



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

Filière : Industries Pétrochimiques

Spécialité : Pétrochimie

Thème

Régénération des huiles lubrifiantes usagées

Par :

Nom : AMRANI

Prénom : Oussama

Nom : HASSANI

Prénom : Arif

Soutenu publiquement, le 28 / 06 / 2018 , devant le jury composé de :

| Nom et Prénom | Grade | Etablissement | |
|----------------------|--------------|----------------------|---------------------|
| Mme.HEBBAR Chafika | MCA | IMSI | Présidente |
| Mme.TALBI Zahera | MCA | IMSI | Encadreuse |
| Mme.LEBSIR Hayet | Professeur | IMSI | Examinatrice |



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العلمي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à rendre grâce à Dieu, de nous avoir donné la santé afin que nous puissions accomplir ce travail.

Je remercie, mon encadreur Mme. TALBI Zahèra pour ses conseils judicieux, qui m'a dirigé tout au long de ce travail

Tous nos remerciements:

- ❖ A Monsieur **Abdessamed** chef de Service Des Huiles Finies
- ❖ À Monsieur **BERREBIA BRAHIM**. Le Chef de service de laboratoire,
- ❖ À l'ensemble des enseignants de l'université .
- ❖ À l'ensemble du personnel de laboratoire.
- ❖ À l'ensemble du personnel de la raffinerie d'Arzew.
- ❖ À nos chers frères, sœurs et amis.

DEDICACES

AU nom de dieu clément miséricordieux

Avec grande joie et modeste que j'offre le fruit d'un long travail :

A celle qui ma tout donné sans recevoir et qui à tout enduré pour me voir à

ce jour :

Ma très chère mère que j'adore énormément.

A celui qui est mon symbole de foi, de la patience et du travail :

Mon très cher père que dieu le protège.

A mes très chères amis

Que dieu me les garde

En fin à toutes les personnes qui m'aiment.

- Oussama

- Arif Mostefa

SOMMAIRE

| | |
|----------------------------|----|
| Introduction Générale..... | 09 |
|----------------------------|----|

-----PARTIE THEORIQUE-----

CHAPITRE I : Présentation générale de La Raffinerie D'arzew

| | |
|---|----|
| I .1.Dèscription du complexe :11 | 11 |
| I .2.Situation géographique : | 11 |
| I .3.Les principales zones du complexe : | 12 |
| I.4. Nature et capacité de production : | 17 |
| I.5. Principaux produits chimiques utilisés: | 20 |
| I.6 .Présentation des principales installations de RA1Z : | 21 |

CHAPITRE II: Gènèralitès Sur les Huiles Lubrifiantes Industrielles

| | |
|---|-----|
| II.1 Introduction : | 23 |
| II.2. Importance et nécessité de la lubrification : | 23 |
| II.3. Fabrication des lubrifiants : | 24 |
| II.3.1 Huile de base : | 24 |
| II.3.2 Les additifs : | 25 |
| II.3.2. L'influence de l'additif sur le lubrifiant : | 25 |
| II .4. Caractéristiques physico-chimiques des huiles Lubrifiantes : | 27 |
| II.5 Les Principaux types de lubrifiants : | 28 |
| II.5.1 Huiles à moteurs : | 28 |
| II.5.2 Les huiles isolantes : | 299 |
| II.5.3 Les huiles turbines : | 299 |
| II.5.4 Les huiles blanches : | 299 |
| II.5.5 Graisse : | 299 |

CHAPITRE III: L'huile Usagée Mode Traitement

| | |
|--|----|
| III.1 Introduction : | 31 |
| III.2 Classification des huiles usages: | 31 |
| III.2.1 Les huiles usagées claires : | 31 |
| III.2.2 Les huiles usagées noires : | 32 |
| III.3. Composition d'une huile usagée : | 33 |
| III.4 L'impact des huiles moteur usagées sur l'environnement et la santé : | 34 |
| III.5 Possibilité de récupération des huiles usagées : | 35 |
| III.5.1 Les divers systèmes de récupération des huiles usages: | 35 |
| III.5.2 Les principales étapes à suivre lors de la récupération des huiles usagées : | 36 |
| III.5.3 Processus de récupération de l'huile usagée par distillation sous-vide : | 36 |
| III.5.4.1 Avantage de ce processus : | 38 |
| III.5.4.2 Processus de traitement en acide / terres : | 39 |
| III.5.4.3 Processus de traitement distillation sous vide et hydrogénation : | 41 |

-----PARTIE EXPERIMENTALE-----

CHAPITRE IV: Partie Pratique Regénération

| | |
|--|----|
| IV. 1 Introduction : | 43 |
| IV. 2 Propriétés de l'huile Torba 68 : | 43 |
| IV.3 Méthodes d'analyses: | 44 |
| IV.3.1 La densité: | 44 |
| IV.3.2 La viscosité : | 45 |
| IV.3.3 L'indice de viscosité : | 46 |
| IV.3.4 Le point d'éclair : | 46 |
| IV.3.5 Teneur en eau : | 47 |
| IV.4 Principe de traitement à l'acide sulfurique : | 47 |
| IV.4.1 Le prétraitement : | 47 |
| IV.4.2 La régénération à l'acide : | 48 |
| IV.4.3 L'étape de fin de traitement : | 48 |

| | |
|--|------------------------------------|
| IV.5 Résultats et discussion..... | 49 |
| IV.5.1 Aspect visuel de l'huile au cours du traitement : | 49 |
| IV.5.2 Viscosité : | 50 |
| IV.5.3 Indice de viscosité : | 52 |
| IV.5.4 La densité : | 52 |
| IV.5.5 Le point d'éclaire : | 53 |
| IV.5.6 La teneur en eau : | 54 |
| IV.6. Intèrprétation des rèsultats | 54 |
| CONCLUSION GENERALE..... | Erreur ! Signet non défini. |
| Références bibliographiques | 56 |
| Annexes..... | 57 |

Liste Des Tableaux

Chapitre I :

Tableau I.1 :Capacités annuelles de production de la raffinerie d'arzew.....16

Tableau I.2 :Produits chimiques utilisés dans la Raffinerie d'arzew.....19

Chapitre III :

Tableau III.1 Huiles Générant des huiles claires31

Tableau III.2 :Huiles Générant des huiles usagées noires.....32

Tableau III.3 :Composés polluants des huiles usagées.....34

Chapitre IV :

Tableau IV.1 Caractéristiques Physico-chimiques de l'huile Torba6843

Tableau IV.2 :Techniques D'analyses.....44

LISTE DES FIGURES

Chapitre I :

| | |
|--|----|
| Figure I.1 :Plan de la situation de la Raffinerie d'arzew..... | 11 |
| Figure I.2 :Les Diffèrents produits pètrolières | 17 |
| Figure I.3 :Capacitè de production des diffèrents produits pètrolièrs..... | 18 |
| Figure I.4 :Plan de masse de la Raffinerie d'arzew..... | 20 |

Chapitre III :

| | |
|--|----|
| Figure III.1 :Composition moyenne d'une huile usagèe..... | 33 |
| Figure III.2 :Shèma de processus de récupèration des huiles usèes..... | 39 |
| Figure III.3 :Shèma de base de tèchnologies de traitement acide/terre..... | 40 |

Chapitres IV :

| | |
|---|----|
| Figure IV.1 : Densimètre..... | 44 |
| Figure IV.2 :Viscosimètre..... | 45 |
| Figure IV.3 :Appareil du point d'èclair..... | 46 |
| Figure IV.4 :Appareil de mesure de la teneur en eau..... | 47 |
| Figure IV.5 :Dècantation après traitement à l'acide | 48 |
| Figure IV.6 : Neutralisation de l'acide et son élimination par dècantation..... | 49 |
| Figure IV.7 : L'huile traitè..... | 49 |
| Figure IV.8 : Effet du traitement sur la viscosité cinématique à 40°C..... | 51 |
| Figure IV.9: Effet du traitement sur la viscosité cinématique à 100°C..... | 51 |
| Figure IV.10 :Effet du traitement sur l'indice de viscosité..... | 52 |
| Figure IV.11: Effet du traitement sur la densité..... | 53 |
| Figure IV.12 :Effet du traitement sur le point d'èclair..... | 53 |

Liste des Abréviations

BRI : le brut réduit importé.

BRA : Brut réduit atmosphérique.

MEK-Toluène : méthyle éthyle cétone toluène.

SAE : Society of Automotive Engineers.

SPO : Spendil Oil.

GPL: Gas Produit Lèquifiè

HP: Haute prèsson.

MP: Moyenne prèsson.

BP: Basse prèsson

HGO : Heavy Gaz Oil

LGO : Light Gaz Oil.

HSRN: Heavy Strught Run Naphta.

LSRN:Light Strught Run Naphta.

PP : Planing et Programme.

INTRODUCTION GENERALE

Les huiles industrielles extraites du pétrole sont utilisées pour la lubrification des surfaces métalliques mobiles, le refroidissement des moteurs qui chauffent par friction, l'inhibition de la corrosion et l'étanchéité. Elles peuvent être de nature paraffinique, naphthénique ou aromatique. Des huiles de synthèse peuvent également être utilisées; elles sont produites par synthèse chimique et ne contiennent généralement pas de composés instables ou impuretés décelables dans les huiles minérales et qui peuvent nuire à une bonne lubrification.

Les huiles lubrifiantes à base d'hydrocarbures extraits du pétrole sont soigneusement raffinées, auxquelles on ajoute des adjuvants (détergent, anti mousse, antioxydant, émulsifiant, etc.) leur permettant d'atteindre les spécifications d'emploi des huiles finies. Suite à une utilisation régulière et prolongée, les huiles se détériorent et perdent de leur performance lubrifiante. Elles s'oxydent en cours d'usage et subissent des changements dans leurs paramètres physico-chimiques (viscosité, humidité, point d'éclair, etc.) les rendant inefficaces à l'usage.

Cependant, l'analyse des huiles usagées a montré que ces substances gardent leur huile de base et sont donc susceptibles d'être régénérées pour un éventuel recyclage. De plus, d'un point de vue législatif, ces huiles usagées, très polluantes, ne peuvent être rejetées dans aucun écosystème naturel. Dans ce contexte, plusieurs études ont été réalisées en vue de tester des procédés de régénération des huiles usagées. De façon générale, ces procédés consistant en une séparation de l'huile des impuretés, des produits de dégradation thermique et de l'eau incluent la sorption par des argiles et zéolithes, l'extraction par solvants et liquides supercritiques et la régénération à l'acide. L'objectif de notre travail est de traiter une huile lubrifiante usagée par un acide fort. Pour cela notre mémoire est divisée en quatre parties.

Le premier chapitre est consacré à la présentation de la raffinerie d'Arzew. Dans le deuxième chapitre, nous présentons le rôle de lubrifiant ainsi que sa composition, ensuite les différentes propriétés de l'huile lubrifiante.

Dans le troisième chapitre, nous abordons les caractéristiques d'une huile usagée et la possibilité de récupération des huiles usagées.

Nous avons, également présenté quelques voies, explorées dans des études précédentes, pour la régénération de ces huiles usagées.

Enfin, dans le chapitre quatre, nous présentons les résultats expérimentales de la régénération de l'huile usagée par l'acide. Notre étude est finalisée par une conclusion générale et perspectives.

Chapitre I :

Présentation de

la Raffinerie

d'Arzew

I.1. Description du complexe :

La raffinerie d'Arzew par sa diversité de production se classe au premier rang des complexes édifiés sur le territoire national.

Elle a été implantée dans le cadre quinquennal 1970-1973 par JGC (Japan Gasoline Company) et s'est étendue par une extension de ces unités de production de bitumes en 1975 et ses unités de lubrifiants en 1983, issu de la restriction de la société Sonatrach ; La raffinerie d'Arzew est gérée par la société NAFTEC depuis 1987.

Située au niveau de la zone industrielle, la raffinerie d'Arzew, s'étend sur 170 ha. Le démarrage des unités a été lancé à partir du mois de juillet 1972 pour les utilités, l'ensemble des unités de la raffinerie était en service en mars 1973.

La raffinerie dispose d'une capacité de traitement de **03 millions de tonnes/an** de pétrole brut saharien de **HASSI-MESSAOUD** et de **280.000 tonnes/an** de brut réduit importé (**BRI**) pour satisfaire les besoins de consommations en carburants, lubrifiants, bitumes et aussi exporter les produits excédentaires (Naphta, Kérosène, Fiouls).

En 1978, suite aux besoins importants de lubrifiants, la réalisation d'un ensemble intégré de production d'huiles de base en fûts est lancée.

Elle est devisée en deux unités de production : **Production I** qui englobe les zones: 03, 04, 06, 07 et 10. **Production II** englobe la zone : 05, 19 et l'unité 3000.

I.2. Situation géographique :

La raffinerie d'Arzew est implantée dans la zone industrielle à 2 km d'Arzew, elle est située sur le plateau de la localité d'El Mohgan au carrefour de la route nationale N° 11 (Oran – Arzew) et la route Nationale N°13 (Arzew – Sidi-Bel-Abbès) et à environ 40 km d'Oran.

Elle est délimitée : Au Nord par ENIP (Entreprise National Industries Chimiques).

- ✓ A l'Ouest par GTP (Grand Travaux Pétroliers).
- ✓ A l'Est par RTO (la Région Transport Ouest).
- ✓ Au Sud par l'Oued Tasmainte

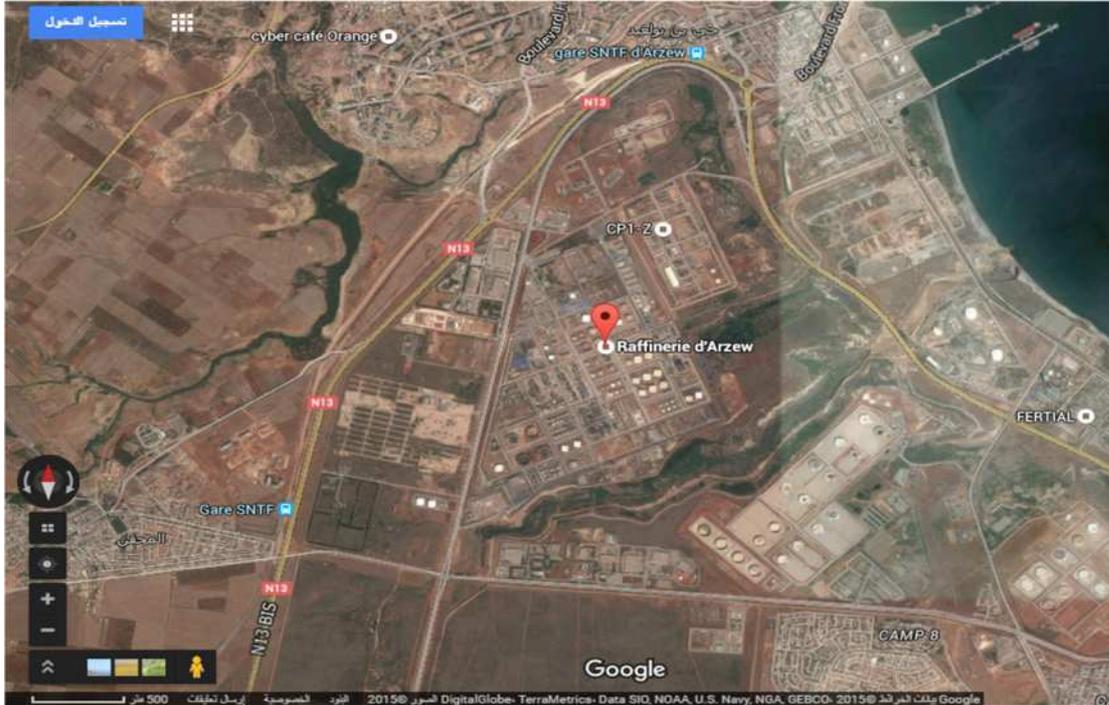


Figure I.1. Plan de situation de la Raffinerie d'Arzew (Google earth)

I.3.Les principales zones du complexe :

Le complexe est constitué de plusieurs zones ayant les activités spécifiques suivantes :

Zone 1 : Parking.

Zone 2 : Station de veille.

Zones 3 et 19 : Les utilités.

Les utilités constituent une zone importante au sein de la raffinerie d'Arzew, elles assurent la production de la vapeur, l'électricité, air service et instrument et de l'eau distillée.

La zone 3/19 comprend les unités suivantes :

- ✓ **Unité 31/Unité 1100** : production de vapeur HP, MP, BP
- ✓ **Unité 32/Unité 1600** : production d'eau distillée à l'aide des évaporateurs.
- ✓ **Unité 33/Unité 1300** : distribution d'eau de refroidissement.
- ✓ **Unité 34/Unité 1200** : production d'électricité.
- ✓ **Unité 35/Unité 1400** : réception et distribution de fuel gaz.
- ✓ **Unité 36/Unité 1500** : production d'air service et instrument.
- ✓ **Unité 37** : réseau d'incendie.
- ✓ **Unité 38** : production gaz inerte
- ✓ **Unité 1800** : traitement des effluents.

✓ **Zone 4 A:** Les carburants.

Le brut algérien provenant de Hassi Messaoud est utilisé comme charge principale dans la zone 4, elle est constituée de trois (03) unités suivantes :

✓ **Unité 11:** distillation atmosphérique (topping). A partir de cette unité, on obtient les coupes suivantes :

- GPL
- LSRN (Naphta léger)
- HSRN (Naphta lourd)
- Kérosène
- Gasoil lourd (LGO)
- Gasoil léger (HGO)
- BRA : utilisé comme charge alimentant les zones 5 et 7 pour la fabrication des huiles de base pour les lubrifiants.

✓ **Unité 12 :** Platforming ou reformage catalytique avec trois (03) réacteurs.

Le naphta lourd (HSRN) provenant de l'unité de distillation atmosphérique contient des impuretés ; L'unité est destinée donc à transformer et à éliminer les composants indésirables ainsi pour augmenter l'indice d'octane. Deux procédés sont utilisés, Hydroforming et platforming :

• **Hydrobon :** Le naphta lourd (HSRN) contient des poisons tels que : le soufre(S), l'azote (N) et l'oxygène (O) ; dont cette section est sensée à les transformer et les éliminer par hydrogénation et en même temps à saturer les oléfines pour obtenir des produits de haute qualité. La capacité de cette section est de 56 m³/h.

• Après purification, le naphta lourd (HSRN) est appelé Unifinat qui est la charge du procédé de Platforming.

• **Platforming :** C'est un procédé catalytique où on emploie un catalyseur sélectif afin de transformer en présence de l'hydrogène, l'Unifinat provenant de la section Hydrobon en produit

- de base de meilleure qualité pour la fabrication des essences. la capacité de cette section Platforming est de 56 m³/h. Après des différentes réactions chimiques on obtient à la fin une charge de Platformat d'indice d'octane très élevé jusqu'à 96.

✓ **Unité 13** : Cette unité a pour but de récupérer le propane et le butane à partir des produits de tête du stabilisateur de l'unité de distillation atmosphérique et de tête du débutaniseur de l'unité de reforming catalytique.

Zone 4 B: (Les carburants sans plomb)

✓ **Unité 17** : Production essence sans plomb.

✓ **Unité 18** : Huiles Caloporteurs

Zone 07 & 05 : Les lubrifiants.

Ces deux zones ont pour but d'obtenir des huiles de base considérées comme matière première pour la fabrication des lubrifiants à partir du **BRA** qui est un composé pétrolier lourd et visqueux recueilli au fond du topping.

Dans ces deux zones, on distingue cinq (05) unités :

✓ **Unité 20** : Stockage d'huile.

✓ **Unité 21/100 (distillation sous vide)** : Destinée à séparer les coupes nécessaires à la Production des huiles de base.

✓ **Unité 22/200 (désasphaltage au propane)** : Pour éliminer l'asphalte en coupe huile.

✓ **Unité 23/300 (extraction au furfural)** : Destinée à extraire les aromatiques et améliorer l'indice de viscosité des huiles de base.

✓ **Unité 24/400 (déparaffinage au MEC/Toluène)** : Destinée à améliorer le point d'écoulement et d'éliminer les paraffines.

✓ **Unité 25 /500 (Hydrofinishing)** : Pour éliminer les impuretés et pour avoir une huile de base ayant une couleur appropriée et thermiquement stable.

✓ **Unité 600** : Hydrofinishing de paraffines.

Zone 06 / unité 3000

✓ **Unité 51 / 3100** : Unité de mélange et conditionnement des huiles finies.

✓ **Unité 52/ 3200** : Unité de traitement et conditionnement des paraffines.

Zones 8A, 8B : Destinées au stockage intermédiaire des huiles de base.

Zone 9 : Stockage du brut et résidus.

Zone 10 : (production des bitumes).

Cette zone est destinée à la fabrication des bitumes à partir du pétrole brut réduit importé,

Elle comprend deux unités :

✓ **Unité 14 (Fabrication du bitume routier) :** Le procédé consiste à surchauffer le BRI pour faciliter sa pénétration dans la colonne de distillation sous-vide. Les coupes latérales soutirées sont :

- LVGO (gasoil léger)
- MVGO (gasoil moyen)
- HVGO (gasoil lourd)

Résidu sous vide

✓ **Unité 15 (Fabrication du bitume oxydé) :** Le mélange 85 % du résidu sous vide et 15% de HVGO alimente la colonne d'oxydation pour obtenir les bitumes oxydés.

Zone 11, 12,13 : Elles sont destinées à stocker le brut provenant de « HASSI-MESSAOUD ».

Zone 14 : Administration générale

Zone 15 : Laboratoire

Zone 16 :

Stockage du NAPHTA.

Stockage d'eau brut pour incendie.

Zone 17 :

Stockage du kérosène.

Stockage de l'essence de la première distillation.

Zone 18 :

Stockage du fuel pour mélange.

Stockage du slop.

Zone 19 (Les utilités) :

- ✓ **Unité 1100 :** production de vapeur.
- ✓ **Unité 1200 :** production de l'énergie électrique.
- ✓ **Unité 1300 :** tour de refroidissement des eaux.
- ✓ **Unité 1400 :** gaz de combustion.
- ✓ **Unité 1500 :** production d'air comprimé (air instrument et air de service).

- ✓ **Unité 1600** : traitement et production d'eau distillé et déminé.
- ✓ **Unité 1700** : réseau de torche P2.
- ✓ **Unité 1800** : traitement des affluents.
- ✓ **Unité 280** : production de gaz inerte.

Zone 20 : Réception et approvisionnement des produits chimiques et pièces de rechanges.

Zone 21 : Zone futur.

Zone 22 et 23 : Stockages carburants

Zone 24 : Stockage du gasoil.

Zone 25 : Stockage du fuel.

Zone 26 : Stockage de GPL.

- Une sphère de propane destiné à l'unité lubrifiante et au marché normal
- Trois sphères de butane destiné au mélange de GPL.
- Deux sphères de butane commerciales.

Zone 27 : Stations de traitement des eaux usées PPI/API et unité 1800.

Zone 28 : Zone d'expédition : essences, gas-oil, kérosène, propane et butane (GPL).

Zone 29 : Stockage du BRI.

I.4. Nature et capacité de production :

Les capacités annuelles de production des différentes unités (tab I.1) sont tirées du bilan annuel 2005 effectué par le service Planning et programmation (P.P).

| Nature du produit | Quantité (tonnes) | Unité |
|-------------------|-------------------|----------------------|
| Propane | 30.000 | Zone 4/Unité 13 |
| Butane | 92.000 | Zone 4/Unité 13 |
| Naphta | 450.000 | Zone 4/Unité 11 |
| Kérosène | 400.000 | Zone 4/Unité 11 |
| Gasoil | 530.000 | Zone 4/Unité 11 |
| Fuel (BTS) | 540.000 | Diverses unités |
| Fuel (HTS) | 50.000 | Diverses unités |
| Essence Normale | 390.000 | Zone 28 |
| Essence Super | 103.000 | Zone 28 |
| Huiles de base | 130.000 | Zone 7/Zone 5 |
| Huiles finies | 150.000 | Zone 6 et Unité 3000 |
| Graisses | 1950 | Zone 6 et Unité 3000 |
| Bitumes routiers | 120.000 | Zone 10/Unité 14 |
| Bitumes oxydés | 20.000 | Zone 10/Unité 15 |

Tableau I.1 Capacités annuelles de production de la raffinerie d'Arzew

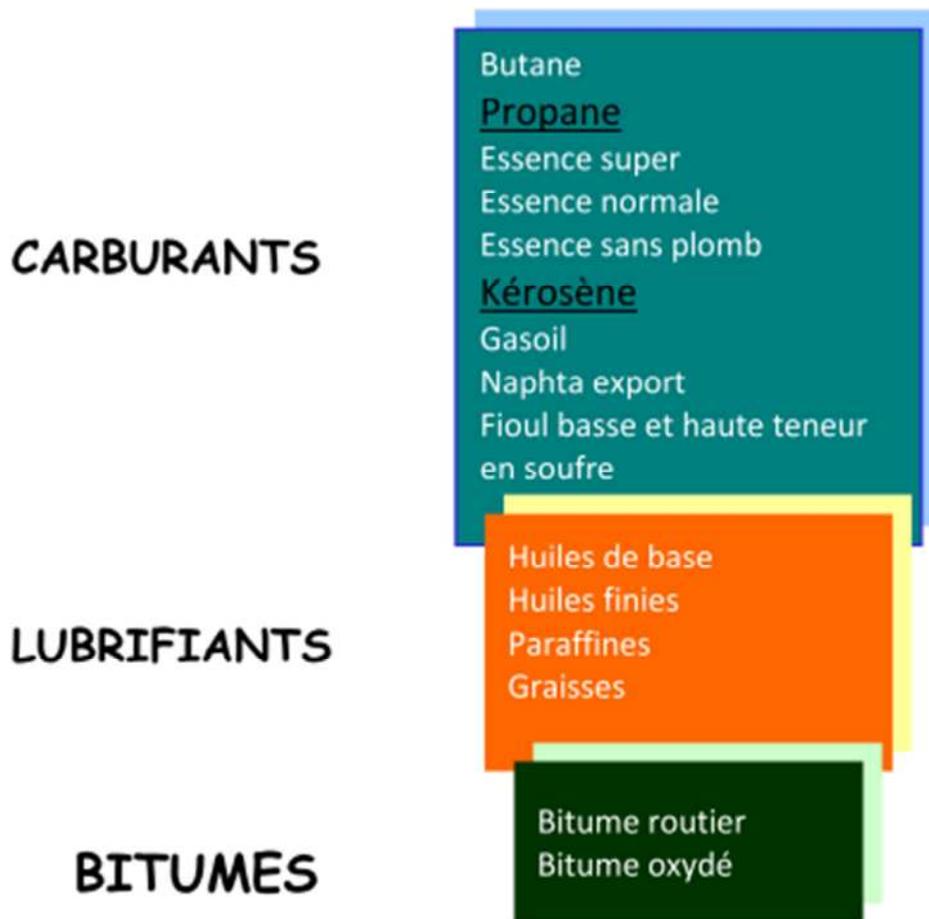


Figure 1.2. Les différents Produits pétrolières

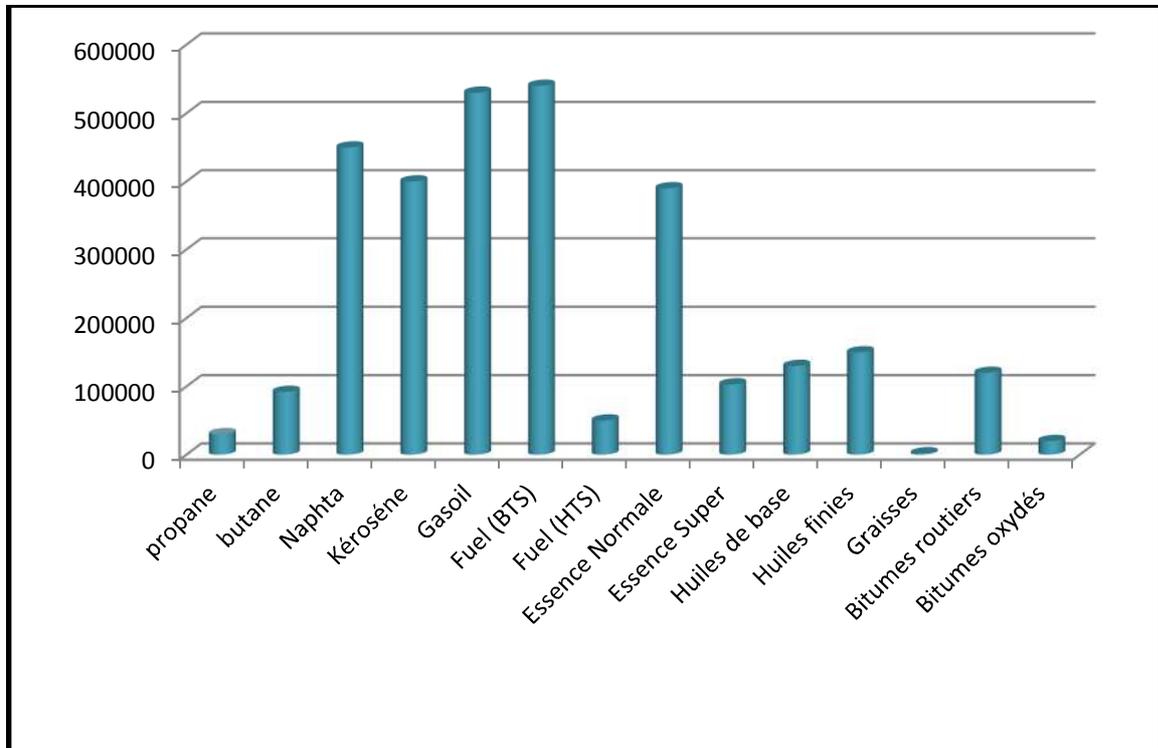


Figure. I.3. capacité de production des différents produits pétroliers

I.5. Principaux produits chimiques utilisés:

Le besoin des différents procédés de la raffinerie d'Arzew en produits chimiques est très important, d'où la consommation annuelle des différentes gammes de produits sera représentée dans le tableau I.2:

| Dénomination du produit | Quantité consommée/An (Kg) | Quantité stockée (Kg) | Nature du produit | Unités |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| Furfural | 1.130.000 | 300.000 | Solvant | U 23 – 300 |
| MEC | 770.000 | 29.000 | Solvant | U 24 – 400 |
| Toluène | 870.000 | 186.000 | Solvant | U 25 – 500 |
| Acide sulfurique | 423.000 | 13.500 | Neutralisant | Zone 3 – 19 |
| La soude | 26.000 | 18.000 | Neutralisant | Zone 3-19- 4 |
| Javel | 59.000 | 3000 | Désinfectant | Zone 3 - 19 |
| Sulfite de sodium | 752 | 5 | Inhibiteur de corrosion | Zone 3 - 19 |
| Phosphate de sodium | 824 | 6 | Neutralisant | Zone 3 - 19 |

Tableau I.2. Produits chimiques utilisés dans la raffinerie d'Arzew

I.6 .Présentation des principales installations de RA1Z :

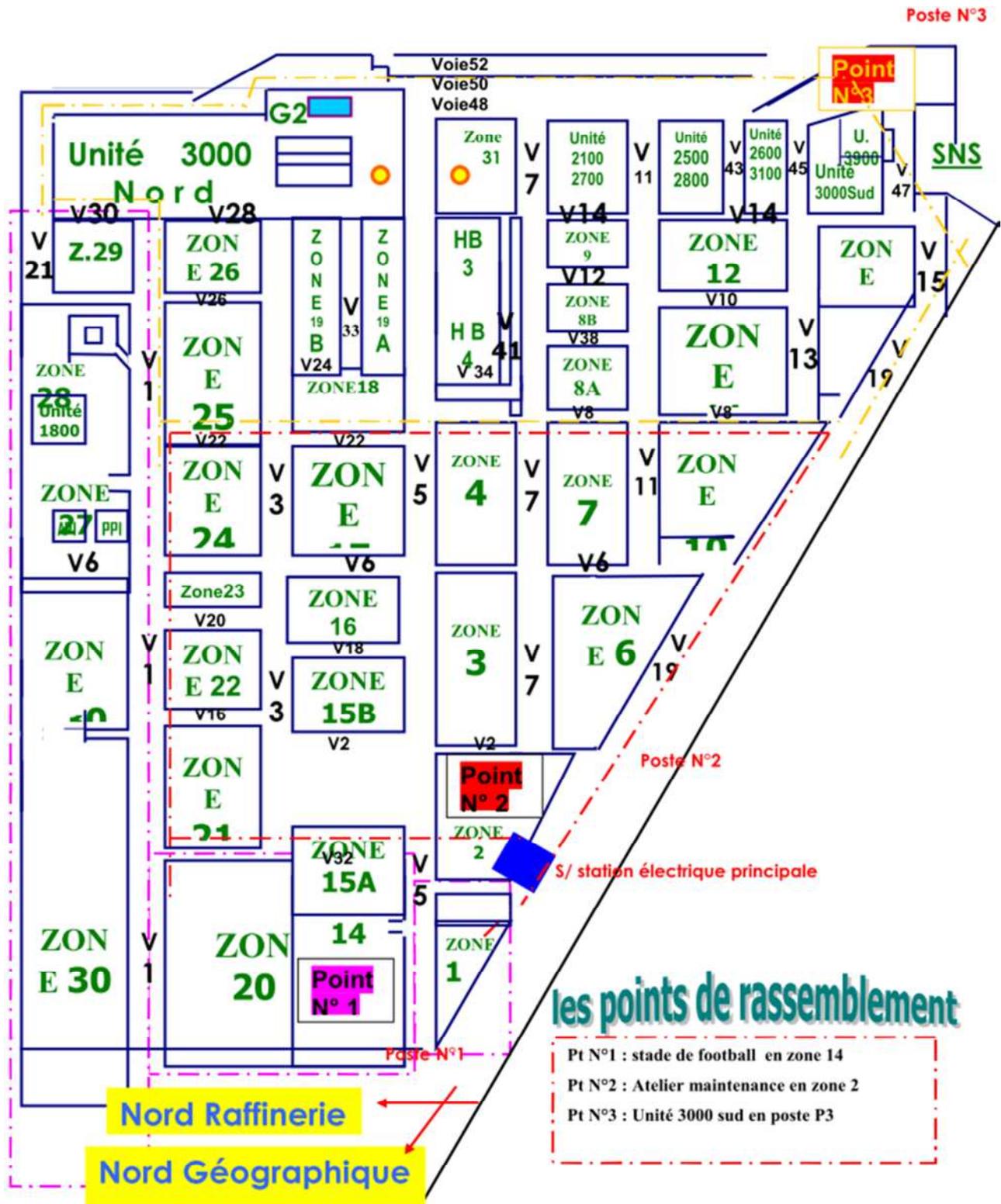


Figure I.4. Plan de masse de la raffinerie d'Arzew

Chapitre II :

Généralités Sur

Les huiles Lubrifiantes

Industrielles

Introduction :

Selon leur état physique, les lubrifiants peuvent être classés en trois groupes :

- ✓ **les lubrifiants liquides** : d'origines végétale et animale (huiles grasses), minérales (huiles de pétrole) et synthétiques ;
- ✓ **les lubrifiants semi-solides ou plastiques** : qui comprennent essentiellement les graisses lubrifiantes mais aussi les cires, paraffines et vaselines extraites du pétrole pour applications lubrifiantes ;
- ✓ **les lubrifiants solides** : lamellaires, polymériques, métaux mous, sels, oxydes, etc.

Ces différents lubrifiants peuvent être utilisés sous forme de dispersions, émulsions ou solutions dans de l'eau chaque fois qu'un pouvoir réfrigérant élevé (travail des métaux à grande vitesse) ou qu'une grande résistance au feu (fluides hydrauliques type HF) sont recherchés.

Les deux premières catégories de lubrifiants (huiles et graisses) contiennent une quantité variable d'additifs (jusqu'à 25 % en masse) selon l'application et la sévérité du service.

Pour situer l'importance relative de chaque groupe de lubrifiants, il convient de rappeler que les lubrifiants liquides représentent 96 % du marché, les graisses 3 % et les lubrifiants solides environ 1 %.

II.2. Importance et nécessité de la lubrification :

Le rôle d'un lubrifiant se résume en :

- ✓ Lubrifier: L'huile doit former un film fluide entre les surfaces en mouvement.
- ✓ Evacuer les impuretés: L'huile doit transporter les impuretés et diverses contaminations jusqu'au filtre. La propreté des circuits est obtenue au prix de la contamination de l'huile. Celle-ci est la principale cause de vieillissement des lubrifiants.

Assurer la protection contre l'usure: L'huile doit assurer la protection des pièces des frottements chargées qui pourrait s'user lorsque le film d'huile est très fin.

- ✓ Se comporter comme réfrigérant: Le lubrifiant contribue d'une façon très active au refroidissement de ces machines et à l'évacuation de la chaleur produite lors du mouvement.
- ✓ Amortir les chocs et réduire le bruit: Le lubrifiant doit assurer une réduction du bruit et un amortissement des chocs, [a résistance au feu et au moussage.
- ✓ Eviter la corrosion: L'huile doit protéger les parties usinées qui peuvent être faite de différents métaux et sont protecteurs contre la corrosion et la formation de rouille.
- ✓ Eviter la formation des dépôts

L'huile doit être capable de disperser les particules insolubles susceptibles de former des dépôts qui pourraient gêner la lubrification.

- ✓ Se comporter comme un fluide hydraulique

L'huile n'a pas toujours cette fonction, Mais il arrive que l'huile lubrifiante soit également utilisée comme fluide hydraulique.

II.3. Fabrication des lubrifiants :

Les lubrifiants sont fabriqués à partir de mélanges d'huiles de base minérales issues d'un pétrole brut ou d'huiles synthétiques, ou de deux types d'huiles additionnées de produits chimiques divers appelés additifs, dont le rôle est d'améliorer les qualités des huiles de base quand elles sont exposées aux rudes conditions d'utilisation, donc les matières brutes nécessaires pour obtenir des huiles de lubrifiants sont : les huiles de base et les additifs.

la formation d'un dépôt de gommages, d'acides naphthéniques, ce qui entraîne un épaississement de l'huile.

II.3.1 Huile de base :

Les huiles de base sont des fractions lubrifiantes obtenues par distillation sous vide du brut réduit atmosphérique, c'est à dire du pétrole brut dont les gaz et les produits d'hydrocarbures légers ont été retirés au préalable par distillation sous pression atmosphérique

Selon leur viscosité les fractions lubrifiantes sont ensuite transformés en huile de base proprement dite par des traitements successifs destinés à retirer les constituants Indésirables.

II.3.2 Les additifs :

L'emploi d'additifs permet la fabrication de lubrifiants possédant un ensemble de propriétés remarquables. Ils sont présents à hauteur de 15% à 25% dans les huiles finies pour :

- ✓ Renforcer certaines propriétés de l'huile de base.
- ✓ Apporter à l'huile de base des propriétés qu'elle ne possède pas naturellement. Dans chaque famille d'additifs, il existe plusieurs types de composés qui sont choisis par le fabricant en fonction des performances souhaitées pour le lubrifiant fini.

II.3.2. L'influence de l'additif sur le lubrifiant :

- **Additifs améliorant l'indice de viscosité :** Ces additifs permettent à l'huile d'être à la fois suffisamment fluide à froid (afin de faciliter le démarrage en abaissant le point d'écoulement entre -15 et -45°C) et visqueuse à chaud (afin d'éviter le contact des pièces en mouvement). Les additifs que l'on peut utiliser pour améliorer l'indice de viscosité sont en générale des produits à base des polymères, des dérivés d'isoprène et des dérivés de styrène.

- **Additifs anti-usure :** Ces additifs permettent de renforcer l'action anti-usure qu'exerce un lubrifiant vis-à-vis des organes qu'il lubrifie. Ils agissent en formant un film protecteur entre les surfaces métalliques en mouvement. Les additifs anti-usure sont généralement les additifs à effet polaire (ces substances réduisent le frottement pour les températures atteignant 100°C), le bisulfure de molybdène, les phosphates organiques et les dérivés phosphorés.

- **Additifs améliorant la résistance aux chocs :** Ces additifs permettent de renforcer la résistance de l'huile aux chocs. Ils s'accrochent aux surfaces et forment un film élastique et lubrifiant qui résiste bien aux chocs. Les additifs fréquemment utilisés pour améliorer la résistance des huiles aux chocs sont les savons du plomb.

- **Additifs extrême pression :** Ces additifs permettent de réduire le couple de frottement et de protéger les surfaces des fortes charges. Ils apportent au lubrifiant des propriétés de glissement spécifiques, en particulier aux organes équipés d'engrenages ou de garnitures de friction travaillant dans l'huile (boîtes à vitesse, manuelles ou automatiques, freins immergés, etc).

- **Additifs antioxydants :** Ces additifs permettent de supprimer ou de ralentir les phénomènes d'oxydation du lubrifiant. Ils contribuent aussi à l'espacement des vidanges par une meilleure tenue aux hautes températures. Les anti-oxydants multiplient par 10 ou plus la résistance de l'huile à l'oxydation. Les familles d'additifs les plus utilisés pour neutraliser les acides sont les dithiophosphates, les phénols substitués et les amines aromatiques.

-Additifs anticorrosion : Ces additifs empêchent l'attaque des métaux ferreux par les oxydes, résultat à l'action conjuguée de l'eau et de l'oxygène de l'air, ou ceux formés lors de la combustion. Ils agissent en formant un film protecteur sur les surfaces des pièces à protéger. Principalement, les amines gras et les sulfonâtes alcalins sont les additifs les plus utilisés pour protéger et passiver les surfaces contre la corrosion.

-Additifs de basicité : Ces additifs neutralisent les résidus acides de combustion des carburants au fur et à mesure de leur formation. Les phénols et les sels basiques (les carbonates ou les hydroxydes) sont les principaux additifs utilisés pour le renforcement du pouvoir neutralisant des huiles.

-Additifs détergents : Ces additifs permettent d'éviter la formation de dépôts ou de vernis sur les parties les plus chaudes du moteur telles que les gorges des pistons. Ils exercent une action détergente, en particulier à l'intérieur des moteurs, afin d'empêcher les résidus carbonneux de combustion ou les composés oxydés de former des dépôts. Les sels métalliques de calcium ou de magnésium sont les additifs les plus utilisés pour augmenter la propriété détergente des huiles.

-Additifs dispersants : Ces additifs permettent de maintenir en suspension toutes les impuretés solides formées au cours de fonctionnement de la machine. Ils empêchent les résidus solides de s'agglomérer et ainsi limitent le risque de dépôt (boues) dans les parties froides du moteur (carter). Généralement les esters et leurs dérivés sont les additifs les plus utilisés pour assurer la dispersion des particules solides dans les huiles

-Additifs anti-mousses : Ces additifs permettent de limiter la dispersion d'un grand volume d'air dans l'huile en réduisant la tension de surface. Ils provoquent l'éclatement des bulles et empêchent de leur accumulation à la surface de l'huile. Généralement les silicones sont utilisées pour empêcher le moussage de l'huile.

-Additifs anti-congelant : Ces additifs permettent aux lubrifiants de garder une bonne fluidité à des basses températures (de -15 à -45°C). Ils agissent sur la vitesse et le processus de cristallisation du lubrifiant. Généralement les esters de l'acide méthacrylique et de l'alcool acétylique sont utilisés pour abaisser la température de congélation du lubrifiant.

II .4. Caractéristiques physico-chimiques des huiles Lubrifiantes :

Les principales propriétés des lubrifiants, généralement indiquées dans les caractéristiques techniques du produit, sont :

- 1. Viscosité :** C'est une caractéristique essentielle pour les lubrifiants, en effet, elle permet l'établissement d'un film d'huile évitant ainsi le frottement entre deux pièces métallique en mouvement autrement dit, La viscosité est une grandeur physique qui mesure la résistance interne à l'écoulement d'un fluide c'est une résistance due au frottement des molécules qui glissent l'une contre l'autre.
- 2. Indice de viscosité :** mise en fonction de la température est repérée car intermédiaire de l'indice de viscosité, plus la valeur de ces indices est élevée, plus la variation de la viscosité avec la température est faible, Autrement dit, L'indice de viscosité est un nombre conventionnel qui traduit l'importance de la variation de la viscosité avec la température.
- 3. Point d'écoulement :** A basse température l'huile doit rester fluide, elle ne doit donc pas refroidissement se prendre en masse par cristallisation. Autrement dit, c'est la basse température à laquelle l'huile peut encore couler.
- 4. Point d'éclair :** c'est la température minimale à laquelle l'huile doit être portée pour que les vapeurs émises s'enflamment et s'éteignent instantanément a la proche d'une flamme.
- 5. Stabilité :** L'huile doit conserver le plus longtemps possible ses propriétés initiales et améliorer la couleur qui a été altérer notamment dans les divers étapes de raffinage.
- 6. Couleur :** c'est un critère de la qualité de fonctionnement des huiles, son intensité est fonction de du degré de raffinage.
- 7. Résistance à l'oxydation :** L'huile en présence d'aire à Température élevée chambre à Combustion ne doit pas dégrader par réaction avec l'oxygène ce qui conduit à la formulation des substances corrosifs pour les pièces métalliques de moteur.

II.5 Les Principaux types de lubrifiants :

Selon leur utilisation, ils sont classés en deux grandes catégories :

- **Première catégorie :**

Elle est destinée à la lubrification des véhicules automobiles, elle englobe surtout les huiles pour moteur selon leurs caractéristiques.

- **Deuxième catégorie :**

Est constituée par les lubrifiants industriels, les principaux sont :

- ✓ Les fluides hydrauliques (TISKA)
- ✓ Les lubrifiants pour engrenage industriel (FODDA)
- ✓ Les huiles pour compresseur (TORADA)

Les huiles pour turbines. (TORBA)

II.5.1 Huiles à moteurs :

Ce sont des huiles dont la viscosité variera le moins possible avec la température et assurera au moins son rôle à froid et à chaud car les moteurs ne fonctionnent pas à des températures isothermes; les huiles à moteurs doivent posséder les propriétés suivantes :

- Assurer la continuité et la solidité du film d'huile sur le cylindre.
- La détergence pour remplir la fonction de nettoyage, cette caractéristique est plus importante dans les huiles à moteurs diesel qui ont tendance à l'encrassement que les moteurs à essences.
- Stabilité : L'huile doit conserver ces qualités après un certain temps de fonctionnement.

Exemple des huiles pour moteurs diesel fabriquées par la raffinerie d'Arzew :

- CHELIA SAE 30 40 50
- CHIFFA SAE 40
- CHELIA TURBO DIESEL SAE 20W40 ,SAE 15W40
- CHENOUA HVI SAE 40
- CHELIA VP SUPER SAE 20W40 , SAE 15W40

II.5.2 Les huiles diélectriques :

Ce sont des huiles minérales spécialement bien raffinées, pas ou peu additivées
Elles sont utilisées dans les domaines électriques pour certains condensateurs
.Ce sont en général des huiles de type Spindle,

II.5.3 Les huiles turbines :

Les huiles pour turbines terrestres, se subdivisent en huiles pour turbines à vapeur possédant de bonne propriété dés émulsion et utilisation également dans les turbines hydrauliques, ou en huiles pour turbines à gaz terrestre plus stables thermiquement et utilisé pour la production d'énergie électrique dans les centres électriques et les groupements électrogènes industriels.

II.5.4 Les huiles blanches :

Ce thème désigne des huiles lubrifiantes hautement raffinées, dont le désaromatisation, en particulier a été poussée à l'extrême, ces produits sont quelquefois désignés par l'expression "huile de vaseline".

.Il existe deux catégories d'huiles blanches :

-Les huiles Blanches Techniques.

Exemple des huiles industrielles fabriquées en raffinerie d'Arzew :

-Huiles hydrauliques (TISKA).

-Huiles turbines (TORBA).

-Huiles engrenages (FODDA).

-Huiles compresseurs (TORADA).

-Huiles diverses.

II.5.5 Graisse :

Les graisses sont des lubrifiants constituées d'une huile de base, le plus souvent minérale et quelque fois synthétique, contenant généralement des additifs épais par un agent gélifiant.

Chapitre III :

Traitement de l'huile

Usagée

Introduction :

Les huiles lubrifiantes empêchent la surchauffe des pièces métalliques qui entrent en contact les uns avec les autres dans un moteur à combustion interne, Soumises à de fortes températures, elles se dégradent et perdent progressivement leurs propriétés lubrifiantes. Avant l'emploi, elles sont constituées de 80% à 90% , d'huile lubrifiante de base et de 10% à 20% d'additifs destinés à améliorer leurs performances.

Durant usage, leur composition change dû à certains facteurs, tels que la modification physique et chimique des molécules à cause de l'élévation de température de certaines parties du moteur, la dégradation des additifs, l'addition de métaux provenant de l'usure du moteur et l'infiltration de substances étrangères comme des solvants, des glycols et de l'essence.

III.2 Classification des huiles usagées:

Les huiles usagées, sont des huiles qui sont contaminées après utilisation, ses propriétés altérée, ne peuvent pas continuer à remplir leur taches convenablement.

On cite deux types des huiles usagées :

III.2.1 Les huiles usagées claires :

Se sont des huiles industrielle, peu détériorées, donc faciles à valoriser sous forme de matière ou récupérées sous forme d'une huile de base [5].

| Origine | Spécificité |
|--------------------------------|--|
| Industrielle | 1. Huiles pour turbines. 2. Huiles pour transmissions hydrauliques. Huiles pour isolante pour transformateurs 3 Huiles non solubles pour le travail des métaux |
| Industrielle automobile | Huile pour amortisseurs |

Tableau III-1 : Huiles générant des huiles usagées claires [9].

III.2.2 Les huiles usagées noires :

Sont les huiles qui proviennent généralement de la lubrification automobile, elles représentent un pourcentage important dans la totalité des huiles usagées, elles sont obtenues par un mélange des résidus lourds. Le traitement de ces huiles noires est plus difficile et complexe, à cause de leur forte dégradation et la présence de contaminants. Les huiles noires sont récupérables par des prestataires spécialisés dans des lieux dédiés, pour produire de l'huile de base destinée à la lubrification des moteurs, ou pour incinérées en cimenterie et autres matières [5].

| Origine | Spécificité |
|-------------------|---|
| Automobile | Toutes huiles finies pour moteurs essences y compris les huiles dites mixtes. Huiles pour moteurs Diesel dites tourisme. Huiles pour moteurs Diesel, pour les véhicules utilitaires y compris pour marine. Huiles multifonctionnelles. Huiles pour transmissions automatiques. Huiles pour engrenages automobiles. |
| Industrie | Tous fluides caloporteurs. Huiles pour le traitement thermique. Huiles pour compresseurs frigorifique. Huiles pour compresseurs d'air à gaz. Huiles pour engrenages industriels. |
| Aviation | Huiles pour moteur avion |

Tableau III.2 : Huiles génées des huiles usagées noires [9].

III.3. Composition d'une huile usagée :

La composition d'une huile usagée, des moteurs par exemple, est donc très variable et difficile à définir. Elle dépend, entre autres, du temps d'utilisation de l'huile, des additifs qu'elles contiennent et du type du moteur employé. Elle subit des traitements thermiques et mécaniques sévères et par la suite elle sera chargée de métaux, résidu de combustion .etc. et qui est distinguée par une couleur noire. De plus, lors de la récupération, les différentes sortes d'huiles usagées sont souvent mélangées, ce qui en rend davantage complexe la composition, et nécessite l'attention des recycleurs.

Les huiles usagées industrielles sont de couleur claire qui ne sont pas très détériorées à l'usage et elles peuvent être facilement récupérables par rapport aux huiles moteur.

Dans une huile usagée on trouve généralement :

- ✓ L'eau
- ✓ Plomb, essence .
- ✓ Composants venants de la dégradation partielle des additifs (sulfate de plomb et oxyde de plomb)
- ✓ Polymères ,composès halogènes

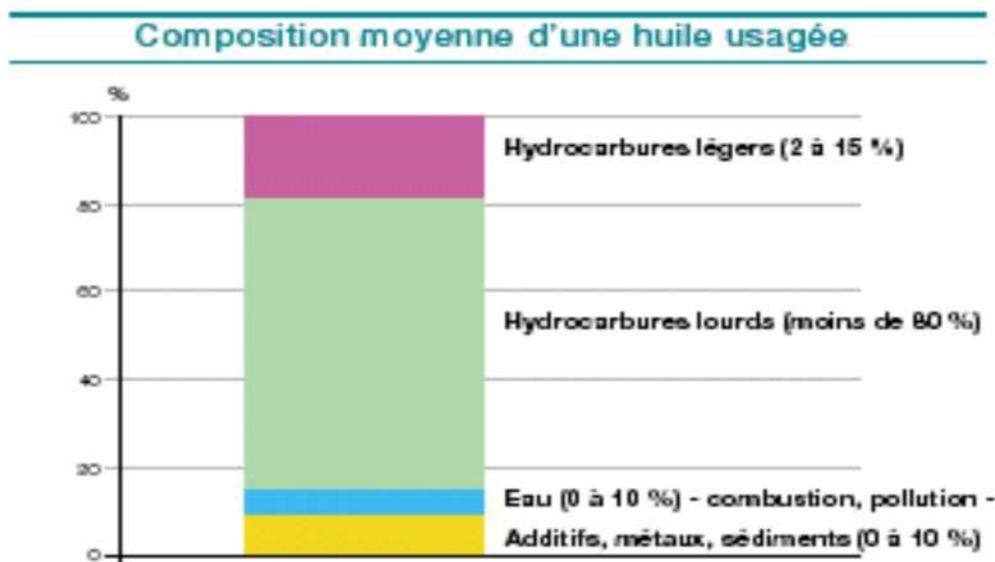


Figure III.1 : Composition moyenne d'une huile usagée

III.4 L'impact des huiles moteur usagées sur l'environnement et la santé :

Selon [13] ,Les huiles usagées sont dangereuses pour l'environnement pour plusieurs raisons :

- Elles sont peu biodégradables.
- Elles ont une densité plus faible que l'eau : 1L d'huile usagée peut couvrir une surface importante d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu.

L'impact lié à leur dégradation qui provient de la combustion de l'huile dans de mauvaises conditions est important : formation d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) dont le pouvoir cancérigène a été démontré; formation de gaz chlorhydrique acide, dû au chlore, sans neutralisation des fumées, de PCB ou de dioxine.

- Pollution des terres, des fleuves et des océans due à une faible biodégradabilité.
- En contact avec l'eau, production d'une pellicule empêchant la circulation de l'oxygène

| Polluants | Exemples | Sources |
|--|------------------------------|--|
| Hydrocarbures aromatiques mononucléaires | Alkyl benzène | Pétrole-base lubrifiante |
| Hydrocarbures aromatiques di-nucléaires | Naphtalène | Pétrole-base lubrifiante |
| Hydrocarbures chloré | Trichloréthylène | Utilisation huile polluée |
| Métaux | Baryum Aluminium Plomb | Dans les additifs Dans les moteurs Dans le combustible |

Tableau III-3: Composés polluants des huiles usagées [14].

Pour ces raisons, les détenteurs doivent recueillir les huiles usagées provenant de leurs installations et les stocker dans des conditions de séparation satisfaisantes qui sont comme suite [3] :

- Ne pas mélanger les huiles avec autres produits non huileux comme l'eau.
- Conservation des huiles dans des installations étanches, jusqu'à leur ramassage ou re-raffinage.
- Remettre les huiles usagées aux ramasseurs, en vue de les mettre directement à la disposition des éliminateurs ayant un agrément délivré par l'autorité administrative.

III.5 Possibilité de récupération des huiles usagées :

Les huiles lubrifiantes usagées sont des produits pétroliers visqueux, au cours de l'utilisation ces huiles se dégradent après un certain temps, par l'influence des différents types de contaminants. Ces huiles nécessitent une gestion appropriée pour en faire un produit à valeur ajoutée, qu'a pour objectif [14] :

- Réduire la quantité de l'huile usagée considérée comme un déchet très dangereux soit sur la santé humaine ou sur l'environnement.
- L'économie d'achat des huiles neuves.

Grace à la récupération de ces huiles usagées, elles auront une durée de vie plus longue.

Le choix d'un processus de traitement des huiles usagée doit être basé sur :

- Le cout de l'opération ; avoir un faible taux de dispense sur les machines et les solvants chimiques utilisées.
- Avoir un bon rendement.
- Le processus ne doit pas avoir beaucoup d'inconvénients, surtout sur l'environnement.

III.5.1 Les divers systèmes de récupération des huiles usages:

Les huiles usagées noires ou claires peuvent êtres récupérables et valorisables sous forme de trois système [14] :

- Système de récupération sous forme d'une huile de base, prête à être un nouveau
- lubrifiant pour moteur, et machine industrielles.

- Système de valorisations énergétiques, sous différentes voies, soit pour l'obtention de chaleur, applicable dans les cimenteries, les raffineries etc. Soit comme un combustible utilisé en équipement de cogénération pour la production d'électricité, la fabrication de ciment, et en usine de production de conglomerat bitumineux.

III.5.2 Les principales étapes à suivre lors de la récupération des huiles usagées :

Les processus de récupération des huiles usagées sont basés sur les étapes suivantes :

- Distillation sous vide : pour séparer les différentes fractions des résidus lourds.
- Ultrafiltration : l'huile est soumise à des différentes opérations de filtration et sédimentation, pour but d'éliminer les particules solides.
- Ré-addition : ajouter une quantité d'additifs afin d'améliorer les performances et caractéristiques de l'huile.

III.5.3 Processus de récupération de l'huile usagée par distillation sous-vide :

Voici à présent, une description d'un processus pour la récupération des huiles usagées existant.

Ce processus est appelé VAXON, il est pratiqué dans une usine de traitement CATOR située à Alcover (Tarragone). Ce processus a été spécialement conçu pour la régénération des huiles usées de tout type d'automobilisme et industrielle. Pour les récupérer sous forme d'une huile de base prête à prendre le rôle d'un lubrifiant. L'utilisation des évaporateurs cycloniques, des séparateurs à vide, doté d'un système de circulation de l'huile et de chauffe spécialement destiné à cet emploi, lui permet d'être plus compatible.

Voici les principales étapes du processus :

1- Distillation fractionnée sous vide :

Lors cette distillation on réalise la séparation de tous les composants indésirables des huiles usagées. Cette distillation travaille dans quatre étapes de distillation, dans des conditions de température et de vide différentes.

□ **La première distillation :** cette étape travaille à 200 °C et 0.5 bars de pression ; dans cette étapes on élimine de l'eau et les hydrocarbures légers.

□ **La deuxième distillation :** l'huile qui n'a pas été distillée dans la première étape, il va passer dans cette étape qui travaille à une température de 280 °C et à une pression de 75 mbars, afin d'éliminer du gas-oil léger.

□ **La troisième distillation :** le traitement des produits qui n'ont pas été distillés lors de l'étape précédente, s'effectue à une température de 310 °C, et une pression basse de 50 mbars. Pour obtenir des huiles de base équivalente à celles connues sur le marché, sous le nom SN100 qui signifie que ce sont des solvants neutre de nature paraffiniques.

□ **La quatrième distillation :** consiste à éliminer des produits de nature bitumineux, elle s'effectue à une température de 350 °C, et une pression entre 5 et 10 mbars. Dans cette distillation on aura des huiles de base équivalente aux SN150 .

2- Traitement chimique : Les différents produits obtenus dans la troisième et les quatrième distillations précédentes, sont libre de toute impureté et métaux.

Ils passent dans un réacteur à température, avec une solution d'hydroxyde potassique afin de nettoyer l'huile une nouvelle fois, par la suite on sépare les eaux potassiques et on sèche l'huile.

3-Distillation sous vide : L'huile séchée est soumise à une dernière distillation à 340 °C, et à un vide de 10 mbars, cette distillation permet d'obtenir une huile de base de qualité qui sera minimum égale à celle des huiles de premier raffinage. A condition, l'huile obtenue est dopée avec une quantité d'additifs afin qu'elle soit plus performante au travaille désiré qui est la lubrification.

III.5.4 Avantage de ce processus :

C'est un procédé respectueux pour l'environnement car tous les composés des huiles usées non désiré sont séparés réutilisé par exemple [14] :

- L'eau et les hydrocarbures légers sont plus tard utilisés comme combustible pour l'usine elle-même.
- Les eaux issues de l'épuration d'eaux résiduaire peuvent être utilisées dans les services généraux de la raffinerie ainsi que dans les circuits de réfrigération
- Le gas-oil et les huiles de spindle sont envoyés dans des réservoirs de stockage adaptés.
- Les composés bitumineux sont placés dans des réservoirs adaptés pour être valorisés sous forme de combustible.
- Tous les gaz issus de ce procédé soit des pompes à vide ou des réservoirs de stockage reçoivent une valorisation énergétique.
- Du point de vue économique le coût de l'opération n'est pas très élevé.
- Le rendement est tel que cette usine a une capacité de traitement de 30 000 Tm/an. Et elle peut atteindre jusqu'à 42 500 Tm/an.

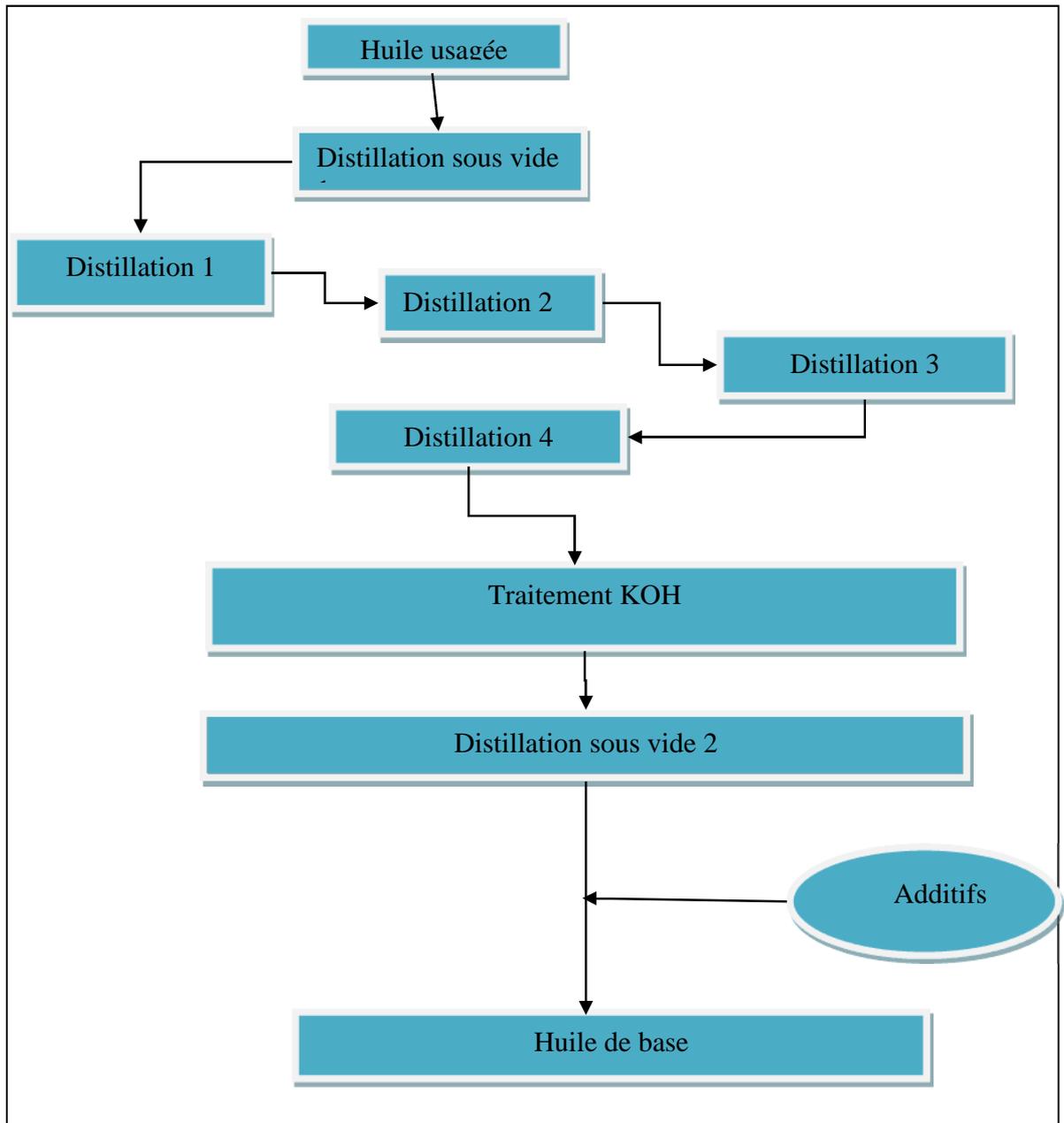


Figure III-2 : Processus de récupération des huiles usées.

III.5.4 .2 Processus de traitement en acide / terres :

Il s'agit de processus obsolètes actuellement en voie de disparition. Le diagramme ci-dessous les présente :

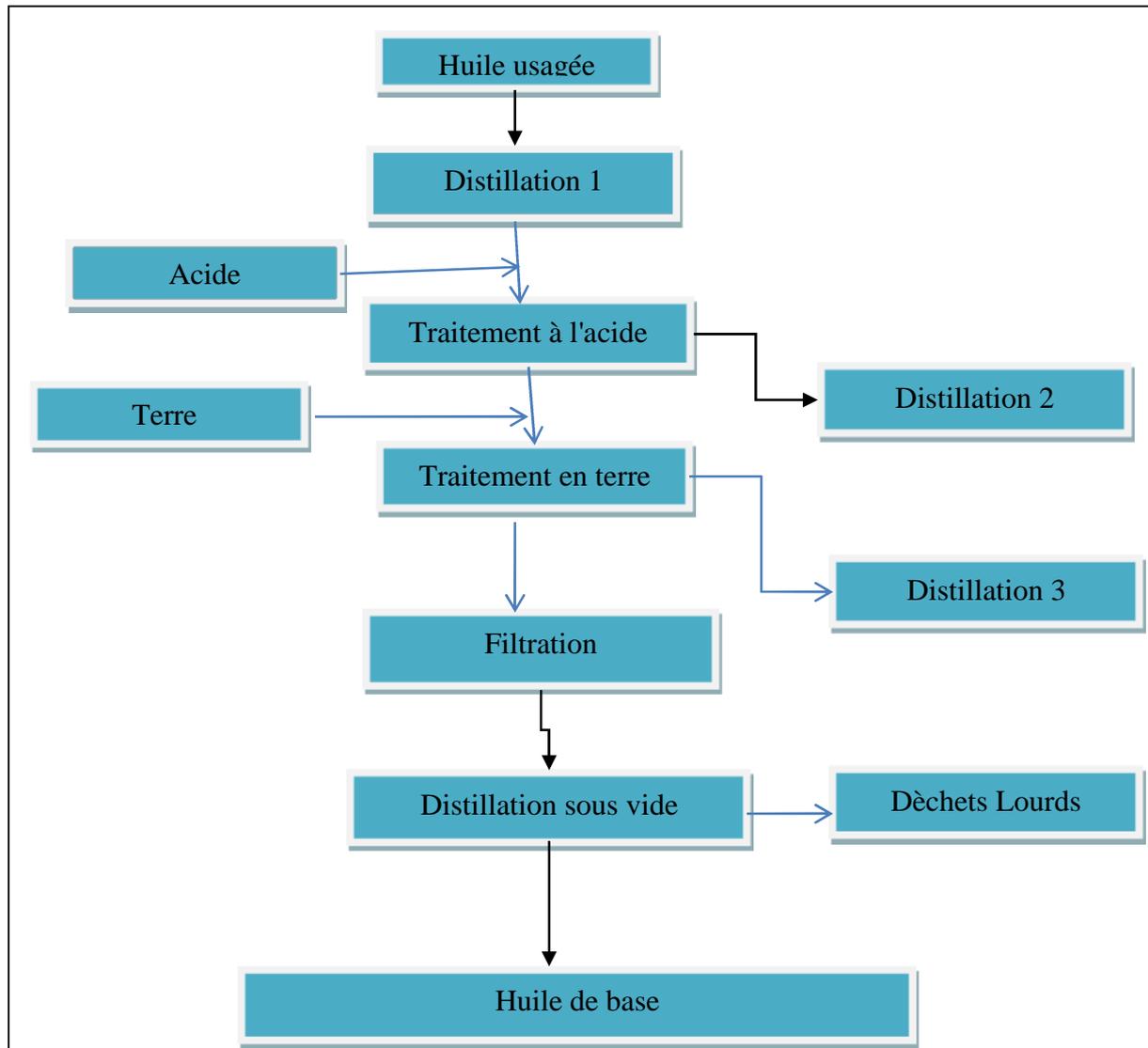


Figure III.3 : Schéma de base des technologies de traitement acide/terres

Les technologies acide/terres sont basées sur le traitement du substrat avec de l'acide sulfurique, ce qui élimine les éléments polluants, et sur un traitement postérieur avec des terres, ce qui neutralise le produit obtenu. Ainsi, le traitement avec des terres permet d'obtenir la couleur et l'odeur désirées. Il reste cependant le problème de l'utilisation et de l'application postérieures du déchet acide généré, qui doit souvent être considéré comme toxique et dangereux (problèmes concernant son élimination dans des décharges.). Ce traitement est destiné surtout pour les huiles usagées claire de type hydraulique.

III.5.4.3 Processus de traitement distillation sous vide et hydrogénation :

Ce traitement mêle la distillation sous vide et le traitement d'hydrogénation afin d'éliminer la majorité des éléments polluants de l'huile usée. Voici les étapes élémentaires de ce processus:

1. Distillation atmosphérique :

comprend l'élimination de l'eau et des hydrocarbures légers.

2. Distillation sous vide :

le produit obtenu fait partie des huiles lubrifiantes. La température de travail ne doit pas dépasser 250 °C.

3. Hydrogénation des produits distillés sous vide :

les huiles distillées lors de la phase précédente sont soumises à un traitement d'hydrogénation afin d'éliminer les composés sulfureux, azotés, et l'oxygène. Cette phase sert également à améliorer la couleur et l'odeur de l'huile.

4. Fractionnement :

l'huile hydrogénée se sépare en fractions d'huiles de base en fonction des spécifications et des exigences du produit désiré. Cette technologie admet les PCB ainsi que d'autres matières dangereuses : on obtient un rendement de 82% d'huiles de base de haute qualité (par rapport à l'huile usée sèche traitée). Le déchet généré lors de la phase de distillation sous vide renferme des additifs, des dérivés bitumineux, des produits oxydés et d'autres impuretés à valeur commerciale. La première reraffinerie basée sur cette technologie a été mise en service en Grèce en 1992. Il existe également des usines de ce type en Tunisie et en Californie. Voici le diagramme de ce processus.

CHAPITRE IV :

Partie Pratique

La Régénération

Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons essayé de régénérer une huile usagée de type hydraulique par le procédé de traitement à l'acide sulfurique. L'huile utilisée est la "Torba 68" fabriquée à la raffinerie d'Arzew dont les propriétés sont illustrées dans ce qui suit. L'huile usagée est collectée au niveau de la pompe centrifuge 18G1 de l'unité 18 section topping au niveau de la zone 4. L'efficacité du traitement a été évaluée par la viscosité cinématique, la densité, l'indice de viscosité et le point d'écoulement.

IV. 2 Propriétés de l'huile Torba 68 :

La Torba est une huile minérale à tendance paraffine utilisée pour la lubrification de tous les systèmes de transmission hydraulique. Cette huile est également adaptée au graissage par circulation de machines outils et de réducteurs, ainsi qu'au graissage par barbotage de réducteurs. C'est aussi une huile à caractère antirouille admettant une bonne résistance à l'oxydation et à la corrosion et un bon pouvoir dés émulsifiant. Les propriétés physico-chimiques de cette huile sont données dans le **Tableau IV-1**.

| Les essais | Torba 68 |
|------------------------------|-----------------|
| Densité | 0,8731 |
| Viscosité à 40°C | 63,77 |
| Viscosité à 100°C | 8,25 |
| Indice de viscosité | 97 |
| Point d'éclaire °C | 236 |
| Point d'écoulement °C | -9 |

Tableau IV-1: Caractéristiques physico-chimiques de l'huile Torba 68 [Annexe 1]

IV.3 Méthodes d'analyses:

Les analyses effectuées sont: la viscosité cinématique, la densité, l'indice de viscosité et le point d'écoulement, Les techniques utilisées pour ces mesures sont résumées dans le **Tableau IV-2**.

| Analyses | Appareils | Normes |
|---------------------|------------------------|--------|
| Densité | Densimètre DMA4500 | D4052 |
| Viscosité à 40°C | Viscosimètre Ubbelande | D-445 |
| Viscosité à 100°C | Viscosimètre Ubbelande | D-445 |
| Indice de viscosité | / | D-2270 |
| Point d'éclair | Anton Paar PM4 | D-92 |
| Teneur en eau | Mettler Toledo C20 | / |

Tableau IV-2: Techniques d'analyses

IV.3.1 La densité:

C'est une caractéristique qui dépend de la constitution chimique de l'huile. Pour les huiles isolantes à tendance naphénique elle se situe entre 0.8 et 0.88 à 20°C.



Figure IV.1 : Densimètre

La densité d'huile est déterminée au moyen d'un densimètre automatique (Figure IV.1) dans lequel il faut soigneusement remplir la cellule de mesure après avoir vider et sécher, en évitant la formation de bulle. Lorsque l'équilibre thermique est atteint, la valeur de la densité peut être lu.

IV.3.2 La viscosité :

La mesure de la viscosité s'effectue au moyen du viscosimètre Ubbelohde. l'échantillon est introduit à l'intérieur du viscosimètre le tout est immergé dans le bain thermostaté selon la température de l'analyse, 40 ou 100°C. Le temps requis pour atteindre l'équilibre de température est 10mn à 40°C et 15mn à 100°C. La valeur de la viscosité obtenue en multipliant le temps d'écoulement en seconde du volume du liquide dans le coefficient du tube capillaire qui correspond (Figure IV.2)



Figure IV.2 : Viscosimètre

IV.3.3 L'indice de viscosité :

L'indice de viscosité est calculé à l'aide d'une équation ou des tableaux en portant des valeurs de viscosité déterminées sur les produits à 40°C et à 100°C.

IV.3.4 Le point d'éclair :

10 ml d'huile de lubrification régénérée est introduite dans un bécher sur lequel est inséré un thermomètre. Le bécher est placé sur un bec Bunsen. La surface de l'échantillon est exposée à une source de flamme à des intervalles pour déterminer la température à laquelle apparaît un éclair sur la surface de l'échantillon, tandis que l'huile de lubrification dans le bécher continu à se chauffer.



Figure IV.3 : appareil du point d'éclair

IV.3.5 Teneur en eau :

Le teneur en eau est la quantité d'eau (en ppm) dissoute dans l'huile isolante et elle est mesurée par un appareil numérique, celui-ci est branché à un tube contenant une solution chimique. On injecte un volume d'huile dans ce tube d'essai et on introduit comme donnée, le volume d'huile injecté. Après quelques instants, l'appareil affiche la teneur en eau en ppm (en poids et en volume) après spécification de la densité de l'huile (Figure IV.4)



Figure IV.4: Appareil de mesure de la teneur en eau.

IV.4 Principe de traitement à l'acide sulfurique :

L'élaboration du procédé de traitement de l'huile Tiska 32 se fait en trois (03) étapes: le prétraitement, la régénération à l'acide et l'étape de fin de traitement [7] [8].

IV.4.1 Le prétraitement :

l'huile usagée est centrifugée à raison de 4000 tr/min pendant 15 minutes afin de séparer une éventuelle couche de liquide qui se forme à la surface. En règle générale, les centrifugeuses sont suffisantes pour éliminer l'eau libre de l'huile, et dans tous les cas, peuvent agir sur toutes les impuretés solides finement divisées.

IV.4.2 La régénération à l'acide :

Les différentes manipulations sont réalisées sur 200 ml d'huile usagée avec un certain volume de H_2SO_4 concentré à 98 %. Le mélange huile + acide est placé dans un erlenmeyer sous agitation modérée; et sous une température constante de $45^{\circ}C$. Le temps de traitement est fixé à une heure. Après traitement, le mélange est laissé reposer pendant 24 heures dans une ampoule à décanter. On constate la formation de deux phases, l'huile prétraitée en haut, et la boue en bas (Figure IV.5). Après décantation, la boue est retirée du bas de l'ampoule pour être quantifiée.



Figure IV.5 : Décantation après traitement à l'acide

IV.4.3 L'étape de fin de traitement :

Après l'attaque de l'huile usagée avec du H_2SO_4 , on procède à la neutralisation de l'acide restant par ajout de 33 ml de solution de NaOH à 10 %. La neutralisation se fait sous agitation pendant 15 minutes.

Une deuxième décantation pendant une heure est alors nécessaire. La phase alcaline formée à la partie inférieure de l'ampoule est alors enlevée (Figure IV.7) et la partie supérieure est ensuite séchée dans une étuve pendant 45 minutes à une température de 150°C. Les échantillons de l'huile traitée sont conservés dans des flacons en verre hermétiquement fermés (Figure IV.8).



Figure IV.6: Neutralisation de l'acide et son élimination par décantation.



Figure IV.7 : L'huile traitée

IV.5 Résultats et discussion

IV.5.1 Aspect visuel de l'huile au cours du traitement :

La caractéristique principale d'une huile usagée est sa couleur qui est brun sombre et qui semble être dû aux impuretés présentes dans l'huile. A priori, ces impuretés se forment aux hautes températures lorsque les hydrocarbures saturés subissent des réactions de cracking et forment des alcènes contenant des doubles liaisons $C=C$.

Les molécules contenant de telles doubles liaisons réagissent avec l'acide sulfurique en formant de nouvelles molécules d'acides sulfoniques ou alkyl-sulfuriques, qu'on peut facilement éliminer par décantation. [9].

Nous avons également prélevé le volume de boue formé après décantation (Figure IV.6) qui est de:

| |
|---------------------------|
| Volume de boue = 17,5 mll |
|---------------------------|

IV.5.2 Viscosité :

L'augmentation de la viscosité peut se produire en raison de l'oxydation ou à cause d'une contamination avec des éléments insolubles [7]. À partir de la Figure IV.8, nous pouvons constater une diminution de la viscosité cinématique à 40°C de l'huile usagée (50,46 mm²/s) par rapport à la viscosité de l'huile neuve (63,77 mm²/s) , cela est dû à la contamination sous forme de boues de l'huile usagée. En général, l'huile est considérée comme inapte au service, si la viscosité originale augmente ou diminue considérablement.

Une diminution de la viscosité peut être causée par dilution de l'huile avec du carburant léger. Le résultat de l'essai de viscosité montre que l'huile usagée a perdue plus de sa viscosité en raison de la contamination. Cependant, après traitement la viscosité de l'huile a augmenté jusqu'à 56,7 mm²/s

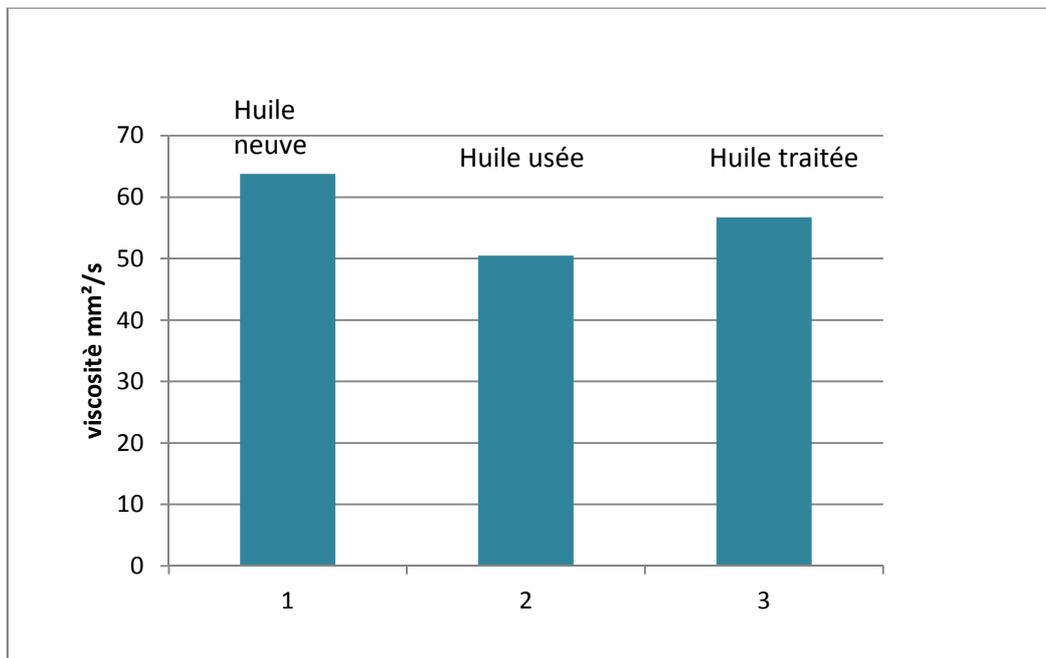


Figure IV.8: Effet du traitement sur la viscosité cinématique à 40°C.

La viscosité à 100°C présente le même cas de figure à savoir que l'huile usagée a perdu de sa viscosité à 100°C (5,75 mm²/s) mais cette dernière augmente après traitement pour atteindre une valeur de 6,9 mm²/s (Figure IV.9).

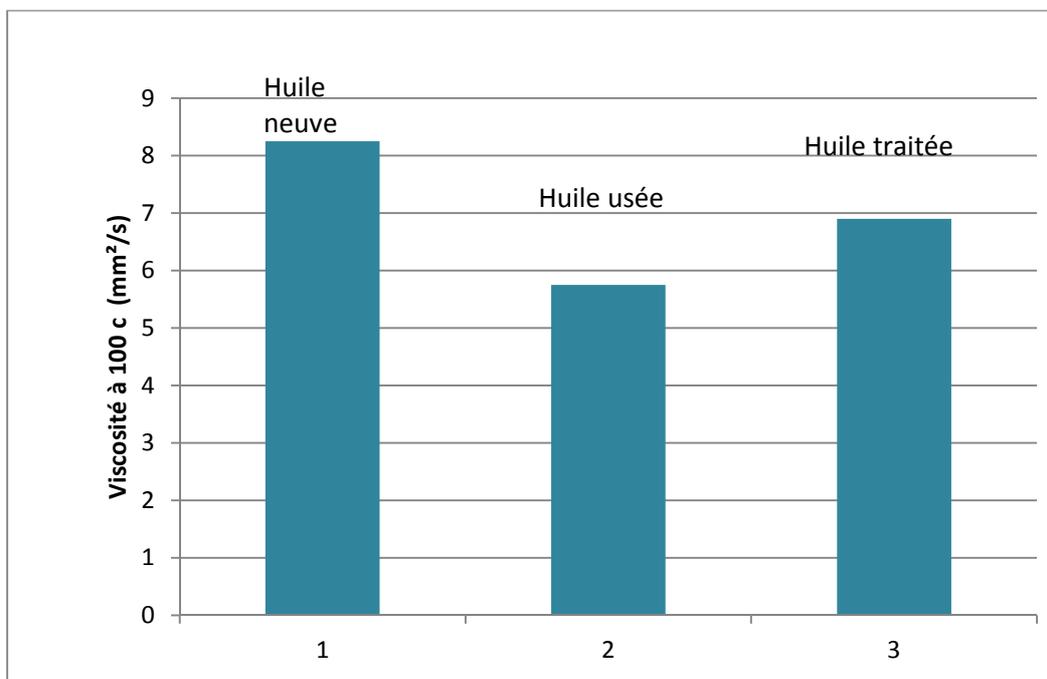


Figure IV.9: Effet du traitement sur la viscosité cinématique à 100°C.

IV.5.3 Indice de viscosité :

Est un paramètre qui indique le degré de variation de la **viscosité** des produits pétroliers et des produits connexes, tels que les huiles lubrifiantes, en fonction de la variation de la température. Selon le graphe on remarque que de même que pour la viscosité, l'indice de viscosité de l'huile usée a baissé par rapport à l'huile neuve (Figure IV.10). Il y a probablement eu une dégradation du polymère, par cisaillement mécanique, ou par coupure thermique ou thermo-oxydante [8].

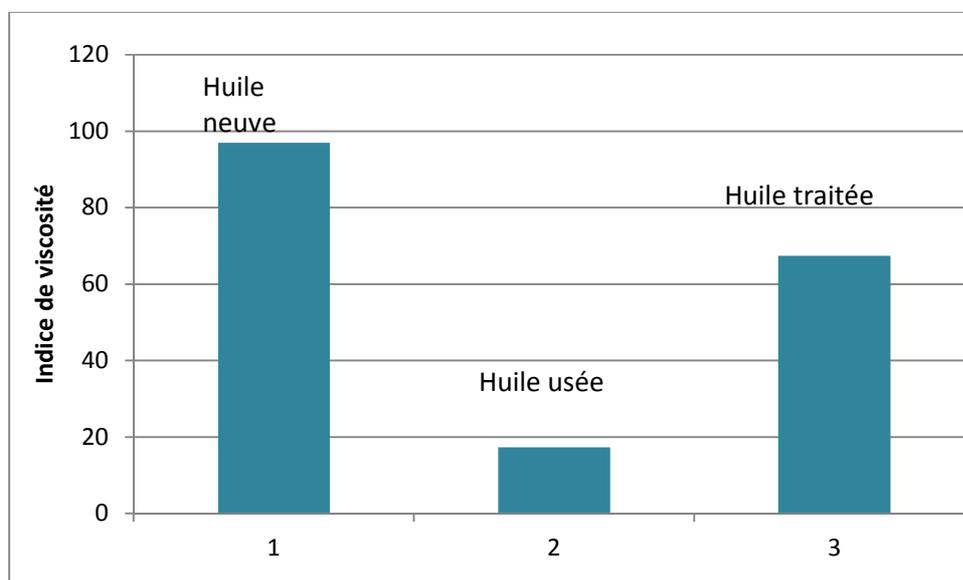


Figure IV.10: Effet du traitement sur l'indice de viscosité.

IV.5.4 La densité :

La densité de l'huile de lubrification usagée est supérieure à celle d'une huile neuve, et à celle d'une huile traitée. Les résultats pour l'huile lubrifiante neuve et usagée sont 0.8731 et 0.8617 respectivement, tandis que celle d'une huile régénérée est 0.8566 (Figure IV.11).

La densité d'une huile contaminée pourrait être inférieure ou supérieure à celle de son lubrifiant vierge en fonction de la nature de la contamination. Si l'huile de lubrification utilisée était contaminée en raison de la dilution du carburant et / ou de l'eau en provenance à partir de la combustion du carburant dans le moteur et une contamination accidentelle par la pluie, sa densité sera inférieure que celle de son huile de lubrification fraîche ou celle régénérée.

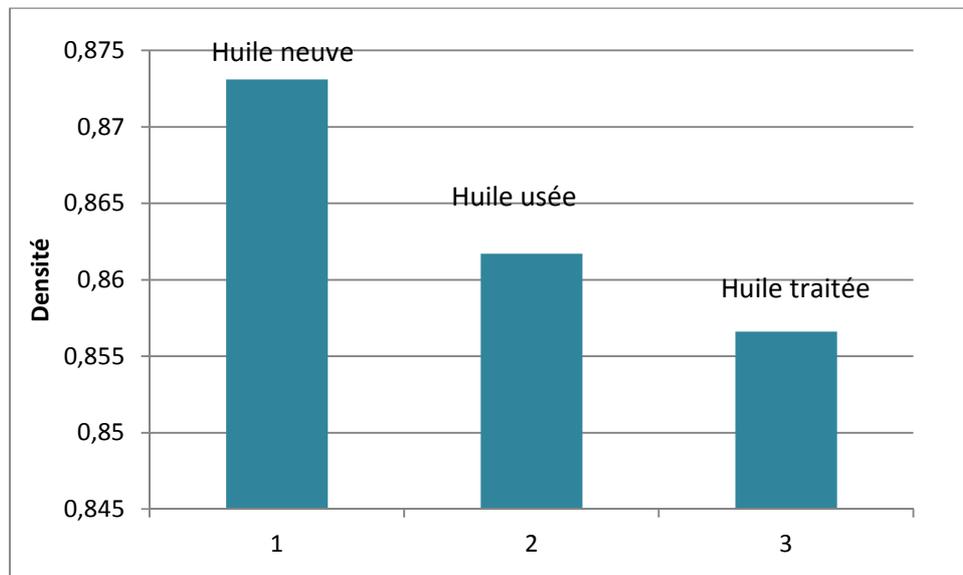


Figure IV.11: Effet du traitement sur la densité.

IV.5.5 Le point d'éclair :

Le point d'éclair est de 236 °C pour l'huile neuve, 220°C pour l'huile usagée et 230 °C pour l'huile traitée. La diminution de la valeur du point d'éclair de l'huile usagée pourrait être le résultat de la présence des fractions légères d'huiles [9].

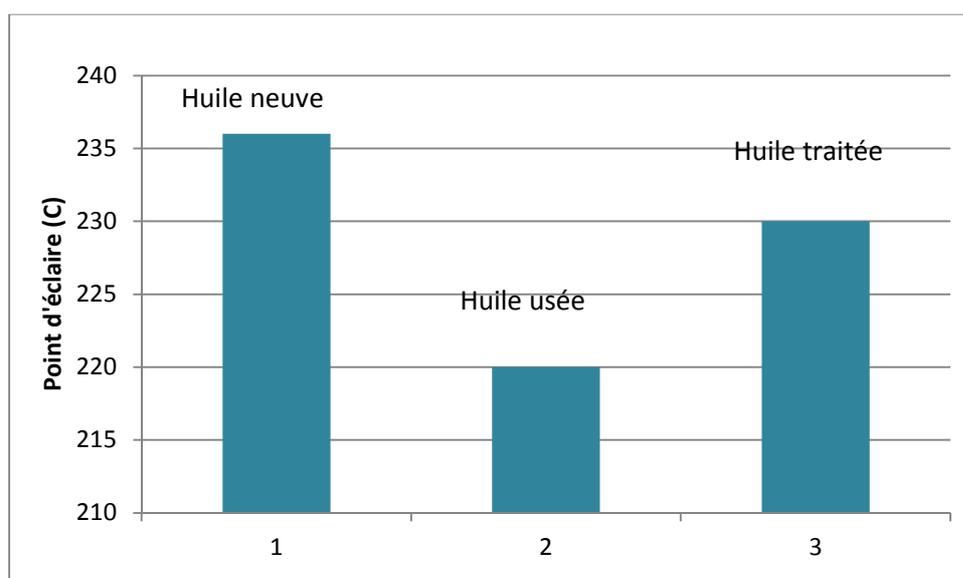


Figure IV.12 : : Effet du traitement sur le point d'éclair.

Néanmoins, cette diminution n'est pas très importante puisque cette huile n'a pas subi une combustion et une oxydation à haute température comme celle rencontrée dans les moteurs à combustion dans laquelle l'huile se décompose en composants, qui comprennent des fractions légères.

IV.5.6 La teneur en eau :

La teneur en eau paraît être l'un des paramètres les plus importants à prendre en considération lors d'un traitement par l'acide sulfurique. Une concentration élevée d'eau dans un lubrifiant peut causer la détérioration à la fois de la performance de graissage et le pouvoir anticorrosif de l'huile. Ainsi, une usure excessive et un endommagement des surfaces métalliques peuvent être le résultat d'une huile contaminée par l'eau[7]. Dans notre cas la teneur en eau de l'huile traitée est nulle.

IV.6 Intèrprétation des résultats :

La majorité des analyses physico-chimiques des huiles neuves (ultérieurement formulées) et les huiles traitées se rapprochent

Donc nous pouvons conclure que les différentes étapes de purification et de dopage nous ont permis de récupérer des huiles pratiquement neuves.

CONCLUSION GENERALE

Les prévisions inquiétantes des ressources pétrolières encouragent à réaliser des recherches en vue de trouver une solution au recyclage des huiles lubrifiantes extraites du pétrole. L'objectif du présent projet était d'étudier la faisabilité du traitement de l'huile lubrifiante "Torba 68" utilisé dans les compresseurs par l'acide sulfurique concentré.

Le traitement a été suivi par la détermination des paramètres tels que : la viscosité, le point d'éclair, la teneur en eau. Effectivement la régénération a amélioré les propriétés de l'huile, et la présence d'acide sulfurique a une concentration de 10ml de H₂SO₄ dans 100mL d'huile usagée a conduit à une meilleure amélioration de la viscosité jusqu'à 56g/cm³ ainsi que l'indice de viscosité. Cependant, il est nécessaire de tester la régénération de l'huile traitée afin de confirmer sa performance et son pouvoir lubrifiant.

En perspective; nous proposons:

- Compléter le traitement de l'huile usagée par l'ajout d'un adsorbant solide tel que : bentonite, charbon actif ou zéolithe connus par leurs propriétés adsorbantes intéressantes.
- Ajouter des additifs pour améliorer la viscosité de l'huile traitée.
- Tester le nombre de régénérations possibles qui peuvent être appliquées à une huile usagée donnée.
- Mélanger une fraction de l'huile traitée avec une huile neuve afin d'améliorer la viscosité, ensuite évaluer son efficacité de lubrification.

Références bibliographiques

- [1] J. AyeI. Lubrifiants constitution,. Technique de l'ingénieur réfe: BM5341 v1, 1997.
- [2] P.Guay. Principe de base de la lubrification. Technique de l'ingenieur. Réf : TRI1500 v1. 2014
- [3] F. Audibert. Les huiles usagées : reraffinage et valorisation énergétique. Paris : Technip, 2003.
- [4] ADEME, (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie). Recyclage et valorisation energitiques des huiles usagées, Atouts et faiblesses. Paris 2000.
- [5] Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP). Possibilités de recyclage et d'utilisation des huiles usées. 2000.
- [6] Lubrifiants et produits connexes pour l'automobile. Guide pratique à l'attention des acheteurs publics de lubrifiants et de produits connexes pour véhicule terrestre à moteur thermiques: Collection marchés publics, Edition 2000.
- [7] F. Bouzid et N. Khellaf. Régénération à l'acide sulfurique de l'huile de lubrification Repsol32 utilisée dans le compresseur de synthèse d'ammoniac (Fertial-Annaba). Revue des énergies renouvelables. 2017.
- [8] R. Mazouzi , B. Khelidj. Régénération des huiles lubrifiantes usagées par processus de traitement à l'acide. Revue des énergies renouvelables. 2014.
- [9] S.Ourat, S.Chelagha. Caractérisation physico-chimique d'une huile moteur usagée et possibilité de récupération. Master en génie des procédés. Béjaia.2017.
- [10] M.A. Scapin, 'Recycling of Used Lubricating Oils by Ionizing', Linking Hub, 2007. 'Online' Available: elservier.com/retrieval/pii/30969806X0700182X
- [11] J. Denis, J. Briant et J.C. Hipeaux, 'Physico-Chimie des Lubrifiants, Analyses et Essais', Publication IFP, Editions Technip, Paris, 1997
- [12] J. Rincon, 'Regeneration of Used Lubricant Oil by Polar Solvent Extraction', 2005, 'Online', Available: pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie040254.

Liste des Abréviations

BRI : le brut réduit importé.

BRA : Brut réduit atmosphérique.

MEK-Toluène : méthyle éthyle cétone toluène.

SAE : Society of Automotive Engineers.

SPO : Spendil Oil.

GPL: Gas Produit Lèquifiè

HP: Haute prèssion.

MP: Moyenne prèssion.

BP: Basse prèssion

HGO : Heavy Gaz Oil

LGO : Light Gaz Oil.

HSRN: Heavy Strught Run Naphta.

LSRN:Light Strught Run Naphta.

PP : Planing et Programme.

Annexe

Les Caractéristiques du L'huile lubrifiant (Chelia10w et Torba68)

REGISTRE N° L02
Enregistrement des résultats (Huiles HF1)

Température: °C
Humidité: %
Pression: m bar

Date: 07/05/18 10/05/18

Nom de l'échantillon: Chelia 10w Torba 68

Lieu de prélèvement: DM6 DM2

Numéro de Batch: AFK AFL

| Les Essais | Code | Nom du Chimiste | Signature | Résultats | Résultats |
|----------------------------|---------|-----------------|-----------|-----------|---------------|
| Densité à 15/4 | LAB.L05 | | | 0,861 | 0,8731 |
| Viscosité à 40°C | LAB.L07 | BOUCHIKHI | | 36,43 | 63,77 |
| Viscosité à 100°C | | | | 5,797 | 8,255 |
| Indice de viscosité | | | | 99 | 97 |
| Point d'éclair C° | LAB.L03 | SIABDUAH | | 216 | 236 |
| Point d'écoulement C° | LAB.L10 | HABES | | -15 | -9 |
| TBN (mg KOH/gr) | LAB.L02 | | | 5,64 | |
| Teneur en Zinc %pds | LAB.L20 | BAHLAT | | | |
| Teneur en Calcium %pds | | | | | |
| Teneur en Soufre %pds | LAB.L19 | | | | |
| Teneur en Phosphore %pds | LAB.L18 | | | | |
| TAN (mg KOH/gr) | LAB.L01 | BAHLAT | | | 0,11 |
| CCS | LAB.L08 | NOHAMDI | | 5701 | |
| Emulsion | LAB.L06 | ALEM | | | |
| Essai NOACK | LAB.L09 | | | | 4014010 (12') |
| Moussage à 24°C | LAB.L12 | | | | |
| Moussage à 93°C | | | | | |
| Moussage à 24°C Apres 93°C | | | | | |
| Cendre Sulfatée | LAB.L26 | | | | |

Observation

