molécules, les molécules sont continuellement « bombardées » sur la surface et un équilibre d'adsorption et de désorption des molécules se mettent en place.

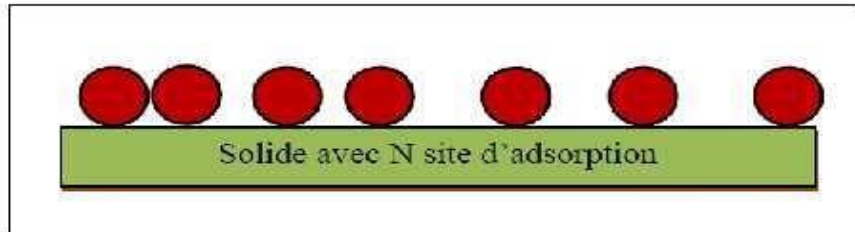


Figure II .4 : Modèle d'adsorption de Langmuir.

Les hypothèses de ce modèle sont les suivantes [9] :

- L'existence de sites définis d'adsorption peut adsorber ;
- Chacun de ses sites une seule molécule ; par conséquent, une seule couche de molécules peut être absorbée par le charbon activé :
- Chacun de ses sites a la même affinité pour les impuretés en solution (Une énergie d'adsorption constante) :
- L'activité à un site donné n'affecte pas l'activité aux sites adjacents. (l'absence d'interaction entre molécules absorbées) .[10]

Dans la pratique, il ya peu de systèmes qui sont décrits par une isotherme de type Langmuir du fait de l'hétérogénéité de la surface et de l'interaction des molécules adsorbées [11] L'isotherme est donnée par l'équation :

$$\frac{X}{m} = \frac{b \cdot \left(\frac{X}{m}\right)_0}{(1 + b \cdot C_e)} \cdot C_e$$

C_e : Concentration à l'équilibre, exprimée en (mg/l) ;

(X/m) : Quantité adsorbée à l'équilibre, en (mg/g) ;

$(X/m)_0$: Capacité maximale d'adsorption de la monocouche, en (mg/g) ; b :

Paramètre de Langmuir.

$$\frac{C_e}{\frac{X}{m}} = \frac{1}{b \cdot \frac{X}{m}} + \frac{C_e}{\frac{X}{m}} \quad (I.3)$$

$$K_d = \frac{1}{b} \quad (1.4)$$

La linéarisation de l'équation de Langmuir donnée par l'équation (I.3) permet de x déduire la capacité ultime $q=m_{\infty}$ et la constante de dissociation K_d qui représente $1/b$.

1.4.2 Modèle de Freundlich

En 1962, Freundlich a proposé un autre modèle pour décrire l'adsorption en milieu gazeux ou liquide. Ce modèle est représenté par une équation à deux paramètres (K_f et n) et consiste en une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption à la surface du support et se caractérise par une adsorption en sites localisés [12].

Ce modèle est décrit par :

$$Q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \quad (3)$$

Sachant que :

Q_e : la quantité d'entités adsorbées par gramme d'adsorbant à l'équilibre (mg/g).

C_e : la concentration de l'adsorbé dans la solution à l'équilibre (mg/L). K_f : la constante de Freundlich (L/mg).

n : paramètre énergétique de Freundlich.

Lorsque la valeur de n est comprise entre $1/n < 1$ 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 : [12]

$$\ln Q_e = \ln K_f + n \ln C_e \quad (4)$$

1.5 Facteurs influençant l'adsorption

L'efficacité d'un adsorbant vis-à-vis d'un adsorbé dépend d'un nombre important de paramètres dont les principaux sont:

- Les caractéristiques de l'adsorbant : polarité, volume poreux, surface spécifique, fonctions superficielles....
- Les caractéristiques de l'adsorbé : polarité, solubilité, poids et saturation moléculaire...

- Les paramètres physiques : tels que la température et le pH qui ont une influence considérable sur le phénomène d'adsorption.

Lors de l'adsorption, la valeur du pH joue souvent un rôle important, l'adsorption est maximale au point isoélectrique, car les liaisons avec l'eau y sont minimales. [13]

1.6 Adsorbants

Plusieurs matériaux sont utilisés en traitement de l'eau : alumine (Al_2O_3), gel de silice, terre de Fuller, terre à diatomées, tamis moléculaire, résines à micropores, résines à micropores échangeuses d'ions, dioxyde de manganèse et même « floccs de sulfate d'aluminium » et silice activée. Cependant, plus que toutes ces matières, c'est le charbon actif qui est le plus adsorbant [13].

1.7 Généralité sur charbon actif

Les charbons actifs sont des adsorbants spécifiques utilisés pour éliminer les impuretés qui accumule à la surface, ont un caractère essentiel qui est l'existence d'un réseau très développée de micropores, lesquels sont à l'origine de leur pouvoir adsorbant [14]. La capacité des charbons actifs à dépolluer tient de leur faculté d'adsorption. Le charbon actif est le plus ancien adsorbant fabriqué industriellement [15]. Il est obtenu à partir de matières organiques (bois, tourbe) carbonisées, puis activées (dégagement des cavités remplies de goudron lors de la carbonisation) [15]. Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre avec des pores de quelques μm de dimension, soit sous forme de grain. Il peut être régénéré selon trois procédés de désorption :

la vapeur, traitement thermique et chimique et biologique .

Parmi les différentes formes de carbone il en existe seulement deux qui soient cristallines, le diamant et le graphite.

Les autres espèces : noir de carbone, charbon actif et cokes, sont moins bien cristallisées et possèdent des propriétés adsorbants .

L'expression « charbon actif » désigne tout matériau carboné d'origine animale ou végétale ayant subi des traitements spéciaux (carbonisation, activation), sa surface interne peut atteindre 2000 /4000 m^2/g [16].

1.7.1 Origine

D'origine organique ou minérale, il provient de diverses matières animales et végétales

(coque de noix de coco, tourbe, houille...), les charbons actifs issus de ces derniers produits sont les plus souvent employés pour le traitement de l'eau naturelle ou résiduaire. Pour des recherches spécifiques, on peut avoir recours à des produits carbonisés comme le sucre qui donne du charbon actif chimiquement pur [17].

1.7.2 Propriétés physiques du charbon actif

La distribution poreuse ou porosité est liée à la répartition de la taille des pores. Ces pores sont caractérisés par leur volume poreux (cm^3/g), leur rayon (A^0) et leur surface (cm^2/g) [17].

II.8. Utilisation du charbon actif

L'utilisation du charbon actif est répartie en différents domaines comme Traitement des eaux potables et résiduaires. Purification de produits industriels. Le charbon actif élimine les couleurs et les impuretés de produits bruts, il est employé par exemple pour la décoloration du sucre de canne ou de betterave. Le charbon actif est employé dans l'équipement d'air conditionné ainsi que pour l'élimination des odeurs d'égouts et d'émanations chimiques. Les filtres à charbon actif contenus dans certaines voitures, fixent les émanations d'hydrocarbures imbrûlés qui s'échappent des véhicules à l'arrêt. Ces dernières années, l'utilisation du charbon actif s'est élargie au traitement des eaux usées en raison non seulement de ses qualités d'adsorbant mais aussi du rôle épurateur joué par les bactéries qui y sont fixées. [13]

1.7.3 Types des charbons actifs

les charbons actifs sont commercialement disponibles sous deux formes :

1.7.3.1 *Charbon actif pulvérulent CAP (0.045 à 0.14 mm)*

est disposé dans l'eau (par agitation) dans laquelle il se maintient en quasi suspension et agit en qualité d'adsorbant. A la fin du traitement il est souvent éliminé dans des décanteurs. Le CAP présente l'avantage de permettre un surdosage en cas de pollution de pointe et d'avoir une cinétique d'adsorption très rapide car une grande surface étant directement accessible. Son inconvénient est qu'il est pratiquement impossible à régénérer. Sa mise en œuvre est simple et nécessite des coûts d'investissement peu coûteux. Il est trois fois moins cher que le charbon en grain [18, 19].



Figure (II-5) : charbon actif en poudre

1.7.3.2 Charbon actif en grain CAG (0.4 à 4 mm)

Employé sous forme de lit filtrant permettant d'utiliser dans un même ouvrage propriétés filtrante et absorbante du charbon. La performance de ces filtres dépend de leurs profondeurs et du taux d'échange [18, 20].



Figure (II-6) : charbon actif en grain

1.7.3.3 Charbon actif en extrudé

Le charbon extrudé est de forme cylindrique avec diamètres allant de 0.8 mm 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. [21]



Figure (II-7) : charbon actif en grain

1.8 Facteurs influençant l'adsorption

1.8.1 Effet de la température

Elle influence à la fois la vitesse d'adsorption et la concentration à l'équilibre. En général l'adsorption s'effectue à des températures ambiantes c'est à dire celles de l'eau brute. Cet effet échappe souvent aux vigilances mises en œuvre durant les expériences pour lesquelles la température ambiante est celle du laboratoire.

1.8.2 Effet du pH

Le ph a parfaitement un effet non négligeable sur les caractéristiques d'adsorption, dans la plupart des cas les meilleurs résultats sont acquis aux pH les plus faibles pour les métaux lourds, les composés organiques c'est à partir du pH 6 et plus. [22,23]

Références bibliographiques

- [1] Desjardins R. Le traitement des eaux 2^{ème} édition revue (1990).
- [2] Arias M., Barral M. T., Mejuto J. C., J. Chemosphere (2002).
- [3] Rachidi M. H. Etude de l'adsorption de l'Octaéthylporphyrine de Nickel sur les apatites phosphocalciques.(1994).
- [4] Mechrafi E. Adsorption, désorption et mobilité des herbicides au contact des adsorbants organiques et minéraux (2002).
- [5] El Azzouzi M., Persistance, mobilité et photodégradation de l'imazapyr dans le sol et l'eau, (1999).
- [6] Mekaoui M. Etude de l'adsorption, de la persistance et de la photodégradation du (TBM) dans le sol et l'eau (2001).
- [7] W.J. WEBEER, B.M. VANVIET, « Activated carbon adsorption of organic from the aqueous phase», Ed. I.H. Suffet, M.J. Mc Guire1 (1998).
- [8] 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 BekrBelkaid – TLEMCEN, 2011.
- [9] D.D. DUONG«Adsorption analysis: Equilibria and Kinetics» Series on Chemical Engineering, Imperial College Press Vol.2 p1-11 (1989).
- [10] W. J. WEBER, P. M. Mc GINLEY, L. E. KTZ «Sorption in subsurface systems concept, models and effects on contaminant fate and transport». Water Research, Vol 25, p.499-528, (1991).
- [11] I.Langmuir «The adsorption of gases on plane surfaces of glass. mica and platinum», J. Am. Chem. Soc, 40, p1361–1403 (1918).
- [12] N.BOUGDAH, «Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur le Bentonite,»
- [13] LOURGHI Lamia, Adsorption du furfural issue des rejets liquides de la raffinerie d'Arzew par charbon actif en poudre, Mémoire de Master, 2014.

CHAPITRE III

Présentation de SONATRACH

SONATRACH est une société nationale créée le 31 décembre 1963 pour la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures. Cette entreprise publique algérienne surnommé la major africaine est classée la première en Afrique dans l'industrie pétrolière.



1.1 Situation géographique

La région de HAOUD BERKAOUI représente l'une des dix (10) principales zones productrices d'hydrocarbures de Sahara algérien. Sur la route RN°49 dites des pétroliers reliant Ghardaïa à Hassi Messaoud, et à 35km au sud-ouest d'Ouargla, un carrefour indique la présence d'un champ pétrolier, il s'agit de la région de HAOUD BERKAOUI. Cette région est située à 100km de HASSI MESSAOUD, à 770km au sud de la capitale (Alger), elle est très importante en raison de sa part de production des hydrocarbures du pays.

Elle s'étend du sud-est de Ghardaïa jusqu'au champ extrême Boukhezana, près de la route de Touggourt. A ce jour là, 100 puits sont en exploitation, répartis sur l'ensemble des champs, dont 73 puits en gaz lift, et 27 éruptifs. La production cumulée depuis l'origine est de 86 millions de m³ pour des réservoirs globaux en place de 472 millions de m³.

Toutes les quantités d'huiles et de gaz récupérés sont acheminées vers les différents centres de production de la région.

Il existe 3 centres principaux situés à HAOUD BERKAOUI, BENKAHLA et GUELLALA.

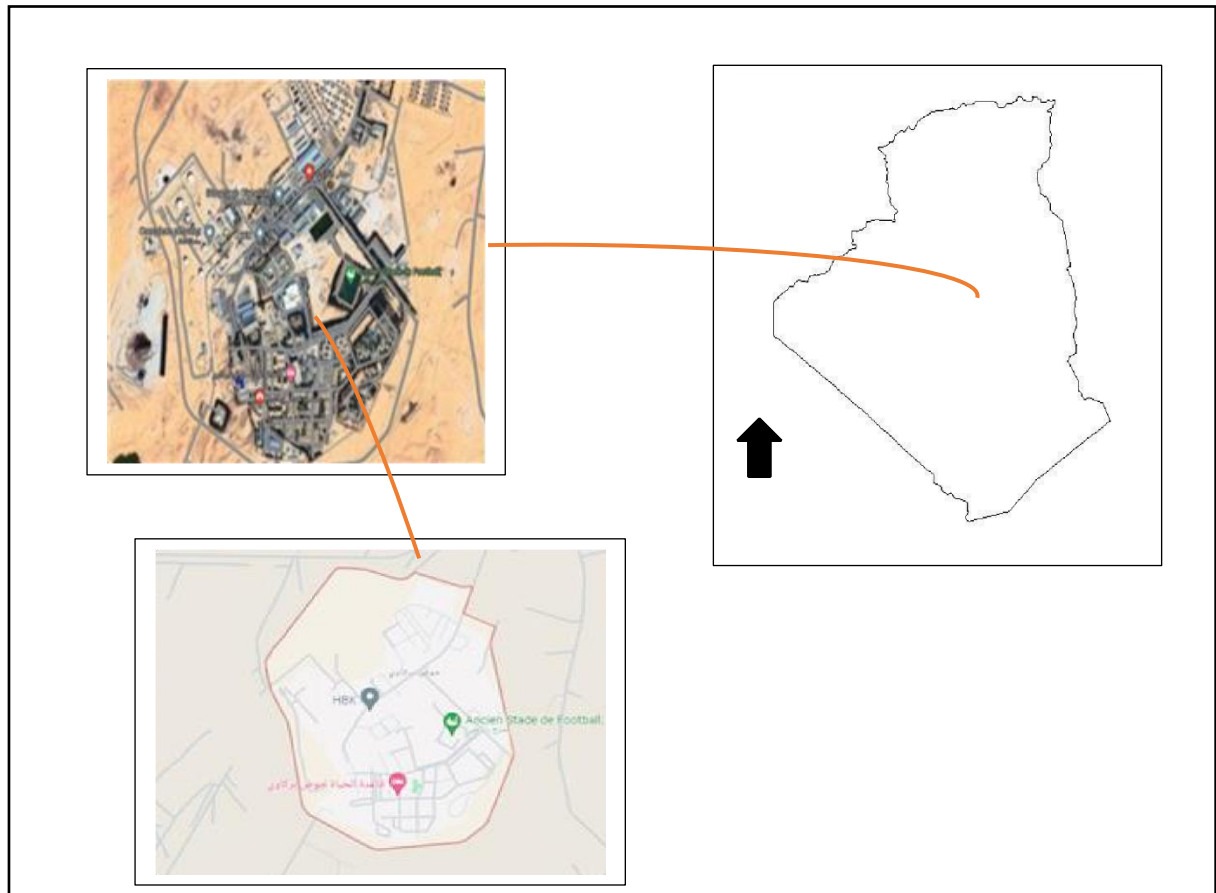


Figure (III.1) : Situation géographique de la Direction Régionale HBK

1.3 Champ de HBK

Sur une superficie de 175 km² ce champ découvert en mars 1965 par la CFP (compagnie française du pétrole algérien) par le forage du puits OK101, situé au sommet de l'anticlinal. La mise en production de ce gisement a eu lieu en février 1967, la production HBK se compose d'une unité de séparation d'huile avec capacité de 8000 m³/jour, et d'une autonomie station d'injection d'eau à raison de 6000m³ / jour.

1.4Présentation de la station de déshuilage du champ de HaoudBerkaoui

1.4.1 Station de déshuilage

Le schéma technologique du procédé de traitement des eaux au niveau de la station

De déshuilage est présenté dans la figure ci- après.

Un ballon flash est placé en amont de la station de déshuilage en vue de recevoir les Eaux huileuses des séparateurs de l'unité de production haute-moyenne-base pression et de bac de stockage. Il permet de séparer les huiles et les gaz. Les gaz sont envoyés vers la torche tandis que les eaux huileuses dégazées sont collectés au fond du ballon de flash sont acheminés vers le bac tampon S-101.

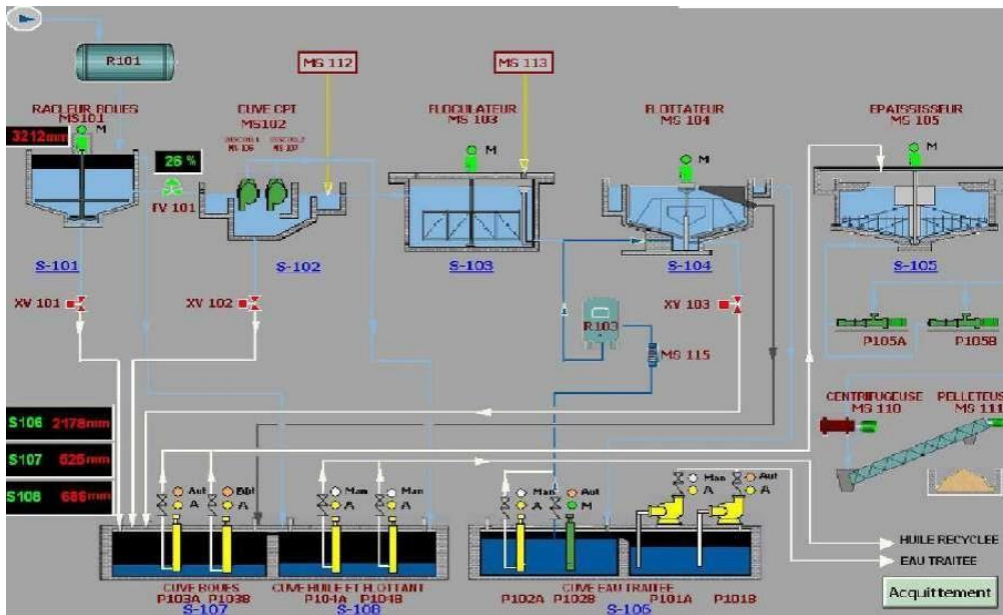


Figure (III-02) : Schéma technologique de la station de déshuilage

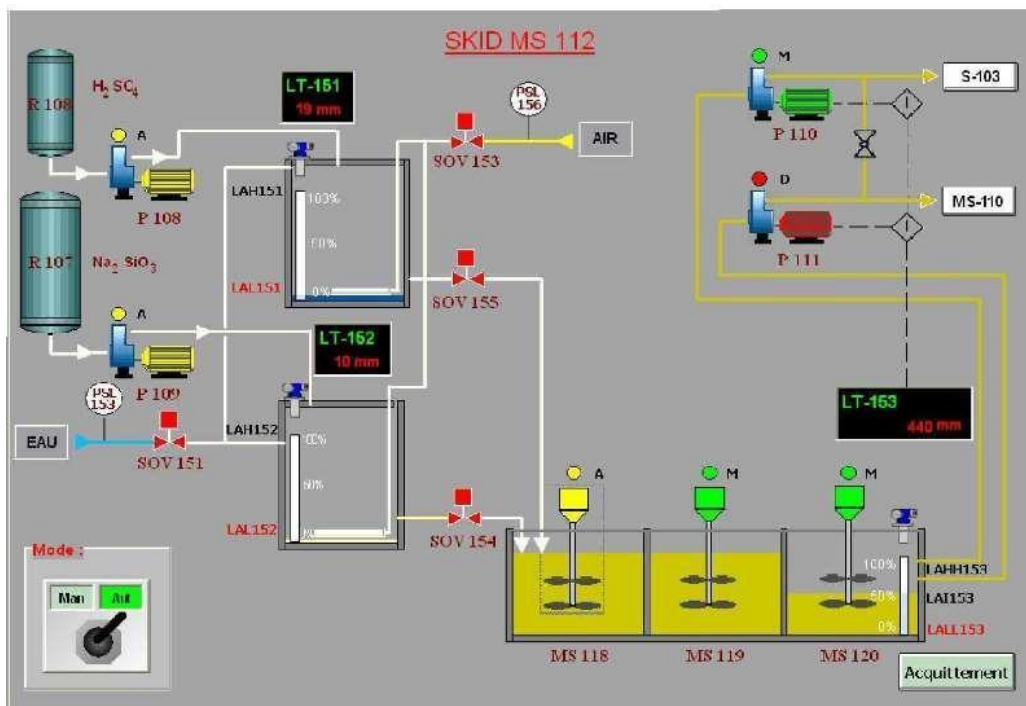


Figure (III-03) : Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K.

Au niveau du bac tampon **S-101**, l'huile surnageant est récupérée par un système écrème puis envoyée vers la cuve d'huile **S-108** alors que les matières en suspension sont rassemblées au fond du bassin comme couche de sédiments formant des boues. Ces dernières sont rassemblées par un racleur **MS 101** et envoyées vers une cuve à boues **S-107** à travers une vanne automatique **XV 101**.

Les effluents sortants du bac tampon sont canalisés vers la cuve **C.P.I MS 102** où l'huile surnageant est envoyée par deux déshuileurs à disques rotatifs **MS 106** et **MS 107** vers la cuve d'huile **S-108**, la boue est évacuée à travers la vanne automatique **XV 102** vers la cuve à boues **S-107** et l'eau chargée en matières en suspension est canalisée vers la cuve de floculation **S-103** pour un éventuel traitement qui consiste en l'ajout d'un coagulant (Silice activée) à l'entrée de la cuve **S-103** et d'un flocculant (Kurifix) à la sortie du flocculateur. Ces deux agents chimiques sont fournis par des unités de dosage chimique **MS 112** et **MS 113**.

L'eau qui arrive par gravité à la cuve de flottation **S-104** se mélange à l'eau saturée en air. Les floes raclés à la surface de l'eau ainsi que la boue formée sont acheminés également vers la cuve à boues tandis que l'eau traitée est envoyée vers une cuve d'eau traitée **S-106**. Les matières légères agglomérées sous formes de mousses sont ensuite raclées en surface et déversées dans une cuve à boue à travers la vanne automatique **XV 103**. Les floes décantés sont raclés et dirigés vers la cuve à boues également.

La cuve d'eau est constituée de deux compartiments, comportant chacun deux pompes. Les pompes **P 101A/B** refoulent l'eau traitée vers l'extérieur alors que les pompes **P 102A/B** recyclent une partie de l'eau traitée vers un ballon de saturation à air **R 103** pour un éventuel mélange avec le fluide sortant de la cuve de floculation **S-103**. Cette opération favorise le processus de flottation.

Les boues rassemblées dans la cuve **S-107** sont pompées par les pompes

P 103A/B vers un épaisseur de boue **S-105** dans laquelle le racleur **MS 105** assure l'homogénéité de la concentration des boues à envoyer par les pompes **P 105A/B** vers la centrifugeuse **MS 110** pour une déshydratation puis à l'extérieur du hangar **H-101** ou elles sont enlevées par une pelle mécanique et enterrées dans des tranchées imperméables **S-111 A/B/C**.

L'huile récupérée est recyclée par les pompes **P 104A/B** aux pieds de bacs R22 et R23 (séparateurs BP) sous l'action automatique des interrupteurs de niveau **LSHL-109/110**.

Les techniques de traitement des eaux au niveau de station sont :

- Coagulation
- Flocculation
- Décantation

1.5 Charbon actif

Le charbon actif utilisé comme support d'adsorption au cours de ce travail est un charbon actif en poudre provenant du commerce.

Tableau (III-1):représente les caractéristique de charbon active utilisée .

Propriété	Charbon active
<ul style="list-style-type: none"> • Pouvoir d'adsorption du bleu de méthylène (0,15%) min 	100 ml / g
<ul style="list-style-type: none"> • Limitemaximale des impuretés 	0,2 %
<ul style="list-style-type: none"> • Matières solubles dans H₂O 	1%
<ul style="list-style-type: none"> • Matières solubles dans HCl 	0,2 %
<ul style="list-style-type: none"> • Matières solubles dans C₂H₅ OH 	P/t
<ul style="list-style-type: none"> • substance organique 	10%
<ul style="list-style-type: none"> • Perte à la dessiccation à 120 °C 	

<ul style="list-style-type: none"> • résidu à l'allumage • Acidité et alcalinité 	1% p/t
_ chloride (cl) _ sulphate (SO ₄) * _ sulphide (S) _ Ca _ Cu _ Fe _ Ni _ pb	0,01% 0,01 % p/t 0,05 % 0,002 % 0,025 % 0,002 % 0,002 %

1.6 Échantillonnage

L'étude expérimentale de ce travail a été menée dans les laboratoires de Centre de la recherche et du développement (DC R&D) de SONTRACH et l'échantillon d'eau a été prélevé dans le bassin de Berkaoui.

Dans ce chapitre est décrit le matériel utilisé et les méthodes suivies lors des procédés expérimentaux.

1.7 Méthodes d'analyse

1.7.1 Détermination de la teneur des hydrocarbures dans l'eau

1.7.1.1 Objet et domaine d'application

Cette procédure a pour objet de décrire une méthode de détermination de l'indice hydrocarbure C10-C40 par chromatographie en phase gazeuse (GPC) et détection par ionisation de flamme (FID) dans les eaux.

La méthode est applicable aux eaux de surface, aux eaux résiduaires et aux eaux de station d'épuration et permet la détermination de l'indice hydrocarbure pour des concentrations supérieures à 0.1 mg/l.

1.7.1.2 Principe

- Extraction des hydrocarbures de l'échantillon par l'hexane.
- Purification sur colonne avec le sulfate de sodium et le Florisil.
- Mesurer l'aire totale de pics entre le n-décane (C₁₀H₂₂) et le n-tétracontane (C₄₀H₈₂).
- Quantification de la concentration en huiles minérales par rapport à un étalon externe composé de gasoil et d'huile minérale.
- Calcul de l'indice hydrocarbure.

Tableau III.2 : Matériels et les réactifs utilisés pour la teneur des hydrocarbures.

Matériels utilisés	Réactif
<ul style="list-style-type: none"> • chromatographie en phase gazeuse . • Flacons d'échantillonnage. • lemicroséparateur. • Une ampoule à décanter de 500ml. • Une éprouvette de 50 ml. • Becher de 250 ml. • Becher de 100 ml. 	<ul style="list-style-type: none"> □ 50 ml solvant □ Eaux distillé

1.7.1.3 Mode opératoire d'extraction

- Acidifier l'échantillon à pH 2 en ajoutant de l'acide HCL si cela n'a pas été fait sur le lieu de prélèvement.

- Ajouter environ 80g de sulfate de magnésium par 900ml d'échantillon afin d'éviter les émulsions.
- Ajouter 50ml de solution fille du solvant s d'extraction et un barreau magnétique, fermer la bouteille et agiter vigoureusement minimum pendant 30 min à l'aide d'un agitateur magnétique.
- Retirer le bouchon et le remplacer par le microséparateur.
- Ajouter suffisamment d'eau pour permettre la récupération de la couche d'agent d'extraction du microséparateur ; transférer celle-ci dans une colonne pour purification et procéder au mode de purification.
- Lors du transfert de la phase organique dans la colonne pour purification, veiller à éviter de transférer l'eau car elle risque de recouvrir la surface du sulfate de sodium. Il est recommandé de transférer la couche organique en positionnant le ménisque en dessous du robinet.

Dans le cas d'émulsion forte, centrifuger l'extrait comme suit. Transférer la phase d'agent d'extraction ainsi que l'émulsion dans un tube à centrifuger de 100ml et fermer le tube. Briser l'émulsion par centrifugation de 10 à 15 min.

1.7.1.4 Mode opératoire de concentration

- Concentrer l'extrait purifié jusqu'à l'obtention d'un volume environ 6 ml avec le rota vapeur.
- Concentrer l'extrait de 6 ml jusqu'à l'obtention d'un volume de 1ml à l'aide d'un léger courant' azote.
- Transférer une aliquote de l'extrait final dans un Vial pour l'analyse par chromatographie en phase gazeuse.



Figure (III_4): chromatographie en phase gazeuse

1.7.2 Détermination de la Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité de dioxygène O_2 provenant de la réduction du dichromate de potassium, nécessaire pour oxyder les matières oxydables. Ces dernières étant en très grande majorité des matières organiques biodégradables ou non.

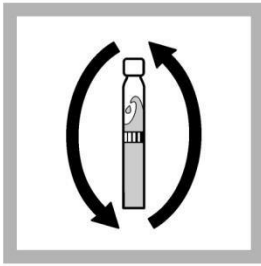
1.7.2.1 Principe

Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium sulfurique, en présence de sulfate d'argent. Le chlorure est masqué avec du sulfate de mercure. La diminution de la coloration jaune du Cr^{6+} est mesurée par photométrie.

Tableau III.3: Matériels et les réactifs utilisés pour DCO

Matériel	Reactif
<ul style="list-style-type: none"> ☐ Réacteur (HACH-DRB 200) (HACH -DR 1900) ☐ Cellule ronde Lange LCK 314 DCO test (15_150) ppm ; ☐ Micro pipette 2 mL ; 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Tube DCO (15-150ppm)

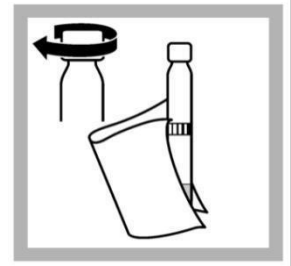
La détermination de la DCO est effectuée par la méthode suivante. permettent de réaliser des mesures de DCO par les étape suivant:



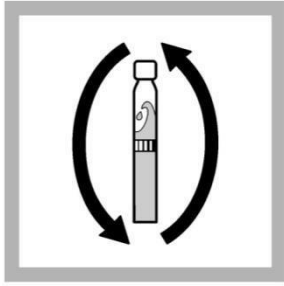
Mélanger le contenu pour avoir une solution homogène.



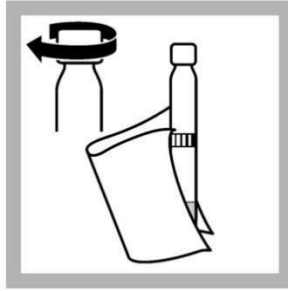
Pipetter soigneusement 2.0 mL d'échantillon.



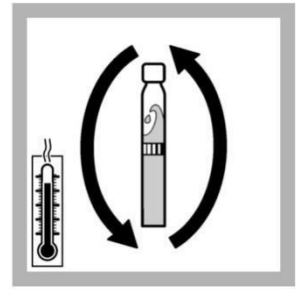
Fermer la cuve , bien nettoyer l'extérieure de la cuve .



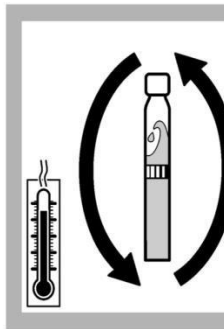
Chauffer dans le thermostat. DCO classique: 2 heures à 148 °C (298.4 °F). HT 200 S: 15 minutes avec le programme standard 37 HT.



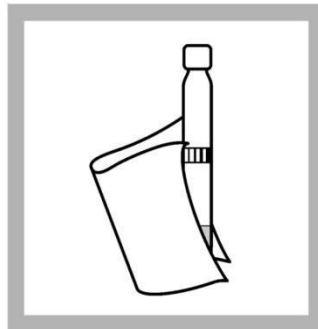
Sortir la cuve chaude. DCO classique: Retourner deux fois soigneusement. HT 200 S: Après le déverrouillage, retourner deux fois soigneusement.



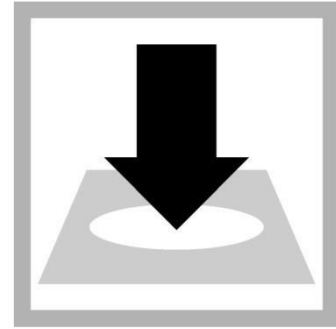
Retournez.



Laisser refroidir à température ambiante. COD classic: dans le support de cuve. HT 200 S: dans le thermostat.



Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer. Remarque : Les résidus doivent être complètement éliminés avant l'évaluation.



Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves. DR 1900: Accéder à méthodes LCK/TNTplus. Sélectionner le test, appuyer sur



Figure (III-5) : Réacteur (HACH-DRB 200) **Figure (III-6) :** photomètre HACH -DR 1900

1.7.2.2 *Traitement par charbon actif*

Le charbon active est une poudre noire insoluble sans odeur ni saveur obtenue par pyrolyse de substrat organiques et lavée à l'acide pour éviter tout relargage de produits toxiques.

1.7.2.3 *Mode Opérateur*

Les expériences ont été réalisées dans des flacons Erlenmeyers, d'une capacité de 100 ml. Pour chaque test, la solution composée d'eaux usées et d'une certaine masse de charbon actif ajoutée à la solution. Les solutions sont agitées en permanence par agitation magnétique (figure III.7). Des échantillons ont été prélevés, filtrés et analysés pour déterminer la DCO toutes les 30 minutes jusqu'à deux heures et demie. Les paramètres étudiés sont : le temps de contact (min), la masse de quantité de CA et le pH. Le volume d'eau (100 ml) ainsi que la température (température ambiante) sont des données constantes.

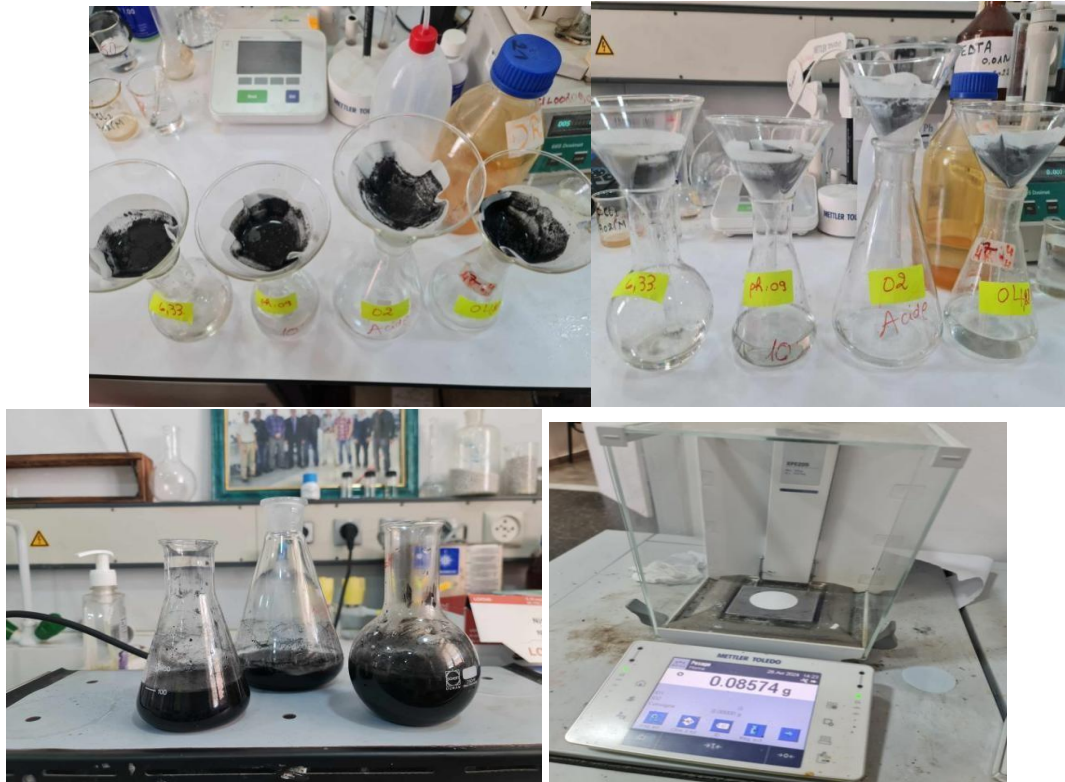


Figure (III-7) : Dispositif expérimentale

Les taux d'abattement de la DCO sont calculés à partir de la relation suivante :

$$Re(\%) = \frac{DCO_{ini} - DCO_{fin}}{DCO_{ini}} \times 100$$

Re(%):Rendement d'élimination en fonction de DCO

DCO_{ini}(mg d'O₂/L):DCO initiale des eaux (avant adsorption)

DCO_{fin}(mg d'O₂/L):DCO des eaux après adsorption

1.7.3Détermination de la Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

1.7.3.1 Principe

La DBO₅ ou Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours.

Tableau (III.5) :Materiels et Réactif utilisés pour DBO₅

Matériels utilisée	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Incubateur <input type="checkbox"/> Flacon d'échantillons bruns en verre de 500 ml de capacité <input type="checkbox"/> Barreau magnétique d'agitation <input type="checkbox"/> Dispositif d'agitation 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pastille de soudecaustique (NaOH) <input type="checkbox"/> Eau distillée

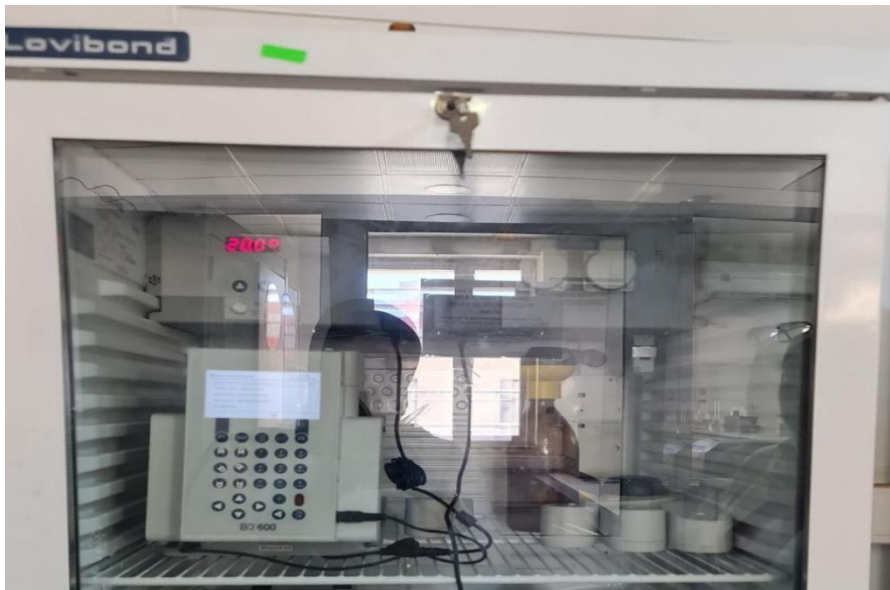


Figure (III-8) :DBO-mètre

1.7.3.2 Mode opératoire

Le dosage de la DBO₅ est effectué en incubant un échantillon d'eau dans le flacon de l'appareil manométrique (DBO mètre) à l'abri de la lumière et maintenu pendant 5 jours à 20°C. Lors de la biodégradation des matières organiques, les micro-organismes consomment l'oxygène de l'air contenu dans le flacon et libèrent le CO₂. Ce dernier est adsorbé par les pastilles de soude. La mesure est effectuée à l'aide d'un appareil manométrique de DBO mètre.

1.7.4 Détermination du carbone organique total

1.7.4.1 Objet et domaine d'application

Cette méthode de dosage porte sur l'évaluation de la teneur en carbone dans un échantillon d'eau. Elle est appliquée aux eaux résiduaires, eaux usées industrielles, eaux salines, eaux de consommation, eaux souterraines et de surface.

1.7.4.2 *Principe*

Pour la détermination du carbone organique total (T.O.C.) : l'analyseur à infra rouge effectuée le dosage en deux temps :

Détermination du carbone total (T.C.) : qui est contenu dans l'ensemble des substances organiques et inorganiques de l'échantillon. Ces dernières sont oxydées à haute température (750°C - 950 °C) en anhydride de carbone, ce dernier est entraîné par le gaz vecteur (oxygène) vers le détecteur à infra rouge. L'absorbance de l'anhydride de carbone est mesurée à 4,2 µm.

Détermination du carbone inorganique (IC) : Ce dernier est contenu dans les substances minérales de l'échantillon, qui sont oxydées à une température ambiante et un maximum de température de 150 °C en anhydride de carbone qui est entraîné vers le détecteur I.R. par l'oxygène. Comme catalyseur on utilise l'acide phosphorique. Fixer les volumes d'injection (des solutions mères et des échantillons à analyser) à un maximum de 250 µl pour les mesures TC et 250 µl pour les mesures IC selon les instructions du fabricant.

Le carbone organique total est la différence entre le carbone total (TC) et le carbone inorganique (IC), C.O.T. = T.C. – I.C., cette méthode de mesure est dite Indirecte.

Si la valeur du carbone inorganique total (CIT) est supérieure à la valeur du COT, il convient d'utiliser la méthode de dosage direct du COT ou le carbone inorganique est éliminé par acidification et purge. Cette méthode est recommandée lorsque la concentration en CIT > 30% du TC.

1.7.4.3 *Mode opératoire*

On acidifie l'échantillon à raison de 100 µl de HCl 3M pour 9 ml d'échantillon dilué automatiquement par le sampler conformément aux instructions du fabricant. Faire passer un courant de gaz inerte dans l'échantillon pendant 2 minutes pour purger le CO₂ avant analyse et programmer une agitation de 10s.

Programmer sur le "Setting", le sampletime à 300 secondes et l'intégration time à 60 secondes sur la "Template", fixer la ligne de base à 10 000.

Les dilutions peuvent être faites automatiquement par l'appareil en sélectionnant "Formacs HT Automatic". Dans le menu settings ou bien manuellement en sélectionnant "Formacs HT Manual".

Dans le menu Settings, l'appareil peut être programmé à rester en mode StandBy après la fin d'une analyse, et à s'allumer en temps voulu fixé par l'opérateur.

Pour prouver la fiabilité des résultats obtenus par l'appareil, des échantillons appelés "Quality Control Samle" peuvent être achetés ou préparés quotidiennement par dilution de la solution mère.

1.7.5 Détermination de la turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière.

1.7.5.1 Principe

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, c'est le phénomène dit Tyndall due aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux.

1.7.5.2 Appareillage

□ Turbidimètre (HACH 21000 AN IS) □ Cuve stérile.

1.7.5.3 Mode opératoire

- Appareil à 0 avant l'utilisation.
- Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique, avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre.
- On presse le bouton « READ »

1.7.5.4 Expression des résultats

La mesure est obtenue directement en NTU.



Figure (III-8) : Turbidité-mètre

1.7.6 Détermination de la quantité des matières en suspension

1.7.6.1 Principe

Dans l'eau a principe la méthode consiste la détermination de la quantité des matières en suspension solide contenant dans l'eau avant et après traitement.

Tableau III.6 : Matériels et les réactifs utilisés de MES

Matériels utilisées	Réactifs
<input type="checkbox"/> Réactifs Equipement de filtrationsous vide <input type="checkbox"/> Balance de précision. <input type="checkbox"/> Etuve. <input type="checkbox"/> Filtre en fibre de verre 47 mm (degré de filtration 0.45 μ m). <input type="checkbox"/> Dessiccateur	<input type="checkbox"/> Ce protocole de détermination n'utilise pas de réactifs.



Figure (III-9) : Étuve



Figure (III-10) : Dessiccateur

Figure (III-11) : Equipement de filtration sous vide

1.7.6.2 Mode opératoire

- Sécher convenablement les filtres à l'aide d'une étuve à 105°C pendant 10 à 15 min.
- Peser les filtres à l'aide d'une balance analytique, éviter soigneusement de contaminer le filtre par des poussières, en utilisant un dessiccateur.
- Placer les filtres dans l'entonnoir du système de filtration et le connecter à un dispositif d'aspiration sous vide (sous pression)
- Agiter vigoureusement le flacon et transférer un volume déterminé de l'échantillon dans une éprouvette graduée (1 L).
- Filtrer l'échantillon.

- Rincer l'éprouvette avec l'eau distillé, on utilise cette portion pour laver le filtre et le système de filtration, si l'eau est très chargée.
- Libérer le dispositif sous vide lorsque le filtre est pratiquement sec et on le retire avec précaution de l'entonnoir à l'aide d'une pince.
- Placer le filtre sur un verre de montre et, sécher dans l'étuve pendant une heure de temps à 105°C.
- Après le séchage, retirer le filtre de l'étuve et peser.

1.7.6.3 L'expression de MES

Calculer la quantité des matières en suspension selon la formule suivante :

$$X = \frac{(m - m_0)}{V \left(\frac{mg}{l} \right)}$$

X : la quantité des MES en mg/l.

m : masse de filtre après filtration en mg.

m₀ : masse de filtre avant filtration en mg.

V : volume de l'échantillon filtré.

1.7.7 Potentiel d'hydrogène

Le potentiel d'hydrogène est une mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme de l'inverse de la concentration de la solution en ions correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant plus acide que son pH est plus de 0 et d'autant plus alcaline que son ph est plus près de 14

1.7.7.1 Principe c'est la mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une

électrode de référence plongeant dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ion H⁺.

1.7.7.2 Matériels utilisées

- PH-mètre
- Becher

1.7.7.3 Mode opératoire

Après étalonnage du pH-mètre de marque Mettler toledo, l'électrode de mesure est plongée dans un bêcher contenant un volume de 20 à 30 ml d'eau utilisée et on note le pH. Trois valeurs de pH (2 ; 4,38 ; et 9) sont utilisées. Les paramètres maintenus constants sont : temps de contact = 60 min et température ambiante. Les pH acide et basique sont obtenus, l'un par addition d'une solution d'acide chlorhydrique et l'autre par ajout d'une solution de soude caustique.



Figure (III-12) : pH-mètre utilisée.

1.7.8 Détermination de nitrate NO₃

1.7.8.1 Principe

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2.6-diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2.6-diméthylphénol .

1.7.8.2 Domaine d'application

Eaux de rejet (voir perturbations!), eaux potables, eaux brutes, eaux de surface, sols, substrat, solutions nutritives

1.7.8.3 Mode opératoire

- Pipetter soigneusement 0.2 mL d'échantillon.
- Pipetter soigneusement 1.0 mL de la solution A.
- Fermer la cuve retourner plusieurs fois jusqu'à ce que le mélange soit complet.

- Après 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves. DR 1900: Accéder à méthodes LCK/TNTplus. Sélectionner le test, appuyer sur MESURER.



Figure (III.13) :LCK 340

1.7.9 Détermination de nitrite NO₂

1.7.9.1 Principe

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des composés aromatiques, contenant un amino-groupe ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense.

1.7.9.2 Domaine d'application

Eaux de rejet, eaux potables, eaux de table, eaux de surface, eaux minérales, analyses en mode contenu.

1.7.9.3 Mode opératoire

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipetter soigneusement 0.2 mL d'échantillon.
- Vissez immédiatement le DosiCap Zip en dirigeant les cannelures vers le haut.
- Secouer énergiquement jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous.
- Après 10 minutes, retourner de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves. DR 1900 : Accéder à méthodes LCK/TNT plus. Sélectionner le test, appuyer sur MESURER.



Figure (III.14) : LCK 342

1.7.10 Détermination d'Ammonium NH_4^+

1.7.10.1 Principe

En présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12.6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol.

Mesure de l'ammonium NH_4^+

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3^+), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+), la nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ à NO_2^- : nitrification par nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitrification par nitrobacter

1.7.10.2 Mode opératoire

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipetter soigneusement 5.0 mL d'échantillon.
- Vissez immédiatement le DosiCap Zip en dirigeant les cannelures vers le haut.
- Secouer énergiquement.
- Après 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves. DR 1900: Accéder à méthodes LCK/TNT plus. Sélectionner le test, appuyer sur MESURER.



Figure (III.15) : LCK 304

1.7.11 Détermination de phénol

1.7.11.1 Principe

La 4-nitroaniline forme avec les phénols un complexe de couleur jaune qui sera déterminé photomètre HACH -DR 1900 .

1.7.11.2 Domaine d'application

Eaux, eaux de rejet, sol, déchets

Gamme de mesure :

ISIS 60000.05 – 5.00 mg/L

1.7.11.3 Mode opératoire

- Pipetter soigneusement 2.0 mL d'échantillon □ Pipetter soigneusement 0.2 mL de la solution A.
- Fermer la cuve et retourner plusieurs fois.
- Après 2 minutes (chronomètre) et pipetter 0.2 mL de la solution B dans la même cuve □ Fermer la cuve et retourner plusieurs fois.
- Après 2 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves. DR 1900: Accéder à méthodes LCK/TNT plus. Sélectionner le test, appuyer sur MESURER.

1.7.12.1 Principe:

Les ions cyanures réagissent avec le chlore pour former du chlorure de cyanogène, qui après réaction avec la pyridine se condense en présence d'acide barbiturique en un composé coloré en violet.

1.7.12.2 Domaine d'application

Eau de rejet, analyses en mode continu

Gamme de mesure

Système à barres, LASA 20 / 30, LP1W / LP2W, CADAS 100 / 200 Basis, ISIS 6000

Cyanure (CN)0.01–0.60 mg/

1.7.12.3 Mode Opérateur

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- Dévissez le DosiCap Zip
- Pipetter soigneusement 1.0 mL d'échantillon.
- Vissez immédiatement le DosiCap Zip en dirigeant les cannelures vers le haut.
- Secouer énergiquement.
- Ouvrir la cuve.
- Pipetter soigneusement 1.0 mL de la solution A □Fermer la cuve et retourner plusieurs fois.
- Après 3 minutes, retourner de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Insérer la cuve dans le compartiment pour cuves. DR 1900: Accéder à méthodes LCK/TNTplus. Sélectionner le test, appuyer sur MESURER.

CHAPITRE IV

1.1 Caractérisation de l'eau usée utilisée

Tableau (IV-1) : Caractéristiques des eaux usées au niveau de la station H.B.K à l'entrée

pH	T(C°)	HC(ppm)	DCO	DBO ₅	Turbidité	MES (mg/L)	COT	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄	phénols
4,38	23	300	1320	7	45,1	265	17,5	0,135	343,5	0,584	12,8

On remarque d'après le tableau (IV-1) que les résultats obtenues (pH, T, MES, HC, DBO₅, DCO et turbidité) sont dépendantes des conditions d'exploitations des puits et des unités de traitements des hydrocarbures à s'avoir :

pH : selon la maîtrise du procédé de traitement.

T : selon le climat.

Matières en suspensions (MES) : dépendent de la quantité et de la qualité des eaux huileuses à traiter (puits, séparateurs, bac de stockage, etc....).

Hydrocarbures (HC) : dépendent de la fiabilité du processus.

DCO : Très élevée.

DBO₅ : la station assure la quantité de DBO₅ nécessaire à la dégradation de matières organiques.

Turbidité : A l'entrée de la station déshuilage, on constate que la teneur de turbidité dans les eaux huileuses a atteint de valeur de **45,1** NTU (largement supérieures à la norme requise).

1.2 Traitement des eaux par charbon actif

1.2.1 Effet de temps

D'après le tableau (IV-2) et les figures (IV-1, IV-2), on observe que la DCO en fonction de temps réduire de façon très rapide et le rendement de l'adsorption des polluants sur charbon actif, augmente avec le temps de contact jusqu'à l'obtention d'un pallier. Le maximum du rendement d'adsorption est obtenu pour un temps de contact de 1h et quantité 0.5 g de charbon actif. Au-delà de cette durée, le rendement reste constant.

Tableau (IV-2) : Résultats d'analyses des eaux par charbon actif.

Temps (min)	0	30	60	90	120	150
DCO (mg/L)	1320	350	64	78	74	80
Re%	1	73	95	94	94	93

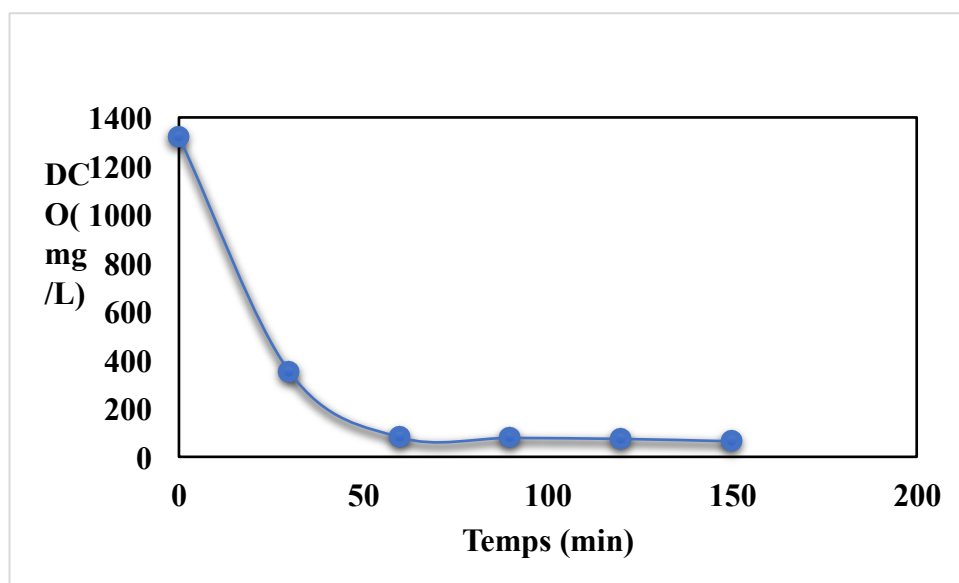


Figure (IV-1) : Evolution de la DCO en fonction de temps

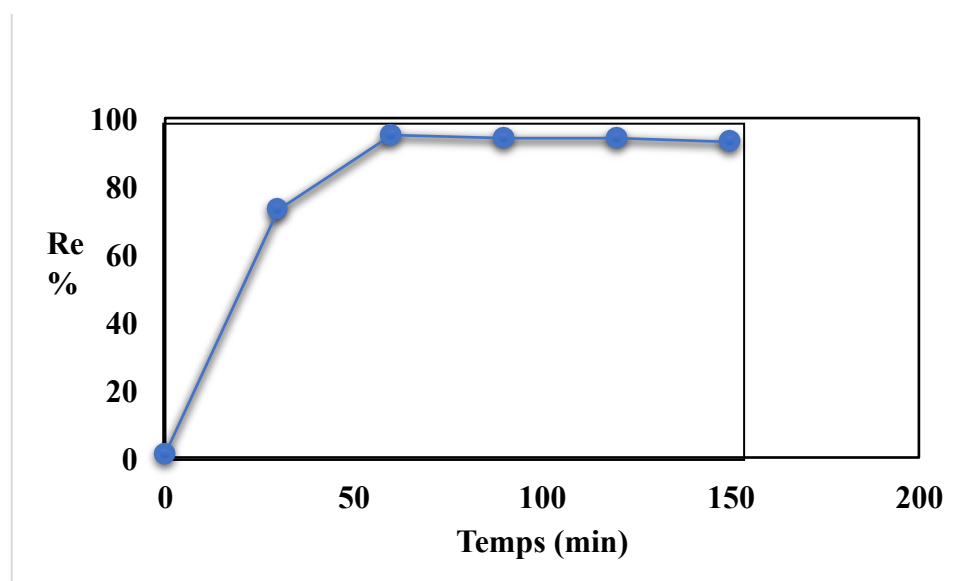


Figure (IV-2) : Évolution du rendement de l'adsorption des polluants en fonction de temps

1.2.2 Effet de la quantité de charbon actif

Les résultats donnés dans le tableau (IV-3) et sur les figures (IV-3,IV-4) montrent que le rendement de l'adsorption des polluants augmente de manière significative avec la masse de charbon actif.

Comme le volume des eaux utilisé au cours de chaque expérience est constant, ce rendement augmente donc avec la masse de l'adsorbant utilisé.

Tableau (IV-3) : Evolution de DCO en fonction de la quantité de charbon actif

Temps(min)	60	60	60
Charbon actif (g)	0,3	0,5	0,7
DCO (mg/L)	169	64	55
Re%	87,19	95,15	96

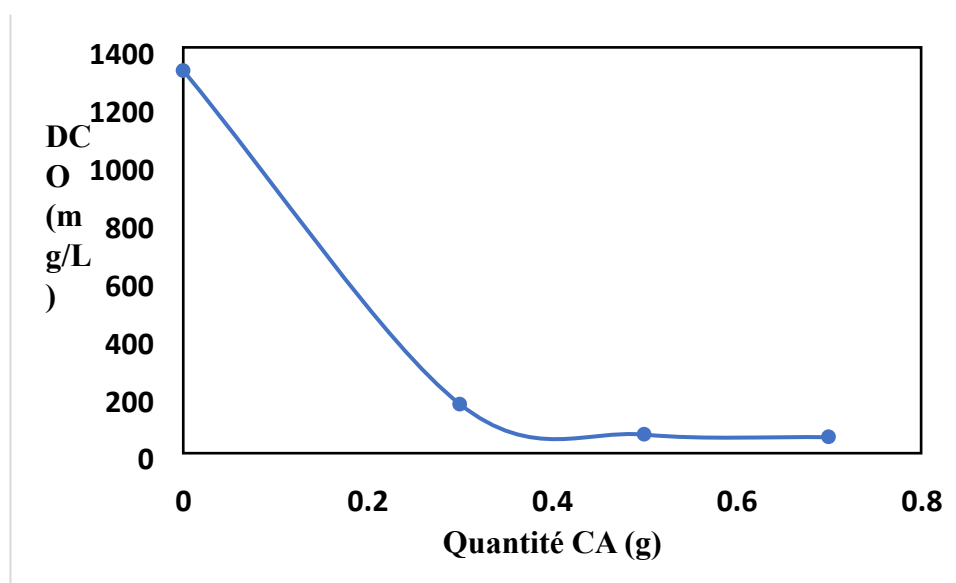


Figure (IV-3): Evolution de la DCO en fonction de quantité de CA

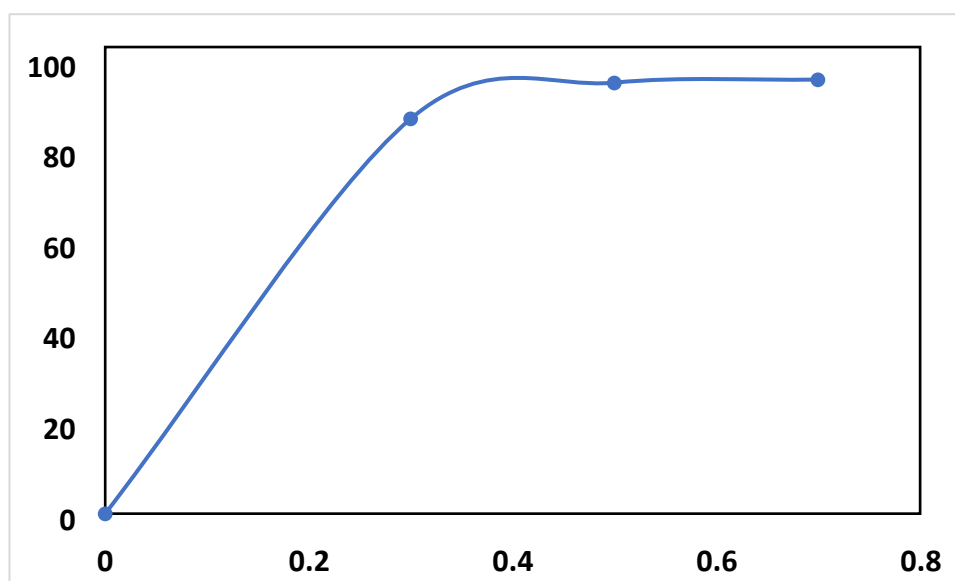


Figure (IV-4) : Évolution du rendement de l'adsorption des polluants en fonction de quantité de CA

1.2.3 Effet de pH

D'après les résultats consignés dans le tableau (IV-4) et les figures (IV-5 et IV-6), nous constatons que le taux d'élimination des polluants sur CA est beaucoup plus important aux pH acides. Il augmente de manière notable avec la diminution du pH. Pour une masse de charbon actif = 0,5 g, le rendement de l'adsorption passe de 84 à 99% lorsque le pH chute d'une valeur 9 à une valeur 2. Les rendements les plus importants sont obtenus à pH = 2,0. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par la littérature.

Tableau (IV-4) : Evolution de la DCO et le rendement d'adsorption des polluants en fonction de pH

pH	2	4,38	9
DCO (mg/L)	8	64	210
Re %	99	95	84

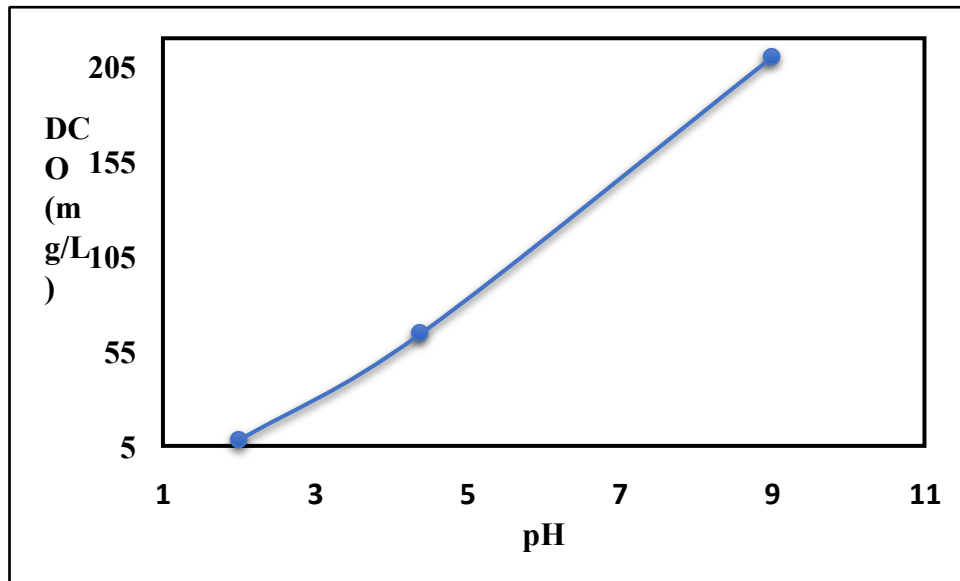


Figure (IV-5) : Evolution de la DCO en fonction de pH

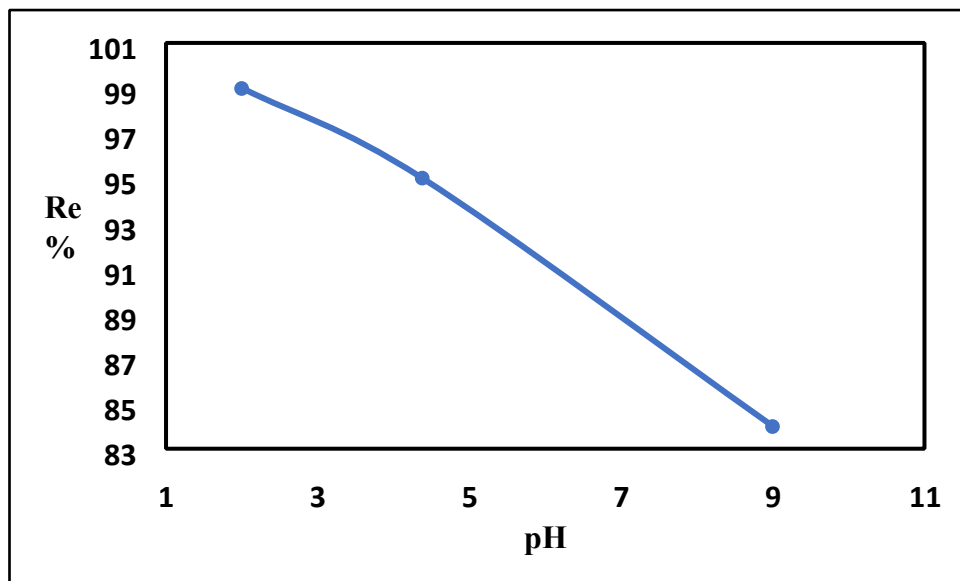


Figure (IV-6) : Evolution du rendement de l'adsorption des polluants en fonction de pH

1.3 Analyse d'échantillons d'eaux usées après traitement par adsorption sur charbon actif

Tableau (IV-5) : Quelques analyses de l'échantillon traité

Paramètre	DCO (mg/L)	pH	T (°C)	Turbidité
Valeur	64	4,38	21	0,15

D'après les résultats analytiques résumés dans le tableau ci-dessus, on peut remarquer que cette échantillon est un effluent caractérisé par:

- Une acidité
- Une turbidité faible
- Valeur DCO est parfaite

Finalement on peut dire que les résultats des analyses obtenus après traitement par adsorption sur charbon actif donnent une eau pouvant être rejetée sans danger pour le milieu naturel, conformément aux normes de rejet (une faible teneur en hydrocarbures et concentration des particules en suspensions) ou bien être réutilisée à des fins industrielles.

Tableau (IV-6) : Quelques travaux réalisés sur les métaux lourds

Métaux lourds étudiés	Eau huileuse avant traitement (mg/L)	Eau huileuse après traitement avec charbon actif commercial (mg/L)
Mn³⁺	146,3	1
Cr²⁺	1,444	0,3
Pb²⁺	9,960	0,5

CONCLUSION GENERALE

Le travail réalisé au cours de ce mémoire s'inscrit dans le cadre général de la dépollution des eaux usées. Il a eu pour objectif d'étudier la possibilité d'utiliser le charbon actif pour l'adsorption des polluants organiques (hydrocarbures).

Dans ce travail on a essayé de purifier l'eau usées industrielles chargées en polluants organique, et on a obtenu des résultats très satisfaisants.

Le charbon actif du commerce est considéré comme matériau de référence pour l'adsorption des polluants organiques et cela grâce à sa capacité d'adsorption élevée. Dans notre étude, le rendement obtenu en utilisant ce matériau est 99 %, ce dernier est obtenu dans les conditions opératoires suivantes : temps de contact = 60 min, vitesse d'agitation = 300tr/min, la quantité de charbon actif utilisé = 0.5 g et pH= 2 à température ambiante moyenne (25°C).

ملخص

تحتوي مياه الصرف الصناعي على مركبات عضوية من أنواع وتركيزات مختلفة. إن تصريف هذه النفايات السائلة في البيئة أمر غير مرغوب فيه وهو مصدر الكثير من التلوث للمياه السطحية والجوفية. لذلك تهدف الأبحاث الحالية إلى الحد من هذا التلوث الصناعي من خلال اقتراح تقنيات بسيطة وأقل تكلفة الهدف من هذا العمل هو تتبع متوسط قيم محتوى الهيدروكربونية ونوعية الخصائص الفيزيائية و كيميائية لمياه الصرف الصحي .

بعد لمعالجتها بالامتزاز على الفحم النشط، من أجل تقييم أداء التنقية لهذه الطريقة الكلمة المفتاحية: التلوث - التصريفات - الامتزاز - الكربون المنشط - مياه الصرف الصحي - الهيدروكربونات - المعادن الثقيلة .

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 et est 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.

L'objectif de ce travail est le suivi des valeurs moyennes des teneurs en hydrocarbures et la qualité physico-chimique des eaux usées après traitement par adsorption sur charbon actif, afin d'évaluer les performances épuratoires par cette méthode.

Mot clés : Pollution - rejets - adsorption - charbon actif - eaux usées – hydrocarbures- les métaux lourd

Abstract

Industrial wastewater contains organic compounds of different nature and varying concentrations. The discharge of such effluents into the environment is undesirable and is the cause of many contaminations of surface and ground water. Current research is therefore aimed at limiting this industrial contamination by offering simple and less expensive technologies. The objective of this work is to monitor the mean values of the hydrocarbon contents and the physico-chemical quality of the wastewater after treatment by adsorption on activated carbon, in order to evaluate the purification performances by this method. Key words: Pollution - releases - adsorption - activated carbon - waste water – hydrocarbon – heavy metal