

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 : Génie des Procédés.

Spécialité : Génie Chimique.

Présenté par :

DJEZZAR Faten BRIKI Fatima Zohra

Thème :

**Valorisation des boues d'épuration dans le traitement
des eaux huileuses au niveau de la région de
HAOUD BERKAOUI**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury composé de :

M ^{me} . BOUZIANE Khadidja	MAA	Présidente	UKM Ouargla.
M ^{me} . BENABDESSLAM Soulef	MCA	Examinatrice	UKM Ouargla.
M ^{elle} . CHAOUCH Noura	MCA	Rapporteur	UKM Ouargla.

Année universitaire : 2019/2020

Dédicace

Avec l'aide et la grâce de Dieu est achevé ce modeste travail que je dédie :

A mon père Mohamed El-Salah qui est décédé tôt .

A ma mère pour son sacrifice et amour durant toute mes années d'étude

A mes soeurs : Ouahiba , Chafia , Ilham , Kamilia , Naima .

A mes frères : Lassaad , Tifo, Moataz , Raafat .

A mes neveux : Achoik, Samher , Jackal , Salah , ... au plus petit membre de la famille Raghda

A tous mes amies : Randa , Rofiada , Samer , Omyma , Hana , Anfal , Nihad , Manel .

A tous mes oncle, tantes, cousins et cousines .En particulièrement mon cousin Ahmed et sa femme Asma.

Sans oublier mon binôme Faten pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet .

A tous ceux qui m'ont encouragé pendant la réalisation de ce travail.

A tout les personnes et tous mes collègues qui mon soutenu tout au long de mes études au niveau de l'université Kasdi Merbah de Ouargla .

Fatima BRIKI



Dédicace

À MES CHERS PARENTS

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point de vous remercier
comme il se doit. Votre affection me couvre, votre bienveillance me
guide et votre présence à mes cotés a toujours été ma source de force
pour affronter les obstacles.*

Merci mon père et ma belle mère

À ma chère sœur Ferial

À mes chers frères Djelloul et Muhamed Abdenour

À ma deuxième famille Ben zahi

À mes chers amis Chaima, Saida, Rahma, Soulef et Amina

À mes tantes, oncles et cousines

*À mon binôme Fatima pour son encouragement et son soutien a tout
moment*

À mon collègue Othman

Faten DJEZZAR

Remerciement

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le Tout Puissant pour nous avoir donné la santé, la force, la volonté et les moyens d'accomplir ce travail.

Nous exprimons nos profonds remerciements

 *A notre promotrice, **M^{elle} Chaouch Noura**, Maitre de conférence (A), du département de génie des procédés, faculté des sciences appliquée, université Kasdi .Merbah Ouargla ; pour l'aide compétente qu'elle nous a apportée, pour sa patience, ses conseils et son encouragement, Son œil critique nous a été très précieuse pour structurer le travail et veiller à sa réussite .*

 *A tous les membres de jury pour avoir accepté de juger notre travail.*

 *Au chef service inspection équipement **M^{me} Lamia.Benkara Mostefa** qui nous a ouvert les portes pour mener notre étude expérimentale .*

 *Nous tenons également à remercier le chef du département **Tabchouch Ahmed** et tous les professeurs du département de génie des procédés.*

 *Les ingénieurs et les techniciens du laboratoire traitement de corrosion en particulier **M^{me} Rekaia KHOULIDI** et **M^{elle} Kaouter BAGHDOUCHE***

Enfin, nous souhaitons aussi associer à ces remerciements tous ceux qui ont contribues de près ou de loin à réaliser ce travail.

Résumé

L'épuration des eaux usées génère plusieurs sous-produits dont les boues d'épuration. Les quantités des boues produites augmentent continuellement avec le nombre de station d'épuration. Un traitement adapté et performant de ces boues permet de les valorisés 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 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 de trois charbons activés avec trois agents chimiques différents notamment : NaCl, H₃PO₄ et NaOH.

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

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 huileuse dans la région de Haoud Berkaoui.

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

Abstract

Wastewater treatment generates several by-products including sewage sludge. The quantities of sludge produced increase continuously with the number of treatment stations. An adapted and efficient treatment of this sludge allows it to be recovered 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 water.

The thickened and dehydrated sludge recovered from a drying bed was used as a natural adsorbent and as a raw material for the production of three activated carbons with three different chemical agents including: NaCl, H₃PO₄ and NaOH.

The adsorption tests revealed the effectiveness of the adsorbents developed, in particular the carbon activated with NaOH.

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.

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

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

ملخص

تنتج معالجة مياه الصرف الصحي العديد من المنتجات الثانوية بما في ذلك حمأة مياه الصرف الصحي. تزداد كميات الحمأة الناتجة باستمرار مع زيادة عدد محطات المعالجة. تسمح المعالجة الملائمة والفعالة لهذه الحمأة باستعادتها في عدة قطاعات. الهدف من هذه الدراسة هو استعادة الحمأة الحضرية المنتجة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة حوض بركاوي في معالجة المياه الزيتية.

تم استخدام الحمأة السميكة والمجففة المستعادة من طبقة التجفيف كمادة ماصة طبيعية وكمادة خام لإنتاج ثلاث كربونات منشطة بثلاثة مواد كيميائية مختلفة : NaOH , NaCl , H₃PO₄ . كشفت اختبارات الإدمصاص عن فعالية المواد الماصة التي تم تطويرها ، وخاصة الفحم المنشط بهيدروكسيد الصوديوم . أكدت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالإدمصاص على كربون تجاري أن الكربون المختار مسبقاً بشكل بديلاً اقتصادياً وبيئياً في مجال معالجة المياه الزيتية في منطقة حوض بركاوي .

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

Sommaire

Titre	Page
Dédicace	I
Remerciement	III
Résumés	IV
Sommaire	V
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	IX
Liste des abréviations	X
Liste des symboles	XI
Introduction général	1
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées (eaux huileuses)	
I.1. Définition des eaux usées	4
I.2. Types des eaux usées	4
I.2.1. Les eaux usées domestiques	4
I.2.2. Les eaux usées pluviales	4
I.2.3. Les eaux usées agricoles	4
I.2.4. Les eaux usées industrielles	4
I.3- Eaux huileuses	5
I.3.1. Eaux normalement huileuse	5
I.3.2. Eau accidentellement huileuse	5
I.4. Paramètres de mesure de la pollution des eaux huileuses	6
I.4.1. Paramètres organoleptiques	6
I.4.1.1. La couleur	6
I.4.1.2. L'odeur	6
I.4.2. Paramètres physico- chimiques	6
I.4.2.1. La Température	6
I.4.2.2. Le potentiel Hydrogène (pH)	6
I.4.2.3. Les Matières en Suspension (MES)	6
I.4.2.4. La turbidité	6
I.4.2.5. Les hydrocarbures	7
I.4.2.6. La Demande Chimique en Oxygène DCO	7
I.4.2.7. La Demande Biochimique en Oxygène DBO	7
I.5. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur charbon actif	7
I.5.1. Adsorption	7
I.5.2. Charbon actif	8
I.5.3. Mécanisme d'adsorption sur charbon actif en phase aqueuse	9
Chapitre II : Généralités sur les boues d'épuration	
II.1. Définition des boues d'épuration	12
II.2. Composition des boues d'épuration	12
II. 3. Caractéristiques des boues d'épuration	12

II.4.Classification des boues d'épuration	13
II.4.1. Selon l'origine de l'effluent à traiter	13
II.4.2. Selon l'étape du traitement de l'eau usée	13
II.4.3. Selon le type de traitement dans la ligne de boues	15
II.5.Filières de traitement des boues	15
II.5.1.Épaississement	15
II.5.1.1.L'épaississement statique gravitaire	15
II.5.1.2.L'épaississement dynamique	16
II.5.2.Stabilisation et hygiénisation	16
II.5.3.Déshydratation	16
II.5.3.1.Déshydratation mécaniques	17
II.5.3.2.Déshydratation naturelle	17
II.6-Valorisation des boues	18
II.6.1.Le recyclage	18
II.6.2.L'élimination ou destruction de la MO avec revalorisation énergétique par des procédés thermiques	18
II.6.3.La mise en décharge	18
Chapitre III : Présentation de la région d'étude HBK	
III.1. Présentation de la région Haoud Berkoui HBK	20
III.1.1 Situation géographique	20
III.2. Principaux champs de Haoud Berkaoui	20
III. 2.1. Champ de Haoud berkaoui (HBK)	21
III. 2.2. Champ de Ben kahla (BKH)	21
III. 2.3. Champ de Guellala (GLA)	21
III.3. Description de la station de déshuilage du champ HBK	22
III.3.1.Station de déshuilage du champ Haoud Berkaoui	22
III.3.2.Schéma technologique de la station de déshuilage	22
III.3.3. Équipements de traitement	25
III.4. Description de la station d'épuration des eaux usées domestique HBK	28
III.4.1. Principe de traitement	28
III.4.2. Étapes de traitement des eaux usées	29
III.4.2.1. Prétraitement	29
III.4.2.2.Traitement secondaire (traitement biologique)	29
III.4.3. Étapes de traitement des boues	30
III.4.3.1. Épaississement des boues	30
III.4.3.2. Déshydratation des boues	31
Chapitre IV : Matériels et méthodes	
IV.1. Appareillage	33
IV.2. Réactifs	35
IV.3. Échantillonnage	35
IV.3.1. Échantillonnage des eaux huileuses	35
IV.3.2. Échantillonnage des boues sèches	36

IV.4. Technique d'analyse des eaux huileuses	36
IV.4.1. Mesure de pH et de Température	36
IV.4.2. Mesure de conductivité	36
IV.4.3. Mesure de turbidité	36
IV.4.4. Mesure des matières en suspension MES	37
IV.4.5. Mesure de la teneur des hydrocarbures (HC)	37
IV.5. Préparation des adsorbants	38
IV.5.1. Préparation de la boue naturelle	38
IV.5.2. Préparation des charbons actifs	38
IV.6. Caractérisation des adsorbants	38
IV.6.1. Mesure de la densité apparente	38
IV.6.2. Mesure de la porosité	38
IV.6.3. Mesure de la densité réelle	39
IV.7. Essais d'adsorption statique	39
Chapitre V : Résultats et discussions	
V.1. Qualité des eaux huileuses traitées au niveau de la station de déshuilage	41
V.2. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur boue d'épuration	41
V.2.1. Caractérisation texturales de la boue d'épuration	41
V.2.2. Efficacité du traitement avec la boue d'épuration	42
V.2.3. Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption	43
V.3. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur Charbons actifs préparés	44
V.3.1. Caractérisation texturales de la boue carbonisée	44
V.3.2. Efficacité du traitement avec les charbons actifs	44
V.3.2.1. Efficacité du traitement avec le charbon actif CA-NaCl-15	44
V.3.2.2. Efficacité du traitement avec le charbon actif : CA-H ₃ PO ₄ -15	45
V.3.2.3. Efficacité du traitement avec le charbon actif : CA-NaOH -15	46
V.3.3. Choix du meilleur charbon actif préparé	46
V.3.4. Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption sur CA-NaOH-15	48
V.4. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur Charbons actifs commercial	49
V.5. Choix du meilleur adsorbant	50
Conclusion générale	53
Références bibliographiques	56

Liste des figures

N°	Titre	Page
Chapitre I		
Figure I.1	Différente forme de charbon actif	8
Figure I.2	Mécanisme d'adsorption sur charbon actif en phase aqueuse	10
Chapitre II		
Figure II.1	Boues primaires	14
Figure II.2	Boues biologiques	14
Figure II.3	Épaississeur gravitaire	15
Figure II.4	Lits de séchage (boues liquides)	18
Chapitre III		
Figure III.1	Situation géographique de la région HAUD BERKAOUI	20
Figure III.2	Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui	22
Figure III.3	Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K	23
Figure III.4	Ballon flash	25
Figure III.5	Bac tampon	25
Figure III.6	Cuve CPI	26
Figure III.7	Cuve de floculation	26
Figure III.8	Cuve de flottation	26
Figure III.9	Schéma de la station d'épuration des eaux usées HBK	28
Figure III.10	Dégrilleur	29
Figure III.11	Déssableur/déshuileur	29
Figure III.12	Bassin d'aération	29
Figure III.13	Bassin de clarification	30
Figure III.14	Ouvrage d'épaississement des boues	30
Figure III.15	Lits de séchage	31
Chapitre IV		
Figure IV.1	pH mètre type (HACH)	33
Figure IV.2	Colorimètre type DR/850	34
Figure IV.3	Spectrophotomètre DR/2000	34
Figure IV.4	Conductimètre type HACH	34
Figure IV.5	Échantillon de l'eau huileuse brute	35
Figure IV.6	Boues d'épuration sèches	36
Chapitre V		
Figure V.1	Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur boue naturelle	43
Figure V.2	Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur les trois charbons actifs préparés	47
Figure V.3	Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur CA-NaOH-15	48
Figure V.4	Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur charbon actif commercial	50
Figure V.5	Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur la boue naturelle, CA-NaOH et charbon actif commercial après un contact de 80min	51

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Chapitre III		
Tableau III.1	Valeurs maximales des rejets des eaux usées appliquée au niveau de la région Haoud Berkaoui	28
Chapitre IV		
Tableau IV.1	Liste des réactifs	35
Chapitre V		
Tableau V.1	Résultats de l'analyse de l'eau huileuse brute.	41
Tableau V.2	Caractéristiques texturales des boues	42
Tableau V.3	Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur boue d'épuration brute	42
Tableau V.4	Cinétique d'adsorption sur boue d'épuration naturelle	43
Tableau V.5	Caractéristiques texturales de la boue d'épuration carbonisée	44
Tableau V.6	Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif : CA-NaCl-15.	45
Tableau V.7	Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif : CA-H ₃ PO ₄ -15.	45
Tableau V.8	Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif : CA-NaOH-15.	46
Tableau V.9	Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbons actifs préparés.	47
Tableau V.10	Cinétique d'adsorption sur CA-NaOH-15.	48
Tableau V.11	Cinétique d'adsorption sur charbon actif commercial.	49
Tableau V.12	Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption	50

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
STEP	Station d'épuration
HBK	Haoud berkaoui
GLA	Guellala
BKH	Benkahla
pH	Potentiel hydrogène
CAP	Charbon actif pulvérulent
CAG	Charbon actif en grains
MVS	Matière volatile sèche
MO	Matière organique
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
JTU	Jackson Turbidity Unit
FTU	Formazine Turbidity Unit
CET	Centre d'enfouissement technique
CSD	Centre de stockage de déchets

Liste des symboles

Symbole	Nom	Unité
T	Température	C°
Ce	Conductivité électrique	$\mu\text{m/cm}$
TUR	Turbidité	NTU
MES	Matière en suspension	mg/l
DBO	Demande biochimique en Oxygène	mg/l
DCO	Demande chimique en Oxygène	mg/l
HC	Hydrocarbure	mg/l
M	Masse de l'adsorbant	G
m_t	Masse du charbon actif et du méthanol	G
m₁	Masse du charbon actif	G
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
$\rho_{\text{méthanol}}$	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 sols, mer ou rivière sans aucun traitement [1].

Le traitement des eaux usées au niveau des stations d'épuration s'accompagne d'une production de quantités importantes de boues qui se composent de différents éléments (organiques et inorganiques). L'évacuation permanente de ces boues est donc indispensable pour maîtriser de façon globale le processus de traitement des eaux usées [2]. Soulignons qu'un traitement adapté et performant de ces boues permet de les valoriser dans plusieurs secteurs.

En Algérie, l'augmentation du nombre de station d'épuration des eaux a conduit à la production de quantité très importante de boues. En vue de protéger l'environnement, la maîtrise du devenir des boues est devenue l'un des enjeux principal. L'utilisation des boues en agriculture permet d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques. La valorisation de leurs potentiels énergétiques sous forme de biogaz a été prouvée également [1-2].

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous avons choisi comme lieu d'étude la région de HAUD BERKAOUI vue qu'elle renferme à la fois une station de déshuilage et une station d'épuration.

L'objectif de ce travail de recherche est la caractérisation des eaux huileuses traitées au niveau de la station de déshuilage et la valorisation des boues produites au niveau de la STEP dans le traitement de ces eaux 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 charbons actifs.

Le mémoire proposé est entamé par une introduction générale exposant l'importance du thème suivie de cinq chapitres :

Le premier chapitre est consacré à des généralités sur les eaux usées et le traitement des eaux huileuses par adsorption sur le charbon actif.

Le deuxième chapitre est réservé à des généralités sur les boues des stations d'épuration.

Dans le troisième chapitre nous avons essayé de donner la présentation la plus complète possible du lieu d'expérimentation : région de Haoud Berkaoui.

Le quatrième chapitre résume le matériel et la méthodologie de recherche appliquée dans cette étude.

Le cinquième chapitre englobe les résultats obtenus et les discussions proposés.

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

CHAPITRE

I

GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX USÉES (Eaux huileuses)

I.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 par divers procédés dans des stations d'épuration et réutilisées dans divers filières [3].

I.2. Types des eaux usées

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

I.2.1. Les eaux usées domestiques

Provenant des habitations, les eaux ménagères qui proviennent des salles de bains et des cuisines sont chargées par des détergents, des polluants organiques, des graisses ... etc. Les eaux des vannes sont des rejets des toilettes constitués essentiellement de matières organiques et des germes fécaux [4].

I.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 [5].

I.2.3. Les eaux usées agricoles

Ces eaux usées sont polluées par des produits d'origine industrielle utilisés dans l'agriculture. Notons que certaines matières sont dangereuses pour l'environnement. Les eaux usées agricoles contiennent des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) et des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides.....etc) [6].

I.2.4. Les eaux usées industrielles

Ces eaux sont chargées en matières organiques, azotées, phosphorées, métalliques,etc. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à une autre [7]. On peut diviser les eaux usées industrielles comme suit :

☐ Eaux 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,
- 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 [5].

❑ **Eaux diverses**

N'entrant pas dans les catégories précédentes et devant en général être recueillies dans des récipients (purge d'appareils contenant de l'asphalte, de la paraffine ou de résidus lourds se figeant à la température ambiante).

I.3-Eaux huileuses

Les eaux huileuses sont constituées principalement d'hydrocarbures. Dans le cas des industries pétrolières, ces eaux représentent la source de pollution la plus importante. On distingue deux types des eaux huileuses :

I.3.1.Eaux normalement huileuse

Il s'agit d'eaux renfermant une quantité importante d'hydrocarbures. Ces nombreux grammes en litre d'hydrocarbure peuvent avoir plusieurs origines notamment :

- Les champs pétroliers ;
- Le drainage des bacs de stockage de brut ;
- Le lavage des équipements utilisés lors de la production et le traitement du brut.

I.3.2.Eau accidentellement huileuse

Contrairement au type précédant, ces eaux huileuses contiennent une faible quantité d'hydrocarbure. Elle provient des fuites et des eaux pluviales tombées à l'extérieur de l'unité de production [8].

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

I.4.1. Paramètres organoleptiques

I.4.1.1. La couleur

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

I.4.1.2. L'odeur

Toute odeur est signe de pollution due à la présence de matières organiques en décomposition [6].

I.4.2. Paramètres physico- chimiques

I.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 [9].

I.4.2.2. Le potentiel Hydrogène (pH)

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique. Il dépend des facteurs multiples dont l'origine de l'eau. La méthode potentiométrique fournit une mesure exacte du pH car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, de la turbidité et des matières colloïdales [10].

I.4.2.3. Les Matières en Suspension (MES)

Exprimée souvent en mg par litre. Elle représente les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques.

Dans le milieu récepteur, les MES donnent à l'eau une apparence trouble et, souvent, un mauvais goût et une mauvaise odeur à cause des éléments organiques, minéraux, microorganismes pathogènes qui sont attachés aux (MES) [10].

I.4.2.4. La turbidité

La turbidité représente un milieu trouble c'est-à-dire 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), en Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) ou bien en unité FTU (Formazine Turbidity Unit) [6].

I.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. L'élimination des hydrocarbures est très complexe par différents procédés de traitement [8].

I.4.2.6. La Demande Chimique en Oxygène DCO

La DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières (la plus part organiques) par l'oxygène renfermé dans un effluent. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique [9].

I.4.2.7. La Demande Biochimique en Oxygène DBO

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 exprimées en mg /l d'oxygène [5].



I.5. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur charbon actif

I.5.2.1. Adsorption

L'adsorption est définie comme un procédé de transfert de matière dans lequel les molécules d'un adsorbat se fixent sur la surface d'un solide nommé l'adsorbant. Il s'agit donc d'un phénomène de surface physico-chimique.

Selon l'état physique de l'adsorbat on distingue : l'adsorption solide-liquide (cas de notre étude) et l'adsorption solide-gaz.

Les interactions entre l'adsorbant et l'adsorbat permettent de définir deux types d'adsorption : l'adsorption physique (physisorption) et l'adsorption chimique (chimisorption).

L'adsorption physique est un phénomène réversible et facile à réaliser, les attractions entre l'adsorbant et l'adsorbat résulte d'un échange de faible intensité comme les liaisons de

Van Der Waals ou pont hydrogène. Les énergies associées à ces liaisons sont faibles inférieurs à 10 Kcal /mole. La physisorption est un processus exclusivement exothermique et se produit à basse température et s'établit rapidement tout en permettant l'adsorption de 3 à 4 couches superposées sur la surface de l'adsorbant.

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 eux sont plus élevées allant de 10 à 100 Kcal / mole. La chimisorption est un phénomène irréversible et souvent exothermique bien qu'il soit possible de rencontrer des cas endothermiques. Dans le cas idéal il se forme une monocouche saturant toutes les valences libres de la surface de l'adsorbant [11].

I.5.2.2.Charbon actif [11]

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 inodore plus ou moins fine. Les charbons actifs sont commercialement disponibles sous deux formes (figure I.1):

Le charbon actif pulvérulent CAP (0.045 à 0.14 mm): le charbon actif en poudre est disposé dans l'eau dans laquelle il se maintient en quasi suspension et agit en qualité d'adsorbant. Il possède une surface spécifique large alors une vitesse d'adsorption très rapide ; mais ne peut pas être régénérer.

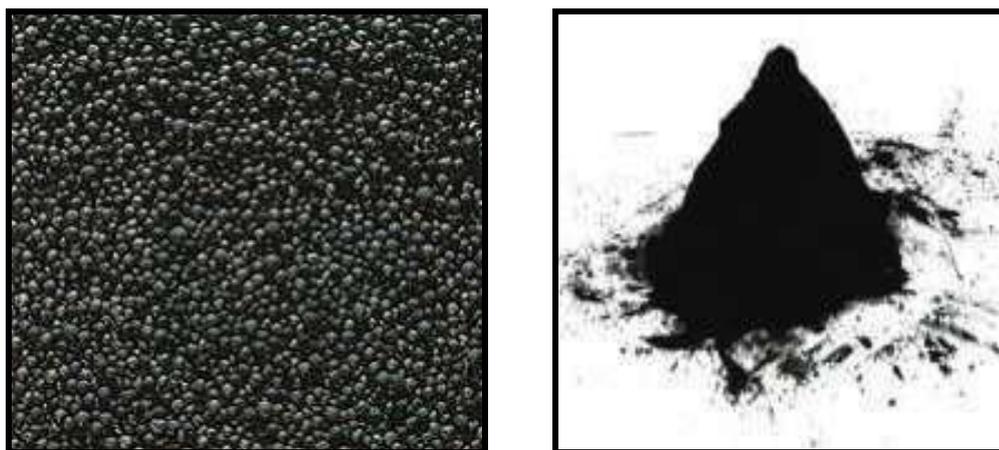


Figure I.1 : Différentes formes de charbon actif.

Le charbon actif en grain CAG (0.4 à 4 mm): ce charbon plus couteux que le premier type est utilisé sous forme de lit filtrant permettant d'utiliser dans un même ouvrage les propriétés

filtrantes et adsorbantes du charbon. La performance de ces filtres dépend de leurs profondeurs et du taux d'échange.

La préparation d'un charbon actif comporte deux étapes principales :

1)-La carbonisation : la carbonisation est la pyrolyse d'un précurseur préalablement déshydraté dans un milieu peu oxydant entre 200 °C et 600 °C afin de produire une matière riche en carbone.

2)-L'activation : l'activation consiste à augmenter le volume des pores et le développement de la surface spécifique du e produit obtenu par pyrolyse. Elle élimine les matières carbonées désorganisées. Il existe deux types d'activation :

- **L'activation physique** : cette activation est basée sur la présence de l'oxygène, le vapeur d'eau ou du gaz carbonique à une température élevée variant entre 300 °C et 1000 °C pendant 10 à 48 heures.
- **L'activation chimique** : dans cette activation on utilise les produits chimiques pour la déshydratation à une température faible par rapport l'activation physique (400 à 800 °C), elle permet de réorganiser la structure poreuse.

I.5.2.3.Mécanisme d'adsorption sur charbon actif en phase aqueuse

Le transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbat vers une phase solide avec rétention de soluté à la surface de l'adsorbant se fait en plusieurs étapes (Figure I.2) dont une ou plusieurs peuvent être déterminante de la cinétique globale du processus :

- **Étape 1** : transfert du soluté du sein de la solution à la surface externe des particules (très rapide).
- **Étape 2** : déplacement de l'eau liée jusqu'au contacte charbon (rapide).
- **Étape 3** : Diffusion à l'intérieur de charbon sous l'influence du gradient de concentration (lente).
- **Étape 4** : Adsorption dans une micropore (très rapide)[12].

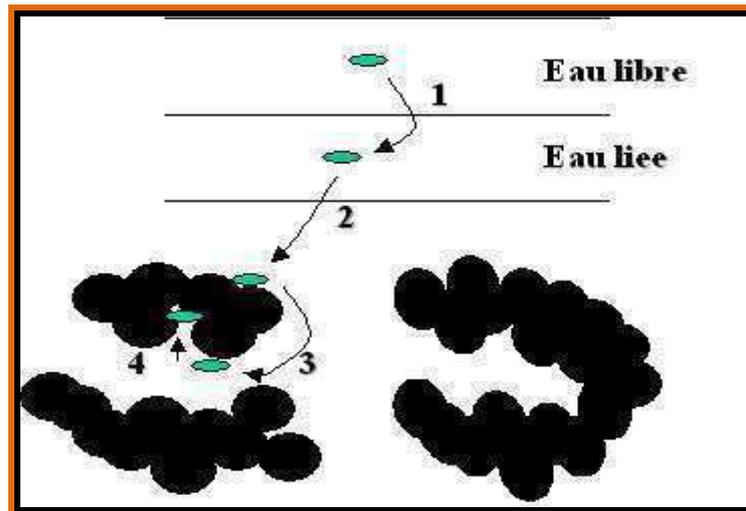


Figure I.2. Mécanisme d'adsorption sur charbon actif en phase aqueuse

CHAPITRE

II

GÉNÉRALITÉS SUR LES BOUES D'ÉPURATION

II.1. Définition des boues d'épuration

Les boues d'épuration (boues résiduelles ou boues de STEP) sont des effluents issus du traitement des eaux usées domestiques et/ou industrielles. En effet, l'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des boues [1].

Une installation moyenne de gestion des eaux usées produit environ 40 g de matière sèche par jour et par habitant.

II.2. Composition des boues d'épuration

Les boues produites par les stations d'épurations sont le principal déchet non retenues par les prétraitements et les procédés de traitement de l'eau (dégradation et séparation des polluants de l'eau).

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration.

Les boues d'épuration sont constituées de matières organiques (animales et végétales) et minérales humides, des microorganismes et de l'eau [2].

II. 3. Caractéristiques des boues d'épuration

Une boue est représentée par plusieurs données numériques qui permettent de la caractériser à savoir.

- **La siccité ou matière sèche** : est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %. La matière sèche des boues est principalement constituée de matières organiques et des matières minérales.

La consistance est un état physique dépendant de la siccité :

- Boues liquides : siccité de 0 à 10 %,
- Boues pâteuses : siccité de 10 à 25 %,
- Boues solides : siccité de 25 à 85 %,
- Boues sèches : siccité supérieure à 85 %.

- **Le taux de matières volatiles sèches (MVS)** : ce taux permet de connaître la part de matière sèche constituée par des matières organiques facilement biodégradables et

donc la stabilité d'une boue. Plus le taux de MVS est élevé plus les boues sont susceptibles de fermenter rapidement et donc de produire du biogaz.

Selon les traitements d'épuration appliqués les boues ont des caractéristiques différentes :

- Lit bactérien : siccité 2 à 5 % ; MVS 60 à 70 %.
- Lagunage naturel : siccité 5 à 10 % ; MVS 30 à 60 %.
- Décanteur-digesteur : siccité 4 à 7 % ; MVS 40 à 60 %.
- Boues du bassin d'aération en station à boue activée (le brassage d'aération du bassin tue le processus de méthanisation du milieu) ce qui rend la boue inerte : siccité 0,4 à 0,6 %.
- Boues du clarificateur en station à boue activée (le brassage d'aération du bassin tue le processus de méthanisation du milieu) : siccité 1 %.

II.4. Classification des boues d'épuration

En fonction du critère employé, nous pouvons disposer de 3 classifications des boues générées lors des processus de traitement des eaux usées:

II.4.1. Selon l'origine de l'effluent à traiter :

- Boues urbaines
- Boues industrielles

II.4.2. Selon l'étape du traitement de l'eau usée :

• **Les boues primaires** : ce sont des boues obtenues à partir d'une décantation primaire, après la décantation physique des matières en suspension (MES) contenue dans les eaux usées. Elles présentent des concentrations élevées en matières minérales (sable, terre...) mais aussi en matière organique. On les rencontre dans plusieurs industries notamment : fabrication de pâte à papier, traitement des métaux et des minerais, industries agroalimentaires [13-14].



Figure II.1 : Boues primaires [14].

- **Les boues secondaires (biologiques):** elles sont produites par les traitements biologiques des eaux usées. Elles sont en grande partie constituées de cadavres de microorganismes aérobies. Ces boues sont fréquentes dans les industries chimiques, pharmaceutiques, agroalimentaires (laiteries, boissons...), textiles et toutes industries rejetant de la pollution organique biodégradable [13].



Figure II.2 : Boues biologiques [14].

- **Les boues mixtes :** il s'agit d'un mélange des boues primaires et des boues secondaires.
- **Les boues tertiaires (chimique ou physico-chimiques):** elles ressemblent aux boues primaires sauf que durant le traitement de l'eau usée, il a été rajouté un réactif (des coagulants tel que les sels de fer, les sels d'aluminium, et d'autres agents flocculants) pour agglomérer les fines particules et améliorer la décantation.
- **Les boues d'aération prolongée :** obtenues sans décantation primaire avec des matières polluantes intensivement aérées. Ces boues sont peu concentrées, moins organiques et donc moins susceptibles de produire des nuisances.

II.4.3. Selon le type de traitement dans la ligne de boues

- Épaississement : boues Épaissies
- Stabilisation : boues Stabilisées (digérées)
- Déshydratation : boues Déshydratées

II.5. Filières de traitement des boues

Le traitement des boues comprend les étapes principales suivantes :

- L'épaississement,
- La stabilisation,
- La déshydratation.

L'objectif de l'ensemble de ces opérations est l'élimination des charges polluantes contenues dans les boues et la réduction de leurs volumes en vue d'une valorisation ou d'une élimination ultérieure. Les différentes techniques sont résumées comme suit :

II.5.1. Épaississement

L'épaississement est la première étape de traitement des boues. Elle permet d'épaissir le volume des boues brutes, consommant peu d'énergie. Deux techniques d'épaississement sont possibles [2] :

II.5.1.1. L'épaississement statique gravitaire

Dans une cuve cylindrique conique les boues sont décantées sous la seule action de la force de pesanteur. Ce système est utilisé pour les boues primaires, physiques-chimiques et mixtes qui se décantent bien par gravité. Les boues biologiques se décantent lentement.



Figure II.3: Épaississeur gravitaire [1].

II.5.1.2.L'épaississement dynamique

C'est une technique d'épaississement nécessite une force mécanique. Ainsi, on distingue différents procédés :

- **Épaississement par flottation** : la boue est flottée sur la surface à l'aide de fines bulles d'air (par captation), généralement la flottation concernant les boues légères de faible densité. Ce type de système est indiqué pour épaissir des boues biologiques à cause de leur faible capacité de sédimentation.
- **Épaississement par égouttage** : à l'aide d'une toile filtrante la boue floculée est épaissie par égouttage. Cette technique est en général utilisée pour des boues biologiques d'aération prolongée.
- **Épaississement par centrifugation** : selon l'effet de la force centrifuge le volume de la boue floculée est épaissi. Elle s'utilise principalement sur les boues biologiques ou physico-chimiques [1].

II.5.2.Stabilisation et hygiénisation

Généralement les boues avant le traitement sont biologiquement actives alors la stabilisation est importante pour réduire cette activation et la nuisance olfactive (les odeurs), les matières fermentescibles, la matière organique et les pathogènes.

Selon l'Office International de l'Eau, la stabilisation peut être biologique par voie aérobie (compostage) ou anaérobie (méthanisation) ou chimique (chaulage ou autres traitements). La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues.

L'hygiénisation est un procédé de traitement qui est réduit la concentration des agents biologiques pathogènes présents dans les boues. Bien que non obligatoire pour l'instant dans certains pays, elle est de plus en plus demandée pour des raisons sanitaires [2].

II.5.3.Déshydratation [1]

La déshydratation de la boue épaissie dépend de la transformation de boue liquide à une boue solide ou pâteuse (modification physique). Il s'agit d'une opération physique (naturelle ou mécanique) employée pour réduire le taux d'humidité de la boue et son volume. Ses principaux objectifs sont:

- Augmenter la teneur en matière sèche de seulement 3-40%
- Diminuer les coûts de transport par réduction de volume
- Améliorer la manipulation et le transport des boues

- Éviter les odeurs
- Augmenter le pouvoir calorifique par baisse de l'humidité

Les techniques de déshydratation les plus courantes sont :

II.5.3.1. Déshydratation mécaniques

Il existe deux types de déshydratation mécanique :

- **La déshydratation sur décanteuse centrifuge** : le système centrifuge consiste en un tambour cylindrique-conique à essieu horizontal qui s'appuie sur la force de centrifugation pour la séparation de la phase solide de l'eau. Il y a deux types de centrifugation dans la déshydratation des boues:
 - Centrifugation contre le courant : les solides et le cylindre circulent dans le sens contraire dans le cylindre.
 - Centrifugation équi-courant : la fraction solide et la fraction liquide s'écoulent dans le même sens.

- **La déshydratation par filtration** : selon le type de filtre employé, on distingue deux techniques :
 - Déshydratation sur filtre à bande : pour la siccité des boues on utilise le filtre à bande qui est basé sur la pression et le cisaillement entre deux toiles filtrantes.
 - Déshydratation sur filtre à plateau : les filtres à plateaux permettant de déshydrater les boues par une pression exercée entre deux plateaux.

II.5.3.2. Déshydratation naturelle

La déshydratation naturelle est la technique la plus utilisée dans l'industrie. Elle est applicable à l'air libre alors les boues sont séchées par vaporisation naturelle et le drainage de l'eau libre. Cette évaporation dépend des paramètres suivant :

- Les conditions climatiques de la zone
- Les jours d'exposition des boues
- Les caractéristiques de la boue.

Le séchage sur lit (figure II.4) est fiable pour obtenir une boue séchée entre 35 et 40 % de siccité mais elle est variable selon le type de boues et le climat.



Figure II.4 : Lit de séchage (boues liquides) [1].

II.6. Valorisation des boues

Il existe trois principales destinations pour les boues de station d'épuration :

II.6.1. Le recyclage : principalement en agriculture, le recyclage permet de réintégrer, via le sol, les principaux éléments constitutifs de la boue (carbone, azote, phosphore) dans les grands cycles géochimiques, en utilisant leur pouvoir fertilisant ;

II.6.2. L'élimination ou destruction de la MO avec revalorisation énergétique par des procédés thermiques (incinération dédiée ou co-incinération, pyrolyse/gazéification, oxydation par voie humide) : on cherche à oxyder le plus complètement et le plus économiquement possible la matière organique constitutive de la boue pour ne récupérer qu'un résidu minéral ultime. Ce dernier pourra, selon les réglementations en vigueur, être valorisé en génie des matériaux ou être mis en décharge avec ou sans obligation d'inertage selon les résultats de tests de lixiviation ;

II.6.3. La mise en décharge (valorisation à long terme) : aussi appelée « centre d'enfouissement technique » (CET) ou plus récemment, « centre de stockage de déchets » (CSD). Notons que les décharges sont de trois types :

- Classe 1 pour les déchets dangereux (ou « industriels spéciaux »),
- Classe 2 pour les déchets ménagers et assimilés
- Classe 3 pour les déchets inertes [14 - 15].

CHAPITRE

III

PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE HAUD BERKAOUI

III.1. Présentation de la région Haoud Berkoui HBK

III.1.2. Situation géographique

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 HMD, à 770 Km au sud de la capitale ALGER, elle est importante en raison de sa part de production des hydrocarbures du pays. Elle s'étend du sud est de Ghardaïa jusqu'au champ extrême de Boukhzana, près de la route de Touggourt [16].

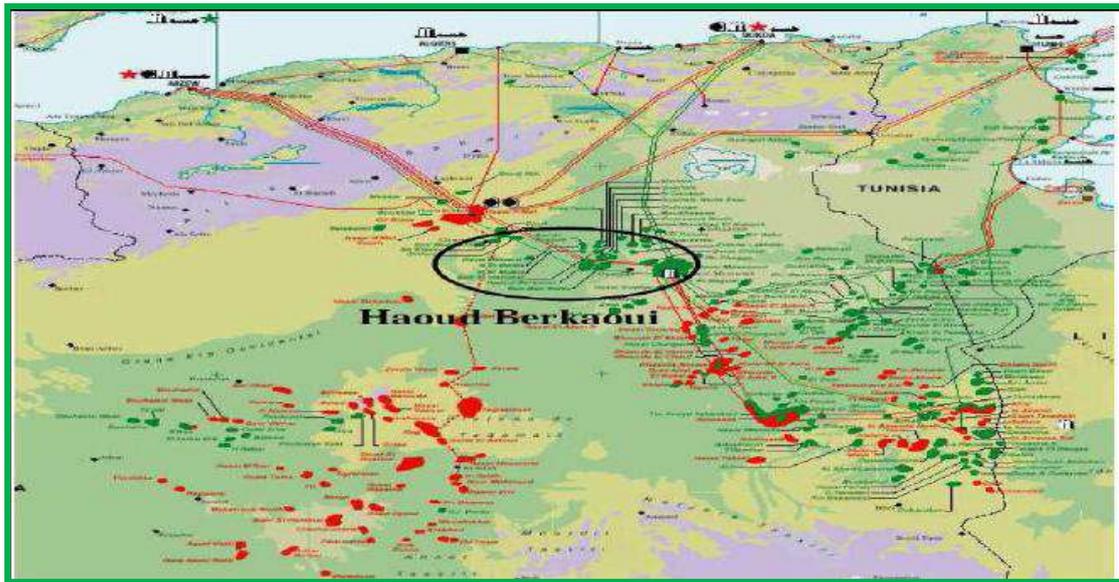


Figure III.1 : Situation géographique de la région HAOUD BERKAOUI [16].

La direction régionale Haoud Berkoui 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 [17].

III.2. Principaux champs de Haoud Berkoui [16]

Pendant 39 ans, la région a connu des changements très importants au fur et à mesure de son développement et les études ont permis de connaître l'existence de trois importantes structures appelées Haoud Berkoui (HBK), Benkahla (BKH) et Guellala (GLA).

III.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.

III. 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).

III. 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.

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

III.3.1. Station de déshuilage du champ Haoud Berkaoui

La station de déshuilage du champ de Houad Berkaoui (Figure III.2) garantit la récupération des hydrocarbures et la production d'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.

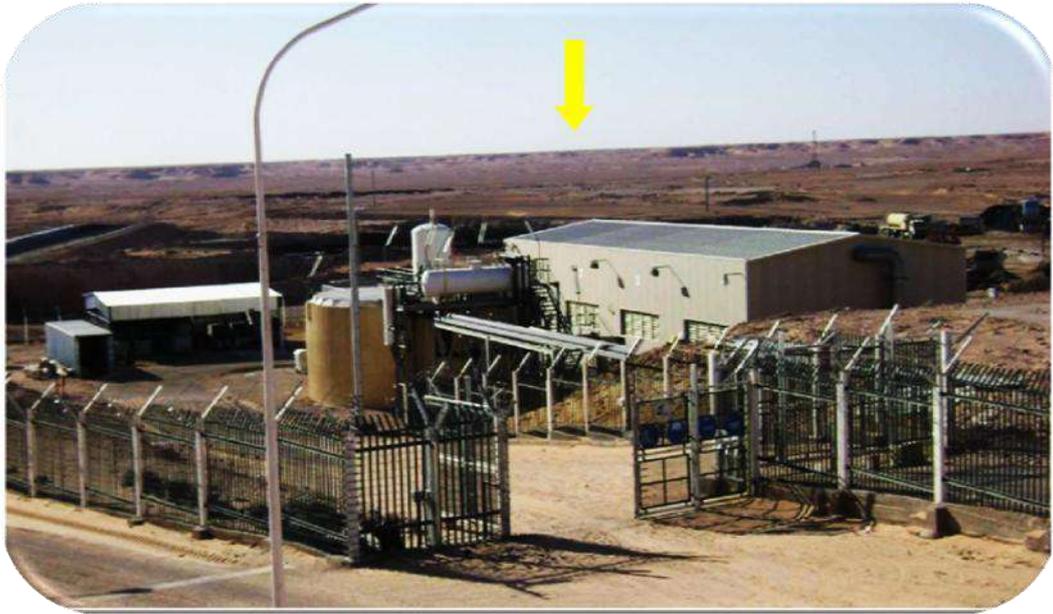


Figure III.2 : Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui.

III.3.2. Schéma technologique de la station de déshuilage [18]

Le schéma technologique du procédé de traitement des eaux au niveau de la station de déshuilage est présenté dans la figure ci- après.

Un ballon flash est placé en amont de la station de déshuilage en vue de recevoir les eaux huileuses des séparateurs de l'unité de production haute-moyenne-base pression et de bac de stockage. Il permet de séparer les huiles et les gaz.

Les gaz sont envoyés vers la torche tandis que les eaux huileuses dégazées sont collectés au fond du ballon de flash sont acheminés vers le bac tampon **S-101**.

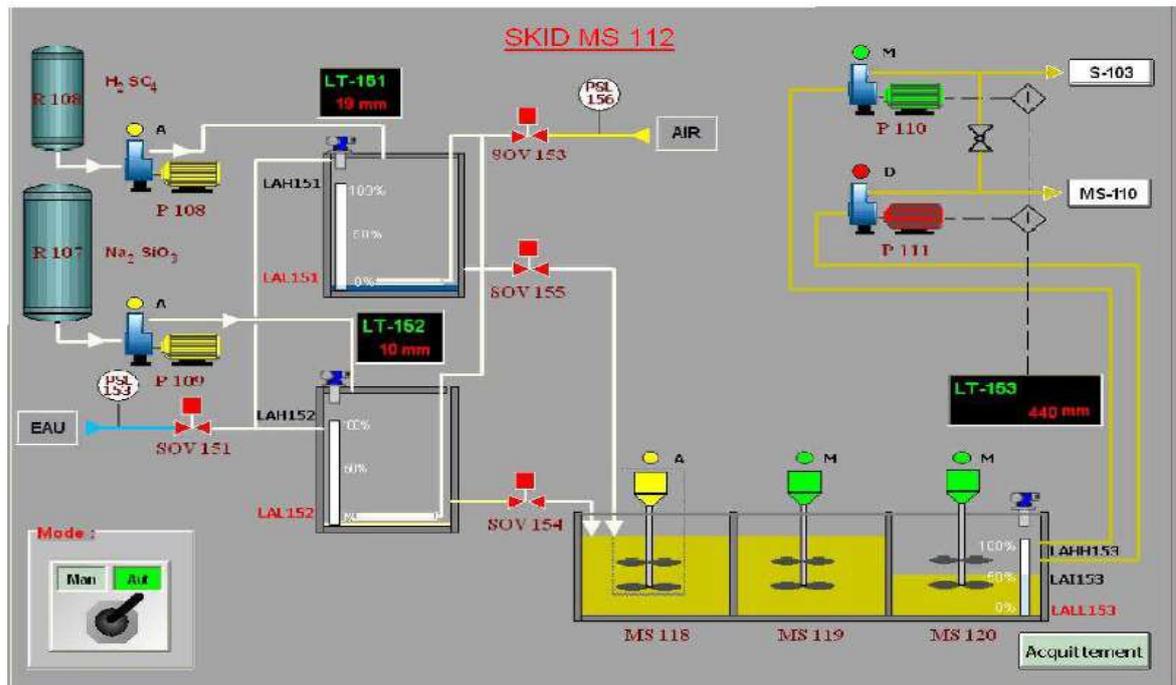
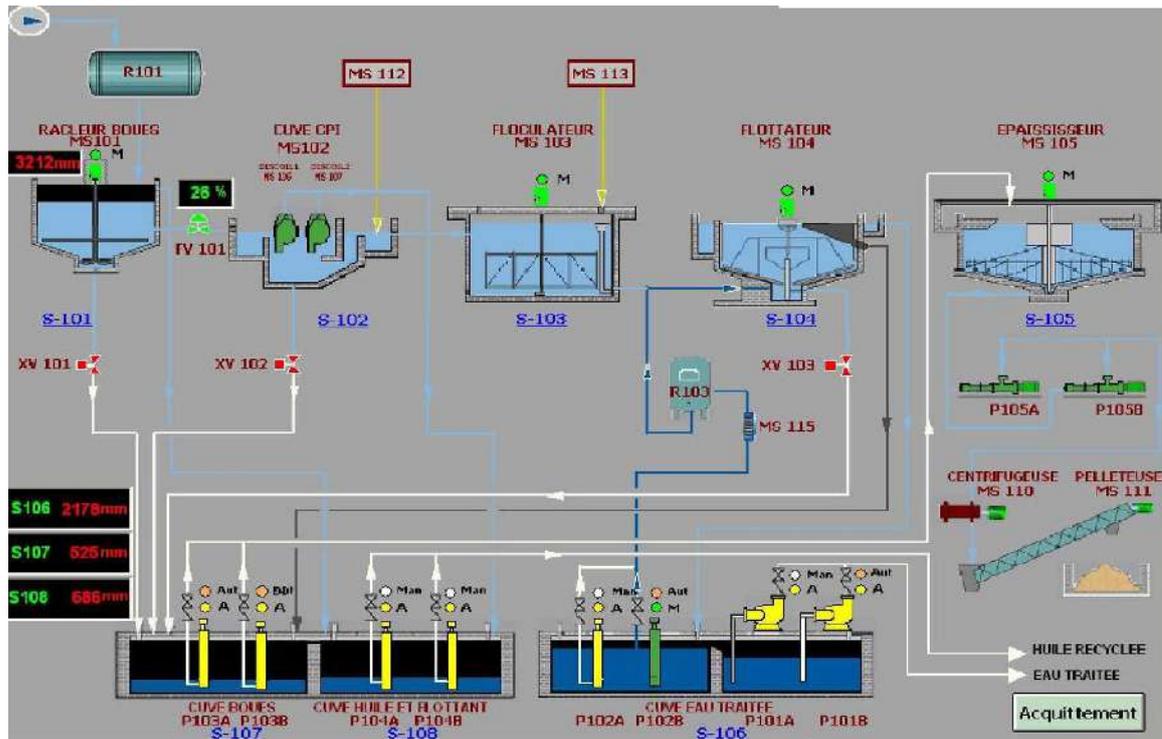


Figure III.3 : Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K. [18]

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

ressemblés 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 MES est canalisée vers la cuve de floculation **S-103** pour un éventuel traitement qui consiste en l'ajout d'un coagulant (Silice activée) à l'entrée **S-103** (sortie de CPI) et d'un flocculant (Kurifix) à la sortie du flocculateur. Ces deux agents chimiques sont fournis par des unités de dosage chimique **MS-112** et **MS-113**.

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

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

Les boues rassemblées dans la cuve **S-107** sont pompées par les pompes **P-103A/B** vers un épaisseur de boue **S-105** dans laquelle le racleur **MS-105** assure l'homogénéité de la concentration des boues à envoyer par les pompes **P-105A/B** vers la centrifugeuse **MS-110** pour une déshydratation puis à l'extérieur du hangar **H-101** où 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** [18].

III.3.3. Équipements de traitement [19]

Ballon flash : séparateur d'une capacité de $40 \text{ m}^3 / \text{h}$ assurant la récupération et le dégazage des eaux huileuses provenant des séparateurs des unités de production et des bacs de stockage.



Figure III.4 : Ballon flash.

Bac tampon S-101 : bac d'une capacité de $500 \text{ m}^3/\text{h}$ et d'un diamètre de 12 m reçoit les effluents du ballon flash. Il assure la séparation des boues produites à son niveau et son envoi vers la cuve à boues S-107. L'huile surnageant est récupérée par le déshuileur à disques MS-106 à $5 \text{ m}^3/\text{h}$ et 4 bars puis envoyée vers la cuve d'huile S-108.

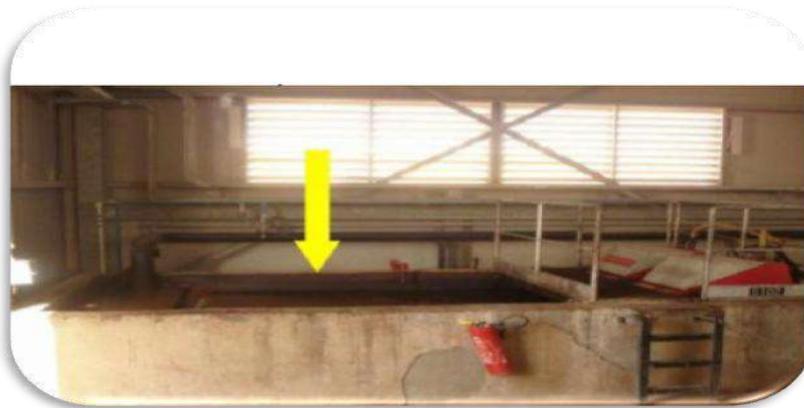


Figure III.5 : Bac tampon.

Cuve C.P.I. (Corrugated Plate Interceptor /intercepteur à tôles gaufrées) S-102 : cuve d'une capacité de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ reçoit les effluents du bac tampon S-101, L'huile surnageant est récupérée puis envoyée par les déshuileurs à disques rotatifs à $5 \text{ m}^3 / \text{h}$ vers la cuve d'huile S-108. La boue produite est évacuée vers la cuve à boue S107 et l'eau à traiter est envoyée vers la cuve de floculation S-103.

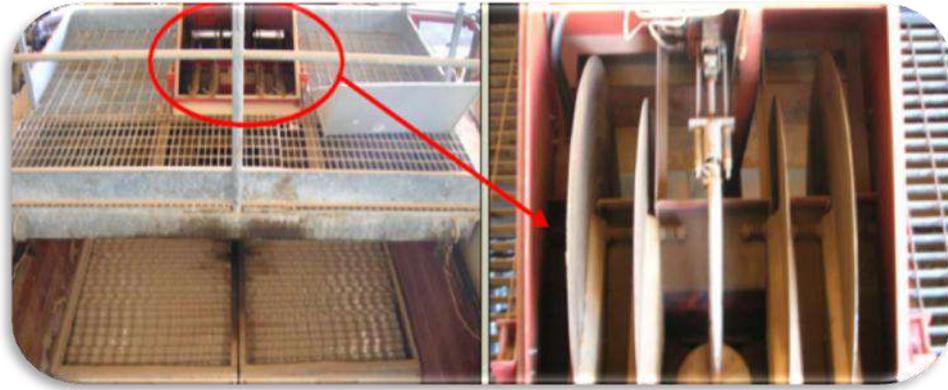


Figure III.6 : Cuve CPI.

Cuve de floculation S-103 : cuve d'une capacité de 25 m³. Elle reçoit l'effluent du MS-102 auquel sont additionnés un coagulant et un floculant à l'entrée à la sortie du flocculateur.

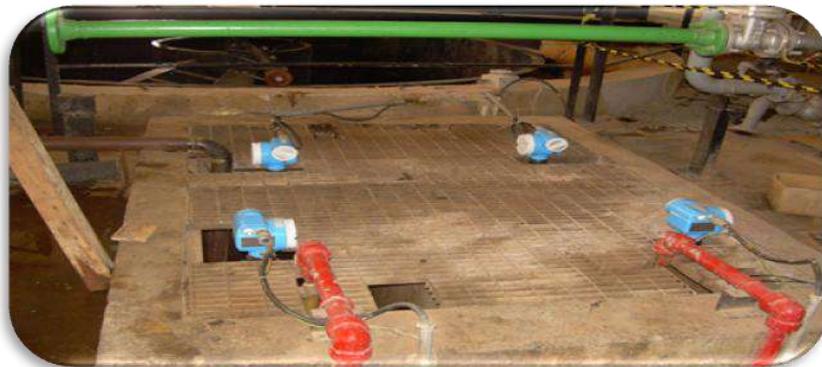


Figure III.7 : Cuve de floculation.

Cuve de flottation S-104 : cuve d'une capacité de 75 m³ et de diamètre 5 m. Elle assure un traitement physique avec saturation par air comprimé de l'eau provenant de la cuve de floculation. L'eau traitée est envoyée vers la cuve d'eau traitée. Les bous produites et les floccs décantés sont envoyées vers la cuve à boues.



Figure III.8: Cuve de flottation.

Cuve d'eau traitée S-106 : cuve d'une capacité de 34 m³/h et de dimensions 2,5 x 5,5 x 2,5 m. Elle se compose de deux compartiments, chaque compartiment est muni de deux pompes. Les **P-101A/B** refoulant l'eau traitée vers l'extérieur à 60 m³/h et 15 bars. Les **P-102A/B** recyclent une partie de l'eau traitée vers le ballon de saturation à air **R-103** à 30 m³/h et 5 bars, pour être mélangée au fluide sortant de la cuve de floculation **S-103**.

Cuve à boues S-107 : cuve d'une capacité de 8 m³ et de dimensions 2 x 2,75 x 1,5 m. Elle est alimentée à partir des vannes automatiques **XV-101**, **XV-102** et **XV-103** respectivement des fonds des **S-101**, **S-102** et **S-104**. Ces boues sont pompées par les **P-103A/B** à 10³ m³/h et 1,5 bars vers l'épaississeur de boues **S-105**.

Cuve d'épaississement de boues S-105 : les boues issues des différentes cuves sont rassemblées dans la cuve **S-107** puis pompées par les **P-103A/B** à 10 m³/h et 1,5 bar vers l'épaississeur de boue **S-105** dans lequel le racleur **MS-105** assure l'homogénéité de la concentration des boues à envoyer vers la centrifugeuse **MS-110** par les pompes **P-105A/B** à 6 m³/h et 2,5 bars pour être déshydratées.

Centrifugeuse : a pour but d'assurer la déshydratation des boues par la pelleteuse à 4 m³/h. les boues sont enterrées dans des tranchées imperméables.

Station de préparation et dosage de la silice activée SAC MS-112 .1/2 : comporte le stockage de réactifs, la dilution et le mélange, la préparation et le dosage pour une autonomie de trois mois. L'acide sulfurique (H₂SO₄) et le silicate de sodium (Na₂SiO₃) sont dilués séparément dans la cuve **S-112/1** et **S-112/2**. Ensuite les deux produits se dirigent vers la cuve **S-112/3** qui se compose de trois compartiments reliés entre eux par siphons : une cuve de réaction, une cuve de maturation et une cuve tampon. Trois agitateurs **MS-118**, **MS-119**, **MS-120** assurent la circulation du compartiment de réaction vers celui de maturation puis de tampon. La silice activée préparée (SAC) est pompée à un débit de 360l/h vers la cuve de floculation **S-103** et la centrifugeuse **MS-110**.

Station de préparation et dosage du poly-électrolyte MS-113.1/2 : le poly-électrolyte kurifix est fourni en poudre dans des sacs de 15kg. Il est versé dans une trémie de 50l de capacité, puis à l'aide d'une pelleteuse de dosage il est envoyé dans une cuve de dilution, ensuite dans le compartiment de réaction, il passe dans le compartiment de maturation et enfin dans la cuve tampon. Deux pompes **MP-112/113** effectuent le dosage du poly-électrolyte préparé à un débit max de 271 l/h.[19]

III.4. Description de la station d'épuration des eaux usées domestiques HBK [16]

III.4.1. Principe de traitement

Le principe de traitement adopté à la STEP de Haoud Berkaoui consiste en une épuration biologique 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.

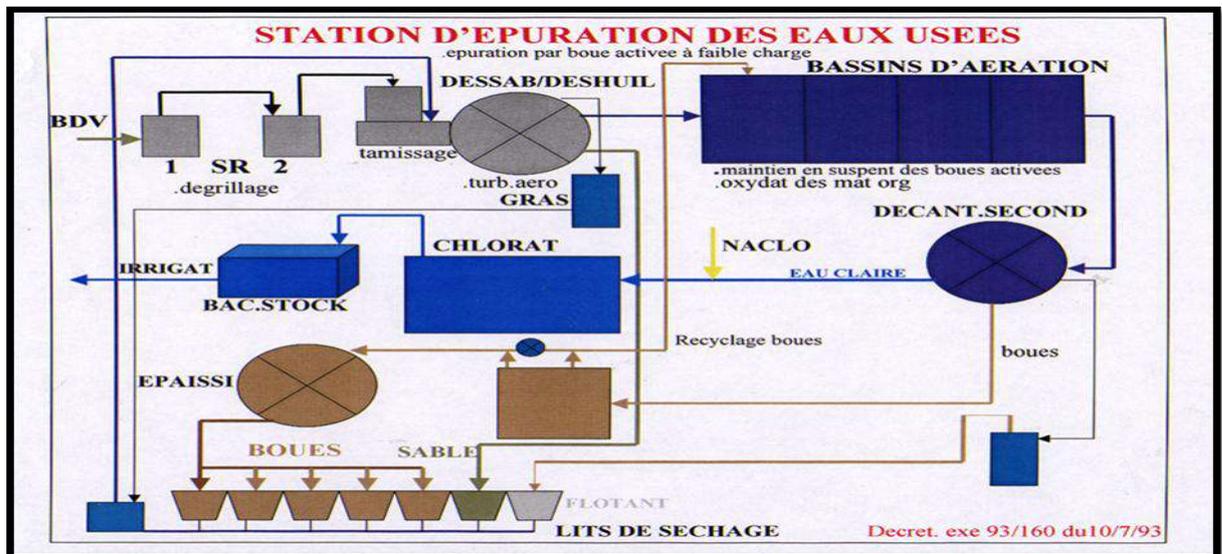


Figure III.9: Schéma de la station d'épuration des eaux usées HBK.

La station d'épuration biologique des eaux usées domestiques doit permettre le traitement des eaux polluées et les rejeter dans la nature dont la qualité est conforme aux normes présentées dans le tableau ci-après :

Tableau III.1 : Valeurs maximales des rejets des eaux usées appliquées au niveau de la région Haoud Berkaoui. [16]

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

III.4.2. Étapes de traitement des eaux usées

III.4.2.1. 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 de Dessableur /Deshuileur (20,46 m³), il y a une pompe immergée pour l'extraction des sables vers les lits de séchage de sable, mais les huiles passent vers le concentrateur des huiles pour les évacués plus tard par un camion hydro-cureur [16].



Figure III.10 : Dégrilleur[16].



Figure III.11: Dessableur/déshuileur[16].

III.4.2.2. 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 et d'un oxymètre permettant de contrôler en continu la teneur en oxygène de la biomasse et la régulation de la vitesse des aérateurs [16].



Figure III.12: Bassin d'aération [16].

- **Bassin de clarification (décantation secondaire) :** l'effluent sortant du bassin d'aération est clarifié dans un décanteur secondaire (clarificateur) qui a une forme circulaire et une capacité de 90 m³. Ce dernier est équipé d'un racleur de surface qui racle les matières flottantes vers les lits de séchage [16].



Figure III.13: Bassin de clarification [20].

- **Recirculation des boues :** les boues décantées sont acheminées gravitairement du fond du décanteur au poste de recirculation, puis pompées vers le bassin d'aération à l'aide de deux pompes immergées qui fonctionnent en alternance.

III.4.3. Étapes de traitement des boues

III.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 l'épaississeur. Il s'agit d'un ouvrage de forme cylindrique à fond conique, en béton armé, à faible pente et de 3 m de diamètre [20].



Figure III.14 : Ouvrage d'épaississement des boues [20].

III.4.3.2. Déshydratation des boues

Les boues épaissies sont épandues sur les 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 [21].



Figure III.15 : Lits de séchage.

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 HACH** : 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 :

$$E = E_0 + 2,3RT/nF \log a_h \quad (1)$$

- **E** : potentiel mesuré (volt)
- **E₀** : constante dépendant de l'électrode de référence et de la solution interne
- **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 (HACH).

- **Colorimètre DR/850** et **Spectrophotomètre DR/2000** type HACH : l'analyse par ces appareils consiste 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 [22].



Figure IV.2 : Colorimètre type DR/850.



Figure IV.3 : Spectrophotomètre DR/2000.

- **Conductimètre** type HACH : la conductimètre est lié une cellule constituée de deux carrées de 1cm de cote en platine maintenues en parallèles dans un tube de verre de 1cm. Lorsque ce montage est plongé dans l'eau, une colonne de liquide de 1cm est d'une section de 1cm^2 est ainsi délimité et on peut mesurer sa conductance qui basé sur le principe du pont Wheatstone.



Figure IV.4 : Conductimètre type HACH.

- Four type carbolite CWF/1300.
- Agitateur type AGIMATIC-N.
- Étuve PROLABO type JOUAN.
- Balance type ADAM.
- Unité de filtre sous vide type KNF.

IV.2. Réactifs

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

Tableau IV.1 : Liste des réactifs.

Réactifs	Formule chimique
▪ Acide phosphorique	H_3PO_4
▪ Hydroxyde de sodium	NaOH
▪ Chlorure de sodium	NaCl
▪ Solvant 38	n-Hexane
▪ Méthanol	CH_3OH

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.5 : Échantillon de l'eau huileuse brute

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

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



Figure IV.6 : Boues d'épuration sèches

IV.4. Techniques d'analyse des eaux huileuses

IV.4.1. Mesure de pH et de 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 conductivité : après calibrage de l'appareil, l'électrode est plongée dans la solution à analyser, la valeur de la conductivité est lue quand la valeur se stabilise.

IV.4.3. Mesure de turbidité : l'analyse et le suivi de ce paramètre se fait par méthode colorimétrique en utilisant le colorimètre DR/850 et on applique le mode opératoire suivant :

- 1) Préparation de l'appareil par la sélection du programme spécifique à la turbidité 95.

- 2) Établir un zéro de référence pour la mesure en plaçant la cuvette du blanc dans le puits de mesure et en couvrant l'échantillon avec le capot puis en pressant la touche **ZERO**.
- 3) Pour effectuer la lecture de l'analyse, placer la cuvette de l'échantillon (eau huileuse) dans le puits de mesure puis placer le capot de l'appareil sur la cuvette et presser **READ**, après une courte pause les résultats sont affichés.

IV.4.4. Mesure des matières en suspension MES : le mode opératoire correspondant à cette analyse comprend les étapes suivantes :

- 1) Prendre un volume $V = 25$ ml de l'eau huileuse.
- 2) Sécher le papier filtre dans l'étuve à $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 1h, puis le refroidir avec un creuset dans un dessiccateur.
- 3) Peser le papier filtre m_1 et le placer dans l'unité de filtration sous vide.
- 4) Mettre la prise d'essai de 25 ml dans l'entonnoir de filtration et mettre en marche la pompe à vide.
- 5) La filtration commence et les MES sont retenues sur le papier filtre.
- 6) Sécher le papier filtre dans l'étuve à $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 2h, Après refroidissement dans dessiccateur, peser le papier filtre soit m_2 .
- 7) La quantité des MES est exprimée en (mg/l) et calculée par l'expression suivante :

$$\text{MES} = \frac{m_2 - m_1}{V} 100 \quad (2)$$

IV.4.5. Mesure de la teneur des hydrocarbures (HC) : l'analyse de 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 et compléter le volume avec l'eau distillé jusqu'à 350 ml et ajouter 35 ml de solvant 38 dans une ampoule à décanter.
- 2) Fermer et agiter l'ampoule pendant 2 minutes et laisser le temps de séparation pour 10 minutes.
- 3) Placer un coton dans le robinet de décantation de l'ampoule et l'ouvrir doucement pour séparer le solvant dans un récipient.
- 4) Choisir le programme 410 de DR/2000, régler la longueur d'onde à 450 nm et lire la valeur indiquée par le spectrophotomètre.
- 5) La teneur des HC est exprimée en (ppm) et calculée en multipliant la valeur indiquée par 14 (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 des charbons actifs

La préparation des charbons actifs 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 le même granulométrie précédente (1 mm).
- 2) **Activation chimique des charbons** : l'activation chimique s'effectue en utilisant trois agents avec des taux d'activation équivalents :
 - Un sel : NaCl (15%),
 - Une base : NaOH (15%)
 - Un acide : H₃PO₄ (15%).

Les charbons sont imprégnés à température ambiante avec les solutions (100 ml) des agents précédemment choisis durant 2h.

Une fois filtrés les charbons activés sont lavés avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un pH neutre puis séchés 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 (boue sèche et charbons actifs) m occupera un volume V_a . La densité apparente peut être calculée au moyen de l'équation suivante :

$$\rho = \frac{m}{V_a} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad .(3)$$

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 :

$$\varepsilon (\%) = [((m_t - m_1) / \rho_{\text{méthanol}}) - V_2] / V_{\text{total}}] \times 100 \quad (4)$$

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

IV.6.3. Mesure de la densité réelle

Connaissant la masse volumique apparente et la porosité, la densité réelle est calculée comme suit :

$$\rho_R = \rho_a / (1 - \varepsilon) \quad (\text{g/cm}^3) \quad (5)$$

IV.7. Essais d'adsorption statique

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

- **Masse de l'adsorbant** (boue naturelle, charbons activés et charbon commerciale) : 0.2g.
- **Volume de l'eau huileuse** : 40 ml.
- **Vitesse d'agitation** : 900 tr/h.
- **Temps de contact** : (30, 40, 60, 80 min). Notons que pour le choix du meilleur charbon actif préparé, le temps de contact à été prolongé jusqu'à 24 h.

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.I. Qualité des eaux huileuses traitées au niveau de la station de déshuilage

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	6.14
Température (°C)	16.7
Conductivité (ms/cm)	124.5
Turbidité (NTU)	746
MES (mg/l)	658
Hydrocarbures (mg/l)	695

L'eau traitée au niveau de la station de déshuilage est caractérisée par un pH légèrement acide, une turbidité et une conductivité élevées ainsi qu'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 IV.1) à montrer 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. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur boue d'épuration

V.2.1. Caractérisation texturales de la boue d'épuration

Les caractéristiques de la boue d'épuration étudiée sont représentées dans le tableau ci après. Rappelons qu'il s'agit d'une boue urbaine, obtenue suite a un procédé d'épuration

biologique par boues activées à faible charge (Aération prolongée). La boue en question a été récupérée d'un lit de séchage donc épaissie et déshydratée.

Tableau V.2: Caractéristiques texturales de la boue d'épuration.

Caractéristiques texturales	Valeurs
Masse volumique apparente ρ_a (g/cm ³)	0.8038
Porosité ε (%)	7.58
Masse volumique réelle ρ_r (g/cm ³)	0.8697

V.2.2. Efficacité du traitement avec la boue d'épuration

Les résultats d'analyse de l'eau huileuse après l'adsorption statique sur la boue naturelle sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.3: Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur boue d'épuration brute.

Paramètres	Eau huileuse brute	Eau huileuse après traitement	Rendement de traitement (%)
pH	6.14	7.46	- 21,49
Température (°C)	16.7	23.6	- 41,32
Conductivité (ms/cm)	124.5	140	-12,45
Turbidité (NTU)	746	15	97,98
MES (mg/l)	658	19	97,11
Hydrocarbures (mg/l)	695	1	99,85

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

- D'augmenter le pH de 21,49 %,
- D'augmenter la température de 41,32 %,
- D'augmenter la conductivité de 12,45 %,
- De diminuer la turbidité de 97,98 %,
- De diminuer les MES de 97,11 %
- De diminuer les hydrocarbures de 99,85 %

V.2.2. Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption

L'évolution du processus d'adsorption en fonction du temps est représentée dans le tableau et la figure ci dessous :

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

	0 min	30 min	40 min	60 min	80 min	120 min
pH	6.14	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
T (°C)	16.7	19.2	19.7	20	23.6	23.6
Ce (ms/cm)	124.5	132.1	140.5	140	140	140
Turbidité (NTU)	746	297	142	73	15	15
HC ppm	695	105	35	1	1	1
MES mg/l	658	313	138	70	19	19



Figure V.1 : Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur boue naturelle

- ❖ Le pH de l'eau huileuse a augmenté jusqu'à 7,46 et s'est stabilisé à cette valeur courant les 80 minutes de traitement. Cette valeur de pH est agréée par de les normes de rejet des effluents appliquées dans la région.
- ❖ La température a augmentée graduellement jusqu'à 23.6 °C. Cette variation dépend aussi du climat mais reste dans les normes.
- ❖ La conductivité électrique de l'eau huileuse traité augmente courant les 40 premières minutes de traitement et se stabilise à 140 ms/cm. Cette valeur dépassant les normes peut être justifiée par la libération des éléments présents dans la boue naturelle.
- ❖ La turbidité a diminué d'une manière remarquable jusqu'à 15 NTU.

- ❖ La concentration des hydrocarbures est réduite à l'unité pendant une heure de traitement. Cette valeur est nettement inférieure à la norme requise.
- ❖ La concentration des MES a diminuée graduellement au cours du temps jusqu'à 19 mg/l dans 80 minutes. Cette valeur est agréée par la norme des rejets industrielles.

Ainsi, un temps de 80 minutes peut être considéré comme un temps d'équilibre pour l'ensemble des paramètres analysés. Il assure la normalisation de tous les paramètres à l'exception de la conductivité électrique.

En vue de régler ce problème, nous avons pensé de préparer des charbons actifs à base de boue d'épuration et tester leurs efficacités à réduire ce paramètre.

V.3. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur Charbons actifs préparés

V.3.1. Caractérisation texturales de la boue carbonisée

On constate d'après les résultats montrés dans le tableau ci-dessous que 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.5 : Caractéristiques texturales de la boue d'épuration carbonisée

Caractéristiques texturales	Valeur
Masse volumique apparente ρ_a (g/cm ³)	0.5940
Porosité ϵ (%)	15.25
Masse volumique réelle ρ_r (g/cm ³)	0.8475

V.3.2. Efficacité du traitement avec les charbons actifs

Les résultats de la soumission de l'eau huileuse à un contact de 24 heures avec les charbons actifs préparés et les interprétations qui leurs seront attribuées sont illustrés dans les paragraphes suivants :

V.3.2.1. Efficacité du traitement avec le charbon actif : CA-NaCl-15

Les résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon activé avec de l'NaCl (15 %) sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau V.6: Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif : CA-NaCl-15.

Paramètres	Eau huileuse brute	Eau huileuse après traitement	Rendement de traitement (%)
pH	6.14	6,44	- 4,88
Température (°C)	16.7	25,3	- 51,49
Conductivité (ms/cm)	124.5	162,2	- 30,80
Turbidité (NTU)	746	79	89,41
MES (mg/l)	658	96	85,41
Hydrocarbures (mg/l)	695	1	99,85

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur **CA-NaCl-15** permet :

- D'augmenter le pH de 4,88 %,
- D'augmenter la température de 51,49 %,
- D'augmenter la conductivité de 30,80 %,
- De diminuer la turbidité de 89,41 %,
- De diminuer les MES de 85,41 %
- De diminuer les hydrocarbures de 99,85 %

V.3.2.2. Efficacité du traitement avec le charbon actif : CA-H₃PO₄-15

Les résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon activé avec de l' H₃PO₄ (15 %) sont rassemblés dans le tableau ci-après :

Tableau V.7: Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif : CA-H₃PO₄-15.

Paramètres	Eau huileuse brute	Eau huileuse après traitement	Rendement de traitement (%)
pH	6.14	6,56	- 6,84
Température (°C)	16.7	24	- 43,71
Conductivité (ms/cm)	124.5	163,1	- 31
Turbidité (NTU)	746	252	66,21
MES (mg/l)	658	285	56,68
Hydrocarbures (mg/l)	695	14	97,98

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur **CA- H₃PO₄-15** permet :

- D'augmenter le pH de 6,84 %,
- D'augmenter la température de 43,71 %,
- D'augmenter la conductivité de 31 %,
- De diminuer la turbidité de 66,21 %,
- De diminuer les MES de 56,68 %
- De diminuer les hydrocarbures de 97,98 %

V.3.2.3. Efficacité du traitement avec le charbon actif : CA-NaOH -15

Les résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon activé avec de l' NaOH (15 %) sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.8: 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	6.14	6,7	-9,12
Température (°C)	16.7	23	-37,72
Conductivité (ms/cm)	124.5	164,2	-31,88
Turbidité (NTU)	746	0	100
MES (mg/l)	658	0	100
Hydrocarbures (mg/l)	695	1	99,85

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

- D'augmenter le pH de 9,12 %,
- D'augmenter la température de 37,72 %,
- D'augmenter la conductivité de 31,88 %,
- D'éliminer complètement la turbidité et les MES,
- De diminuer les hydrocarbures de 99,85 %.

V.3.3. Choix du meilleur charbon actif préparé

Afin de choisir lequel des charbons préparé est le plus efficace pour le traitement de l'eau huileuse polluée, nous avons élaboré un tableau récapitulatif des résultats précédents.

Tableau V.9: Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbons actifs préparés.

Paramètres	Eau huileuse brute	Eau huileuse après traitement avec CA- NaCl-15.	Eau huileuse après traitement avec CA- H ₃ PO ₄ -15.	Eau huileuse après traitement avec CA- NaOH-15.
pH	6.14	6,44	6,56	6,7
Température (°C)	16.7	25,3	24	23
Conductivité (ms/cm)	124.5	162,2	163,1	164,2
Turbidité (NTU)	746	79	252	0
MES (mg/l)	658	96	285	0
Hydrocarbures (mg/l)	695	1	14	1

La figure ci-dessous illustre concrètement les résultats obtenus.

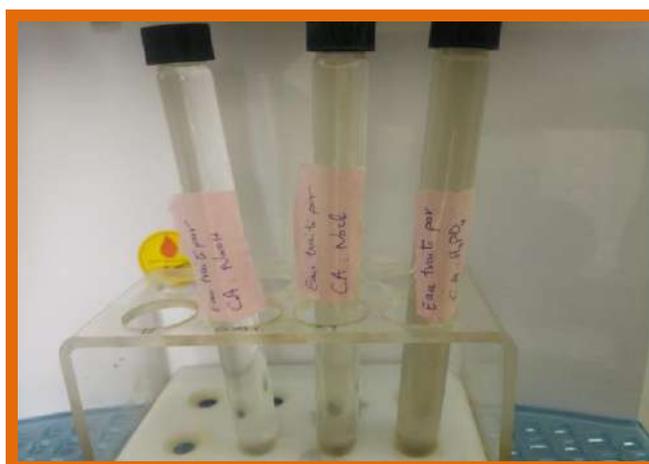


Figure V.2 : Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur les trois charbons actifs préparés

- ❖ les valeurs de pH et températures enregistrés sont dans les normes.
- ❖ Le traitement avec les trois charbons actifs na fait qu'augmenter la conductivité électrique de l'eau avec des taux proches.
- ❖ Le traitement de l'eau huileuse avec le charbon actif CA-NaOH-15 à assure l'élimination total de la turbidité et des MES avec la réduction du taux d'hydrocarbures à l'unité.

Ainsi et suite à l'ensemble de ces constats, il apparait clairement que le charbon le plus performant pour le traitement de l'eau huileuse dont ont dispose dans la région de Haoud Berkaoui est le charbon activé avec l'NaOH : CA-NaOH-15.

V.3.4. Effet du temps de contact sur le processus d'adsorption sur CA-NaOH-15

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

Tableau V.10: Cinétique d'adsorption sur CA-NaOH-15.

	0 min	30 min	40 min	60 min	80 min	1440 min
pH	6.14	7.22	7.22	7.22	7.16	6,7
T (°C)	16.7	24,1	24	24	25.2	23
Ce (mg/cm)	124.5	146.7	151.3	152.7	161.5	164,5
Turbidité (NTU)	746	191	38	12	0	0
HC ppm	695	42	1	1	1	1
MES mg/l	658	194	33	23	0	0



Figure V.3 : Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur CA-NaOH-15

- ❖ Le pH de l'eau huileuse a augmenté jusqu'à 7,22 et s'est stabilisé à cette valeur pendant 30 minutes de traitement. À partir de 80 minutes de contact, le pH a diminué jusqu'à 6,7, valeur de pH agréée par les normes de rejet des effluents appliquées dans la région.
- ❖ La température a augmenté jusqu'à 25.2 °C puis a diminué de presque deux degrés. Cette variation est influencée par le climat mais reste dans les normes.

- ❖ La conductivité électrique de l'eau huileuse traitée a augmenté graduellement jusqu'à la 164,5 ms/cm après 24 heures de traitement. Ces valeurs dépassent de loin les normes appliquées dans la région d'étude.
- ❖ La turbidité a diminué d'une manière remarquable jusqu'à disparition complète après 80 minutes de traitement.
- ❖ La concentration des hydrocarbures est réduite à l'unité pendant 40 minutes de traitement. Cette valeur est nettement inférieure à la norme requise.
- ❖ La concentration des MES a diminuée graduellement au cours du temps jusqu'à disparition complète après 80 minutes de traitement.

Ainsi, mis à part l'augmentation de la conductivité, on peut admettre un temps de 80 minutes comme un temps d'équilibre suffisant pour normaliser le reste des paramètres analysés.

V.4. Traitement des eaux huileuses par adsorption sur Charbons actifs commercial

Le tableau ci-dessous et la figure ci-après illustrent les analyses de l'eau huileuse traitée par adsorption sur charbon actif commercial pendant 80 minutes de contact.

Tableau V.11: Cinétique d'adsorption sur charbon actif commercial.

	0 min	30 min	40 min	60 min	80 min
pH	6.14	7.62	7.62	7.62	7.38
T (°C)	16.7	20	20	23,4	24.6
Ce (ms/cm)	124.5	142	142.8	144.2	146.4
Turbidité (NTU)	746	0	0	0	0
HC ppm	695	1	1	1	1
MES mg/l	658	0	0	0	0

- ❖ Le pH de l'eau huileuse a augmenté jusqu'à 7,62 et s'est stabilisé à cette valeur pendant 30 minutes de traitement. À partir de 80 minutes de contact, le pH a diminué jusqu'à 7,38, valeur de pH agréée par les normes.
- ❖ La température a augmenté jusqu'à 24.6 °C, valeur acceptable dans la norme appliquée dans la région.

- ❖ La conductivité électrique a augmenté légèrement entre 142 et 146,4 ms/cm. Ces chiffres dépassent largement la norme en vigueur.
- ❖ La turbidité et les MES ont été éliminés complètement dès les premières 30 minutes de contact.
- ❖ La concentration des hydrocarbures est réduite à l'unité pendant seulement 30 minutes de traitement. Cette valeur est nettement inférieure à la norme requise.



Figure V.4 : Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur charbon actif commercial

V.5. Choix du meilleur adsorbant

Afin de choisir lequel des adsorbants étudiés est adéquat pour le traitement de l'eau huileuse 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.

Tableau V.12: Résultats de l'analyse de l'eau huileuse traitée par adsorption.

Paramètres	Eau huileuse brute	Eau huileuse après traitement avec Boue d'épuration.	Eau huileuse après traitement avec CA- NaOH-15.	Eau huileuse après traitement avec Charbon actif commercial
pH	6.14	7.46	7,16	7.38
Température (°C)	16.7	23.6	25,2	24.6
Conductivité (ms/cm)	124.5	140	161,5	146.4
Turbidité (NTU)	746	15	0	0
MES (mg/l)	658	19	0	0
Hydrocarbures (mg/l)	695	1	1	1



Figure V.5 : Échantillons des eaux huileuses traitées par adsorption sur la boue naturelle, CA-NaOH et charbon actif commercial après un contact de 80 min

Le charbon actif CA-NaOH-15 constitue une alternative à la fois économique et environnementale dans le domaine de traitement des eaux huileuse 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.

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 et une conductivité élevées 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 naturelle pendant un temps d'équilibre de 80 minutes permet :

- D'augmenter le pH de 21,49 %,
- D'augmenter la température de 41,32 %,
- D'augmenter la conductivité de 12,45 %,
- De diminuer la turbidité de 97,98 %,
- De diminuer les MES de 97,11 %
- De diminuer les hydrocarbures de 99,85 %

Ce temps assure la normalisation de tous les paramètres à l'exception de la conductivité électrique.

L'emploi de la boue d'épuration comme matière première pour l'élaboration des charbons activés avec trois produits chimiques différents : NaCl, H₃PO₄ et NaOH est possible.

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur le charbon activé avec l'NaCl :

CA-NaCl-15 permet :

- D'augmenter le pH de 4,88 %,
- D'augmenter la température de 51,49 %,
- D'augmenter la conductivité de 30,80 %,
- De diminuer la turbidité de 89,41 %,
- De diminuer les MES de 85,41 %
- De diminuer les hydrocarbures de 99,85 %.

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur le charbon activé avec le H₃PO₄ :

CA- H₃PO₄-15 permet :

- D'augmenter le pH de 6,84 %,
- D'augmenter la température de 43,71 %,

- D'augmenter la conductivité de 31 %,
- De diminuer la turbidité de 66,21 %,
- De diminuer les MES de 56,68 %,
- De diminuer les hydrocarbures de 97,98 %.

Le traitement des eaux huileuses par adsorption sur le charbon activé avec l'NaOH :

CA-NaOH-15 permet :

- D'augmenter le pH de 9,12 %,
- D'augmenter la température de 37,72 %,
- D'augmenter la conductivité de 31,88 %,
- D'éliminer complètement la turbidité et les MES,
- De diminuer les hydrocarbures de 99,85 %.

Le charbon le plus performant pour le traitement de l'eau huileuse est le charbon activé avec l'NaOH : CA-NaOH-15.

Ce temps assure la normalisation de tous les paramètres à l'exception de la conductivité électrique. Il 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 de charbons actifs de qualités capable d'absorbés les polluants dans les eaux huileuses de la région.

Références Bibliographiques

- [1] BELGHAOUTI Tayeb : Caractérisation physico-chimique et valorisation d'une boue de station d'épuration. Mémoire de Magister en hydraulique, Université des Sciences et de la technologie d'Oran Mohamed boudiaf, (2013), 108 p.
- [2] REZZAG HEBLA Safaa et MIMOUNI Messaouda : Valorisation des boues de la STEP de Touggourt dans la production de charbon actif. Mémoire de Master en traitement, épuration et gestion des eaux , Université Kasdi Merbah Ouargla, (2019), pp 1-6.
- [3] HIMOUR Asmaa et GUENDOOUZ Amira : Étude de l'utilisation des végétaux pour l'épuration des eau usées. Mémoire de master en hydrocarbures urbains , Université Saida Dr Moulay Tahar, (2017), p 6.
- [4] Dr .BESSEDIK Madani : Traitement des eaux usées. Université de Telmcen, (2011), 112 p.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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), p 12.
- [8] 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.
- [9] 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 Août 1955 SKIKDA, (2009), pp 7-8.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Claude CARDOT : Les traitements de l'eau pour l'ingénieur ; procédés physico-chimique et biologiques, (2010), p 136.
- [13] Éric GUIBELIN : Lutte contre la pollution des eaux, Traitements des boues d'épuration, article G 1 450 -5.
- [14] ADJOUJ Hassina et ARAB Amira : Caractérisation et Valorisation de la boue de station d'épuration des eaux usées de la ville de Bouira. Mémoire de Master en biodiversité et environnement, Université de Akli Mohand Oulhadj – BOUIRA, (2018), 66 p.
- [15] Éric GUIBELIN : Lutte contre la pollution des eaux, Élimination finale des boues d'épuration, article G 1 451 – 9.

- [16] HANNACHI afef : Suivi de la station d'épuration des eaux usées HBK. Mémoire de fin de formation, Direction régionale de Haoud Berkaoui, (2017), 60 p.
- [17] 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.
- [18] KREIR assmaa : Optimisation du traitement chimique station déshuilage HBK. Mémoire de fin de formation, Direction régionale Haoud Berkaoui, (2017), pp 24-26.
- [19] Manuel opératoire station déshuilage HAOUD BERKAOUI - SONATRACH.
- [20] 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 Merbah Ouargla, (2018), pp 23-24.
- [21] 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.

Résumé

L'épuration des eaux usées génère plusieurs sous-produits dont les boues d'épuration. Les quantités des boues produites augmentent continuellement avec le nombre de station d'épuration. Un traitement adapté et performant de ces boues permet de les valorisés 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 HAUD BERKAOUI dans le traitement des eaux 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 de trois charbons activés avec trois agents chimiques différents notamment : NaCl, H₃PO₄ et NaOH.

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

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 huileuse dans la région de Haoud Berkaoui.

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

Abstract

Wastewater treatment generates several by-products including sewage sludge. The quantities of sludge produced increase continuously with the number of treatment stations. An adapted and efficient treatment of this sludge allows it to be recovered in several sectors.

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

The thickened and dehydrated sludge recovered from a drying bed was used as a natural adsorbent and as a raw material for the production of three activated carbons with three different chemical agents including: NaCl, H₃PO₄ and NaOH.

The adsorption tests revealed the effectiveness of the adsorbents developed, in particular the carbon activated with NaOH.

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.

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

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

ملخص

تنتج معالجة مياه الصرف الصحي العديد من المنتجات الثانوية بما في ذلك حمأة مياه الصرف الصحي. تزداد كميات الحمأة الناتجة باستمرار مع زيادة عدد محطات المعالجة. تسمح المعالجة الملائمة والفعالة لهذه الحمأة باستعادتها في عدة قطاعات

الهدف من هذه الدراسة هو استعادة الحمأة الحضرية المنتجة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة حوض بركاوي في معالجة المياه الزيتية

تم استخدام الحمأة السميكة والمجففة المستعادة من طبقة التجفيف كمادة ماصة طبيعية وكمادة خام لإنتاج ثلاث كربونات منشطة بثلاثة مواد كيميائية مختلفة : H₃PO₄ , NaCl , NaOH
كشفت اختبارات الامصاص عن فعالية المواد الماصة التي تم تطويرها ، وخاصة الفحم المنشط بهيدروكسيد الصوديوم

أكدت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالأعلى كربون تجاري أن الكربون المختار مسبقاً يشكل بديلاً اقتصادياً وبيئياً في مجال معالجة المياه الزيتية في منطقة حوض بركاوي

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