

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI
FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



MEMOIRE

En vue de l'obtention

DU DIPLOME DE MASTER EN
GENIE CHIMIQUE

Traitement des eaux contaminées par les
Produits pétroliers: cas du complexe
DE RHOURE-NOUSS

Présenté par :

- ❖ Zouaghi Fatima Zohra.
- ❖ Hamdane Loubna.

Encadreur :

Pr. Guemini Miloud

Soutenue le : 05/06/2016

Devant les jurys de soutenance suivant:

Pr. Rezgui Yacine
Dr. Bendada Ahlem

Université Oum El Bouaghi
Université Oum El Bouaghi

Promotion 2015-2016

Remerciements

Nous remercions dieu tout puissant qui nous donné le pouvoir, le courage et la patience pour l'élaboration de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadreur « Pr GUEMINI Miloud» pour l'aide qu'elle nous a offert ainsi que les conseils et les orientations valeureux, pour le temps précieux qu'elle nous a consacré, pour son encouragement durant la réalisation de notre travail.

Nous tenons à remercier : chef de service de laboratoire de SONATRACH «Rhourd-Nouss» Mr S.ROMANI et l'équipe du laboratoire de GPL et CSC surtout : Ibtissem, Nour, khalida ; pour leurs aides et leurs remarques constructives dans la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier les membres de jury qui ont accepté de juger ce mémoire.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes chers mon père Rachid et ma mère Salima
Merci pour votre aide et merci pour votre patience qui m'a
poussé vers le succès.*

A mes sœurs : Hassina, Zina, Hadil.

A mon frère : Marwen et sa femme Fatiha

Et la petite ma chère et ma belle Manassa

A mon ami proche : Hesni

A tout mes amis et mes collègues

A ma copine de mémoire Loubna

*A toute ma famille coté paternelle « Zouaghi » et coté maternelle
« Mazli »*

A toute ma promotion 2016 sans exception ;

*A tout les enseignants de département GPC qui m'ont accompagné
durant mes études.*

Fatima Zohra

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail : A mes très chers parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminé mon chemin depuis ma naissance et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

Je ne les remercierai jamais assez (maman et papa que Allah me les garde) ; J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour

Je tien à dédie mon travail à mes frères : Abd Arraouf, Akram Issam et Mahdi Abd Alhakim

Je dédie ma grande famille : coté paternelle «Hamdane» et coté maternelle «Laribi»

Je dédie aussi cet humble mémoire à :

Mes tous les amis surtout : Asma, noussaiba, houda, wafa, massiva, nassima, hanene et zohra

Ma binôme et mon amie : Zahra

Mes collègues d'université : promotion de master 1 et 2 génie chimique.

Loubna

Sommaire

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Nomenclature.....	iii
Introduction Générale.....	1

Chapitre I : Présentation du champ du RHOURE NOUSS

I.1. Introduction	3
I.2. Description du champ du RHOURE NOUSS.....	3
I.2.1. Situation géographique	3
I.2.2. Historique.....	4
I.2.3. Description du champ de RHOURE-NOUSS.....	5
I.2.4. Description du complexe de RHOURE-NOUSS.....	5
A. Description générale de l'usine de traitement phase A.....	7
A.1. Objectif de l'usine.....	7
A.2. Les unités de l'usine phase A.....	7
B. Description de la phase CSC.....	8
C. Description générale de l'usine de traitement phase B (GPL).....	8
C.1. Définition de G P L.....	8
C.2. Composition d'usine GPL.....	8
C.3. Objectif des installations.....	9
C.4. La charge et les produits.....	9
C.5. Caractéristiques de l'alimentation	9
D. Description de la phase CPF.....	10
D.1. Conception	10

Chapitre II : Traitement des eaux huileuses

II.1. Introduction.....	12
II.2. Les techniques de traitement des eaux huileuses.....	12
II.2.1. La filtration membranaire.....	12
II.2.2. Traitement biologique des eaux usées.....	13
II.2.3. Technique de photocatalyse.....	14
II.2.4. La technique de traitement physico-chimique.....	17
1. Définition.....	17
2. Explication de la Technique.....	17
2. A. Traitement physique.....	18
2. B. Traitement chimique.....	18
1. Introduction.....	18
2. Coagulation – Flocculation.....	18
2.1. Principe de la coagulation.....	19
2.2. Principe de la flocculation.....	22

CHAPITRE III : Résultats et Discussions

III.1. Les paramètre de pollution d'eau.....	23
III.1.1. La DCO.....	23

III.1.2. La DBO.....	23
III.1.3. MES.....	23
III.1.4. Le pH.....	23
III.1.5. La turbidité.....	23
III. 2. Appareillage.....	23
III. 2. 1. DCO mètre.....	23
III. 2. 2. DBO mètre.....	24
III. 2. 3. pH mètre.....	25
III. 2. 4. Spectrophotomètre.....	25
III. 2. 5. Filtration sous vide.....	26
III. 2. 6. Turbidimètre.....	27
III. 2. 7. Agitateur automatique.....	27
III. 3. Produits chimiques utilisés.....	28
III.4. Analyse de l'eau brute (non traitée).....	28
III.4.1. Valeur de pH.....	28
III.4.2. DCO.....	28
III.4.3. MES.....	29
III.4.4. TH.....	30
III.4.5. DBO5.....	30
III.5. Traitement de l'eau brute avec coagulant.....	31
III.5.1 Principe.....	31
III.5.2 Optimisation de la dose du coagulant.....	31
III. 5.3 Détermination du volume optimal de flocculant.....	32
III.6. Traitement de l'eau brute avec coagulant –flocculant.....	32
III.6.1 rôle du flocculant.....	32
III.6.2. Détermination du volume optimal de flocculant.....	33
III.7. Résultats et discussion.....	33
III.7.1 Résultats des analyses de l'eau brute (avant traitement).....	33
III.7.2 Résultats des analyses après traitement avec coagulant.....	33
III.7.3 Résultats des analyses après traitement avec coagulant-flocculant.....	37
Conclusion.....	40
ANNEXE	

Liste des figures

Figure I.1 : Direction régionale.....	4
Figure I.2: Schéma global du complexe des deux usines de traitement de gaz A et B.....	7
Figure I.3 : Schéma de procédé de la phase A.....	8
Figure I.4 : Schéma Bloc de la phase CPF.....	12
Figure I.5 : Répartition de la masse du gaz brut.....	12
Figure II.1: Les bioréacteurs à membranes.....	13
Figure II.2 : principe de la photocatalyse dans le cas d'un semi-conducteur TiO ₂ (Herrmann, 2010a et 2010b).....	17
Figure II.3 : Les étapes de traitements des eaux huileuses.....	19
Figure.III.1: DCO mètre.....	24
Figure.III.2: DBO mètre.....	24
Figure.III.3:pH mètre.....	25
Figure.III.4:Spectrophotomètre UV-visible (HACH2800).....	26
Figure.III.5: Filtration sous vide.....	26
Figure.III.6:Turbidimètre.....	27
Figure.III.7: Agitateur automatique.....	27
Figure. III.8: Les cuves de DCO.....	29
Figure.III.9: Balance.....	29
Figure.III.10 : Séparation des phases.....	30
Figure.III.11: Bouteille de DBO mètre.....	31
Figure.III.12 : Courbe de DCO.....	34
Figure.III.13 : Courbe de TH.....	35
Figure.III.14 : Courbe de MES.....	35
Figure.III.15 : Courbe de turbidité.....	36
Figure.III.16 : Courbe de DCO.....	37
Figure.III.17 : Courbe de TH.....	38
Figure.III.18 : Courbe de MES.....	38
Figure.III.19 : Courbe de Turbidité.....	39

Liste des tableaux

Tableau I.1 : La composition de gaz à traiter.....	10
Tableau II.1: Les tailles des colloïdes.....	19
Tableau II.2 : Le temps de chute des colloïdes.....	19
Tableau II.3 : Distance interparticulaire.....	22
Tableau II.4 : Les zones de prédominancedes hydroxydes de fer et d'aluminium.....	24
Tableau.III.1. Résultats des analyses de l'eau brute (avant traitement).....	33
Tableau III.2. Résultats des analyses de l'eau brute après traitement avec coagulant.....	34
Tableau III.3. Résultats des analyses de l'eau brute après traitement avec coagulant-Floculant....	37

Nomenclature

GNL : Gaz Naturel Liquéfié.

GPL : Gaz Pétrolière liquéfié.

CSC : Centre de Séparation et Compression.

CPF : Centre de Processus et Fabrication.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DBO : Demande Biochimique en Oxygène.

MES : Matière En Suspension.

TH : Taux d'Hydrocarbures.

Sm³ : Standard mètre cube

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top. The scroll is outlined in black and has two grey circular elements at the top corners, representing the scroll's binding or ends.

Introduction

Générale

La pollution de l'environnement qui accompagne les développements industriels et urbains, est due le plus souvent à la mauvaise gestion des rejets et d'une manière générale à la mauvaise maîtrise des procédés qui engendrent des substances secondaires très souvent nocives. Ces rejets se retrouvent invariablement dans le milieu naturel sous forme de gaz, de déchets solides et dans de très nombreux cas sous formes dissoutes dans les eaux.

Grande consommatrice d'eau, l'industrie pétrolière et gazière génère aussi beaucoup d'eau issue de l'extraction du pétrole et du gaz. Ces industries rejettent leurs eaux polluées (eaux huileuses) souvent directement dans l'environnement (rivières, nappes, mer) et il est donc impératif pour elles de traiter ces effluents afin de prévenir toute pollution.

Le principal problème des eaux industrielles, c'est qu'il est propre à chaque industrie et par conséquent, il est nécessaire d'adapter les processus de traitement des eaux à chaque industrie. Ces eaux contiennent généralement une grande diversité de polluants, notamment des polluants chimiques à l'état solide ou dissout.

Les principaux polluants de ces eaux sont classés en plusieurs catégories : les métaux lourds, les toxines organiques, les matières azotées, les huiles et les graisses, les matières phosphorées, les matières organiques et matières en suspension.

Il existe à l'heure actuelle une vaste gamme de technologies et de techniques de traitement pouvant servir au traitement des eaux huileuses. Un grand nombre de ces techniques, ont été mises au point et appliquées.

Dans le présent travail, on a appliqué un traitement très connu au monde de l'industrie, qui est le traitement des eaux huileuses par la technique physico-chimique coagulation-floculation. Dans le cas du traitement des eaux, par cette technique, de gros efforts de recherche et développement sont nécessaires pour répondre à des exigences de qualités très réglementées imposées par le renforcement permanent des contraintes environnementales. Les études menées dans les laboratoires de recherche permettent d'acquérir une connaissance précise des phénomènes physico-chimiques qui gèrent la mise en œuvre des produits et d'adapter leurs caractéristiques aux évolutions de l'application.

Le présent mémoire est composé de trois chapitres. Le premier chapitre, donne une description générale du champ du RHOURE NOUSS. Dans le deuxième chapitre on présente les principales techniques de traitement des eaux huileuses. Le troisième chapitre présente les résultats des effets de l'ajout du coagulant seul et le coagulant plus

le flocculant sur la qualité de l'eau huileuse traitée avec interprétation. Enfin on termine par une conclusion qui résume les différents résultats trouvés.



Chapitre I

I.1.Introduction :

SONATRACH est une compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent. SONATRACH est la première entreprise du continent africain. Elle est classée 12ème parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2ème exportateur de GNL et de GPL et 3ème exportateur de gaz naturel. Sonatrach, entreprise citoyenne, œuvre à resserrer les liens sociaux, aider les populations dans le besoin, promouvoir la recherche et les activités scientifiques, contribuer à la préservation de la nature et à la sauvegarde du patrimoine culturel et historique. Aujourd'hui, Sonatrach ne conçoit pas de développement économique sans un développement durable [1]

I.2. Description du champ du RHOURE NOUSS :

I.2.1. Situation géographique :

La région de RHOURE-NOUSS fait partie de la Wilaya d'ILLIZI, elle est située à 350 Km au Sud-est de OUARGLA, à 1200 Km au Sud-est d'ALGER et à 270 Km au Sud-est de HASSI MESSAOUD. Elle est reliée à la route nationale N3 (OUARGLA-ILLIZI) par une bretelle de 30km goudronnée.

La Direction Régionale de RHOURE-NOUSS se trouve à la lisière de l'ERG ORIENTAL avec une alternance de HAMADA (ou GASSI) et d'ERG (ou SIOUF) de direction généralement Nord/Sud.

- L'altitude moyenne est située à 275m par rapport au niveau de la mer.
- Son climat est désertique (sec avec un très faible taux d'humidité).
- Ecart important de température entre l'hiver et l'été (-5°C à 55°C).
- Elle enregistre une pluviométrie très faible (2 à 4 mm/an).
- Terrain accidenté vu la position de la région (limite de l'erg oriental).
- Fréquence importante des vents de sable.

La région de RHOURE NOUSS est composée de plusieurs champs (Gisements) sur un rayon de 100 Km par rapport au siège de la direction régionale qui est située dans le champ de RHOURE-NOUSS centre (Figure I.1) [2]

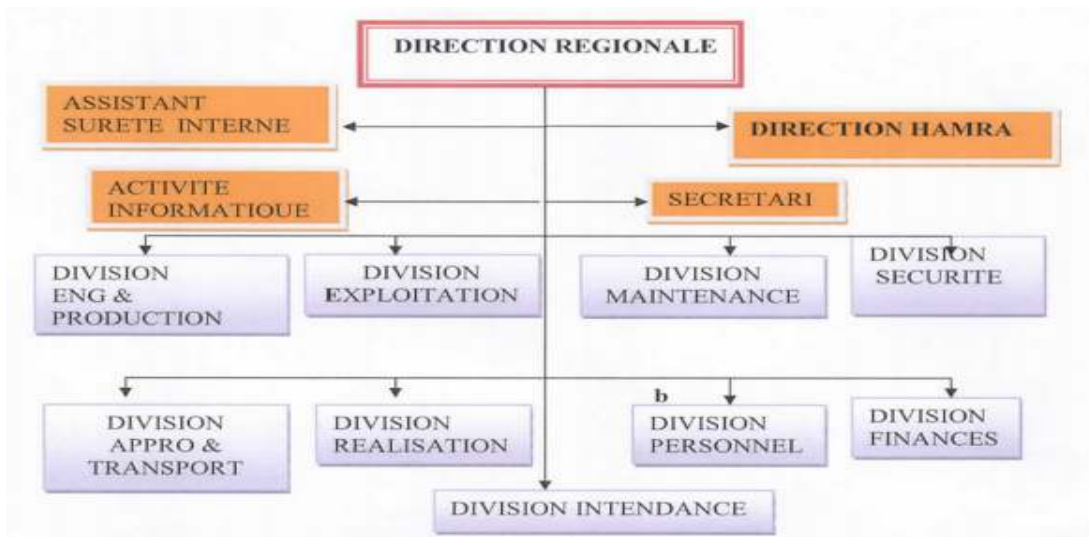


Figure I.1 : Direction régionale [2]

I.2.2. Historique :

Première découverte de gaz à RHOURE NOUSS en 1956.

Le premier puits RN1 (RHOURE NOUSS 1), foré en 1962, a mis en évidence la présence de gaz riche en condensât au niveau de plusieurs réservoirs.

Après la découverte de l'huile sur le puits RN4 un centre de traitement d'huile a été construit et mis en exploitation en 1966.

Quatre grandes étapes ont ponctué le développement de la région de RHOURE NOUSS :

- 10-Mai-1966 : Mise en service du Centre de traitement d'huile.
- 28-Jan-1988 : Démarrage de l'usine (phase A).
- 14-Juin-1989 : Mise en service de Rhourde Adra.
- 24-Avril-1992 : Mise en service de Rhourde Hamra.
- 29-Mai-1992 : Mise en service de Rhourde Chouff.
- 16-Juin-1995 : Démarrage de l'usine de HAMRA.
- 23-Mai-1996 : Première expédition de GPL (HAMRA).
- 13-Août-1999 : extension de la phase A par un cinquième train d'une capacité de 10.250 millions SM³/j de gaz.
- Fin Fév-2000 : Démarrage Usine GPL (Phase B) d'une capacité de traitement de 48 millions de m³/j pour la production de 3800 t/j du GPL.
- 06-Mars-2000 : Première expédition de GPL (Rhourde Nouss).

La région de RHOURE NOUSS a été la première unité de SONATRACH à avoir installé un système DCS au niveau de HAMRA en 1995 (transmission de données en real time).

• 24 Fév. 2012 : Démarrage Un centre de séparation et de compression et pour la production d'huile CSC.

- Une centrale électrique produit 21 MW de l'énergie propre pour la région. [2]

I.2.3. Description du champ de RHOURE-NOUSS :

Les principaux champs mis en exploitation sont :

- RHOURE-NOUSS centre.
- RHOURE-NOUSS Nord-est.
- RHOURE-NOUSS sud-est.
- RHOURE-NOUSS sud-ouest.
- RHOURE-CHOUFF.
- RHOURE-ADRA.
- RHOURE-HAMRA.
- HAMRA.

D'autres champs, de moindre importance, ont été découverts et seront développés dans le futur, il s'agit de :

- Champ de Rhourde Hamra Sud-est.
- Champ de Rhourde-Nouss 3.
- Champ de Mouilah.
- Champ de Meksem.
- Champ de Draa Allai.
- Champ d'Elketaia.
- Champ de Rhourde Adra Sud-est. [2]

I.2.4. Description du complexe de RHOURE-NOUSS :

✓ Charge et produits :

La capacité globale de RHOURE NOUSS est portée à :

- Gaz brut : 51 millions SM³/j.
- Réinjection : 75% environ, soit 32 millions SM/j gaz sec.
- Commercialisation : 20 millions SM³/j.
- GPL : 3986 T/j.
- Condensât : 5000 T/j.
- Pétrole brute : 500T/j. [2]

✓ **Réseaux collectes :**

Cette production est assurée par un certain nombre de puits producteurs et injecteurs de gaz, un ensemble de collectes et manifolds.

- Puits producteurs de gaz : 76.
- Puits injecteurs de gaz : 36.
- Puits d'huile : 16.
- Collectes : 780 Km (diamètre de 4 a20).
- Manifolds : 37. [2]

✓ **Activités :**

Usine phase A (démarrage 1987) : dispose d'une unité de traitement de gaz et récupération de condensât, et d'une unité de compression pour le recyclage du gaz.

Usine phase (B) (démarrage 1999) : consiste à récupérer le GPL et les traces de condensât. Elle produit sa propre énergie électrique au moyen d'une centrale électrique de 21 MW et un rapport à partir de HAMRA (ligne de 60KM) (Figure I.2). [2]

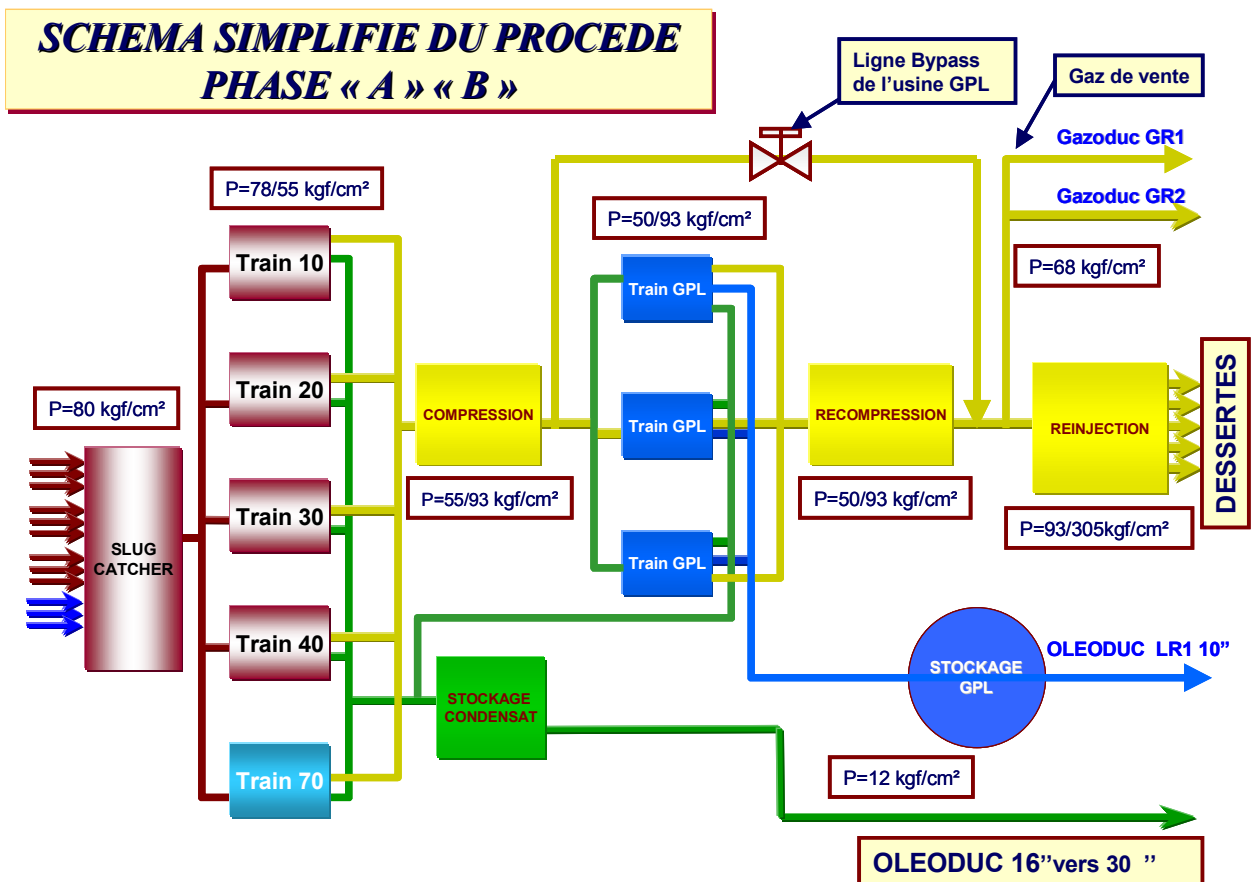


Figure I.2 : Schéma global du complexe des deux usines de traitement de gaz A et B

[2]

A. Description générale de l’usine de traitement phase A :

A.1. Objectif de l’usine :

Cette usine a pour but de traiter le gaz naturel afin de récupérer le maximum du condensât, et assurer la compression de gaz vers l’usine B et recyclage de gaz de réinjection et d’expédition. [2]

A.2. Les unités de l’usine phase A :

L’usine est constituée principalement des unités suivantes :

- Unité 02 : unité commune de séparation préliminaire.
- Unités 10/20/30/40 et 70 : trains de traitement de gaz.
- Unité 80 : unité de production d’air.
- Unité 82: unité de fuel gaz.
- Unité 83 : unité de stockage.
- Unité 84 : unité de production d’eau potable et eau de service.
- Unité 85 : unité de traitement des eaux huileuses.
- Unité 86 : unité de production N2 (Figure I.3). [2]

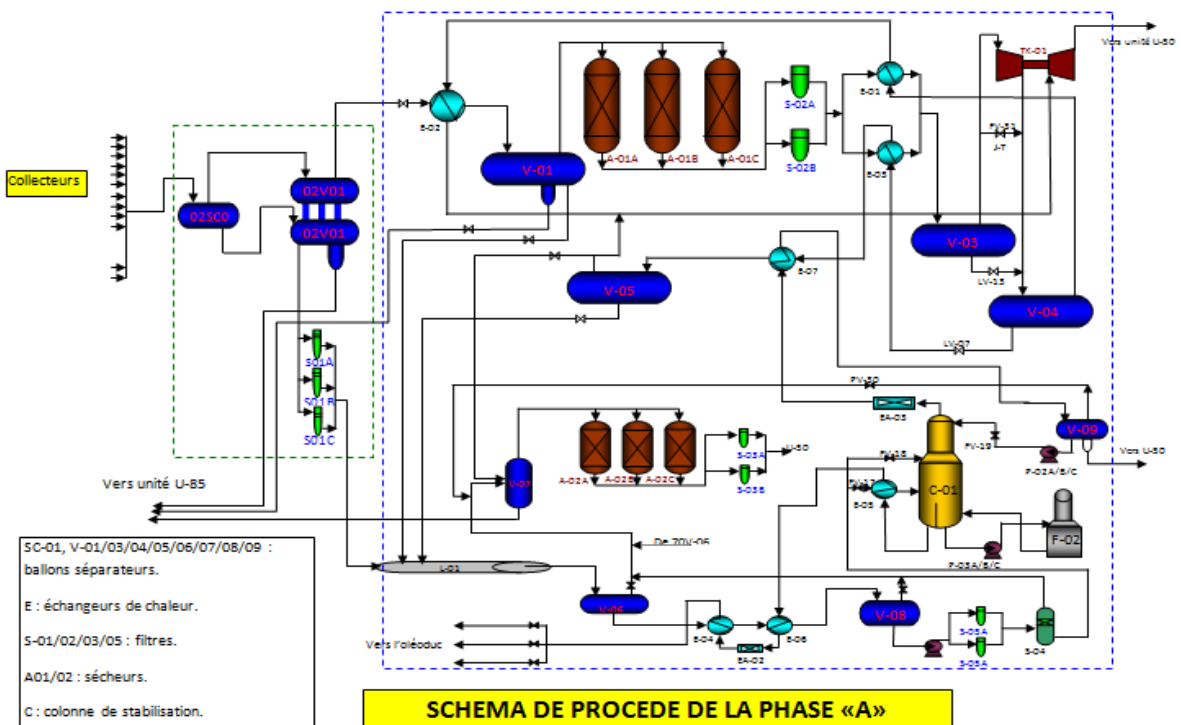


Figure I.3 : Schéma de procédé de la phase A [2]

B. Description de la phase CSC :

Le Centre de Séparation et de Compression (CSC) a pour but de séparer l'huile, l'eau et le gaz provenant des 33 puits dans l'unité 500. Ils sont regroupés suivant leur niveau de pression et sont connectés à trois séparateurs pour séparer le gaz et le condensat. Les gaz provenant de la ligne de tête des trois séparateurs de différentes pressions (MP, BP, TBP) sont comprimés dans le système de compression pour obtenir la pression de batterie à l'usine de gaz Rhourde Nouss, qui est de 83 bar eff. Les condensats récupérés au séparateur TBP sont expédiés au dessaleur de brut, et puis sont envoyé vers la colonne de stabilisation ; après le traitement, le brut dessalé et stabilisé provenant de la colonne est stocké dans le bac de stockage de brut dans le système 22 avant expédition. L'objectif prioritaire de cette installation est la production d'huile. [2]

C. Description générale de l'usine de traitement phase B (GPL) :

C.1. Définition de GPL :

Le gaz de pétrole liquéfié est un mélange gazeux composé essentiellement de Butane et propane à température ambiante et pression atmosphérique, mais il peut demeurer à l'état liquide sous des pressions relativement basses (4-18 bars).

La composition chimique de G.P.L est variable selon les normes et ses utilisations dans différent pays (50%,50% en France et 95%,5% aux état- unis). Il peut contenir ; le propylène, butène, et une faible quantité de méthane, éthylène, pentane, et exceptionnellement d'hydrocarbures tels que le butadiène, l'acétylène et le méthylacrylique.

Le G.P.L est également utilisé comme carburant efficace pour les véhicules, et dans différent domaines tels que la pétrochimie, la production électrique, et la climatisation....etc. [2]

C.2. Composition d'usine GPL :

L'usine de GPL est composée de :

- Trois trains de fractionnement de GPL.
- Une aire de stockage et d'expédition de GPL composée de :
 - Trois sphères de GPL on-spec de 500 m³ chacune.
 - Une sphère de GPL off-spec de 500 m³.
- Une station de compression de gaz pour restituer son énergie de pression pour le renvoyer à la phase à la même pression de départ.

L'énergie nécessaire au fonctionnement de l'usine GPL provient de la centrale

électrique de HAMERA la puissance nécessaire est de 15 MW. [2]

C.3. Objectif des installations :

Les installations de l'usine de GPL sont conçues pour récupérer les GPL contenus dans le gaz de vente produit par les installations de la phase A.

Le gaz résiduaire est renvoyé aux installations de la phase A pour être dirigé vers la vente ou la réinjection.

Quant au GPL produit, il est envoyé dans un pipeline vers HAOUDH ELHAMRA. Le condensât résultant du fractionnement est renvoyé aux installations de la phase A. [2]

C.4. La charge et les produits :

La charge de la phase B est :

- Gaz à traiter : $48,3 \cdot 10^6 \text{STm}^3/\text{j}$.

Les produits de la phase B est :

- Gaz résiduel : $46,2 \cdot 10^6 \text{STm}^3/\text{j}$.
- GPL produit : 3986 T/j.
- Condensât produit : 611 T/j. [2]

C.5. Caractéristiques de l'alimentation :

Les conditions du gaz à l'entrée de l'usine de GPL sont :

- Débit cumulé pour les trois trains : $48,3 \cdot 10^6 \text{STm}^3/\text{j}$.
- Pression : 94,68 bar (a).
- Température : 60°C .
- Poids moléculaire : 19,3.
- Teneur en eau : $< 4 \text{ ppm}$. [2]

La composition de gaz à traiter est donnée dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : La composition de gaz à traiter [2]

Composant	% molaire
CO ₂	0,61
N ₂	0,11
CH ₄	85,34
C ₂ H ₆	8,56
C ₃ H ₈	3,33
I-C ₄ H ₁₀	0,84
n-C ₄ H ₁₀	0,8
i-C ₅ H ₁₂	0,21
n-C ₅ H ₁₂	0,11
C ₆ H ₁₄	0,06
C ₇ ⁺	0,03
Totale	100

D. Description de la phase CPF :

Le Centre de Processus et Fabrication (CPF) a pour :

- traiter 10 millions Sm³/j de gaz brut
- Produire un gaz de vente ayant :
 - Un pouvoir calorifique supérieur (PCS) entre 9800 et 9900 kcal/Sm³
 - Une teneur en CO₂ inférieure à 2 mol%
 - Une pression de 94 bar à la jonction des 36 pouces
 - Teneur en eau inférieure à 1 ppm
- Comprimer le CO₂ à 200 bar et le réinjecter dans un puits déplété
- Condensat non stabilisé à diriger vers la phase A.
- Gaz (associé) lourd à diriger vers la phase A. [2]

D.1. Conception :

- Capacité de Conception : 11 millions Sm³/Jour
- Pouvoir calorifique supérieur : 9870 kcal/Sm³
- Teneur en CO : 1,8 mol%
- Pression du gaz de vente : 96 bar (Figure I.4 et Figure I.5). [2]

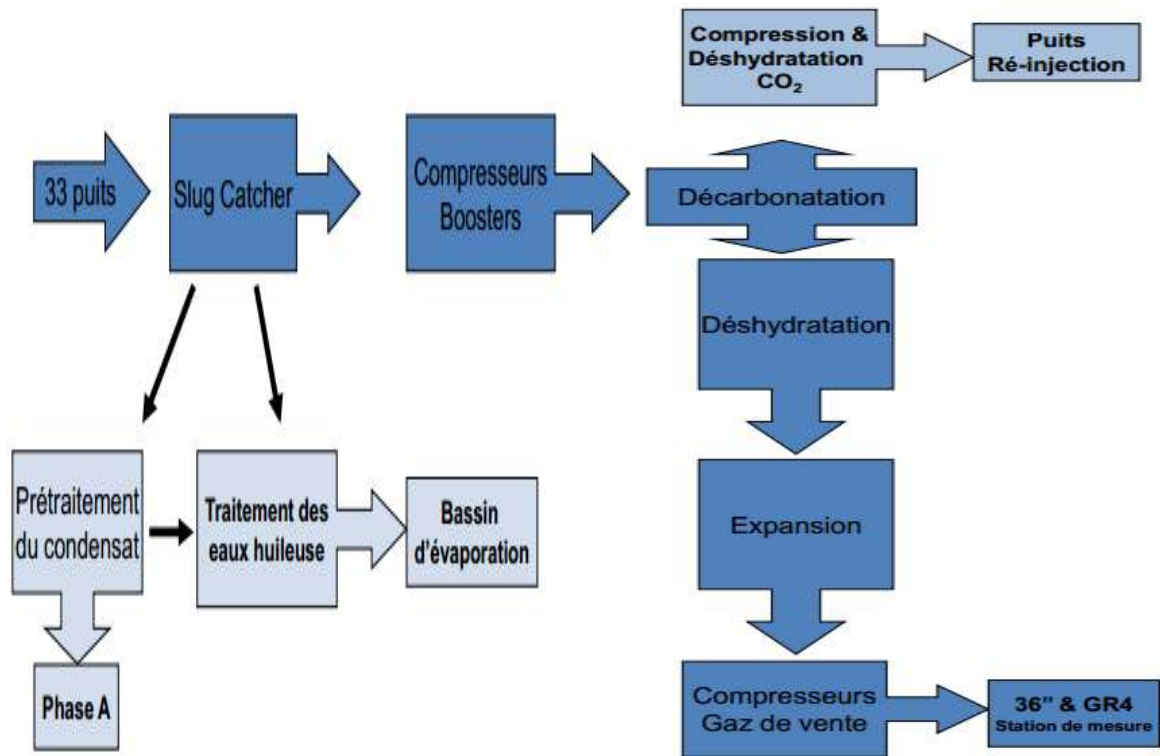


Figure I.4 : Schéma Bloc de la phase CPF [2]

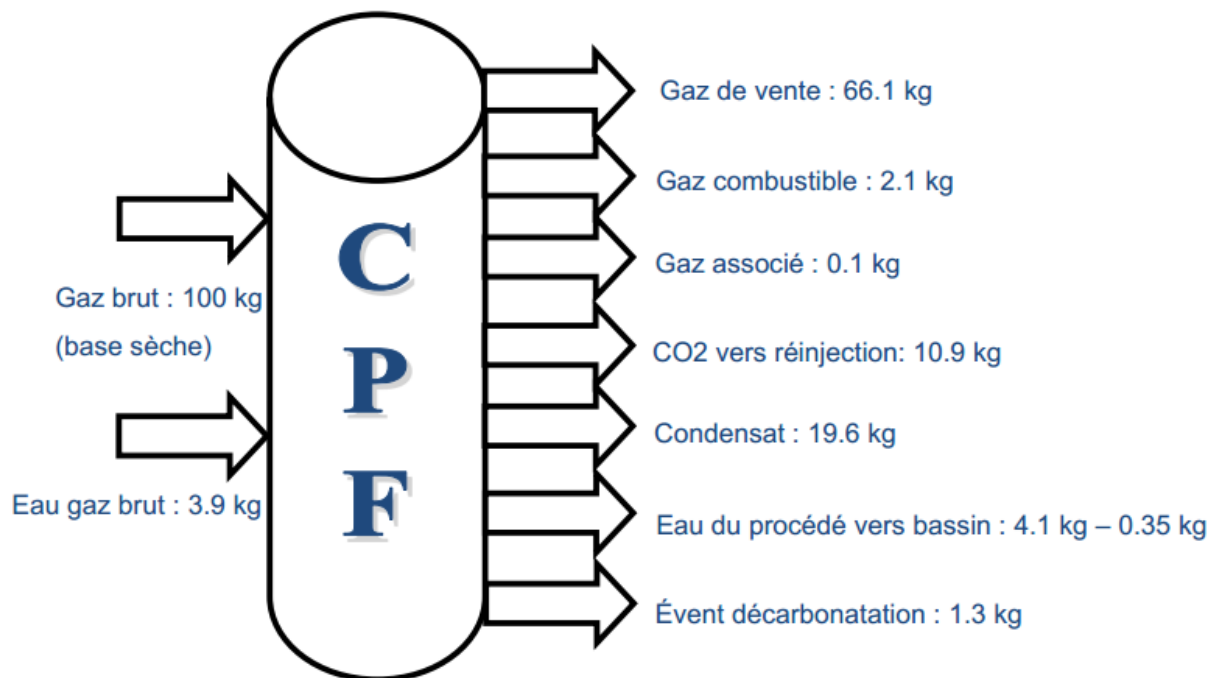


Figure I.5 : Répartition de la masse du gaz brut [2]



Chapitre II

II.1. Introduction :

Les eaux usées (huileuses) industrielles contiennent des composés organiques (hydrocarbures) de nature différente et de concentrations variables. Le rejet de tels effluents dans l'environnement est indésirable et est à l'origine de nombreuses contaminations des eaux de surface et souterraine. Les recherches actuelles visent donc à limiter cette contamination d'origine industrielle en proposant des technologies simples et moins coûteuses. [3]

II.2. Les techniques de traitement des eaux huileuses :

II.2.1. La filtration membranaire :

a. Description :

Le procédé de filtration membranaire permet de traiter les eaux résiduaires, et notamment huileuses. La filtration membranaire est le résultat de la maîtrise de la technologie de la filtration tangentielle sur céramique. Ce procédé de traitement s'adapte parfaitement à la récupération des huiles et de la plupart des métaux lourds.

La filtration est fournie sur un skid complet, avec nettoyage en place et armoire de contrôle. Elle est munie d'un automate programmable avec une interface opérateur. [4]

b. Applications :

Cette technologie est particulièrement adaptée à l'industrie de la récupération des déchets huileux. Elle est une réponse efficace à la problématique du traitement de ces eaux. Habituellement ces eaux sont traitées à l'aide d'installations physico-chimiques, s'avérant complexes d'utilisation.

Par ailleurs, le résidu généré par la filtration membranaire est valorisable, dans le cadre d'une filière de « fuel blending » par exemple. [4]

- **Autres applications :**

La filtration membranaire peut se décliner en nano, ultra ou micro filtration. Elle est particulièrement adaptée pour :

- Procédé de séparation
- Interception de métaux lourds
- Réduction en charge de DCO
- Récupération partielle de sucres
- Récupération de protéines
- Préparation des eaux neuves et de procédés
- Valorisation des sous-produits
- Traitement des rejets avec encres flexographiques
- Bioréacteur à membrane [4]

c. Avantages :

- Pas de produit chimique
- Constance dans la qualité du traitement
- Conduite simple d'opération
- Grande longévité de la membrane
- Insensibilité de la membrane aux produits chimiques, température, etc. ... [4]

d. Options :

- Tamisage de l'affluent à traiter
- Polissage du filtrat
- Filtre au charbon actif [4]

II.2.2. Traitement biologique des eaux usées :**1. Définition :**

Les procédés de traitement biologique des eaux usées sont principalement conçus pour retirer les particules organiques dissoutes ou en suspension dans les eaux usées. Les conditions environnementales sont optimales pour encourager le développement des micro-organismes utilisant des composés organiques tel que le substrat.

En général, le traitement biologique des eaux usées est le plus efficace et le plus rentable lorsqu'il s'agit de retirer la pollution organique de ces eaux. [5]

Les bioréacteurs à membranes ou BRM sont faits pour le traitement conventionnel des eaux usées, mais la séparation des micro-organismes se fait par la filtration des membranes. [5]



Figure II.1. Les bioréacteurs à membranes. [5]

Système conteneurisé de BRM à écoulement transversal pour l'industrie offshore dans le traitement des eaux usées. [5]

Les réacteurs bio-film à lit mouvant offrent une solution économique pour le traitement des eaux usées si l'on veut se débarrasser de la masse des polluants (comme moyen de réduction du cout) ou si les régulations applicable pour la décharge de ces polluants n'est pas trop stricte. [5]

II.2.3. Technique de photocatalyse :

a. Définitions :

Etymologiquement, le terme photocatalyse est issu de trois mots grecs : photos (lumière), kata (vers le bas ou l'arrière) et lysés (dissolution ou décomposition). [6]

La photocatalyse est donc l'action d'une substance nommée « photocatalyseur » qui augmente, sous l'action de la lumière, la vitesse d'une réaction chimique thermodynamiquement possible sans intervenir dans l'équation bilan de la réaction. [6]

D'après l'IUPAC (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée), la photocatalyse est le domaine de la catalyse qui fait intervenir la lumière comme moyen d'activation du catalyseur. Plus généralement il est possible de définir le concept de photocatalyse à travers les réactions chimiques dites photocatalytiques induites par l'absorption de photons (énergie lumineuse) par un photocatalyseur. [7]

Les photocatalyseurs sont des matériaux semi-conducteurs dont l'absorption de photons permet de promouvoir un électron depuis la bande de valence vers la bande de conduction alors séparées énergétiquement par une bande interdite appelée band gap. De cette promotion naît alors au sein du matériau une paire dite électron-trou qui sera à l'origine de réactions d'oxydo-réduction des composés adsorbés à sa surface, générant de fait des espèces radicalaires dont OH au fort pouvoir oxydant [7].

D'une façon analogue aux réactions catalytiques, la réaction ne peut être qualifiée de photocatalytique que dans le cas où le photocatalyseur n'est ni consommé ni modifié lors du processus. Cependant, Ohtani souligne en 2008 qu'il est dangereux de considérer le photocatalyseur comme un catalyseur. D'un point de vue thermodynamique, un catalyseur classique agit en diminuant l'énergie d'activation de la réaction ce qui n'est pas le cas du photocatalyseur (Ohtani, 2008). [7]

b. Applications de la photocatalyse :

Les applications de la photocatalyse sont nombreuses et l'objet de ce paragraphe n'est pas d'en faire une liste exhaustive mais simplement de donner une idée des nombreuses perspectives qu'offre ce procédé : production d'hydrogène, utilisation du rayonnement.

La photocatalyse est également utilisée en chimie fine dans le but de synthétiser certaines molécules cibles en solution dans un solvant inerte. Les procédés d'oxydation sont les plus courants pour fonctionnaliser certains réactifs notamment les alcanes et leurs produits d'oxydation (Carp et al. 2004 ; Hermann et al. 2007) Cependant, sous certaines conditions (absence d'oxygène, source de proton, etc.) mais tout de même dans une moindre mesure, il est également possible de réaliser des réactions de réduction : Mahdavi et al. ont ainsi mis en œuvre la réduction de la nitrocoumarine en aminocoumarine par photocatalyse dans l'éthanol (Madhavi et al, 1993). Certains auteurs ont même proposé la réduction du CO₂ en contact avec la vapeur d'eau en hydrocarbures gazeux : Tan et al. ont mis en évidence qu'en utilisant des grains de TiO₂ et un rayonnement UV-C (254 nm) il était alors possible de produire du méthane à pression et température ambiantes (Tan et al, 2006).

Enfin, on ne peut parler des applications de la photocatalyse sans évoquer le cas de la dégradation des polluants de l'air et de l'eau. Le traitement des effluents par oxydation. [6]

c. Traitement de l'eau par photocatalyse hétérogène :**▪ Principes et mécanismes :**

Parmi les diverses applications de la photocatalyse, le traitement de l'eau utilisant ce type de procédé a fait l'objet de nombreuses publications et brevets ces dernières années. En catalyse classique, on distingue la catalyse homogène de celle dite hétérogène en fonction de l'état du catalyseur par rapport aux réactifs (catalyse homogène : réactifs et catalyseurs dans le même état physique ; catalyse hétérogène : catalyseur dans un état différent des réactifs - exemple : catalyseur solide et réactifs liquides). Dans le cas du traitement de l'eau par photocatalyse hétérogène, les réactifs sont dissous dans la matrice aqueuse liquide et le photocatalyseur est un solide. [7]

- Les étapes clés en photocatalyse hétérogène

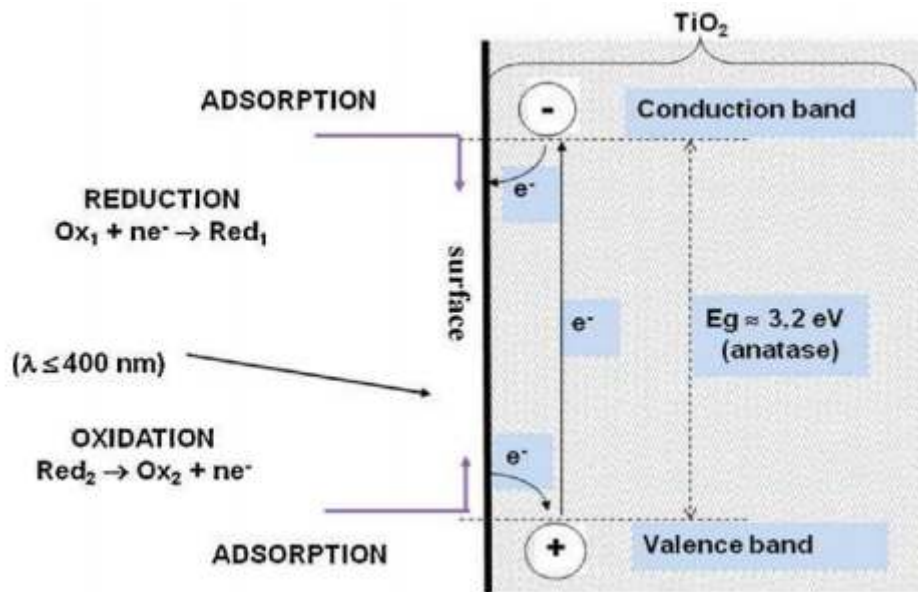


Figure II.2 : principe de la photocatalyse dans le cas d'un semi-conducteur TiO_2 (Herrmann, 2010a et 2010b). [7]

De même qu'en catalyse hétérogène, la photocatalyse hétérogène peut être décrite à travers 5 étapes réactionnelles :

- (i) transfert des réactifs de la phase fluide vers le photocatalyseur – diffusion matérielle ;
- (ii) adsorption des réactifs à la surface du photocatalyseur ;
- (iii) réactions de surface ;
- (iv) désorption ;
- (v) transfert des produits réactionnels du photocatalyseur vers la phase fluide. La grande différence entre catalyse hétérogène et photocatalyse hétérogène réside dans l'étape (iii) qui au lieu d'être activée thermiquement nécessite l'absorption d'un photon. Cette activation photo induite permet la formation au sein du semi-conducteur de paires électrons-trous (un électron e^- de la bande de valence BV est promu dans la bande de conduction BC laissant alors un trou h^+ dans la BV) ; lesquelles initieront des réactions d'oxydo-réduction en surface avec notamment la production d'espèces radicalaires (figure II.2). [7]

II.2.4. La technique de traitement physico-chimique :

1. Définition :

Le traitement physico-chimique peut être appliqué essentiellement pour réduire les teneurs en métaux (précipitation), en huiles (cassage), en colloïdes. Toutefois, il peut aussi réduire une fraction de la pollution organique (présente sous forme colloïdale) et atténuer la coloration des effluents. Pour certains composés, il peut être associé à des traitements de déshuilage/dégraissage. S'aires pour obtenir des particules (flocs) susceptibles d'être séparées de l'eau. [8]

Le but d'un traitement physico-chimique est de permettre la séparation de phases :

- solide/liquide : élimination de matières en suspension ;
- liquide/liquide : élimination d'hydrocarbures et d'huiles/grasses.

Ce processus se fera de manière naturelle par simple séparation gravitaire dans des ouvrages de prétraitement rudimentaires ou bien en mettant en œuvre des traitements de floculation/flottation où des produits de traitements et des installations spécifiques seront nécessaires pour obtenir des particules (flocs) susceptibles d'être séparées de l'eau.[8]

2. Explication de la Technique :

Le procédé de traitement appliqué un ensemble de techniques de traitement combiné physique et chimique dont les étapes sont les suivantes :

Traitements physico-chimiques (coagulation, floculation, sédimentation & filtration).

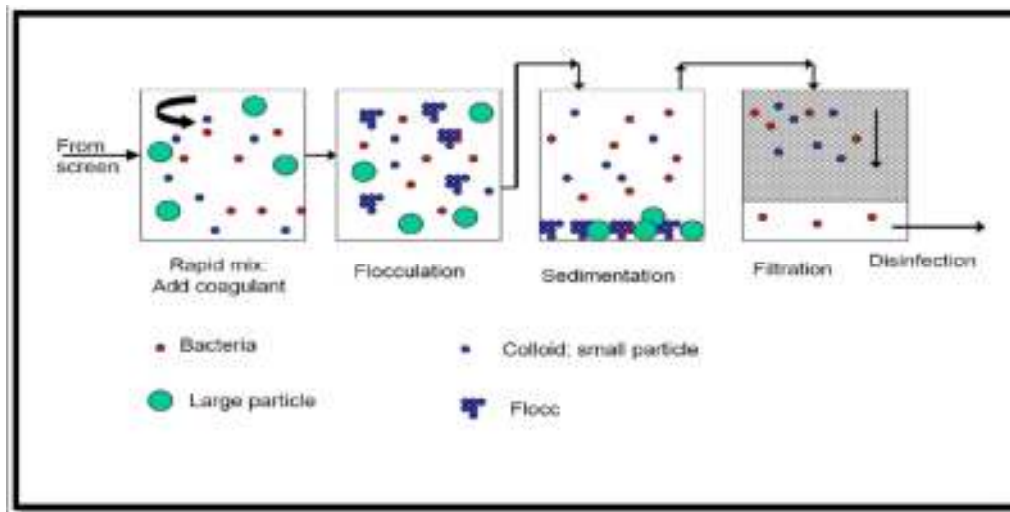


Figure II.3 : Les étapes de traitements des eaux huileuses. [8]

2. A. Traitement physique :

▪ Sédimentation :

Procédé d'enlèvement des matières solides décantables en suspension dans l'eau. Cette méthode fondée sur le phénomène de sédimentation vise la séparation des particules en suspension dans un liquide, par dépôt sous l'action de leurs poids (décantation gravimétrique) ou de la force centrifuge (décantation centrifuge). Le phénomène de sédimentation peut se manifester différemment selon la concentration de la suspension, les caractéristiques propres des particules et les interactions possibles entre elles. [8]

▪ Filtration :

Procédé pour séparer les impuretés suspendues ou colloïdales dans l'eau en faisant passer. Celle-ci dans un médium poreux, exemple : sable. [8]

Objectif :

Enlever toutes particules fines suspendues n'ayant pas sédimer de façon à obtenir une eau transparente. [8]

2. B. Traitement chimique :

1. Introduction :

Le mot coagulation vient du latin coagulare qui signifie « agglomérer », La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre (les colloïdes). Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1 m en chute libre peut être de plusieurs années.

La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ou filtration. [8]

2. Coagulation – Floculation :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. [9]

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques. La floculation a pour but de favoriser, à

l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation. [9]

- **Quelques ordres de grandeurs :**

Quelle est la taille de ces si petites particules dites colloïdales ?

Tableau II.1 : Les tailles des colloïdales. [9]

Diamètre des particules (micromètre)	Etat	Exemple
< 0,001	Etat dissous	
0,001 à 1	Etat colloïdal	Oxydes et hydroxydes Argile Huiles et graisses Bactéries
> 1	Solides décantables	Limon ; Sables pollens

Quel est le temps mis par ces particules pour chuter naturellement d'un mètre dans l'eau?

Tableau II.2 : Le temps de chute des colloïdes. [9]

Type	Diamètre des particules (micromètre)	Temps de décantation
Gravier	10 000	1 s
Sables grossiers	1 000	10 s
Sables fins	100	2 min
Argile	10	2 h
Bactéries	1	8 j
Colloïdes	0,1 à 0,001	2 à 200 ans

2.1. Principe de la coagulation :

Les particules en suspension dans une eau de surface proviennent de l'érosion du sol, de la dissolution de substances minérales et de la décomposition de matière organique. A cet apport naturel, s'ajoutent les eaux d'égouts domestiques, industriels ou agricoles. En général, la turbidité est causée par des particules de matière inorganique, alors que la couleur est imputable aux particules de matière organique et aux hydroxydes de métaux. [9]

▪ **Structure des colloïdes :**

Dans une eau de surface, les colloïdes portent des charges négatives situées à leur surface. Ces charges négatives attirent les ions positifs en solution dans l'eau. Ceux-ci sont étroitement collés au colloïde et forment la couche liée ou de STERN, qui attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité des cations ; c'est la couche diffuse ou de GOUY. Il y a donc formation d'une double couche ionique, l'un accompagnant la particule lors de ces déplacements, l'autre se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard. [9]

Il existe entre ces deux couches un potentiel électrostatique ou de NERNST, qui varie en fonction de la distance par rapport à la surface du colloïde.

Dans la couche liée, le potentiel de NERNST décroît linéairement car les cations constitutifs sont empilés uniformément. En revanche, dans la couche de GOUY, le potentiel électrostatique varie de manière non linéaire, étant donné que la répartition ionique résulte d'un mélange aléatoire de cations et d'anions.

La valeur du potentiel à la surface de la couche de NERNST est appelé potentiel zêta. Les colloïdes étant chargés négativement, ce potentiel est négatif. Dans les eaux naturelles, sa valeur varie de -30 à -35 mV. Les particules de potentiel zêta négatif se repoussent très fortement. C'est pourquoi, les colloïdes sont très stables et inhibent toute agglomération. [9]

▪ **Phénomène de coagulation :**

On en déduit donc que l'élimination des colloïdes passe par l'annulation du potentiel zêta afin d'annuler les forces de répulsion.

Considérons deux particules colloïdales A et B.

Entre ces deux particules, il existe des forces de répulsion électrostatiques, dues à la charge de surface, et des forces d'attraction intermoléculaires, dues aux interactions de Van der Walls. L'énergie potentielle de A et B varie donc en fonction de la distance les séparant. [9]

Tableau II.3 : Distance interparticulaire. [9]

Distance interparticulaire	Interprétation
$d > d_3$	aucune interaction
$d_3 < d < d_2$	attraction faible
$d_2 < d < d_1$	attraction forte,
$d < d_1$	attraction forte, adhésion

d, d_1, d_2, d_3 : Distance interparticulaire

Pour permettre l'adhésion des particules, il faut donc vaincre la barrière énergétique de répulsion :

- soit en augmentant l'énergie cinétique des particules
- soit en abaissant la barrière de répulsion.

Dans le premier cas, il faudrait augmenter l'agitation des particules par élévation de température, ce qui est impossible pour les volumes d'eau à traiter.

Dans le second cas, il faut annuler les forces de répulsion électrostatique, donc le potentiel zêta. [9]

▪ **Stratégies théoriquement possibles :**

Pour annuler le potentiel zêta, on peut :

- ajuster le pH pour atteindre le point de charge nulle des particules colloïdales.
- augmenter la salinité pour comprimer la couche diffuse.
- neutraliser la charge de surface par des cations polyvalents.
- piéger les colloïdes dans des précipités.
- adsorber les colloïdes sur des polymères chargés à longue chaîne. [9]

Vues les quantités à traiter, les deux premières possibilités ne sont pas applicables au niveau industriel. La coagulation chimique, par apport de cations trivalents, est donc la meilleure solution. [9]

▪ **Réactifs utilisés :**

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et produire des floes sont :

- le sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18 \text{H}_2\text{O}$
- l'aluminate de sodium NaAlO_2
- le chlorure ferrique $\text{FeCl}_3, 6 \text{H}_2\text{O}$
- le sulfate ferrique $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3, 9 \text{H}_2\text{O}$
- le sulfate ferreux $\text{FeSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$.

L'efficacité de ces coagulants est directement liée à la valence des cations utilisés. Ainsi un ion divalent est-il jusqu'à 200 fois plus efficace et une trivalente jusqu'à 10000 fois plus efficace qu'un monovalent. Les doses de coagulant à mettre en œuvre peuvent donc varier d'un facteur 100 !

On a longtemps pensé que les sels libéraient des ions Al^{3+} et Fe^{3+} qui neutralisaient la force de répulsion entre les particules colloïdales et favorisaient ainsi la coagulation. On sait maintenant que les mécanismes qui entrent en jeu sont plus complexes et que les produits

d'hydrolyse des sels d'aluminium et de fer sont des coagulants plus efficaces que les ions eux-mêmes. [9]

La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes. Prenons l'exemple du sulfate d'aluminium :

L'étape 1 est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires polychargés positifs se forment. Ils sont très efficaces pour neutraliser la charge des colloïdes. Il s'agit de la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement.

L'étape 2 permet la formation du précipité d' $\text{Al}(\text{OH})_3$. Cette réaction dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure la coalescence des colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculant. [9]

2.2. Principe de la floculation

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité de rencontre entre les particules grâce à l'agitation du fluide. [9]

Rôle de pH :

Les floes sont des précipités d'hydroxydes de métaux. Leur formation et leur stabilité dépendent donc du pH. Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau II.4 : Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium [9]

Forme prédominante	pH
$\text{Al}(\text{OH})_3$	5,8 à 7,2
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	5,5 à 8,3

De plus, dans ces gammes de pH, les formes dissoutes Fe^{3+} et Al^{3+} sont quasi-inexistantes. On minimise donc :

- les risques sanitaires par contamination de l'eau (Al^{3+})
- la pollution colorée (Fe^{3+})
- la corrosion du réseau du fait de l'existence de ferrobactéries et de phénomènes d'oxydoréduction. [9]



Chapitre III

III.1. Les paramètres de pollution d'eau :

III.1.1. La DCO :

La **DCO** exprimée en mgO_2/l correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans un contexte réactionnel les matières organiques contenues dans l'échantillon.

III.1.2. La DBO :

La **DBO** est la quantité d'oxygène exprimée en $\text{mg O}_2/\text{l}$, consommée dans les conditions de l'essai par des micro-organismes aérobies lors de la dégradation des composés organiques présents dans l'échantillon.

III.1.3. MES :

Les **MES** représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdal, donc filtrables. Elles sont organiques ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau.

III.1.4. Le pH :

C'est une mesure qui donne des indications sur l'acidité ou la basicité des eaux. Grâce à un pH-mètre, les mesures se font in situ.

III.1.5. La turbidité :

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

III. 2. Appareillage :

III. 2. 1. DCO mètre :

Cet appareil, est un thermostat programmable, utilisé pour chauffer les échantillons dans un temps connu, pour réaliser la réaction d'oxydation. Par exemple le programme utilisé dans ce travail est de température égale à 148°C et un temps égale à 2 heures.



Figure.III.1: DCO mètre

III. 2. 2. DBO mètre :

C'est un appareil donne des mesures directes de l'oxygène consommé par les micro-organismes d'un environnement enrichi en oxygène dans un récipient clos dans des conditions d'agitation et de température constantes. Le dioxyde de carbone produit métaboliquement par les bactéries est chimiquement piégé par une solution d'hydroxyde de potassium contenu dans le réservoir de potasse dans la bouteille.



Figure.III.2: DBO mètre

III. 2. 3. pH mètre

Un **pH-mètre** est un appareil électronique, permettant la mesure du pH d'une solution.



Figure.III.3:pH mètre

III. 2. 4. Spectrophotomètre :

Un spectrophotomètre est un appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée ou sur une région donnée du spectre. Selon la loi de Beer-Lambert, l'absorbance d'une solution est proportionnelle à la concentration des substances en solution, à condition de se placer à la longueur d'onde à laquelle la substance absorbe les rayons lumineux.

En pratique, il est préférable de tracer la courbe d'étalonnage, c'est-à-dire la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration ($A = f(c)$) mesurée pour plusieurs solutions étalon (des solutions dont on connaît très précisément la concentration) et d'en déduire, par interpolation, la concentration des solutions à analyser.



Figure.III.4: Spectrophotomètre UV-visible (HACH2800)

III. 2. 5. Filtration sous vide :

Cet appareil est utilisé pour filtrer les solutions avec papier filtre et une pompe, sous vide.



Figure.III.5: Filtration sous vide

III. 2. 6. Turbidimètre :

C'est un appareil pour mesurer la turbidité de l'eau.



Figure.III.6:Turbidimètre

III. 2. 7. Agitateur automatique :

Le principe de cet appareil est l'agitation en fonction du temps.



Figure.III.7: Agitateur automatique

III. 3. Produits chimiques utilisés :

1. Coagulant : Solution de FeCl_3 ;

On prépare une solution à partir de FeCl_3 et l'eau distillée (solution de molarité $6 \cdot 10^{-2} \text{ M}$)

2. Flocculant : (flocculant chimique) est un polymère ;

On pèse une quantité de ce flocculant et on prépare solution avec l'eau distillée.

3. Solvant : On utilise l'hexane comme un solvant.

4. L'eau brute : Est l'eau huileuse (l'eau de la phase A de l'usine).

5. Hydroxyde de Sodium (NaOH).

6. Hydroxyde de Potassium (KOH).

7. Créateurs de Bactéries.

8. Les réactifs de DCO.

III.4. Analyse de l'eau brute (non traitée) :

On met l'eau brute dans une ampoule à décanter et on le laisse reposée 30min.

Après la décantation, on prend la phase aqueuse et on fait les analyses suivantes :

III.4. 1. Valeur du pH: On prend 20 ml de l'eau brute et on mesure le pH.

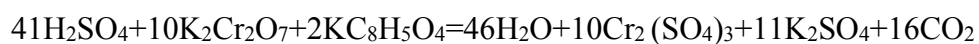
III.4. 2. DCO :

- Mélanger le contenu de cuve pour avoir une solution homogène.
- Pipetter 2.0ml d'échantillon (l'eau non traitée) avec précaution.
- Fermer la cuve et nettoyer l'extérieur de celle-ci.
- Mélanger (on remarque que la réaction est exothermique (réaction d'oxydation)).

Les cuves de DCO :

Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium sulfurique, en présence de sulfate d'argent. Le chlorure est masqué avec di sulfate de mercure. La coloration verte du Cr^{3+} sera déterminée photométriquement.

La réaction d'oxydation:



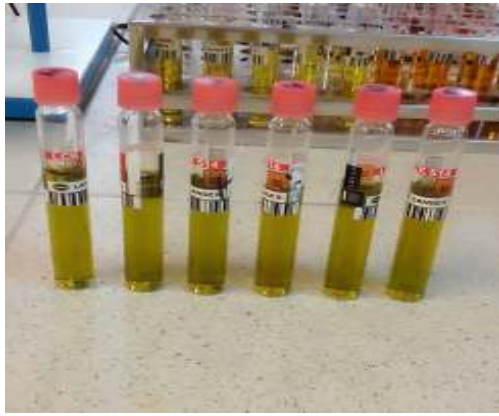


Figure. III.8: Les cuves de DCO

- Chauffer dans le thermostat (DCO mètre) 2h à 148°C.
- Après 2 heures, on fait sortir la cuve chaude, on le laisse refroidir à la température ambiante on la nettoie bien de l'extérieur et on prend la mesurer par spectrophotomètre.

III.4. 3. MES :

- On pèse le papier filtre avant filtration ;
- On ajoute un volume de 250ml de l'eau brute (phase aqueuse) ;
- On le laisse pour sécher et après le séchage on pèse pour la 2ème fois.

$$\text{MES} = ((m_1 - m_0) / v) \times 100$$

m_0 : la masse de papier filtre avant filtration

m_1 : la masse de papier filtre après filtration

v : 250ml



Figure.III.9: Balance

III.4. 4. TH :

On prend 100ml de la phase aqueuse, on met le dans l'ampoule à décanté et on ajoute 10ml d'hexane (pour absorbé les hydrocarbures).on laisse le 15 minutes.



Figure.III.10: Séparation des phases.

Après la décantation on met la phase organique formé dans la cuve de spectrophotomètre.

On nettoyer bien la cuve et mesure l'absorbance ensuite on fait la projection sur la courbe d'étalonnage et lire le taux d'hydrocarbures en mg/l.

III.4. 5. DBO₅ :

- On prend 95 ml de filtrat de l'eau traité (phase aqueuse), on met l'échantillon dans une bouteille, on ajoute un créateur des bactéries, et on ferme la bouteille avec un bouchant poreux.
- On ajoute un caillou de KOH pour l'aspiration de CO₂.
- On met les bouteilles des échantillons dans l'appareil de mesure de DBO.



Figure.III.11: Bouteille de DBO mètre

III.5.Traitement de l'eau brute avec coagulant :

III.5.1 Principe :

Les particules en suspension devraient se décanter à une vitesse décrite par la loi de *Stokes*. Cependant, la taille réduite de ces particules rend leur vitesse de décantation particulièrement lent. Les particules plus fines ont des vitesses tellement faibles que leur décantation prendrait des années au moins. De plus, ces particules sont chargées électriquement (négativement), ce qui les repousse les unes des autres et les maintient en suspension.

Pour décanter ces particules, il faut réduire ces charges répulsives et créer des liaisons chimiques, ioniques ou électrostatiques entre particules qui formeront des floccs qui décanteront rapidement et seront plus facilement filtrables. C'est le rôle des coagulants.

III.5.2 Optimisation de la dose du coagulant :

Du point de vue de la mise en œuvre de la coagulation-floculation, deux paramètres nécessitent une attention particulière lors du dimensionnement d'un traitement de coagulation-floculation : les quantités de réactifs à ajouter et les vitesses d'agitation du milieu réactionnel.

Ces quatre valeurs (une quantité de réactif et sa vitesse d'agitation associée pour la coagulation puis une quantité de réactif et sa vitesse d'agitation associée pour la floculation) sont à déterminer en fonction de l'eau à traiter. Et dans ce domaine, il n'existe pas de règle ou de formule de dimensionnement : ces valeurs ne peuvent être déterminées que de façon empirique, par tâtonnements et par des essais sur échantillons en laboratoire.

L'injection d'une trop grande quantité de coagulant pourrait charger les particules positivement et recréer des forces répulsives empêchant alors la création des floccs et donc la décantation complète des particules.

III. 5.3 Détermination du volume optimal de coagulant :

Dans le but de déterminer le volume optimal de coagulant, on suit le protocole expérimental suivant:

On prépare des solutions de 500ml d'eau brute dans des béchers et on ajoute ensuite, des volumes connus (0.5ml, 0.7ml, 1ml, 1.2ml, 1.5ml, 1.7ml) de coagulant dans chaque bécher. On fait l'agitation par un agitateur automatique (floculant mètre) pour une vitesse égale à 10 tours/minute dans 10minutes.

Après l'agitation on met les solutions dans des ampoules à décanter pour la séparation des deux phases. On prend la phase aqueuse pour la filtration.

Après on fait les analyses suivantes : DCO, MES, TH et la turbidité.

1. DCO :

On prend 60ml de la phase aqueuse (avant filtration) et on lever le ph à 12.5 à partir de solution de NAOH; on laisse les quelques minutes pour la précipitation et on suite on filtrer les; puis on fait les même étapes de l'eau brute (DCO).

2. MES.

3. La turbidité :

Avant filtration on mesure la turbidité de l'eau traité (10 ml de phase aqueuse)

III.6.Traitement de l'eau brute avec coagulant –Floculant :

III.6.1 rôle du floculant :

Le floculant est un polymère qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et forme ainsi des floccs volumineux qui se déposent par gravité. Il est ajouté après la coagulation pour augmenter davantage la taille et la cohésion des floccs. Le procédé de coagulation-floculation peut-être employé pour retirer plusieurs types de substances organiques et inorganiques : les graisses, les huiles, le phosphore, la matière en suspension (MES), les métaux lourds, etc. Ce procédé permet donc la réduction de la demande biochimique et chimique en oxygène (DBO et DCO), de même qu'une réduction des populations bactériennes.

III.6.2. Détermination du volume optimal de flocculant :

Afin de déterminer le volume optimal de flocculant on suit le protocole expérimentale suivant:

On choisit des béchers de 500ml ; on prépare des solutions de 500ml d'eau brute et on ajoute des volumes connus (0.5ml, 0.7ml, 1ml, 1.2ml, 1.5ml, 1.7ml) de coagulant dans chaque bécher. On prépare des solutions de l'eau avec des volumes de coagulant dans des béchers de 500ml et on agite les par l'agitateur pour 10min avec une vitesse de 100 tr/min

Après l'agitation on ajoute les mêmes volumes mais en flocculant et on fait l'agitation d'une vitesse de 20tr/min pour 10min aussi.

On refait toutes les analyses qui sont déjà citées.

III.7.Résultats et discussion :

III.7.1 Résultats des analyses de l'eau brute (avant traitement) :

Les résultats de ces analyses sont regroupés dans le tableau ci-dessous:

Tableau.III.1. Résultats des analyses de l'eau brute (avant traitement)

DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	TH (mg/l)	MES (mg/l)	PH	Turbidité
825	572	202.68	24	6,9	42.3

Les résultats des analyses de l'eau brute (tableau ci-dessus) montrent clairement les valeurs très élevées de la DBO et DCO et des valeurs moyennement élevées de TH et de la turbidité. Ces valeurs sont tous hors normes, ce qui nécessite un traitement adéquat.

III.7.2 Résultats des analyses après traitement avec coagulant :

Le tableau III.2. Regroupe les résultats des analyses de l'eau brute après traitement avec un coagulant.

Tableau III.2. Résultats des analyses de l'eau brute après traitement avec coagulant.

Volume de coagulant (ml)	DCO (mg/l)	TH (mg/l)	MES (mg/l)	Turbidité	PH
0,5	55,1	72,04	6,66	15,1	6.92
0,7	56,3	54,83	53,33	14,4	6.81
1	57,9	39,78	73,33	6,5	6.78
1,2	48,9	8,06	63,33	4,42	6.33
1,5	51,1	18,81	16	2,66	6.3
1,7	54,2	5,38	15,33	1,91	6.62

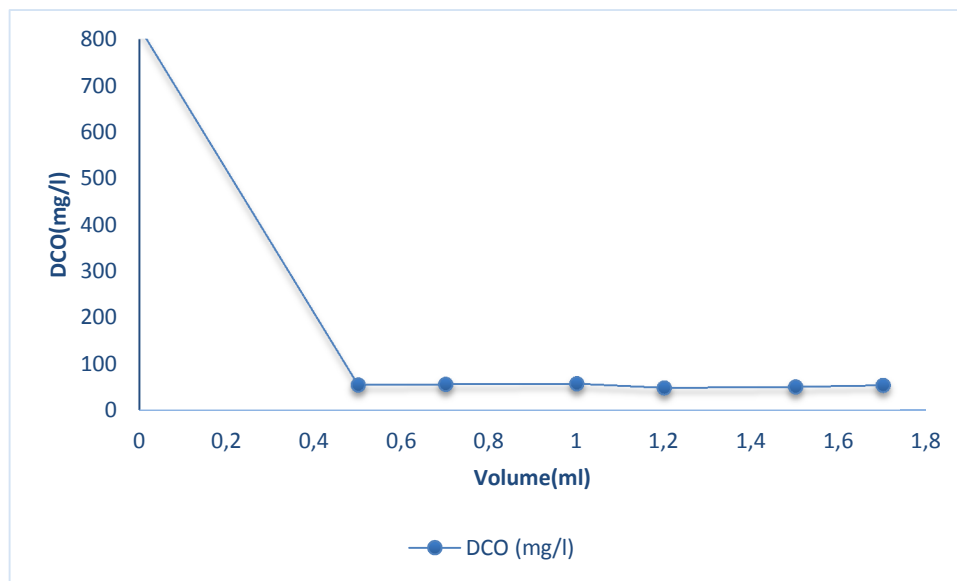


Figure.III.12 : Courbe de DCO

D'après le tracé de la figure III.12 on peut remarquer que la valeur de la DCO diminue d'une façon considérable dès l'ajout d'une faible quantité de coagulant (0,5 ml), ensuite elle atteint une valeur minimale de 48 puis elle remonte.

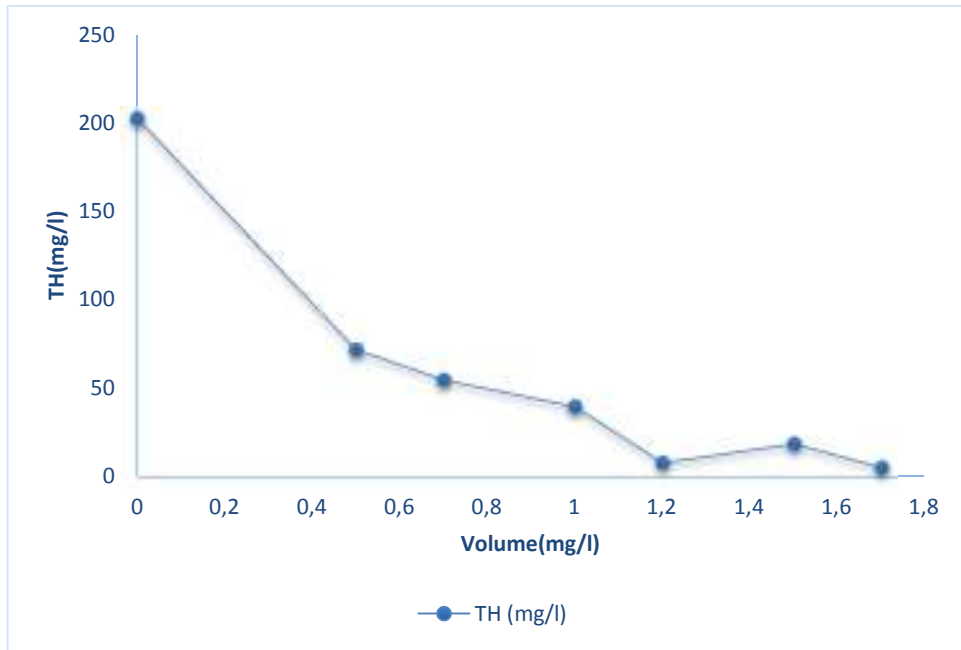


Figure.III.13 : Courbe de TH

Les résultats de la figure III.13 montrent que le taux des hydrocarbures ou la quantité des hydrocarbures diminue avec l'augmentation du volume de coagulant, sauf pour la valeur de 1,2 ml.

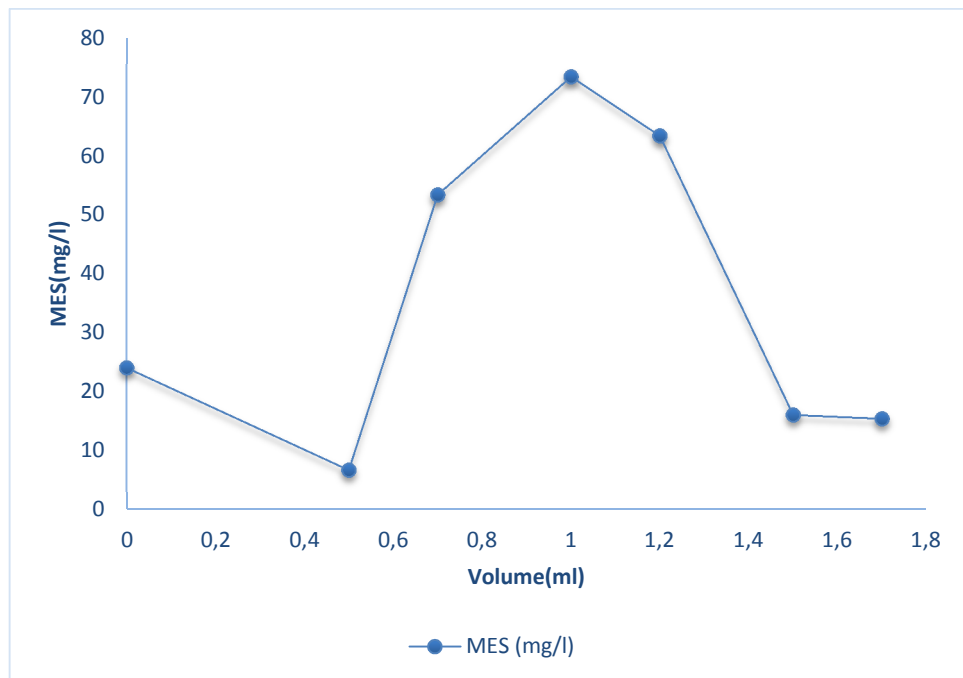


Fig.III.14 : Courbe de MES

Les résultats de la variation de la MES en fonction du volume du coagulant ajouté (figure III.14), montrent que, juste après l'ajout de 0.5 ml de coagulant, la valeur de la

MES diminue, ensuite elle augmente d'une façon considérable pour diminuer avec une valeur de 1,5ml de coagulant.

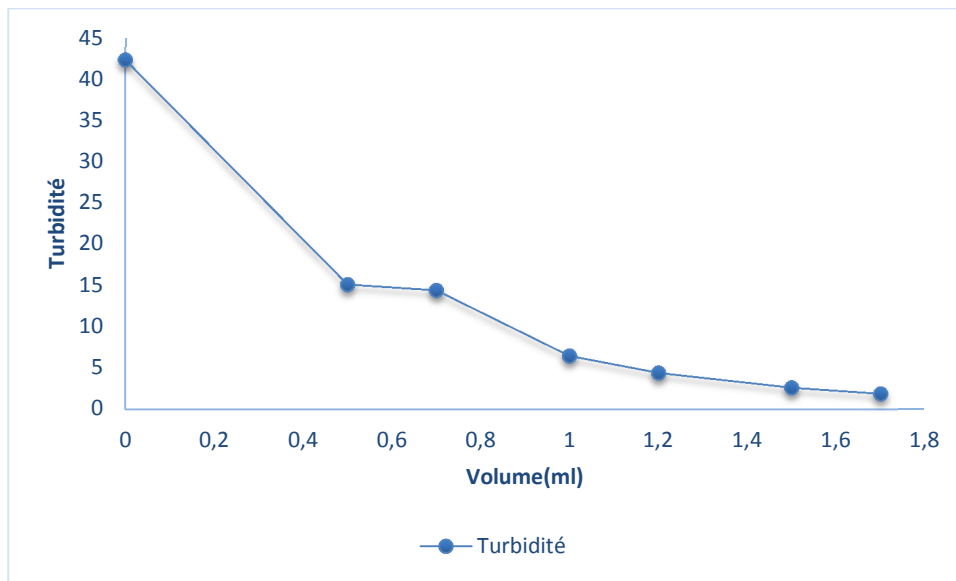


Figure.III.15 : Courbe de turbidité

La figure III.15 montre que la turbidité, diminue considérablement, juste après l'ajout du coagulant, puis elle diminue progressivement, en fonction de la quantité du coagulant ajouté.

L'analyse des résultats obtenus, nous permet de dire, qu'avec un volume de 0.5 ml du coagulant nous obtenons un bon traitement de notre eau huileuse du moment où toutes les analyses obtenus sont dans les normes sauf la MES qui reste hors norme. On peut noter aussi la valeur très faible de la DCO, qui est une caractéristique très importante dans ce type de traitement.

III.7.3 Résultats des analyses après traitement avec coagulant-Floculant :

Les résultats obtenus dans cette étape sont récapitulés dans le tableau suivant:

Tableau III.2. Résultats des analyses de l'eau brute après traitement avec coagulant-Floculant.

Volume (ml)	DCO (mg/l)	TH (mg/l)	MES (mg/l)	Turbidité
0,5	80.4	7,52	12,66	7,48
0,7	79,9	14.46	12	2,55
1	64.7	6,98	10	2,44
1,2	-	28,49	7,5	1,68
1,5	-	1,07	6	1,55
1,7	-	0,53	3,5	1,4

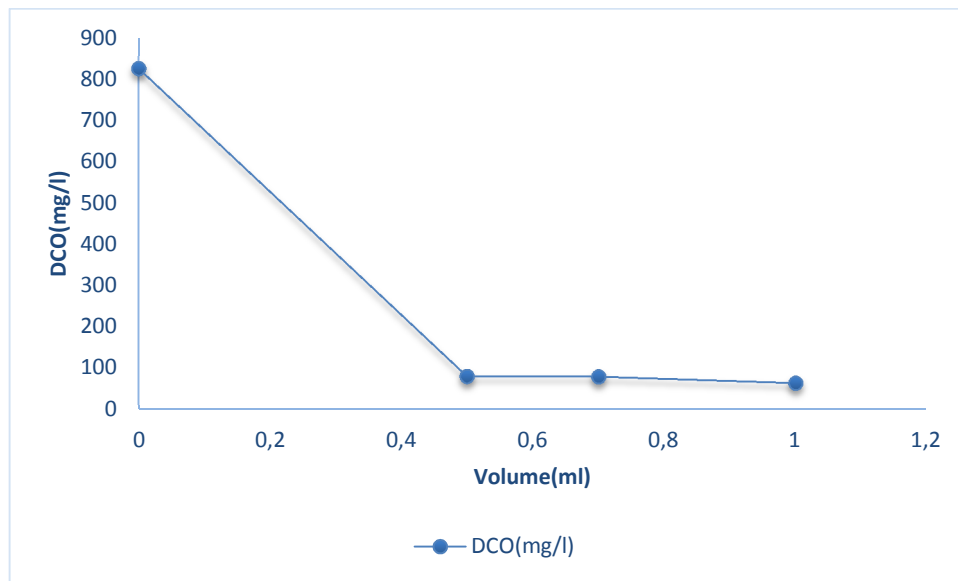


Figure.III.16 : Courbe de DCO

La variation de la DCO en fonction de la quantité du floculant ajoutée (figure.III.16) montre, qu'il n'y a aucun apport pour la DCO avec l'ajout du floculant, au contraire les valeurs obtenues avec le coagulant seul, sont meilleures.

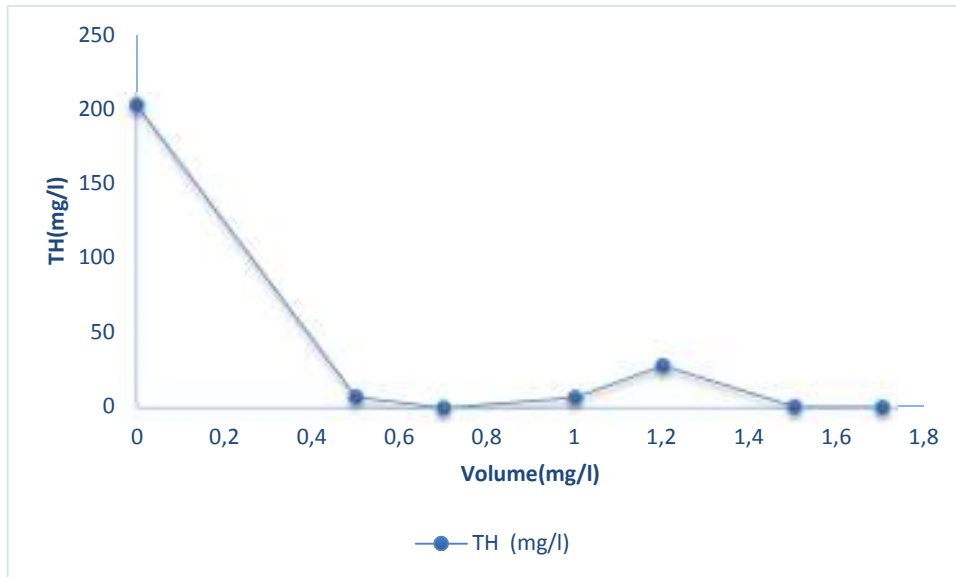


Figure.III.17 : Courbe de TH

L'ajout de 0,5 ml de flocculant diminue d'une façon importante la valeur de la TH, ensuite elle oscille pour atteindre une valeur minimale de 0,5376 mg/l avec 1,7 ml de flocculant (Figure III.17). L'ajout du flocculant améliore bien les valeurs du TH.

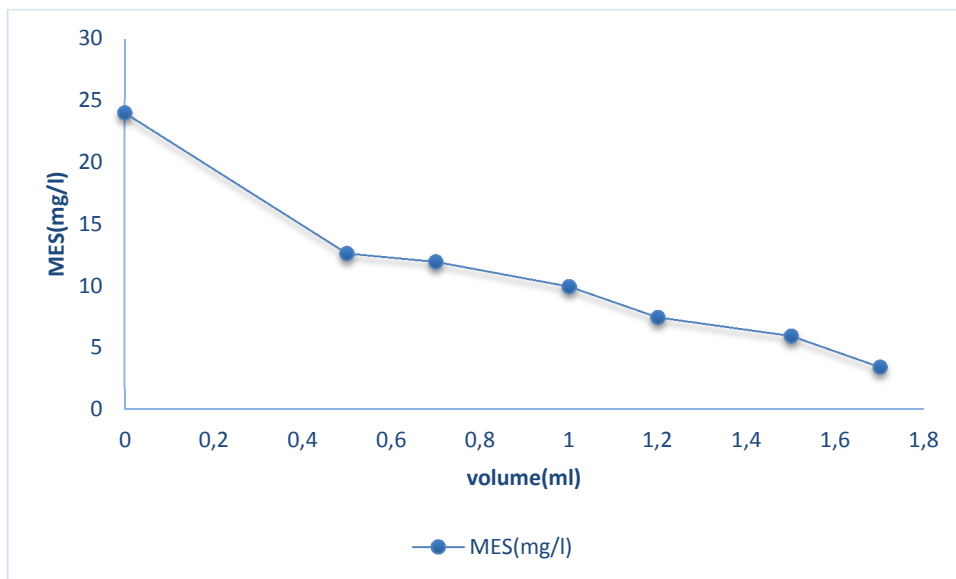


Figure.III.18 : Courbe de MES

Les résultats de la variation de la MES en fonction du volume du flocculant ajouté (fig.III.18), montre clairement la diminution importante de ces valeurs par l'ajout du flocculant, comparées à ceux obtenues avec le coagulant seul.

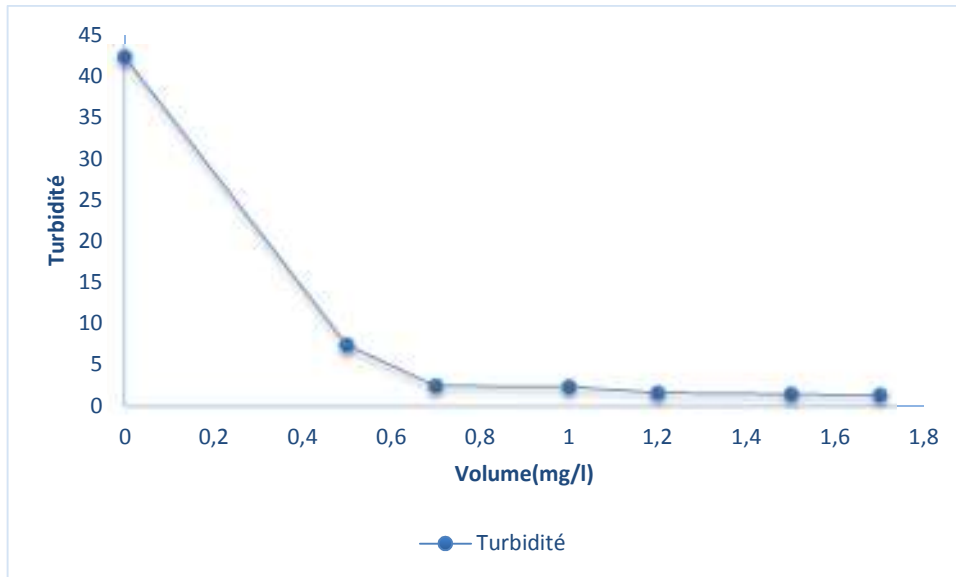


Figure.III.19 : Courbe de Turbidité

La figure.III.19 montre clairement, la diminution de la turbidité en fonction du volume de coagulant ajouté. Les valeurs obtenues, avec coagulant, sont nettement meilleures que celles obtenus avec le coagulant seul.

Les résultats des analyses (DCO, TH, MES et turbidité) obtenus après le traitement de notre eau avec coagulant - flocculant, montre clairement qu'avec l'ajout d'un volume de 1 ml de coagulant et 1ml de flocculant on obtient une eau qui répond vraiment aux normes recherchées. L'apport de l'ajout du flocculant (dans notre cas) est la diminution de la valeur de la matière en suspension MES.



Conclusion

Les eaux huileuses contiennent des particules colloïdales non décantées chargées négativement, ces charges négatives rendent les particules colloïdales non décantables par la présence de forces de répulsion. Pour cela, on a proposé pour traiter ces eaux la coagulation-floculation comme un prétraitement pour favoriser la force d'attraction entre les particules colloïdales suivi d'un traitement par décantation.

Le processus de coagulation-floculation a fait apparaître divers mécanismes, souvent complexes et dépend fortement du type d'eau à traiter. En outre, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à optimiser cette étape pour un meilleur abattement des polluants, notamment organiques.

Après avoir traité cet effluent par le procédé de coagulation-floculation et décantation pour réduire la charge des particules colloïdales, nous avons évalué la qualité de ce traitement par des analyses de quelques paramètres de pollution d'eau.

Les résultats des analyses (DCO, TH, MES et turbidité) obtenus après le traitement de notre eau avec coagulant - floculant, montre clairement qu'avec l'ajout d'un volume de 1 ml de coagulant et 1ml de floculant on obtient une eau qui répond vraiment aux normes recherchées. L'apport de l'ajout du floculant (dans notre cas) est la diminution de la valeur de la matière en suspension MES.

VALEURS LIMITEES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITEES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITEES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène

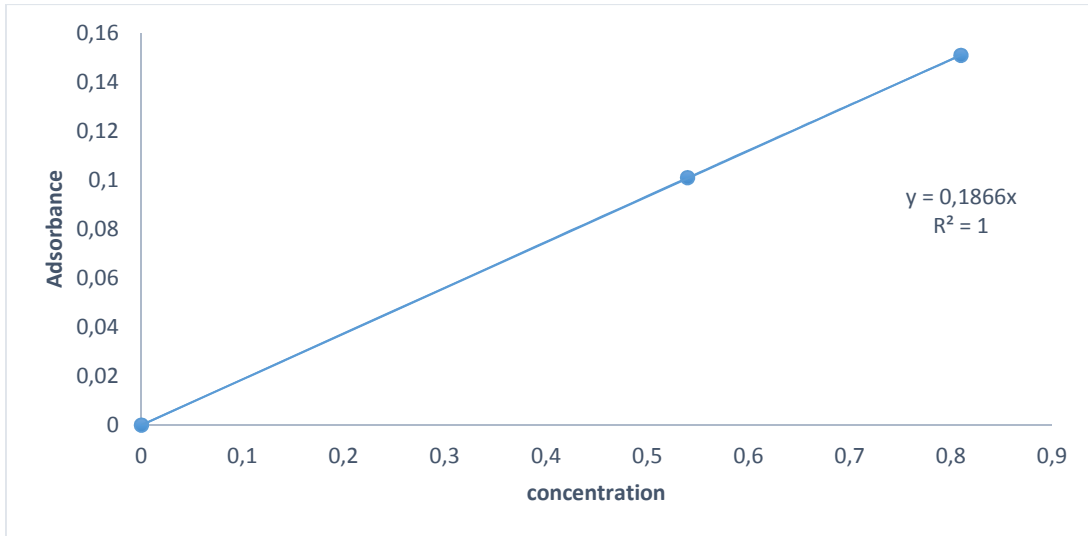
DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension

La courbe d'étalonnage :

Volume (ml)	Concentration (mg/l)	Abs
0	0	0
0,8	0,54	0,101
1,2	0,81	0,151



Références

- [1] : M.REKIS et A.REZEG «Dimensionnement d'un ballon bi-phasique de récupération de condensat à l'UTBS», Mémoire de Master, université Mohamed Khider Biskra, Algérie (2012).
- [2] : Rapport de fin de formation, thème « les risques de GPL et stratégie d'intervention» ; réaliser par LEGOUGUI Walid, encadrer par Mr. BENADJIA Lazhar (2013-2014).
- [3] : Asselin, Mélanie (2007). Utilisation de l'électrocoagulation dans le traitement des eaux usées industrielles chargées en matière organique. Mémoire. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Maîtrise en sciences de l'eau, 282 p.
- [4] : TPE Technologies Inc. UV Tech 7700, Transcanadienne, St-Laurent, Qc H4T 1A5 CANADA, www.uvtech.ca
- [5] : TPE Technologies Inc. UV Tech 7700, Transcanadienne, St-Laurent, Qc (T 1A5 CANADA, Tel www.uvtech.caTraitement des eaux usées – Lenntech) :physico-chimique.
- [6] : Article J1270 | Date de publication : 10 nov. 2011 Chantal GUILLARD, Benoit KARTHEUSER, Sylvie LACOMBE
- [7] : David-Alexandre Cazoïr. Traitement d'eaux huileuses par photocatalyse hétérogène : application _a la dépollution des eaux de cales. Autre. Université Claude Bernard - Lyon I, 2011.Français. (Thèse de doctorat spécialité génie chimie soutenue le 13 décembre 2011 par David)
- [8] : NECIB Sana« Valorisation et traitement des eaux huileuses dans l'industrie pétrolière» ; encadrer par : Dr. Sakri Adel, Mémoire de Master, université Mohamed Khider Biskra, Algérie (2014-2015).
- [9] : Document de SONATRACH « RHOURE NOUSS ».