

Université KASDI-MERBAH Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des Procédés



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies.

Filière : Industrielle Pétrochimie.

Spécialité : Génie Pétrochimique.

Présenté par :

Souda Elhadj Elmeki

Benamara Mouhamed Amine

Thème :

**Traitement des eaux huileuses industrielles de la région HAUD
BERKAOUI par adsorption sur charbon actif à base de boues
d'épuration.**

Soutenu publiquement le : 11/06/2022

Devant le jury composé de :

SIBOUKEUR Hicham
BOUZIANE Khadidja
CHAOUCH Noura

MCB Présidente
MCB Examinatrice
MCA Rapporteur

UKM Ouargla.
UKM Ouargla.
UKM Ouargla.

Année universitaire : 2021/2022

Université KASDI-MERBAH Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des Procédés



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies.

Filière : Industrielle Pétrochimie.

Spécialité : Génie Pétrochimique.

Présenté par :

Soude Elhadj Elmeki

Benamara Mouhamed Amine

Thème :

**Traitement des eaux huileuses industrielles de la région HAUD
BERKAOUI par adsorption sur charbon actif à base de boues
d'épuration.**

Soutenu publiquement le : 11/06/2022

Devant le jury composé de :

SIBOUKEUR Hicham
BOUZIANE Khadidja
CHAOUCH Noura

MCB Présidente
MCB Examinatrice
MCA Rapporteur

UKM Ouargla.
UKM Ouargla.
UKM Ouargla.

Année universitaire : 2021/2022

Dédicace

Louange à Dieu seul, il n'y a pas de louange pour personne d'autre

Louange à Dieu qui m'a donné la bénédiction de la vie et la bénédiction de la connaissance, et aujourd'hui nous sommes à la dernière station universitaire.

Au propriétaire d'un bon visage et de bonnes actions, il ne m'a pas épargné tout au long de sa vie

*[Mon cher père **Saleh**, que Dieu le protège]*

*À la personne qui s'est sacrifiée pour moi, et n'a ménagé aucun effort pour me rendre toujours heureux [Ma mère **Fariha**]*

A ma chère [Nawal] ma sœur et ma mère je t'aime

A mon précieux jumeau, mon bras droit [Mustafa]

A tous mes frères et leurs familles, à toutes mes sœurs et leurs familles

À la mère, l'éducatrice et le cher mentor, mon vertueux professeur,

Dr [CHAOUCH Noura]

A l'ami et camarade qui était autrefois un collègue et maintenant le frère le plus cher [Souda Elhadj Elmeki] pour son soutien moral, merci et que Dieu prolonge ta vie.

Aux frères que ma mère n'a pas mis au monde

[Ayoub, Hako, Mustapha, Harizi, Omar]

À tous mes proches, collègues, amis, professeurs et à toutes les personnes dans mon cœur.

Benamara Mouhamed Amine

Dédicace

Je suis heureuse de dédier ce travail à celle dont le nom est associé au Paradis, à celle qui a voulu que je mette ma marque dans l'existence, mon soutien et ma force dans cette vie.

[Ma chère maman].

A celui qui m'a appris que la vie est la lutte avec patience, à celui qui a planté dans mon âme l'amour du succès.

[Mon cher père].

A qui je resserre mes liens avec mes frères

[Mouhammad Rayan, Abd El-Ilah, Ahmed Yasin].

À qui Dieu a combiné leurs obéissances à celles des parents

[Mon grand-père et ma grand-mère]

A mes tantes et à toute ma famille

A l'ami, camarade et cher frère

[Ben Amara Mouhammad Al-Amin]

Merci pour tout le soutien moral

Aux frères que ma mère n'a pas mis au monde

[Ayoub, Mustapha et Mustapha, Hak, Harizi, Omar]

A tous les amis et camarades

A tous ceux qui m'y sont chers,

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Souda Elhadj Elmeki

Remerciement

Avant tout, nous voudrions remercier **Allah** Tout-Puissant pour son don de nous donner la grâce de la vie et la grâce de la connaissance pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier :

Ⓡ Notre encadreur **Docteur Chaouch Noura**, Maître de Conférences (A) du Département de Génie des procédés, Faculté des Sciences Appliquées, Universiyé **Kasdi Merbah**, Ouargla. Pour l'aide précieuse qu'elle nous a apportée, sa patience, ses conseils et ses encouragements, Sa vision critique nous a été très précieuse pour la réussite de ce travail de recherche. Que Dieu prolonge sa vie et lui donne la santé.

Ⓡ A tous les membres du jury pour leur gentillesse et pour avoir accepté de juger notre travail

Ⓡ A **Madame Lamia Bnkra Mustafa**, Responsable du Service Inspection des Equipements, qui nous a ouvert les portes pour mener notre étude pilote Merci Madame, que Dieu vous protège

Ⓡ Les ingénieurs et les techniciens du laboratoire traitement de corrosion en particulier **Madame Rekaia KHOULIDI**

Enfin, nous tenons également à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Je ne pense pas qu'il existe des expressions qui expriment l'étendue de mes remerciements et de ma gratitude à votre égard

Merci Beaucoup

| Titre | Page |
|---|------|
| Dédicace | I |
| Remerciement | III |
| Sommaire | IV |
| Liste des figures | VII |
| Liste des tableaux | VIII |
| Liste des abréviations | IX |
| Liste des symboles | X |
| Introduction général | XII |
| Chapitre I : Présentation de la région Haoud Berkaoui | |
| I.1. Situation géographique de la région Haoud Berkoui HBK | 2 |
| I.2. Principaux champs de Haoud Berkaoui | 3 |
| I. 2.1. Champ de Haoud berkaoui (HBK) | 3 |
| I. 2.2. Champ de Ben kahla (BKH) | 3 |
| I. 2.3. Champ de Guellala (GLA) | 3 |
| I.3. Description de la station de déshuilage du champ HBK | 4 |
| I.4. Description de la station d'épuration des eaux usées HBK | 5 |
| I.4.1. Prétraitement | 5 |
| I.4.2. Traitement secondaire (traitement biologique) | 6 |
| I.4.3. Traitement des boues | 7 |
| I.4.3.1. Épaississement des boues | 7 |
| I.4.3.2. Déshydratation des boues | 7 |
| Chapitre II : Généralités sur les eaux usées industrielles huileuses | |
| II.1. Définition des eaux usées | 11 |
| II.2. Types des eaux usées | 11 |
| II.2.1. Les eaux usées domestiques | 11 |
| II.2.2. Les eaux usées pluviales | 11 |
| II.2.3. Les eaux usées agricoles | 11 |
| II.2.4. Les eaux usées industrielles | 11 |
| II.3. Eaux usées huileuses | 12 |
| II.3.1. Eaux normalement huileuses | 12 |
| II.3.2. Eau accidentellement huileuses | 12 |
| II.4. Paramètres de mesure de la pollution des eaux huileuses | 12 |
| II.4.1. Paramètres organoleptiques | 12 |
| II.4.1.1. La couleur | 12 |
| II.4.1.2. L'odeur | 12 |
| II.4.2. Paramètres physico- chimiques | 13 |
| II.4.2.1. La température | 13 |
| II.4.2.2. Le potentiel Hydrogène (pH) | 13 |
| II.4.2.3. Les matières en suspension (MES) | 13 |
| II.4.2.4. La turbidité | 13 |
| II.4.2.5. Les hydrocarbures | 13 |

| | |
|---|----|
| II.4.2.6.La demande chimique en oxygène DCO | 13 |
| II.4.2.7.La demande biochimique en oxygène DBO ₅ | 13 |
| Chapitre III : Généralités sur le procédé d'adsorption | |
| III.1. Définition de l'adsorption | 15 |
| III.2.Types d'adsorption | 15 |
| III.2.1. Adsorption physique (physisorption) | 15 |
| III.2.2. Adsorption chimique (chimisorption) | 15 |
| III. 3. Mécanisme de l'adsorption | 16 |
| III.4. Facteurs influençant le phénomène d'adsorption | 17 |
| III.4.1. Nature de l'adsorbant | 17 |
| III.4.2. Nature de l'adsorbat | 17 |
| III.4.3.Paramètres physico-chimiques du milieu | 17 |
| III.5 Équilibre d'adsorption | 18 |
| III.5.1 Définition de l'isotherme | 18 |
| III.5.2 Classification des isothermes d'adsorption | 18 |
| III.5. 2.1.Classe S | 19 |
| III.5. 2.2.Classe L | 19 |
| III.5. 2.3.Classe H | 20 |
| III.5. 2.4.Classe C | 20 |
| III.5. 3. Modèles d'isothermes d'adsorption | 20 |
| III.5. 3.1. Modèle de Langmuir | 20 |
| III.5. 3.2. Modèle de Freundlich | 21 |
| III.5. 3.3. Modèle de Temkin | 22 |
| III. 6. Cinétique d'adsorption | 23 |
| III. 6.1. Modèle de pseudo premier ordre | 23 |
| III. 6.2. Modèle de pseudo second ordre | 24 |
| III. 7. Thermodynamique de l'adsorption | 24 |
| III. 8. Application industrielle de l'adsorption | 24 |
| III. 9. Charbon actif | 25 |
| III. 9.1. Définition du charbon actif | 25 |
| III. 9.2-Structure et texture du charbon actif | 25 |
| III .9.3. Élaboration de charbon actif | 26 |
| III. 9.3.1. Choix du précurseur | 26 |
| III. 9.3.2. Carbonisation | 27 |
| III. 9.3.3.Activation | 27 |
| III. 9.3.4. Mise en œuvre du charbon actif | 28 |
| Chapitre IV : Matériels et méthodes | |
| IV.1. Appareillage | 31 |
| IV.2. Réactifs | 34 |
| IV.3. Échantillonnage | 35 |
| IV.3.1. Échantillonnage des eaux huileuses | 35 |
| IV.3.2. Échantillonnage des boues sèches | 35 |

Sommaire

| | |
|--|----|
| IV.4. Technique d'analyse des eaux huileuses | 35 |
| IV.4.1. Mesure du pH et de la température | 35 |
| IV.4.2. Mesure de la turbidité et des matières en suspension MES: | 35 |
| IV.4.3. Mesure de la teneur des hydrocarbures (HC) | 36 |
| IV.5. Préparation des adsorbants | 36 |
| IV.5.1. Préparation de la boue naturelle | 36 |
| IV.5.2. Préparation du charbon actif | 36 |
| IV.6. Caractérisation des adsorbants | 36 |
| IV.6.1. Mesure de la densité apparente | 36 |
| IV.6.2. Mesure de la porosité | 37 |
| IV.6.3. Mesure de la densité réelle | 37 |
| IV.7. Essais d'adsorption statique | 37 |
| Chapitre V : Résultats et discussions | |
| V.1. Qualité des eaux usées huileuses | 39 |
| V.2. Caractérisation des adsorbants | 39 |
| V.3. Traitement des eaux usées huileuses par adsorption sur boue d'épuration brute | 40 |
| V.3.1. Efficacité du traitement avec la boue d'épuration brute | 40 |
| V.3.2. Effet du temps de contact | 40 |
| V.4. Traitement des eaux usées huileuses par adsorption sur charbon actif CA-NaOH-15 | 41 |
| V.4.1. Efficacité du traitement avec le CA-NaOH-15 | 42 |
| V.4.2. Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption sur le CA-NaOH-15 | 43 |
| V.5. Traitement des eaux usées huileuses par adsorption sur charbon actif commercial | 43 |
| V.5.1. Efficacité du traitement avec le charbon actif commercial | 43 |
| V.5.2. Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption sur un charbon actif commercial | 44 |
| V.6. Choix du meilleur adsorbant | 44 |
| Conclusion générale | |
| Références bibliographiques | |

Liste des figures

| N° | Titre | Page |
|---------------------|---|------|
| Chapitre I | | |
| Figure I.1 | Situation géographique de la région Haoud Berkaoui | 2 |
| Figure I.2 | Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui | 4 |
| Figure I.3 | Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K | 5 |
| Figure I.4 | Schéma de la station d'épuration des eaux usées HBK | 7 |
| Figure I.5 | Épaississement des boues | 9 |
| Figure I.6 | Lits de séchage. | 9 |
| Chapitre III | | |
| Figure III.1 | Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux | 16 |
| Figure III.2 | Classification des isothermes d'adsorption d'après Giles et Coll | 19 |
| Figure III.3 | Structure d'un charbon actif | 26 |
| Figure III.4 | Formes de charbon actif. | 29 |
| Chapitre IV | | |
| Figure IV.1 | PH mètre type OHAUS. | 31 |
| Figure IV.2 | Colorimètre type DR/3900. | 32 |
| Figure IV.3 | Spectrophotomètre DR/2000. | 32 |
| Figure IV.4 | Four type carbolite CWF/1300. | 32 |
| Figure IV.5 | Balance type ADAM. | 33 |
| Figure IV.6 | Étuve PROLABO type JOUAN | 33 |
| Figure IV.7 | Agitateur type HEIDOLPH | 33 |
| Figure IV.8 | Échantillon de l'eau huileuse brute | 34 |
| Figure IV.9 | Boues d'épuration sèches. | 35 |

Liste des Tableaux

| N° | Titre | Page |
|---------------------|--|------|
| Chapitre I | | |
| Tableau I.1 | Normes des rejets des eaux usées appliquées au niveau de la région Haoud Berkaoui fixées par la législation Algérienne | 8 |
| Chapitre III | | |
| Tableau III.1 | Principales différences entre la physisorption et la chimisorption | 16 |
| Tableau III.2 | Classification de la taille des différents pores selon l'IUPAC | 26 |
| Chapitre IV | | |
| Tableau IV.1 | Liste des réactifs | 34 |
| Chapitre V | | |
| Tableau V.1 | Résultats de l'analyse de l'eau huileuse brute. | 39 |
| Tableau V.2 | Caractéristiques texturales des adsorbants | 39 |
| Tableau V.3 | Résultats de l'analyse des eaux usées huileuses traitée par adsorption sur boue d'épuration brute. | 40 |
| Tableau V.4 | Cinétique d'adsorption sur boue d'épuration brute. | 40 |
| Tableau V.5 | Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif : CA-NaOH-15 | 41 |
| Tableau V.6 | Cinétique d'adsorption sur le CA-NaOH-15. | 42 |
| Tableau V.7 | Résultats de l'analyse de l'eau usée huileuse traitée par adsorption sur charbon actif commercial. | 43 |
| Tableau V.8 | Cinétique d'adsorption sur un charbon actif commercial.. | 44 |
| Tableau V.9 | Résultats de l'analyse des eaux usées huileuses traitées par adsorption | 45 |

Liste des Abréviations

| Abréviation | Signification |
|--------------------|---------------------------------------|
| BKH | Benkahla |
| CAP | Charbon actif pulvérulent |
| CAG | Charbon actif en grains |
| GLA | Guellala |
| HBK | Haoud berkaoui |
| MVS | Matière volatile sèche |
| MO | Matière organique |
| NTU | Nephelometric Turbidity Unit |
| PH | Potentiel hydrogène |
| STEP | Station d'épuration des eaux polluées |

Liste des symboles

| Symbole | Nom | Unité |
|-----------------------------|---|-------------------|
| DBO₅ | Demande biochimique en Oxygène | mg/L |
| DCO | Demande chimique en Oxygène | mg/L |
| HC | Hydrocarbure | mg/L |
| MES | Matière en suspension | mg/L |
| m | Masse de l'adsorbant | g |
| m_t | Masse du charbon actif et du méthanol | g |
| m₁ | Masse du charbon actif | g |
| T | Température | °C |
| TUR | Turbidité | NTU |
| V_a | Volume de l'adsorbant | mL |
| V₁ | Volume de charbon actif | mL |
| V_{tot} | Volume du charbon actif et du méthanol | mL |
| V₂ | Volume de méthanol | mL |
| ρ_a | Masse volumique apparent du charbon actif | g/cm ³ |
| ρ_{méthanol} | Masse volumique du méthanol | g/cm ³ |
| ρ_r | Masse volumique réelle du charbon actif | g/cm ³ |
| ε | Porosité | % |



Introduction

Générale

Les accroissements démographiques et les développements économiques et urbains dans le monde sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale. Plusieurs risques notamment des maladies et des épidémies sont propagées en fonction de la source de pollution, en particulier celles causées par les eaux usées rejetées dans les milieux récepteurs sans aucun traitement. En effet, la protection de l'environnement est devenue un des enjeux majeurs de développement économique. Ainsi, à travers une prise de conscience mondiale, les émissions polluantes, les déchets industriels, la contamination des cours d'eau, les perturbations climatiques, les incidences sur la santé, constituent désormais autant de sujets sensibles, où l'industrie pétrolière fait souvent figure d'accusée.

Les champs producteurs de pétrole, les usines de traitement de gaz et les raffineries produisent quotidiennement de grandes quantités d'eaux contaminées par des hydrocarbures, des particules solides et des matières en suspension. Le rejet de tels effluents dans l'environnement est à l'origine de nombreuses contaminations des eaux de surface et souterraine, érosion des sols, perturbation de l'écosystème et risque pour la santé humaine. La minimisation de l'impact de l'industrie pétrolière sur l'homme et l'environnement est devenue une des principales préoccupations des pays producteurs de pétrole. Elle constitue actuellement une composante essentielle dans la stratégie de développement des entreprises.

Dans le cadre de la mise en application de la politique de l'entreprise relative à la protection de l'environnement, le groupe SONATRACH a mis en application un programme visant l'élimination sinon la réduction de tous les impacts environnementaux significatifs liés à ses activités et services, conformément aux textes législatifs en vigueur (Loi n° 03-10 du 19 /07/2003, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable) [1].

La région HBK dispose actuellement de trois stations de traitement des eaux usées huileuses installées dans les centres de production Haoud Berkaoui (HBK), Benkahla (BKH) et Guellala (GLA). Ces stations traitent la totalité des eaux huileuses provenant des unités de production sur champs, des unités de traitement de brute, des unités de compression et des purges des bacs de stockage au niveau de chaque centre de la région. Elles assurent la récupération de l'huile contenue dans la charge d'eau et la mise en valeur des eaux récupérées pour la réinjection dans les gisements. Les seuils des valeurs des

caractéristiques de ces eaux doivent être en dessous de 5 mg/l pour la teneur en hydrocarbures, de 30 mg/l pour les matières en suspensions (MES) et un pH variant entre 6,5 et 8,5 d'après la réglementation exigée par le groupe SONATRACH [2].

Au niveau du centre HBK, les eaux usées domestiques sont collectées puis acheminées vers une station d'épuration où elles subissent un traitement biologique par boues activées à faible charge. L'eau épurée est rejetée généralement dans le milieu naturel alors que les boues d'épuration résiduelles chargées en substances minérales et organiques sont déshydratées et canalisées vers des lits de séchage. Dans le contexte actuel de la protection de l'environnement, l'élimination des boues d'épuration constitue aussi un des enjeux majeurs pour notre pays car il faut les valoriser à travers une réutilisation judicieuse dans les secteurs industriels et agricoles, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques ou d'exploiter leur potentiel énergétique sous forme de biogaz.

Ainsi, l'objectif de notre étude est de valoriser les boues d'épuration urbaines produites au niveau de la station d'épuration des eaux usées domestiques du centre HBK pour le développement d'un procédé de traitement par adsorption des eaux usées huileuses. L'efficacité du traitement proposé dépend de l'utilisation de la boue tant qu'adsorbant naturel ou comme matière première pour la production de charbon actif. Ce procédé constitue une alternative de choix pour le déshuilage des eaux usées de la région dans le cas d'un éventuel dysfonctionnement ou d'arrêt des stations de déshuilage ou dans le cas d'une surexploitation probable produisant des quantités supplémentaires des eaux usées huileuses.

La thématique proposée est traitée à travers une introduction générale expliquant l'importance du sujet, suivie de cinq chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous exposons une présentation de la région d'étude Haoud Berkaoui ;
- Le deuxième chapitre présente des généralités sur les eaux usées industrielles huileuses ;
- Dans le troisième chapitre, nous présentons des généralités sur le procédé d'adsorption ;
- Le quatrième chapitre résume les matériaux utilisés et la méthodologie de la recherche,
- Le cinquième chapitre englobe les résultats obtenus et les discussions proposées.

Ce mémoire est clôturé par une conclusion générale décrivant les principaux résultats de ce travail de recherche.



Chapitre I

PRÉSENTATION DE LA RÉGION

HAOUD BERKAOUI

I.1. Situation géographique de la région Haoud Berkoui HBK

Sur la route RN°49 dite des pétroliers reliant Ghardaïa à Hassi Messaoud, et à 35 Km au sud-ouest de Ouargla, un carrefour indique la présence d'un champ pétrolier, il s'agit de la région de Haoud Berkaoui. Cette région est située à 142 Km de Hassi Messaoud, à 770 Km au sud de la capitale Alger. Elle s'étend du sud est de Ghardaïa jusqu'au champ extrême de Boukhzana, près de la route de Touggourt (Figure I.1)[3].



Figure I.1 : Situation géographique de la région Haoud Berkaoui.

La région Haoud Berkaoui est importante en raison de sa part de production des hydrocarbures du pays. En effet, elle représente l'une des dix zones principales productrices des hydrocarbures du Sahara algérien. A ce jour elle exploite **159 puits** répartis sur l'ensemble des champs dont :

- **31** puits producteurs sans gaz-lift (éruptifs).
- **73** puits producteurs avec gaz-lift.
- **27** puits producteurs d'eau.
- **28** puits injecteurs d'eau [4].

I.2. Principaux champs de Haoud Berkaoui

Pendant 39 ans, la région HBK a connu des changements très importants au fur et à mesure de son développement. Elle renferme actuellement trois importants champs de production : Haoud Berkaoui (HBK), Benkahla (BKH) et Guellala (GLA).

I.2.1. Champ de Haoud Berkaoui (HBK)

Le champ de HBK est découvert en 1965, sur une superficie de 303 km² et mis en production en 1967, le centre de production de HBK se compose de :

- Une unité de séparation d'huile avec une capacité de 7500 m³/jour.
- Une unité de stockage d'une capacité de 18000 m³/jour.
- Une unité de boosting d'une capacité nominale de 1042000 Sm³/jour.
- Une station d'injection d'eau à raison de 250 m³/jour.
- Une station de déshuilage d'une capacité de 100 m³/h.

I. 2.2. Champ de Ben kahla (BKH)

Ce champ est découvert en 1966, sur une superficie de 286 km² et mis en production en 1967 et il se compose de :

- Une unité de séparation d'huile avec une capacité de 7000 m³/jour.
- Une unité de Boosting de capacité nominale 562 000 Sm³/jour.
- Une unité d'injection d'eau de capacité 250 m³/jour.
- Une station déshuilage d'une capacité de 40 m³/h.
- Une unité d'expédition (toute la production d'huile de BKH est expédiée vers le centre de production de HBK).

I. 2.3. Champ de Guellala (GLA)

Le champ de GLA est découvert en 1969, il s'étend sur une superficie de 99 Km² et se compose de :

- Une unité de séparation d'huile avec une capacité de traitement 5000 m³/jour.
- Une unité de stockage de 15000 m³/jour.
- Une unité de boosting d'une capacité nominale de 762000 Sm³/j.
- Une station d'injection d'eau de capacité nominale de 250 m³/j.
- Une unité de déshuilage l'une capacité de 60 m³/j
- Une unité de traitement de gaz d'environ 2 369 000 Sm³/jour, sa capacité de récupération est estimée à 500 tonnes/jour pour le GPL, 90 tonnes/jour pour le condensat, 1 236 000 Sm³/j de gaz de vente et de 424 000 Sm³/j de gaz lift [3].

I.3. Description de la station de déshuilage du champ HBK

La station de déshuilage du champ de Houad Berkaoui (Figure I.2) garantit la récupération des hydrocarbures et la production de l'eau de réinjection. dont les seuils des valeurs des caractéristiques doivent être en dessous de 5 mg/l pour la teneur en hydrocarbures, de 30 mg/l pour les matières en suspension (MES) et un pH variant entre 6.5 et 8.5.



Figure I.2 : Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui.

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**.

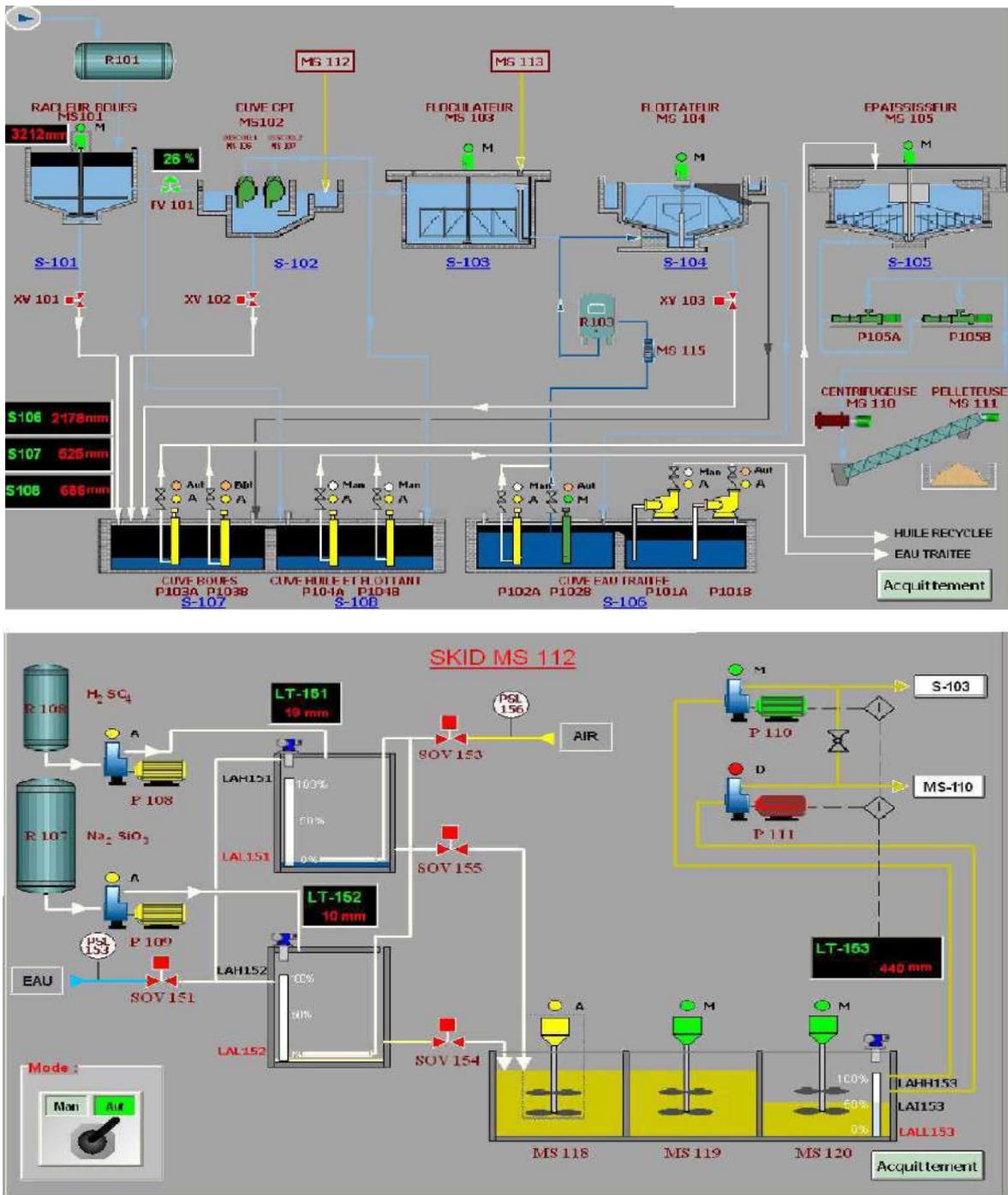


Figure I.3 : Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K[5]

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 assemblées 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 canalisées vers la cuve de floculation **S-103** pour un éventuelle traitement qui consiste en l'ajout d'un coagulant (Silice activée) à l'entrée de la cuve **S-103** et d'un floculant (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 déversés dans une cuve à boue a 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** refoulant 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 éventuelle 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 [3,6]**.

I.4. Description de la station d'épuration des eaux usées HBK

Le traitement adopté à la STEP de Haoud Berkaoui consiste en une épuration biologique des eaux usées domestiques par boues activées à faible charge (Aération prolongée). Au cours de ce traitement, les bactéries provoquent une digestion directe des matières organiques des eaux usées en utilisant l'oxygène dissous dans l'eau.

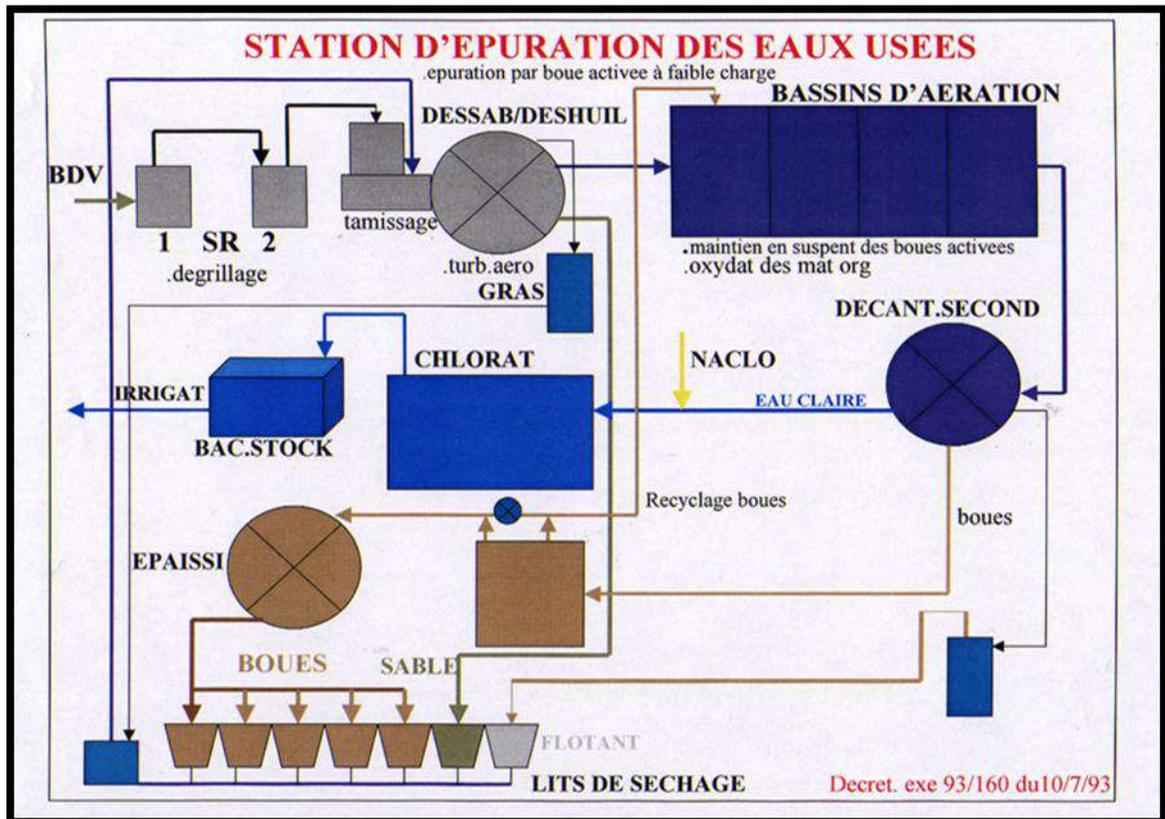


Figure I.4: Schéma de la station d'épuration des eaux usées HBK.

Le procédé de traitement présenté dans la figure ci-dessus comporte les étapes suivantes :

I.4.1. Prétraitement

Les eaux usées arrivent au collecteur, subissent un tamisage, où les gros déchets sont retenus et stockés dans un bac, ensuite ces eaux passent par la phase, Dessablage-Déshuilage où la séparation du sable et des huiles est accélérée par l'insufflation de l'air par l'aeroflot. Au fond de l'ouvrage Dessableur / Deshuileur (20,46 m³), une pompe immergée assure l'extraction des sables vers les lits de séchage, alors que les huiles passent vers le concentrateur des huiles pour les évacués plus tard par un camion hydro-cureur.

I.4.2. Traitement secondaire (traitement biologique)

Le traitement secondaire est une épuration biologique réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

- **Bassin d'aération** : au cours du traitement biologique, l'effluent passe vers un bassin d'aération de forme rectangulaire et d'une capacité de 290 m³ équipé de deux aérateurs de surface à axe vertical reposant sur une passerelle en béton armé. Un oxymètre permet le contrôle continu de la teneur en oxygène de la biomasse et la régulation de la vitesse des aérateurs.
- **Bassin de clarification (décantation secondaire)** : l'effluent sortant du bassin d'aération est clarifié dans un décanteur secondaire (clarificateur) de forme circulaire et d'une capacité de 90 m³ équipé d'un racleur de surface qui racle les matières flottantes vers les lits de séchage.
- **Recirculation des boues** : les boues décantées sont acheminées par gravité du fond du décanteur au poste de recirculation, puis pompées vers le bassin d'aération à l'aide de deux pompes immergées fonctionnent en alternance [3].

La station d'épuration doit garantir à la fin du traitement, une eau de qualité conforme aux normes de rejets présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.1 : Normes des rejets des eaux usées appliquées au niveau de la région Haoud Berkaoui fixées par la législation Algérienne [3].

| Type d'analyse | Unité | Normes |
|--|-------|----------|
| Température | °C | 30 |
| pH | / | 6,5-8,5 |
| Conductivité | µs/cm | 800-3000 |
| Turbidité | NTU | 30 |
| Matière en suspension(MES) | mg/L | ≤ 30 |
| Hydrocarbures totaux | mg/L | ≤ 5 |
| Demande chimique d'oxygène(DCO) | mg/L | ≤ 90 |
| Demande biochimique d'oxygène(DBO ₅) | mg/L | ≤ 30 |
| Nitrate (NO ₃ ⁻) | mg/L | ≤ 50 |
| Nitrite (NO ₂ ⁻) | mg/L | ≤ 0,1 |
| Ammoniac (N-NH ₄ ⁺) | mg/L | ≤ 0,1 |
| Phosphore (PO ₄ ³⁻) | mg/L | ≤ 16 |

I.4.3. Traitement des boues

I.4.3.1. Épaississement des boues

L'épaississement des boues a pour but de concentrer au maximum les boues à envoyer sur les lits de séchage. Cette dernière est évacuée à l'aide d'une pompe immergée vers un épaisseur en béton armé de forme cylindrique à fond conique de 3 m de diamètre [7].



Figure I.5 : Épaississement des boues [7].

I.4.3.2. Déshydratation des boues

Les boues épaissies sont épanchées sur 7 lits de séchage à l'aide d'une pompe hélicoïdale pour y être déshydratées naturellement. Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes en béton armé et d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier [8].



Figure I.15 : Lits de séchage.



Chapitre II

GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX

USÉES INDUSTRIELLES

HUILEUSES

II.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des mélanges liquides pollués chargés en matières organiques, minérales ou en suspension pouvant être toxiques. Elles peuvent être traitées et réutilisées dans divers filières [9].

II.2. Types des eaux usées

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

II.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 constitués essentiellement de matières organiques et des germes fécaux [10].

II.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 [11].

II.2.3. Les eaux usées agricoles

Les eaux usées agricoles contiennent des fertilisants et des produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture. Certains produits sont dangereux pour l'environnement [12].

II.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 [13]. 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 électriques de chaque tranche et la zone de stockage des wagons d'huile.
- **Eaux non huileuses** : non polluées par les hydrocarbures, ces eaux résiduelles 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 [11].
- **Eaux diverses** : n'entrant pas dans les catégories précédentes et devant en général être recueillies dans des récipients (purge d'appareils contenant des asphaltes, des paraffines ou des résidus lourds se figeant à la température ambiante).

II.3-Eaux usées huileuses

Les eaux huileuses sont constituées principalement d'hydrocarbures. On distingue deux types, à savoir :

II.3.1.Eaux normalement huileuses

Ce type d'eaux renferme une quantité importante d'hydrocarbures provenant des champs pétroliers, du drainage des bacs de stockage de brut et du lavage des équipements utilisés lors de la production et le traitement du brut [14].

II.3.2.Eau accidentellement huileuses

Les eaux huileuses de ce type contiennent une faible quantité d'hydrocarbure suite à des fuites et des eaux pluviales tombées à l'extérieur des unités de production [15].

II.4. Paramètres de mesure de la pollution des eaux huileuses

II.4.1.Paramètres organoleptiques

II.4.1.1.La couleur

La couleur des eaux huileuses est généralement marron sombre qui tend vers le noir, cette coloration est due à la présence des hydrocarbures libres et en émulsion ainsi que des matières colloïdales en suspension.

II.4.1.2.L'odeur

L'odeur est un signe de pollution due à la présence de matières organiques en décomposition [12].

II.4.2. Paramètres physico- chimiques**II.4.2.1. La température**

La température joue un rôle très important dans la solubilité des gaz dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques [16].

II.4.2.2. Le potentiel Hydrogène (pH)

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique dans l'eau. Il dépend des facteurs multiples dont l'origine de l'eau [17].

II.4.2.3. Les Matières en suspension (MES)

Exprimée souvent en mg par litre. Elle représente les matières minérales et organiques non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Les matières en suspensions donnent à l'eau une apparence trouble et, souvent, un mauvais goût et une mauvaise odeur [17].

II.4.2.4. La turbidité

La turbidité représente la non transparence de l'eau à cause de la présence des matières en suspension (MES) fines et colloïdales, comme les argiles, les grains de silice et les microorganismes. Elle est exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [12].

II.4.2.5. Les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des molécules composées des atomes de carbone et d'hydrogène. Ils ont une solubilité variable dans l'eau dépendant de leurs structures [15].

II.4.2.6. La Demande chimique en oxygène DCO

Exprimée en mg /L d'oxygène, la DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques par l'oxygène contenu dans un effluent [16].

II.4.2.7. La Demande biochimique en oxygène DBO₅

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée durant cinq jours à 20°C et en obscurité par des microorganismes aérobies lors de la dégradation des composés organiques présents dans l'eau. Elle est exprimée en mg /L d'oxygène [11].



Chapitre III

**GÉNÉRALITÉS SUR LE PROCÉDE
D'ADSORPTION**

III.1. Définition de l'adsorption

L'adsorption est un phénomène physico-chimique de transfert de matière d'un fluide vers la surface d'un solide. La substance qui se fixe est appelée adsorbat, le solide qui est le siège de l'adsorption est appelé adsorbant. Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre la condensation et l'adsorption des gaz à la surface d'un solide. Le terme large de sorption a été proposé en 1909 par Mc Bain, il désigne aussi bien le phénomène d'adsorption que celui d'absorption [18,19].

III.2. Types d'adsorption

On distingue deux types d'adsorption :

III.2.1. Adsorption physique (physisorption)

L'adsorption physique est caractérisée par de faibles forces d'interaction adsorbat- adsorbant, elles sont de type Van Der Waals ou pont hydrogène. La physisorption est un processus qui ne requiert que des énergies de l'ordre 10 Kcal par mole. Le processus dans ce cas est exothermique et se déroule généralement à basse température où la réversibilité est parfaite. Il est non spécifique et n'exige pas d'activation. IL s'établit rapidement tout en permettant l'adsorption de 3 à 4 couches superposées sur la surface de l'adsorbant [20].

III.2.2. Adsorption chimique (chimisorption)

Dans la chimisorption, la formation des liaisons adsorbant – adsorbat covalent ou ionique résulte d'un transfert d'électrons entre la substance adsorbée et le solide semblable aux liaisons chimiques. Les énergies mise en jeu sont plus élevées allant de 10 à 100 Kcal / mole. Ce processus nécessitant obligatoirement une activation appréciable est favorisé par l'accroissement de température à plus de 100 °C. Il est spécifique, irréversible et souvent exothermique bien qu'il soit possible de rencontrer des cas endothermiques. La cinétique dans ce cas est lente en particulier en dessous de la température d'activation. Dans le cas idéal il se forme une monocouche saturant toutes les valences libres de la surface de l'adsorbant [21].

Le tableau ci-après résume les principales différences entre les deux types d'adsorption.

Tableau III.1: Principales différences entre la physisorption et la chimisorption [22].

| Adsorption physique | Propriétés | Adsorption chimique |
|---|-----------------------------------|---|
| Faible de type de Van Der Waals ou pont d'hydrogène | Liaison adsorbant-adsorbat | 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 |

III.3. Mécanisme de l'adsorption

L'adsorption se produit principalement en quatre étapes. La figure III.1 représente un matériau microporeux (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques (adsorbat) qui sont susceptibles de rentrer en interaction avec le solide.

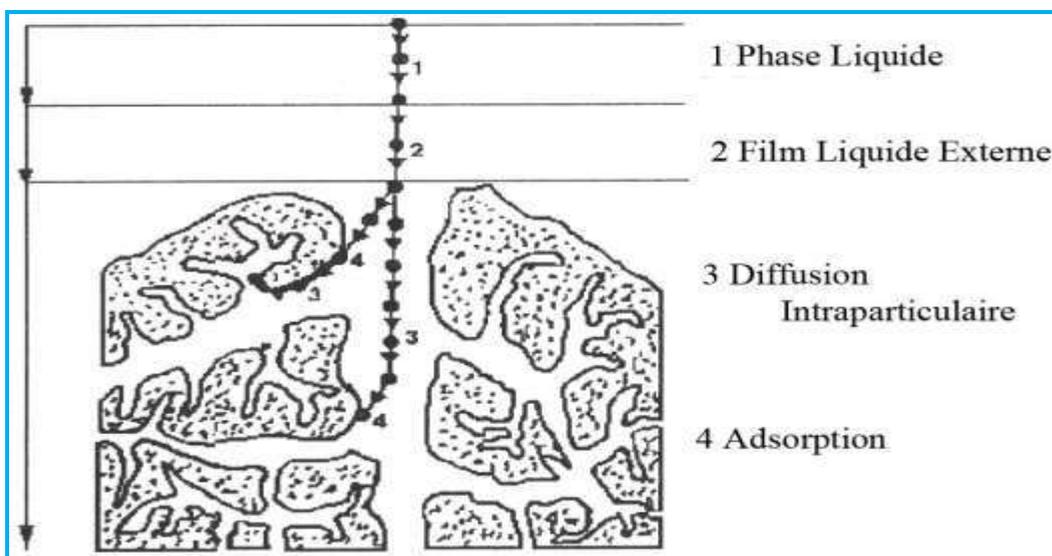


Figure III.1 : Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux [22].

Avant son adsorption, le soluté passe par quatre étapes :

- ❖ Diffusion de l'adsorbat de la phase liquide externe vers celle située au voisinage de la surface de l'adsorbant ;
- ❖ Diffusion extra granulaire de la matière (transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface des grains) ;
- ❖ Transfert intra granulaire de la matière (transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface des grains) ;
- ❖ Réaction d'adsorption au contact des sites actifs [22].

III.4. Facteurs influençant le phénomène d'adsorption

III.4.1. Nature de l'adsorbant

La capacité d'adsorption croît en sens directe avec la surface spécifique de l'adsorbant [23]. Généralement, la surface spécifique externe ne représente qu'une portion minime de la surface totale disponible à l'adsorption. Cette surface totale peut être augmentée par broyage de la masse solide qui multiplie encore sa porosité totale [24]. La cinétique du processus est influencée par la taille des pores, leurs formes et leurs distributions.

De plus, on peut classer les adsorbants en adsorbants apolaires, ayant plus d'affinité pour substances non polaires et adsorbants polaires qui adsorbent les électrolytes, dans ce cas l'adsorption est sélective car selon la charge de la surface de l'adsorbant, les cations ou les anions seront fixés [25].

III.4.2. Nature de l'adsorbat

L'adsorption est aussi influencée par les caractéristiques des corps dissous notamment leurs polarités, solubilités et poids moléculaires [26, 27].

III.4.3. Paramètres physico-chimiques du milieu

Le phénomène d'adsorption est influencé par les paramètres physico-chimiques ci-dessous :

- **La température:** selon que l'adsorption endothermique ou exothermique, le phénomène est favorisé à haute températures ou à basse températures [25].
- **pH:** toute variation de pH en faveur d'une diminution de la solubilité de l'adsorbat dans un solvant donné produira un accroissement du taux d'adsorption [20].

Les expériences ont montrées que l'intensité de l'agitation a une influence parfois non négligeable sur la quantité adsorbée [28].

III.5. Équilibre d'adsorption

III.5.1. Définition de l'isotherme

Pour décrire l'équilibre d'adsorption à l'interphase solide-liquide, il est recommandé de présenter la variation de la quantité de soluté adsorbée par unité de masse d'adsorbant (q_e) en fonction de la concentration restante dans la solution (C_e) à l'équilibre à une température constante en employant l'équation suivante :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{m} \quad \text{Équation (III.1)}$$

- q_e : quantité de soluté adsorbée par unité de masse d'adsorbant (mg/g).
- V : volume de la solution (L).
- C_0 : concentration initial de l'adsorbant dans la phase liquide (mg/L).
- C_e : concentration de l'adsorbant dans la phase liquide à l'équilibre (mg/L).
- m : masse de l'adsorbant (g) [29, 30].

III.5.2. Classification des isothermes d'adsorption

L'allure de l'isotherme varie selon le couple adsorbant - adsorbé étudié. Les isothermes d'adsorption ont été classées par Giles et Coll en quatre types principaux: **S** (Sigmoidale), **L** (Langmuir normal), **H** (Haute affinité) et **C** (partition constante) (Figure III.2). Cette classification tient compte entre autres d'un certain nombre d'hypothèses :

- ❖ Le solvant s'adsorbe sur les mêmes sites que le soluté. Ceci implique l'existence d'une compétition d'adsorption entre le solvant et le soluté.
- ❖ Le nombre de sites susceptibles d'accueillir les molécules de soluté à la surface du solide diminue quand la quantité adsorbée augmente.
- ❖ Les molécules adsorbées sont orientées verticalement ou horizontalement sur la surface.
- ❖ Les interactions attractives ou répulsives entre les molécules adsorbées se manifestent d'une façon notable dans le phénomène d'adsorption [31].

| Classe | S | L | H | C |
|-------------|---|---|---|---|
| Sous-groupe | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| MAX | | | | |

Figure III.2 : Classification des isothermes d'adsorption d'après Giles et Coll [32].

III.5.2.1. Classe S

Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut. Les molécules adsorbées favorisent ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative). Ce comportement est favorisé, d'une part, quand les molécules de soluté sont adsorbées verticalement comme c'est le cas des molécules possédant un seul groupe fonctionnel et d'autre part, quand les molécules se trouvent en compétition d'adsorption forte avec le solvant.

III.5.2.2. Classe L

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

III.5.2.3. Classe H

Les isothermes de cette classe ne commencent pas à l'origine, mais à une valeur positive et la pente initiale, est dans ce cas, très élevée en raison de la haute affinité entre l'adsorbant et l'adsorbat. La quantité adsorbée est importante à concentration nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes. L'isotherme de classe H est aussi observée lors de l'adsorption de micelles ou de polymères formées à partir des molécules de soluté ou lorsqu'il y a chimisorption du soluté.

III.5.2.4. Classe C

Les isothermes de cette classe sont des droites passant par l'origine ce qui signifie qu'il y a compétition entre le solvant et le soluté pour occuper les sites avec un partage constant jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libre reste constant au cours de l'adsorption. Ceci signifie que les sites sont créés au cours de l'adsorption ce qui implique que les isothermes de cette classe sont obtenus quand les molécules de soluté sont capables de modifier la texture du substrat en ouvrant des pores qui n'ont pas été ouverts préalablement par le solvant [21, 32].

III.5.3. Modèles d'isothermes d'adsorption

III.5.3.1. Modèle de Langmuir

Ce modèle établi en 1918 est basé sur les hypothèses suivantes:

- L'adsorption se produit sur des sites localisés d'égale énergie ;
- Une seule entité est adsorbée par site ;
- L'adsorption se produit en monocouche ;
- Il n'y a pas d'interaction latérale entre les molécules adsorbées à la surface ;
- La réaction est réversible c'est-à-dire qu'il y a équilibre entre l'adsorption et la désorption ;
- Le nombre des sites d'adsorption sur la surface est limité.

Le modèle de Langmuir est difficilement utilisable pour des systèmes naturels où l'adsorption en couche simple sur un seul type de site est rarement rencontrée. Il est représenté par l'équation suivante [33]:

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad \text{Équation (III.2)}$$

- q_e : quantité d'adsorbat adsorbée à l'équilibre par gramme d'adsorbant (mg/g) ;
- q_m : quantité d'adsorbat nécessaire pour couvrir la première couche de l'adsorbant (mg/g) ;
- K_L : constante d'équilibre de Langmuir, caractéristique de l'adsorbant, dépendant de la température et des conditions expérimentales (mg /L).

Dans le cas d'une faible quantité de soluté adsorbé, le terme ($K_L.C_e$) peut être très inférieur à 1 et il est alors négligé. La relation de Langmuir se réduit alors à une relation directe entre la capacité d'adsorption et la concentration à l'équilibre de l'adsorbat en phase liquide :

$$q_e = q_m \cdot K_L \cdot C_e \quad \text{Équation (III.3)}$$

Dans le cas d'une forte quantité de soluté adsorbée, le terme ($K_L.C_e$) devient largement supérieur à 1. Ainsi, la capacité d'adsorption tend vers q_m .

La linéarisation de l'équation (III.2) conduit à l'équation suivante [33]:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m \cdot K_L} \cdot \frac{1}{C_e} \quad \text{Équation (III.4)}$$

Ce modèle est caractérisé par un paramètre d'équilibre R_L :

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_0} \quad \text{Équation (III.5)}$$

Où :

K_L est la constante de *Langmuir* et C_0 est la concentration initiale maximale de l'adsorbat (mg/L).

- $R_L = 0$: adsorption irréversible ;
- $0 < R_L < 1$: adsorption thermodynamiquement favorable ;
- $R_L = 1$: adsorption linéaire (du type C) ;
- $R_L > 1$: adsorption thermodynamiquement défavorable [20].

III.5.3.2. Modèle de Freundlich

En 1926 Freundlich a établi une isotherme qui peut s'appliquer avec succès à l'adsorption des gaz, mais qui a été utilisée pour l'adsorption en solution, peu satisfaisant pour des concentrations élevées de solutés mais représente bien l'adsorption des solutions

diluées. Il a constaté que le mécanisme de ce processus est assez complexe, du fait de l'hétérogénéité de la surface ce qui rend la chaleur d'adsorption variable. Ce modèle admet la coexistence de sites d'énergies différentes, la possibilité d'interactions entre les particules adsorbées et ne prévoit pas de limites supérieures à l'adsorption. Il repose sur l'équation empirique suivante [34]:

$$q_e = K_F \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \quad \text{Équation (III.6)}$$

Où :

- q_e : quantité de l'adsorbat adsorbée par gramme d'adsorbant à l'équilibre (mg/g).
- C_e : concentration d'adsorbat dans la solution à l'équilibre (mg/L).
- K_F : constante de Freundlich, relative à la capacité d'adsorption ($\text{mg}^{1-n} \text{L}^n \text{g}^{-1}$).
- n : constante de Freundlich, relative à l'intensité de l'adsorption.

La linéarisation de la relation de Freundlich conduit à l'équation suivant :

$$\log q_e = \log K_F + \left(\frac{1}{n}\right) \log C_e \quad \text{Équation (III.7)}$$

En portant $\log q_e$ en fonction de $\log C_e$, on obtient une droite de pente $(1/n)$ et d'ordonnée à l'origine égale à $\log K_F$, d'où on tire les constantes de Freundlich K_F et n .

III.5.3.3. Modèle de Temkin

L'isotherme de Temkin est basée sur l'hypothèse que la chaleur d'adsorption diminue linéairement avec l'augmentation du taux de recouvrement de la surface solide. L'équation de Temkin formulée dans le cas de l'adsorption des gaz sur des solides et transposée à la phase liquide [35]. Le modèle de Temkin à l'équilibre est représenté par l'équation suivante [36]:

$$q_e = \frac{R \cdot T}{b} \cdot \ln(a \cdot C_e) \quad \text{Équation (III.8)}$$

Sous sa forme linéaire :

$$q_e = B \cdot \ln a + B \cdot \ln C_e \quad \text{Équation (III.9)}$$

Avec $B=RT/b$

Où T est la température absolue (K), R est la constante universelle des gaz (8,314 J/mol K), a et b sont la constante de liaison à l'équilibre de l'isotherme de

Temkin (l/g) et la constante de Temkin (J/mol), respectivement. **B** est une constante liée à la chaleur d'adsorption (J/mol).

En portant (q_e) en fonction de ($\ln C_e$) on obtient une droite de pente B et d'ordonnée à l'origine B.lna, cela permet la détermination des deux constantes de Temkin, a et b.

III.6. Cinétique d'adsorption

La connaissance de la cinétique des opérations fondées sur le phénomène d'adsorption présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre optimal d'un adsorbant ainsi que pour connaître les facteurs qu'il faut optimiser pour fabriquer ou améliorer un adsorbant conduisant à la cinétique la plus rapide possible.

Le processus d'adsorption se produit selon une succession des étapes qui détermine la vitesse globale de processus :

- ✓ **Le transfert de masse externe** ; implique le transfert et la diffusion de l'adsorbat à travers un film liquide vers la surface de l'adsorbant.
- ✓ **Le transfert de masse interne** ; qui implique la pénétration de l'adsorbat dans le système poreux de l'adsorbat.

Dans le cas où l'adsorbant n'est pas poreux, c'est l'étape de transfert de masse externe qui contrôle la vitesse de l'adsorption, cependant, lorsque l'adsorbant est poreux, ce qui est le cas le plus souvent, c'est l'étape de transfert de masse interne qui limite la vitesse d'adsorption. Plusieurs modèles ont été développés afin d'examiner le mécanisme de processus d'adsorption d'un liquide sur la surface d'un solide, parmi ces modèles, on retient [37]:

III.6.1. Modèle de pseudo premier ordre

Lagergren a proposé en 1889 un modèle cinétique du pseudo première ordre exprimée par la relation suivant:

$$\frac{dq_t}{dt} = K_1(q_e - q_t) \quad \text{Équation (III.10)}$$

L'intégration de l'équation (III.10) donne :

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 \cdot t \quad \text{Équation (III.11)}$$

Où :

- K_1 : constante de vitesse pour une cinétique de pseudo première ordre.
- q_t : capacité d'adsorption à l'instant t.
- q_e : capacité d'adsorption à l'équilibre [38].

III.6.2. Modèle de pseudo second ordre

Le modèle du pseudo second ordre représenté par l'équation ci-dessous suggère l'existence d'une chimisorption.

$$\frac{dq_t}{dt} = K_2(q_e - q_t)^2 \quad \text{Équation (III.12)}$$

L'intégration de l'équation précédente donne :

$$\frac{1}{q_t} = \frac{1}{K_2 \cdot q_e^2} + \frac{1}{q_e} \cdot t \quad \text{Équation (III.13)}$$

Où :

- K_2 : constante de vitesse pour une cinétique de pseudo deuxième ordre ;
- q_t : capacité d'adsorption à l'instant t.
- q_e : capacité d'adsorption à l'équilibre [39].

III.7. Thermodynamique de l'adsorption

Le phénomène d'adsorption est toujours accompagné par un processus thermique, soit exothermique ou endothermique. La chaleur d'adsorption est le principal critère qui permet de différencier la chimisorption de la physisorption. La chaleur d'adsorption (ΔH) est donnée par la relation de Van T'hoff:

$$\log K_c = \frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta H}{RT} \quad \text{Équation (III.14)}$$

K_c est la constante d'équilibre, la valeur de ΔS (KJ/mole) donne une indication sur le degré de liberté de la substance adsorbée à l'interface solide-liquide. La valeur et le signe de ΔH (KJ/mole K) décrivent l'aspect énergétique du processus d'adsorption [40].

III.8. Application industrielle de l'adsorption

Les applications industrielles de l'adsorption sont nombreuses notamment :

- ❖ Le traitement des eaux.
- ❖ La décoloration des jus sucrés.

- ❖ Les purifications des produits pétroliers et de matières grasses animales et végétales.
- ❖ La dessiccation de produits organiques industriels.
- ❖ Le séchage, désodorisation et la purification de l'air et des gaz [41].

III.9. Charbon actif

III.9.1. Définition du charbon actif

Les charbons actifs sont des produits carbonés poreux, constitués principalement de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et de petites quantités de soufre et d'azote. Ils se présentent sous forme d'une poudre noire plus ou moins fine et inodore. Le conseil Européen des fédérations de l'industrie chimique (C.E.F.I.C) les définit comme suit : « Les charbons actifs sont des produits carbonés dotés d'une structure poreuse présentant une très grande surface de contact interne. Ces matériaux issus des procédés industriels peuvent adsorber une large variété de substances qui se fixent sur leurs surfaces internes, ils sont par conséquent appelés adsorbants » [42].

III.9.2-Structure et texture du charbon actif

Un charbon actif est constitué d'un agencement désordonné de microcristaux de tailles variables (5 à 150 Å). Chaque microcristal est constitué par un empilement irrégulier de 5 à 20 feuillets distants de 3,6 Å (Figure III.3). La présence d'hétéroatomes conduit suivant le mode de fabrication du charbon actif à la formation de groupements fonctionnels sur les arêtes des microcristaux [43,44].

Les groupements carboxyliques, anhydrides carboxyliques, phénoliques, carbonyles et lactones sont les plus couramment rencontrés. Ces groupements de surface sont à l'origine du caractère hydrophile du charbon actif et de son potentiel électrocinétique. Ils confèrent au charbon actif des propriétés acido-basiques [45].



Figure III.3 : Structure d'un charbon actif.

La texture poreuse d'un charbon actif dépend du précurseur employé et des techniques de préparation. Elle se caractérise principalement par le diamètre des pores, le volume spécifique et la surface spécifique (Tableau III.2) [46].

Tableau III.2 : Classification de la taille des différents pores selon l'IUPAC [47 -48]

| Type de pores | Rayon (nm) | Volume massique (mL/g) | Surface spécifique (m ² /g) |
|-------------------|------------|------------------------|--|
| Micropores | < 2 | 0.2 – 0.6 | 600 – 1500 |
| Macropores | 2 – 50 | 0.02 – 0.1 | 20 – 70 |
| Mésopores | > 50 | 0.2 – 0.8 | 0.5 – 2 |

Les macropores agissent comme couloir de passage permettant aux molécules adsorbées d'atteindre les pores de plus petite taille situés à l'intérieur de la particule carbonée. Si les macropores ne sont pas important quant à leur capacité à adsorber en grande quantité, ils interviennent de façon très important sur la vitesse de diffusion vers la les mésopores et les macropores.

Les micropores constituent la plus grande part de la surface intérieure et, de ce fait, la plupart de l'adsorption y est réalisée. On considère qu'au moins 90% de la surface active d'un charbon est microporeuse.

Les mésopores (les pores de transition) représentent environ 5 % de l'aire massique totale du charbon. Ils sont le siège de tous les phénomènes de condensation capillaire [45,46].

III.9.3. Élaboration de charbon actif

III.9.3.1. Choix du précurseur

La fabrication du charbon actif passe nécessairement par le choix du précurseur qui peut être d'origine végétale, animale ou minérale.

- **Origine végétale** : Il existe une multitude de produits d'origine végétale qui peuvent intervenir dans la synthèse des charbons actifs, en particulier le lignite [49] et les déchets agricoles tels que les noyaux de fruit, la coque de noix de coco [50,51], la bagasse de canne à sucre [52,53], les pailles et les enveloppes de céréales [43] et la sciure de bois (Bouleau, chêne, eucalyptus)[53, 54].
- **Origine animale** : les charbons actifs sont essentiellement obtenus à partir des os des animaux, mais aussi à partir de leur sang voire de leur chair.
- **Origine minérale** : les charbons actifs sont obtenus en grande majorité à partir de matériaux combustibles comme le charbon minéral (houille, coke) ou la tourbe.

III.9.3.2. Carbonisation

La carbonisation consiste en une pyrolyse d'un précurseur préalablement déshydraté dans un milieu peu oxydant entre 200 °C et 600 °C. Une fois que les hétéroatomes sont éliminés, le matériau devient plus riche en carbone. Les atomes de carbone restants se regroupent en feuillets aromatiques qui s'arrangent ensuite d'une manière irrégulière laissant ainsi des interstices entre eux. Ces interstices donnent naissance à une porosité primaire du produit carbonisé dont la surface spécifique est de l'ordre de 10 m²/g [21].

III.9.3.3. Activation

Deux procédés d'activation peuvent être rencontrés pour la fabrication des charbons actifs :

- **Activation physique** : au cours de ce type d'activation relativement long et qui peut durer de 10 à 48 h et même plus, la matière carbonisée est activée à des températures de l'ordre de 300 à 1000°C dans des fours rotatifs ou des fours à cuve, sous atmosphère oxydante. Les gaz oxydants généralement utilisés sont le dioxyde de carbone, l'oxygène et la vapeur d'eau. Toutefois, le mélange de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau est souvent utilisé pour l'activation à l'échelle industrielle. En effet, la vapeur d'eau favorise à la fois le développement des micropores et des mésopores tandis que le dioxyde de carbone favorise sélectivement le développement des micropores [55]. Les charbons activés physiquement ne présentent pas d'impuretés liées à l'agent d'activation utilisé. Leurs propriétés texturales dépendent fortement de la réactivité de l'atmosphère oxydante.
- **Activation chimique** : il s'agit d'une activation en phase liquide dans laquelle le précurseur est imprégné dans un agent activant puis pyrolysé sous atmosphère inerte. La carbonisation et l'activation proprement dite sont réunies en une seule étape. Elle ne

nécessite qu'un seul traitement thermique à des températures comprises entre 400 et 800°C, valeurs inférieures aux températures usuelles d'activation physique [45,56]. Parmi les agents d'activation les plus utilisés, on cite entre autre: NaOH-15 [14], H₃PO₄ [53,57] et ZnCl₂ [58]. L'agent activant, le taux d'imprégnation, la température et la durée de l'activation sont les principaux paramètres de l'activation chimique ; ils conditionnent les propriétés des charbons obtenus en termes de volume poreux, de répartition de taille des pores et de composition chimique de la surface. Le contrôle de tous ces paramètres et la détermination de leur impact respectif sur les propriétés finales du produit activé ne sont pas aisés ; les caractéristiques chimiques et texturales des charbons activés chimiquement sont en réalité difficilement prévisibles.

L'activation chimique est plus avantageuse que l'activation physique car elle est réalisée en une seule étape et consomme moins d'énergie. Son inconvénient majeur réside dans les traitements de lavage indispensables pour l'élimination de l'agent activant, qui constituent des étapes supplémentaires dans le procédé d'élaboration des charbons actifs. Ainsi, nous agréons cette technique d'activation pour la fabrication de notre charbon actif.

III.9.3.4. Mise en œuvre du charbon actif

les charbons actifs sont commercialement disponibles sous deux formes :

- ❖ **Le 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 couteux. Il est trois fois moins cher que le charbon en grain [59, 60].

- ❖ **Le charbon actif en grain CAG (0.4 à 4 mm):**est employé sous forme de lit filtrant permettant d'utiliser dans un même ouvrage les propriétés filtrante et adsorbante du charbon. La performance de ces filtres dépend de leurs profondeurs et du taux d'échange [59, 61].

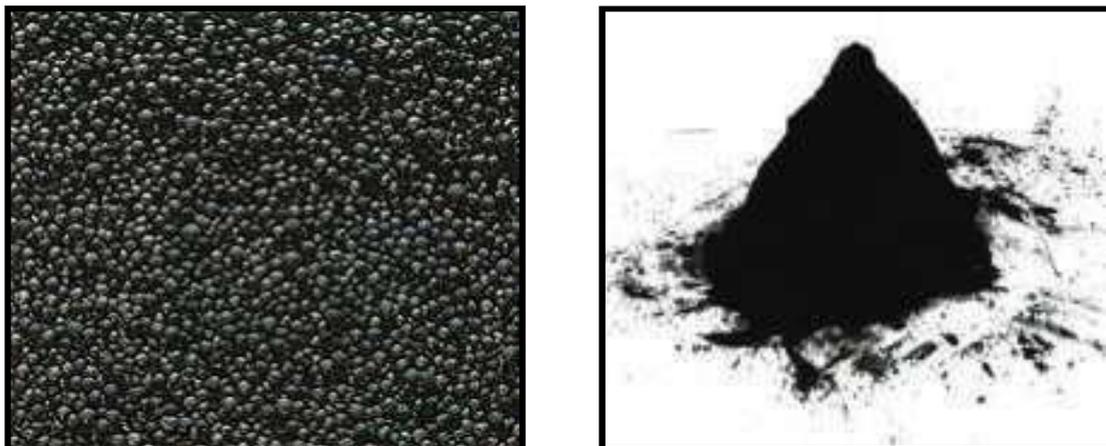


Figure III.4 : Formes de charbon actif.



Chapitre IV

Matériels et Méthodes

IV.1.Appareillage

La partie expérimentale de cette étude a été réalisée dans le laboratoire de traitement de corrosion à Haoud Berkaoui. Les appareils employés dans cette partie sont :

- **pH mètre type OHAUS:** la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence plongé dans une même solution est fonction linéaire du pH de celle-ci selon la loi de Nernst :

$$E = E_0 + \frac{2,3 RT}{n F} \log a_h \quad \text{Équation (IV.1)}$$

- **E** : potentiel mesuré (volt)
- **E₀** : constante dépendant de l'électrode de référence et de la solution interne (volt)
- **R** : constant des gaz parfait (J/mole.K)
- **T** : température absolue (K)
- **n** : charge des ions
- **F** : constant de faraday (96500c)
- **a_h** : activité de l'ion H⁺ dans l'échantillon.



Figure IV.1 : pH mètre type OHAUS.

- **Colorimètre DR/3900 et Spectrophotomètre DR/2000** type HACH : l'analyse par ces appareils est basée sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ laisse passer une fraction de lumière incidente, la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché.

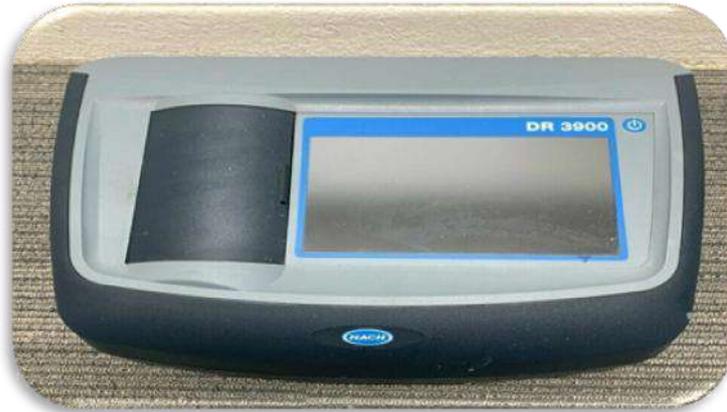


Figure IV.2 : Colorimètre type DR/3900.



Figure IV.3 : Spectrophotomètre DR/2000.

- Four type carbolite CWF/1300



Figure IV.4 :Four type carbolite CWF/1300.

- Balance type ADAM.



Figure IV.5: Balance type ADAM.

- Étuve PROLABO type JOUAN.



Figure IV.6 : Étuve PROLABO type JOUAN

- Agitateur type HEIDOLPH.



Figure IV.7 : Agitateur type HEIDOLPH

IV.2.Réactifs

Les réactifs employés dans cette étude sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Liste des réactifs.

| Réactifs | Formule chimique |
|---------------------|----------------------------------|
| Hydroxyde de sodium | NaOH |
| Solvant 38 | n C ₆ H ₁₄ |
| Méthanol | CH ₃ OH |

IV.3.Échantillonnage

IV.3.1. Échantillonnage des eaux huileuses

- **Localisation du point de prélèvement** : dans cette étude on a effectué le prélèvement à l'entrée de la station de déshuilage (Bac tampon).



Figure IV.8 : Échantillon de l'eau huileuse brute

- **Paramètres analysés** : les paramètres de qualité des eaux huileuses analysés sont :
 - Température
 - pH
 - MES
 - Turbidité.
 - Teneur en hydrocarbure

IV.3.2.Échantillonnage des boues sèches : le prélèvement des boues est effectué au niveau des lits de séchage de la STEP de Haoud Berkaoui.



Figure IV.9 : Boues d'épuration sèches.

IV.4. Techniques d'analyse des eaux usées huileuses

IV.4.1. Mesure du pH et de la température : cette mesure consiste à calibrer l'appareil puis introduire l'électrode dans la solution à analyser et lire les valeurs correspondantes une fois que les valeurs de pH et de température sont stabilisées.

IV.4.2. Mesure de la turbidité et des matières en suspension MES: l'analyse de ces deux paramètres est effectuée par la méthode colorimétrique en utilisant le colorimètre DR/3900 et on appliquant le mode opératoire suivant :

- 1) Préparation de l'appareil par la sélection du programme spécifique au paramètre analysé.
- 2) Établir un zéro de référence pour la mesure en plaçant la cuvette du blanc contenant 10 mL d'eau distillée dans le puits de mesure et en la couvrant avec le capot de l'appareil puis en pressant la touche **ZERO**.
- 3) Placer la cuvette de l'échantillon contenant 10 mL de l'eau huileuse dans le puits de mesure puis mettre le capot de l'appareil sur la cuvette et appuyez sur la touche **MESURE**, après une courte pause les résultats sont affichés.

IV.4.3. Mesure de la teneur des hydrocarbures (HC) : l'analyse de ce paramètre se fait par méthode spectrophotométrique en utilisant le spectrophotomètre DR/2000 suivant le protocole expérimental suivant :

- 1) Prendre 25 mL de l'eau huileuse, compléter le volume avec l'eau distillé jusqu'à 350 ml et ajouter 35 mL de solvant 38 dans une ampoule à décantier.

- 2) Agiter l'ampoule pendant 2 minutes et laisser le temps de séparation pendant 10 minutes.
- 1) Placer un coton dans le robinet de décantation de l'ampoule et l'ouvrir doucement pour séparer le solvant dans un récipient.
- 2) Choisir le programme 410 du DR/2000, régler la longueur d'onde à 450 nm et lire la valeur indiquée par le spectrophotomètre.
- 3) La teneur des HC est exprimée en (ppm) et calculée en multipliant la valeur indiquée par 3.5 (facteur de dilution).

IV.5. Préparation des adsorbants

IV.5.1. Préparation de la boue naturelle

Le traitement de la boue comporte :

- Un broyage avec un mortier,
- Un tamisage avec un tamis de 1 mm de diamètre,
- Une conservation dans des creusets dans un dessiccateur.

IV.5.2. Préparation du charbon actif

La préparation du charbon actif à base de boue naturelle comporte les étapes suivantes :

- 1) **Carbonisation** : la boue naturelle broyée est carbonisée dans un four à une température de 600 °C pendant 20 minutes. Le charbon obtenu est tamisé afin de garder la même granulométrie précédente (1 mm).
- 2) **Activation chimique du charbon** : L'activation chimique s'effectue en utilisant l'hydroxyde de sodium comme agent d'activation avec un taux d'activation de 15 % ayant donné un bon résultat en matière d'adsorption [14], Le charbon est imprégné à température ambiante avec 100 mL d'hydroxyde de sodium (15 %) pendant 2 heures. Une fois filtré le charbon actif est lavé avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un pH neutre puis séché à l'étuve à une température de 120 °C pendant 24 heures.

IV.6. Caractérisation des adsorbants

IV.6.1. Mesure de la densité apparente

Dans une éprouvette graduée, une masse de l'adsorbant m occupera un volume V_a . La densité apparente en g/cm^3 est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\rho = \frac{m}{V_a}$$

Équation (IV.2)

IV.6.2. Mesure de la porosité

Pour mesurer cette grandeur, il suffit de mettre dans une éprouvette de 10 mL, une masse de l'adsorbant m_1 équivalente à un volume de V_1 de 1mL ensuite d'ajouter du méthanol jusqu'à atteindre un volume V_{totale} de 2 ml correspondant à une masse totale m_t . La porosité est calculée au moyen de la formule suivante :

$$\varepsilon (\%) = \frac{\frac{m_t - m_1}{\rho_{\text{méthanol}}} - V_2}{V_{\text{total}}} 100$$

Équation (IV.3)

- $V_2 = V_{\text{total}} - V_1 = 1 \text{ mL}$
- $\rho_{\text{méthanol}}$: masse volumique du méthanol.

IV.6.3. Mesure de la densité réelle

Connaissant la masse volumique apparente et la porosité, la densité réelle en g/cm^3 est calculée comme suit :

$$\rho_R = \rho_a(1 - \varepsilon)$$

Équation (IV.4)

IV.7. Essais d'adsorption statique

Les essais d'adsorptions sont réalisés dans les conditions opératoires suivantes :

- **Masse de l'adsorbant** : 0.2g.
- **Volume de l'eau huileuse** : 40 mL.
- **Vitesse d'agitation** : 900 tr/h.
- **Temps de contact** : (30, 40, 60, 80, 120 et 1440 min).

A la fin de chaque essai, les filtrats sont soumis aux protocoles d'analyses précédant afin de déterminer les paramètres de qualité de l'eau huileuse utilisée.



Chapitre V

Résultats et Discussions

V.1 .Qualité des eaux usées huileuses

Les résultats de l'analyse d'un échantillon d'eau huileuse prélevé à la sortie du bac tampon, à l'entrée de la station de déshuilage sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau V.1: Résultats de l'analyse de l'eau huileuse brute.

| Paramètres | Valeurs |
|-----------------------------|---------|
| pH | 6.54 |
| Température (°C) | 20.40 |
| Turbidité (NTU) | 833 |
| MES (mg/L) | 760 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 |

L'eau traitée au niveau de la station de déshuilage est caractérisée par un pH légèrement acide, une turbidité élevée et un taux important de MES et des hydrocarbures.

La comparaison des résultats obtenus avec les normes de rejets des effluents liquides industriels appliquées au niveau de la région de Haoud Berkaoui (Tableau 1.1) montre que mis à part le pH et la température, les paramètres analysés présentent des valeurs dépassant largement la norme ce qui témoigne d'une pollution importante de l'eau huileuse traitée au niveau de la station de déshuilage.

Afin de réduire et/ou éliminer cette pollution mise en évidence, l'eau huileuse polluée à été soumise a des protocoles d'adsorption par un ensemble d'adsorbants. Les spécificités et l'efficacité de chacun des procédés appliqués sont détaillées au fur et à mesure à travers ce chapitre.

V.2.Caractérisation des adsorbants

La carbonisation a réduit la masse volumique apparente de 26,10 % et la masse volumique réelle de 2,55 % par contre, elle a augmenté la porosité de 50,29 %.

Tableau V.2: Caractéristiques texturales des adsorbants

| Caractéristiques texturales | Boue d'épuration | Boue carbonisée |
|-------------------------------|------------------|-----------------|
| ρ_a (g/cm ³) | 0.8038 | 0.5940 |
| ρ_r (g/cm ³) | 0.8697 | 0.8475 |
| ε (%) | 7.58 | 15.25 |

V.3. Traitement des eaux usées huileuses par adsorption sur boue d'épuration brute

V.3.1. Efficacité du traitement avec la boue d'épuration brute

Les résultats d'analyse des paramètres de qualité des eaux usées huileuses après une durée d'adsorption de 24 heures sur la boue d'épuration brute sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.3: Résultats de l'analyse des eaux usées huileuses traitée par adsorption sur boue d'épuration brute.

| Paramètres | Eau huileuse brute | Eau huileuse après traitement | Rendement de traitement (%) |
|----------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| pH | 6.54 | 7.19 | - 9,94 |
| Température (°C) | 20.4 | 28.76 | - 40,98 |
| Turbidité (NTU) | 833 | 16,66 | 98 |
| MES (mg/L) | 760 | 22,80 | 97 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 | 1,12 | 99,86 |

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur une boue d'épuration naturelle permet :

- ❖ D'augmenter le pH de 9,94 %,
- ❖ D'augmenter la température de 40,98 %,
- ❖ De diminuer la turbidité de 98 %,
- ❖ De diminuer les MES de 97 %
- ❖ De diminuer les hydrocarbures de 99,86 %

V.3.2. Effet du temps de contact

L'évolution du processus d'adsorption en fonction du temps est représentée dans le tableau ci - après :

Tableau V.4: Cinétique d'adsorption sur boue d'épuration brute.

| Temps (min) | 0 | 30 | 40 | 60 | 80 | 120 |
|----------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Paramètres | | | | | | |
| pH | 6,54 | 6,78 | 6,83 | 7,18 | 7,19 | 7,19 |
| Température (°C) | 20,40 | 23,46 | 24,07 | 24,28 | 28,76 | 28,76 |
| Turbidité (NTU) | 833 | 324,87 | 158,27 | 74,97 | 16,66 | 16,66 |
| MES (mg/L) | 760 | 357,20 | 159,60 | 83,60 | 22,80 | 22,80 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 | 120,15 | 40,05 | 1,12 | 1,12 | 1,12 |

Le pH de l'eau huileuse a augmenté jusqu'à 7,19 et s'est stabilisé à cette valeur courant toute la période de traitement. Cette valeur de pH est agréée par les normes de rejet des effluents appliquées dans la région. La température a augmentée graduellement jusqu'à 28.76 °C. Cette variation dépend également du climat mais reste dans les normes.

La turbidité a diminuée d'une manière remarquable jusqu'à 16,66 NTU. La concentration des MES a diminuée jusqu'à 22,80 mg/L dans 80 minutes. Ces valeurs sont agréées également par la norme des rejets industrielles. La concentration des hydrocarbures est réduite à 1,12 pendant une heure de traitement seulement. Cette valeur est nettement inférieure à la norme requise.

Ainsi, un temps de 80 minutes peut être considéré comme un temps d'équilibre pour la normalisation de l'ensemble des paramètres de qualité analysés dans ce travail de recherche.

V.4.Traitement des eaux usées huileuses par adsorption sur charbon actif CA-NaOH-15

V.4.1.Efficacité du traitement avec le CA-NaOH-15

Les résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption durant 24 heures sur un charbon de boue activé avec de l'hydroxyde de sodium (15 %) sont regroupés dans le tableau ci-après :

Tableau V.5: Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif : CA-NaOH-15.

| Paramètres | Eau huileuse brute | Eau huileuse après traitement | Rendement de traitement (%) |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| pH | 6.54 | 7,58 | -15,90 |
| Température (°C) | 20.40 | 30 | -32 |
| Turbidité (NTU) | 833 | 0 | 100 |
| MES (mg/L) | 760 | 0 | 100 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 | 1,12 | 99,86 |

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur le CA-NaOH-15 permet :

- ❖ D'augmenter le pH de 15,90 %,
- ❖ D'augmenter la température de 32 %,
- ❖ D'éliminer complètement la turbidité et les MES,
- ❖ De diminuer les hydrocarbures de 99,86 %.

V.4.2.Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption sur le CA-NaOH-15

L'évolution du processus d'adsorption sur le charbon actif CA-NaOH-15 est représentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.6: Cinétique d'adsorption sur le CA-NaOH-15.

| Temps (min) | 0 | 30 | 40 | 60 | 80 | 120 |
|-----------------------------|-------|--------|-------|-------|------|------|
| Paramètres | | | | | | |
| pH | 6,54 | 6,60 | 6,62 | 6,67 | 7,58 | 7,58 |
| Température (°C) | 20,40 | 27,95 | 28,56 | 29,38 | 30 | 30 |
| Turbidité (NTU) | 833 | 208,25 | 41,65 | 13,32 | 0 | 0 |
| MES (mg/L) | 760 | 220,40 | 38 | 22,80 | 0 | 0 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 | 48,06 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 |

Les résultats obtenus nous permettent de distinguer deux temps d'équilibre importants:

Un temps de 80 minutes courant lequel :

- Le pH de l'eau huileuse a augmenté jusqu'à 7,58 et s'est stabilisé à cette valeur agréée par les normes de rejet des effluents appliquées dans la région HBK.
- La température a augmentée jusqu'à 30 °C, limite supérieur des normes appliquées dans la région.
- La concentration des MES et par conséquent la turbidité sont éliminés complètement.
- La concentration des hydrocarbures est réduite à l'unité pendant 40 minutes de traitement seulement. Cette valeur est nettement inférieure à la norme requise.

Un temps de 60 minutes courant lequel :

Ce temps assure la normalisation de tous les paramètres analysés dans cette étude, à savoir :

- L'augmentation du pH jusqu'à 6,67 ;
- L'augmentation de la température jusqu'à 29,38 °C ;
- La diminution de la turbidité à 13,32 NTU ;
- La réduction des MES à 22,80 mg/L ;
- La réduction des hydrocarbures jusqu'à 1,12 mg/L.

Malgré que 80 minutes assure une meilleure efficacité de traitement, 60 minutes est un temps optimal souvent tolérée dans la région. Ainsi, on peut considérer dans ce cas que 60 minutes est un temps d'équilibre largement suffisant pour normaliser tous les paramètres analysés.

V.5. Traitement des eaux usées huileuses par adsorption sur charbon actif commercial

V.5.1. Efficacité du traitement avec le charbon actif commercial

Les résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption durant 24 heures sur un charbon actif commercial sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.7: Résultats de l'analyse de l'eau usée huileuse traitée par adsorption sur charbon actif commercial.

| Paramètres | Eau huileuse brute | Eau huileuse après traitement | Rendement de traitement (%) |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| pH | 6.54 | 8,10 | - 23,85 |
| Température (°C) | 20.40 | 24,68 | - 20,98 |
| Turbidité (NTU) | 833 | 0 | 100 |
| MES (mg/L) | 760 | 0 | 100 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 | 1,12 | 99,86 |

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur un charbon actif commercial permet :

- ❖ D'augmenter le pH de 23,85 %,
- ❖ D'augmenter la température de 20,98 %,
- ❖ D'éliminer complètement la turbidité et les MES,
- ❖ De diminuer les hydrocarbures de 99,86 %.

V.5.2. Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption sur un charbon actif commercial

Le tableau ci-dessous illustre les analyses des eaux usées huileuses traitées par adsorption sur un charbon actif commercial pendant 120 minutes de contact.

Tableau V.8: Cinétique d'adsorption sur un charbon actif commercial.

| Temps (min) | 0 | 30 | 40 | 60 | 80 | 120 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Paramètres | | | | | | |
| pH | 6,54 | 8,10 | 8,10 | 8,10 | 8,10 | 8,10 |
| Température (°C) | 20,40 | 24,68 | 24,68 | 24,68 | 24,68 | 24,68 |
| Turbidité (NTU) | 833 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MES (mg/L) | 760 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 |

Un temps de contact de 30 minutes à permet la normalisation de tous les paramètres. En effet, le pH de l'eau huileuse a augmenté jusqu'à 8,10. La température a augmentée jusqu'à 24.68 °C. La turbidité et les MES ont été éliminés complètement et la concentration des hydrocarbures est réduite à l'unité.

V.6. Choix du meilleur adsorbant

Afin de choisir lequel des adsorbants étudiés est adéquat pour le traitement des eaux usées huileuses dans la région de Haoud Berkaoui, nous avons élaboré un tableau récapitulatif des résultats obtenus après un contact de 80 minutes avec les différents adsorbants.

Les résultats obtenus montrent que tous les adsorbants étudiés dans le cadre de cette recherche sont en mesure de traiter les eaux usées huileuses produites au niveau de la région HBK.

Le charbon actif CA-NaOH-15 constitue une alternative de choix à la fois économique et environnementale dans le domaine de traitement des eaux usées huileuses dans la région de Haoud Berkaoui. En effet, il permet la valorisation d'une boue d'épuration qui par carbonisation et activation avec l'NaOH à raison de 15 % uniquement peut assurer les mêmes performances offertes par un charbon commercial pour un temps de contact de

80 minutes. Il offre aussi l'avantage de normaliser les paramètres de qualité des eaux usées huileuses dans une heure de contact seulement

Tableau V.9: Résultats de l'analyse des eaux usées huileuses traitées par adsorption.

| Paramètres | Eau huileuse brute | Eau huileuse après traitement avec boue d'épuration brute. | Eau huileuse après traitement avec CA-NaOH-15. | | Eau huileuse après traitement avec charbon actif commercial |
|-------------------------|--------------------|--|--|------|---|
| Temps d'équilibre (min) | - | 80 | 60 | 80 | 30 |
| pH | 6,54 | 7.19 | 6,67 | 7,58 | 8,10 |
| Température (°C) | 20,40 | 28.76 | 29,38 | 30 | 24,68 |
| Turbidité (NTU) | 833 | 16,66 | 13,32 | 0 | 0 |
| MES (mg/L) | 760 | 22,80 | 22,80 | 0 | 0 |
| Hydrocarbures (mg/L) | 801 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 |



Conclusion Générale

Au terme de ce travail nous pouvant tirer les conclusions suivantes :

L'eau traitée au niveau de la station de déshuilage de la région de Haoud Berkaoui est caractérisée par un pH légèrement acide, une turbidité élevée ainsi qu'un taux important de MES et des hydrocarbures dépassant les normes appliquées dans la région.

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur une boue d'épuration brute pendant un temps d'équilibre de 80 minutes permet :

- D'augmenter le pH jusqu'à 7.12 ;
- D'augmenter la température jusqu'à 28,76 °C ;
- De diminuer la turbidité à 16,66 NTU ;
- De diminuer les MES à 22,80 mg/L ;
- De diminuer les hydrocarbures de 1,12 mg/L.

L'emploi de la boue d'épuration comme matière première pour l'élaboration d'un charbon activé avec de l'hydroxyde de sodium à 15 % est possible.

Le traitement des eaux usées huileuses par adsorption sur le charbon activé avec l'NaOH **CA-NaOH-15** pendant un temps d'équilibre de 60 minutes assure :

- L'augmentation du pH jusqu'à 6,67 ;
- L'augmentation de la température jusqu'à 29,38 °C ;
- La diminution de la turbidité à 13,32 NTU ;
- La réduction des MES à 22,8 mg/L ;
- La réduction des hydrocarbures jusqu'à 1,12 mg/L.

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur un charbon actif commercial pendant 30 minutes permet :

- L'augmentation du pH jusqu'à 8,10 ;
- L'augmentation de la température jusqu'à 24,68 °C ;
- L'élimination de la turbidité et des MES ;
- La réduction des hydrocarbures jusqu'à 1,12 mg/L.

Les trois adsorbants étudiés sont performants pour le traitement des eaux usées huileuses produite au niveau de la région HBK chacun dans un temps de contact spécifique. Le charbon

Conclusion générale

activé avec l'NaOH : CA-NaOH-15 assure les mêmes performances offertes par un charbon commercial.

Enfin de ce travail de recherche, nous recommandant l'emploi de la boue d'épuration de la STEP de Haoud Berkaoui soit, à l'état naturelle soit, comme précurseur pour l'élaboration d'un charbon actif de qualités capable d'adsorbés les polluants dans les eaux usées huileuses de la région.



Références

Bibliographiques

- [1] Journal officiel de la république algérienne n° 43, Dimanche 20 Joumada El Oula 1424 correspondant au 20 juillet 2003.
- [2] HELLALI Saloua : Amélioration de qualité de l'eau récupérer après traitement par déshuilage en HBK .Mémoire de Master en chimie de l'environnement, Université Mohamed boudiaf –M'sila, 2020, p 17.
- [3] HANNACHI afef : Suivi de la station d'épuration des eaux usées HBK. Mémoire de fin de formation, Direction régionale de Haoud Berkaoui, 2017, p 60.
- [4] CHIHANI Imane : Études des procédés de déshuilage des eaux huileuses issues des centres de production des hydrocarbures de SONATRACH (Régions Haoud Berkaoui et Oued Noumer). Mémoire de Master en génie de l'environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013,p 6.
- [5] KREIR assmaa : Optimisation du traitement chimique station déshuilage HBK. Mémoire de fin de formation, Direction régionale Haoud Berkaoui, 2017, pp 24-26.
- [6] Manuel opératoire station déshuilage HAOUD BERKAOUI - SONATRACH.
- [7] GHERARA Nabila : Étude de la performance de la station d'épuration des eaux usées de la région HAOUD BERKAOUI. Mémoire Master en Génie chimique, Université Kasdi MerbahOuargla, 2019, pp 23-24.
- [8] ABBAS khawla et BATALLAH khawla : Suivi et simulation des performances épuratoires de la Step de skikda. Mémoire de Master en hydraulique, Université Badji Mokhtar Annaba, 2018, p 39.
- [9] HIMOUR Asmaa et GUENDOUZ Amira : Étude de l'utilisation des végétaux pour l'épuration des eaux usées. Mémoire de master en hydrocarbures urbains, Université Saida Dr Moulay Tahar, 2017, p 6.
- [10] BESSEDIK Madani : Traitement des eaux usées. Université de Telmcen, 2011, p112.
- [11] MOKHBI yassmina: 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 Kasdi Merbah Ouargla, 2019, pp 4-8.
- [12] BENGUETTANE Halima : Analyse des eaux industrielles de la station déshuilage de la zone HBK. Mémoire de Master en génie d'environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2016, 43 p.
- [13] 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.

- [14] DJEZZAR Faten et BRIK Fatima Zohra Valorisation des boues d'épuration dans le traitement des eaux huileuses au niveau de la région de HAUD BERKAOUI Mémoire de Master Académique en génie Chimique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2020, p 5.
- [15] MOUSSAOUI Haroun et ELALAOUI MOULAY Cherif : Élimination des huiles de la station de déshuilages de Haoud BERKAOUI par procédés de coagulation-floculation et adsorption par charbon actif. Mémoire de Master en traitement des eaux, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2018, p 6.
- [16] MEKHALIF Faiza : Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister pollution chimique et environnement, Université du 20 Août 1955 SKIKDA, 2009, pp 7-8.
- [17] Rodier J, Bazin C, Broutin J.P, Chambon P, Champsaur H et Rodi L L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Edition Dunod Paris, 2005, 1384 p.
- [18] EMNA Errais : Réactivité de surface d'argiles naturelles. Étude de l'adsorption de colorants anioniques. Thèse de Doctorat en géochimie de l'environnement, Université de Strasbourg, 2011, pp47 - 59.
- [19] EMILIAN Koller, Génie chimique L'usine Nouvelle, Robert L., « Techniques de l'ingénieur - Génie des procédés », Adsorption. Ruthven D. M., Principles of adsorption and adsorption process, John Wiley, 1984 p 397.
- [20] J.F.LEPAGE : Catalyse de contact – conception, préparation et mise en œuvre des catalyseurs industriels, Edition technique, 1978, p 5.
- [21] CHAOUCH Noura : Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées. Thèse de Doctorat en chimie, Université Hadj Lakhdar – Batna, 2014, pp 39-44
- [22] A.KHARFALLAH : Les caractéristiques cinétiques, thermodynamique et d'équilibre de l'adsorption du bleu de méthylène sur le sable de mer. Mémoire de master en Chimie de matériaux, Université Larbi Ben M'hidi-Oum El Bouaghi, 2003, pp 6 - 7.
- [23] F. EDELIN : L'épuration physico-chimique, théorie et technologie des eaux Edition Cebedoc Sprl Liège, 1998, 288p.
- [24] W. J. MESSCHELEIN. Processus unitaires du traitement de l'eau potable. Edition Cebedoc Sprl Liège, 1996, 693 p.
- [25] AFNOR : La qualité des sols, thermologie, échantillonnage, contrôle et qualité.

- Tome 1. Editor AFNOR Paris, 1996, pp 299-310.
- [26] S. CHITOUR : Chimie physique des phénomènes de surface, OPU, Alger, 1976. 322P
- [27] J. Jimmy, L. HUMPHRY et E George : Procédé de séparation, Technique sélection, Dimensionnement, DUNOD, 2001, 374p.
- [28] R. CALVET : Le sol, propriété et fonctions, tome I constitution et structure, phénomènes aux interfaces, Editions France Agricole, 2003, p 318.
- [29] S.HADDOUM et S.SELATNIA : Biosorption du plomb sur une biomasse (*Pleurotus Mutilus*), Mémoire de Magistère en Génie chimique, Ecole nationale supérieure polytechnique, 2005, p 28.
- [30] A.BOUCIF et ALLAM : Etude de la Co-adsorption de deux pesticides (Durion et Metribuzine) sur un charbon actif en poudre, Mémoire d'ingénieur d'état en Chimie industrielle, Ecole nationale supérieure polytechnique, 2008, pp 13-14.
- [31] O. ABID : Adsorption par le charbon actif de micropolluants organiques en solutions Aqueuse, Thèse de Chimie Physique Institut Nationale polytechnique de Toulouse, 1987, 177 p.
- [32] C.CHITTOUR : Physico chimie des surfaces. 2^{ème} édition, Tome 2, 2004, 461 p.
- [33] Clement Nicollet, Harry L. Tuller. Perspective on the Relationship between the Acidity of Perovskite Oxides and Their Oxygen Surface Exchange Kinetics. *Chemistry of Materials* 2022, 34 (3) , 991-997
- [34] G. D. HALSEY: The role of surface heterogeneity. *Advan. catalysis*, 4(1952) 259-269.
- [35] Fripiat, J., Chaussidon, J., Jelli, A. : Chimie physique des phénomènes de surface, Masson et Cie, Paris, 1971, 387 p
- [36] O.FERRANDON, H.BOUABANE et M.MAZET : Contribution à l'étude de la validité de différences modèles, utilisés lors de l'adsorption de solutés sur charbon actif. *Journal of water science*, 8 (1995) 183-200.
- [37] LOUIS Robert : Opération unitaire << adsorption >> technique de l'ingénieur (2000), J.2730 a-9
- [38] CASSAN PH, BAGLIN A, FRIT D : Les hyperoxaluriques. *Revue de médecine* 17 (1976) 803-808.
- [39] M. Daudon, B. Lacour, P. Jungers, High prevalence of uric acid calculi in diabetic stone Formers, *Nephrol. Dial. Transplant.* 20 (2005) 468 - 469.
- [40] KAYODE O.A., UNUABONAH E.I., OLU-OWOLABI B.I. : Kinetic and

- thermodynamic aspects of the adsorption of Pb^{2+} and Cd^{2+} ions on tripolyphosphate-modified kaolinite clay, Department of Chemistry, University of Ibadan, Nigeria, Chemical Engineering Journal, 2008, p 3.
- [41] L. Amalric, C. Guillard, E. Blanc-Brude, P. Pichat, Correlation between the photocatalytic degradability over TiO_2 in water of meta and para substituted methoxybenzenes and their electron density, hydrophobicity and polarizability properties, Water Research 30 (1996) 1137-1142.
- [42] F.R.REINOSO et al : The role of carbon materials in heterogeneous catalysis. Carbon 36 (1998) 159 - 175.
- [43] A.M.PUZIY et al: Modeling of heavy metal in binding by phosphoric acid activated carbon. Applied Surface Science 221 (2004) 421 - 429
- [44] H.MESSOUK : Étude des effets du taux d'adjuvant sur la capacité d'adsorption d'un charbon actif préparé à partir de dattes locales (ghars). Mémoire d'ingénieur en Chimie industrielle, Université de Ouargla, 2002, 50 p.
- [45] F.AL MARDINI : Étude de l'adsorption du pesticide bromacil sur charbon actif en poudre en milieu aqueux. Effet compétiteur des matières organiques naturelles. Mémoire de Master en Chimie et microbiologie, Université Poitiers, 2008, 245 p
- [46] N.SPAINS: Étude comparative de l'activation chimique d'un composé ligno cellulosique local (noyaux d'olives) par le chlorure de zinc et l'hydroxyde de potassium. Thèse de Magistère, U.S.T.H.B.Alger, 1997, 51 p
- [47] V.C.SRIVASTAVA et al: Adsorption of toxic metal ions onto activated carbon study of sorption behavior through characterization and kinetics. Chemical Engineering and Processing 47 (2008) 1269 - 1280
- [48] J.P.VILLEGAS et al: Study of commercial wood charcoals for the preparation of carbon adsorbents. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 76 (2006) 103 - 108.
- [49] H; BOSH: The production and characterization of activated carbon of from coconut shell catalized by potassium. Carbon 29(1994)949-953.
- [50] DIANA C.S.Azevedo, et al., Microporous activated carbon prepared from coconut shell using chemical activation with zinc chloride. Microporous and Mesoporous Materials, 23 March 2007. p(1-3).
- [51] VALIX, M., W.H. CHEUNG et G. MCKAY: Preparation of activated carbon using low temperature carbonization and physical activation of high ash raw bagasse for acid dye adsorption. August 56(5) 2004, pp 493-501.
- [52] MUKANA et al. : Préparation des charbons actifs À partir des sciures de Bagasse de

canne À sucre, des bois de Ntola et Lifaki imprÄgnÄes dans des solutions de soude caustique. Rev. Cong.Sci.Nul, 16(1) 2000, pp 84-92.

- [53] SATONAKA, S., T. ISOBE et T. KAYAMA: Preparation of activated carbon with phosphoric acid from waste liquors, waste sludges and waste from deinking Research Bulletins of the college Experiments Forests, hokkaido university collection of scholarly and academic and journal papers, p 5.
- [54] RODRIGUEZ, J.: Preparation and caractérisation of actived carbon from eucalyptus fraft lignin. Carbon, 31(1) 1993, pp 87-95.
- [55] YANG, T. et A.C. LUA: Characteristics of activated carbons prepared from pistachionut shells by physical activation. J Colloid Interface Sci, 267(2)2003, pp 408-417.
- [56] TSENG, R.L. et S.K. TSNG: Pore structure performance of the KOH-activated carbons prepared from corncob, Materials Science, Chemistry, Journal of hazardous materials, 287(2) 2005, 428-437.
- [57] DIAO, Y., W.P. WALAWENDER et L.T. FAN: Activated carbons prepared from phosphoric acid activation of grain sorghum. Bioresour Technol, 81(1) 2002, pp 45-52.
- [58] ONAL, Y., et al.: Textural development of sugar beet bagasse activated with ZnCl₂. J Hazard Mater, 142(2007)138-43.
- [59] Degrement : Memento technique de l'eau, Tome1, 1989, 581 p.
- [60] JC BOEGLIN : Traitement physico chimique de la pollution soluble. Technique de l'ingénieur, traité environnement, pp G2 271-8-10.
- [61] P. MOUCHET : Traitement des eaux avant utilisation, substances dissoutes. Technique de l'ingénieur, traité environnement, pp G1 171-8-11.

Résumé

L'épuration des eaux usées urbaines génère plusieurs sous-produits dont les boues d'épuration. Un traitement adapté et performant de ces boues permet de les valoriser dans plusieurs secteurs.

L'objectif de cette étude est la valorisation d'une boue urbaine produite au niveau de la station d'épuration de la région de Haoud Berkaoui dans le traitement des eaux usées huileuses.

La boue épaissie et déshydratée récupérée d'un lit de séchage a été employée en qualité d'adsorbant naturel et comme matière première pour la production d'un charbon activé avec l'hydroxyde de sodium à 15%.

Les tests d'adsorptions ont dévoilés l'efficacité des adsorbants élaborés, en particulier le charbon activé avec l'hydroxyde de sodium.

La comparaison des résultats obtenus avec ceux obtenus par adsorption sur un charbon commercial ont confirmé que le charbon précédemment sélectionné constitue une alternative à la fois économique et environnementale dans le domaine de traitement des eaux huileuses dans la région de Haoud Berkaoui.

Mots clés : Eaux huileuses, Boue d'épuration, Charbon actif, Adsorption.

Abstract

Urban wastewater treatment generates several by-products including sewage sludge. An adapted and efficient treatment of these sludges allows them to be valorized in several sectors.

The objective of this study is the recovery of an urban sludge produced at the wastewater treatment plant of the Haoud Berkaoui region in the treatment of oily wastewater.

The thickened and dehydrated sludge recovered from a drying bed was used as a natural adsorbent and as raw material for the production of an activated carbon with 15% sodium hydroxide.

The adsorption tests revealed the efficiency of the adsorbents developed, in particular the carbon activated with sodium hydroxide.

Adsorption tests revealed the efficiency of the adsorbents developed, in particular the activated carbon with sodium hydroxide.

The comparison of the results obtained with those obtained by adsorption on commercial activated carbon confirmed that the previously selected carbon constitutes an alternative both economic and environmental in the field of oily water treatment in the Haoud Berkaoui region.

Keywords: Oily water, Sewage sludge, Activated carbon, Adsorption.

ملخص

تنتج معالجة مياه الصرف في المناطق الحضرية العديد من المنتجات الثانوية بما في ذلك حمأة الصرف الصحي. تسمح المعالجة الملائمة والفعالة لهذه الحمأة بتنميتها في عدة قطاعات .

الهدف من هذه الدراسة هو استعادة الحمأة الحضرية المنتجة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمنطقة حوض البركاوي في معالجة المياه الزيتية.

تم استخدام الحمأة السميكة والمجففة المستعادة من طبقة التجفيف كمادة ماصة طبيعية وكمادة خام الفحم منشط بهيدروكسيد الصوديوم

كشفت اختبارات الامصاص عن فعالية المواد الماصة التي تم تطويرها ، وخاصة الفحم المنشط بهيدروكسيد الصوديوم

أكدت مقارنة النتائج المتحصل عليها بالامتصاص على فحم تجاري أن الفحم الذي تم اختياره سابقاً يشكل بديلاً اقتصادياً وبيئياً في نفس الوقت في مجال معالجة المياه الزيتية في منطقة حوض البركاوي.

الكلمات المفتاحية: ماء زيتي ، حمأة صرف صحي ، كربون نشط ، إدمصاص