

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA – BEJAIA

Faculté de Technologie



Département de Génie des Procédés



*Mémoire de fin de cycle*

En vue de l'obtention du diplôme de

**Master**

En Génie des Procédés

Option : Génie Chimique

Thème :

---

**Raffinage du pétrole et caractérisation d'un  
sous-produit « huile moteur commerciale pour  
véhicules lourds de type diesel »**

---

**Réalisé par :**

**M<sup>r</sup>. ADJIR Mohand Said**

**M<sup>r</sup>. BENKEZIM Rachid**

**Encadré par :**

**M<sup>me</sup>. ZAIDI Lynda**

**M<sup>me</sup>. REMILI Cherifa**

**Promotion 2017-2018**

## *Remerciements*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation en particulier à notre encadreur Mme ZAIDI Lynda et co-encadreur Mme REMILI Cherifa*

*Nous voulons aussi exprimer toute nos gratitude et nos remerciements aux personnels de laboratoire NAFTAL Bejaia, de la raffinerie de Hassi Messaoud, et de laboratoire LMPA à leurs têtes Pr. KACI Mustapha, Mme. RABOUHI Aida, et Mr. BENGRIBI.*

*Nous ne manquons surtout pas de remercier chaleureusement Mr ZENBOUAI Idris, Mme DEHOUCHE Nadjet, Mme BRADAI, Mme RABHI et Mme AMRANI.*

*Nos plus vifs remerciements vont aux membres du jury qui ont accepté de lire et juger notre travail.*

*A toutes les personnes qui de près ou de loin, ont Contribué à l'élaboration de ce travail.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents pour leur soutien durant mes études, et pour avoir toujours cru en moi dans les moments les plus ardues. Aucune dédicace ne sera exprimer l'affection et le grand amour que j'éprouve pour vous.*

*Qu'il soit l'expression de ma profonde gratitude et ma grande considération pour les Plus dévoué des frères que vous êtes "Lyes, Walid, Yanis ", et ma belle-sœur " Sabrina ". Je vous souhaite une longue vie, santé et bonheur.*

*A tous le reste de la famille : oncles, tentes, cousins et cousines.*

*Mes amis(es), les personnes les plus chères à mon cœur, avec tant d'amour, affection et de respect. Aucune dédicace ne sera vous exprimer mes sentiments.*

*Aux professeurs que j'ai eu le grand honneur de rencontré durant mon parcours d'étude*

***BENKEZIM Rachid***

# *Dédicaces*

*Je tiens à dédier ce travail à :*  
*Mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé pendant mon*  
*Parcours d'étude Pour leurs exprimer tout le respect et*  
*L'amour que j'ai pour eux, en espérant que j'ai été*  
*À la hauteur de leurs espérances,*  
*Mes très chers frères Nazim, Mourad, Jugurtha,*  
*Ma cher belle-sœur Saadia,*  
*Mon neveu Mayas que j'aime vraiment,*  
*Mes oncles, mes tantes, cousins et cousines,*  
*Mes collègues et amis : Nassim, Bilal, Khelaf, Nordine, Amine,*  
*Sofiane, Ahmed, Nazim, et tout les camarades de labo 16,*  
*Mon ami et binôme Rachid aux côtés de lequel j'ai trouvé*  
*un plaisir fou à travailler et avec lequel j'ai*  
*partagé de très bonnes choses,*  
*Toute personne chère à mon cœur que je n'ai pas pu citer.*  
*Tous ceux qui m'ont soutenu, soit moral ou matériel.*  
*Que dieu vous protèges et vous gardent en bonne santé.*

*ADJIR Mohand Said.*

# ***SOMMAIRE***

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction..... 1

## **Chapitre I : Pétrole Brut**

I. Pétrole brut.....	3
I.1 Définition.....	3
I.2. Origine et formation du pétrole brut.....	3
I.3. Composition du pétrole brut.....	4
I.4. Classification du pétrole brut.....	5
I.4.1. Classification selon la densité.....	6
I.4.2. Classification selon la teneur en soufre.....	6
I.4.3. Classification selon la composition chimique.....	6
I.5. Raffinage du pétrole.....	6
I.5.1. Définition.....	6
I.5.2. Procédés de fractionnement.....	7
I.5.2.1. Distillation du pétrole brut.....	7
I.5.2.2. Distillation sous vide du résidu atmosphérique.....	7
I.5.3. Procédés de transformation des coupes légères / moyennes.....	7
I.5.4. Procédés de conversion.....	8
I.5.5. Procédés de traitement.....	8
I.5.6. Procédés annexes.....	8
I.6. Consommation du pétrole brut dans le monde.....	8
I.7. Pétrole brut en Algérie.....	9
I.8. La pollution par les hydrocarbures pétroliers.....	10
Conclusion.....	11

## **Chapitre II : Huiles Lubrifiantes**

II.1. Huiles de lubrification.....	12
II.1.1. Huiles d'origine végétale.....	12
II.1.2. Huiles minérales.....	12
II.1.3. Huiles synthétiques.....	13
II.2. Obtention des huiles minérales.....	13

II.3. Propriétés des huiles lubrifiantes.....	14
II.3.1. Propriétés physico-chimiques.....	14
II.3.1.1. Densité.....	14
II.3.1.2. Point d'écoulement.....	14
II.3.1.3. Point d'éclair.....	14
II.3.1.4. Teneur en eau et sédiments (BSW).....	15
II.3.1.5. Chaleur spécifique.....	15
II.3.1.6. Conductivité thermique.....	15
II.3.1.7. Indice de basicité.....	15
II.3.2. Propriétés rhéologiques.....	16
II.3.2.1 Viscosité.....	16
II.3.2.2. Indice de viscosité.....	17
II.3.3. Propriétés macroscopiques.....	17
II.3.3.1. Couleur.....	17
II.3.3.2. Indice de réfraction.....	18
II.4. Amélioration des propriétés des huiles par ajout d'additifs.....	18
II.4.1. Additifs anti-usure.....	19
II.4.2. Additifs extrême-pression.....	19
II.4.3. Additifs détergents.....	19
II.4.4. Additifs dispersants.....	19
II.4.5. Additifs améliorant l'indice de viscosité.....	20
II.4.6. Additifs antimousses.....	20
II.4.7. Additifs antirouille.....	20
II.4.8. Additifs antioxydants.....	20
II.4.9. Additifs anticorrosifs.....	21
II.4.10. Abaisseurs de point d'écoulement.....	21
II.4.11. Réducteurs de frottements.....	21
II.5. Classification des huiles lubrifiantes.....	21
II.5.1. Classifications américaines.....	22
II.5.1.1. Classification S.A.E.....	22
II.5.1.2. Classification A.P.I.....	23
II.5.2. Classifications européennes.....	23
II.6. Fonctions des huiles moteur.....	23

II.7. Fonctionnement et circuit d'huile moteur.....	24
II.7.1. Circuit de lubrification.....	24
II.7.2. Zone Segment-Piston-Chemise (SPC).....	25
II.7.3. Récupération des vapeurs d'huile.....	26
II.7.4. Circuit de refroidissement.....	26

### **Chapitre III : Protocole Expérimental**

III.1 Description des unités de la raffinerie de Hassi Messaoud.....	27
III.1.1. Présentation de la raffinerie RHM2.....	27
III.1.2. Principales installations de RHM2.....	27
III.1.3. Section de distillation atmosphérique "Topping" U200.....	28
III.1.3.1. Fonctionnement de l'unité de distillation atmosphérique.....	28
III.1.3.2. Circuit de chaque fraction soutirée.....	29
III.1.4. Section prétraitement du Naphta U300.....	32
III.1.5. Section Reforming catalytique U800.....	32
III.1.6. Section de stockage U900.....	32
III.2. Matériaux utilisés.....	33
III.3. Techniques de caractérisation des huiles moteur.....	34
III.3.1. Teneur en eau et sédiments (BSW).....	34
III.3.2. Densité.....	35
III.3.3. Point écoulement.....	36
III.3.4. Point éclair.....	37
III.3.5. Viscosité cinématique.....	39
III.3.6. Indice de viscosité.....	40
III.3.7. Couleur.....	41
III.3.8. Indice de réfraction.....	42
III.3.9. Spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).....	43
III.3.10. Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible.....	44

### **Chapitre IV : Résultats et Discussions**

IV.1. Analyses spectroscopiques.....	45
IV.1.1. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).....	45
IV.1.2. Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible.....	47
IV.2. Analyses conventionnelles.....	48
IV.2.1. Densité.....	48

IV.2.2. Teneur en eau et en sédiments (BSW).....	49
IV.2.3. Couleur.....	49
IV.2.4. Indice de réfraction.....	50
IV.2.5. Point d'éclair.....	50
IV.2.6. Point d'écoulement et de congélation.....	51
IV.2.7. Viscosité cinématique.....	51
Conclusion générale.....	54

# ***SOMMAIRE***

## *Listes des Figures*

<b>Figure I.1.</b> Réserves de pétrole brut dans le monde en 2015.....	9
<b>Figure II.1.</b> Composition d'une huile lubrifiante.....	18
<b>Figure II.2.</b> Plages de viscosité en fonction de la température pour la classification SAE.....	22
<b>Figure II.3.</b> Circuit de lubrification d'un moteur à combustion interne.....	25
<b>Figure II.4.</b> Zone Segment-Piston -Chemise (SPC).....	25
<b>Figure II.5.</b> Récupération des vapeurs d'huile.....	26
<b>Figure III.1.</b> Schéma de process Topping/RHM2.....	31
<b>Figure III.2.</b> Centrifugeuse.....	35
<b>Figure III.3.</b> Tubes coniques de centrifugation.....	35
<b>Figure III.4.</b> Le graphe de l'appareil de point de trouble et d'écoulement (ASTM D97 et ASTM D2500) .....	36
<b>Figure III.5.</b> Appareil de mesure du point d'écoulement.....	37
<b>Figure III.6.</b> Appareil de 'HERZOO Cleveland open cup HFP 386' pour la mesure du point éclair.....	38
<b>Figure III.7.</b> Bain viscosimétrique rempli d'eau distillé PMT TV2000.....	39
<b>Figure III.8.</b> Bain viscosimétrique rempli de l'huile de silicone modèle ISL TVB445.....	39
<b>Figure III.9.</b> Viscosimètre Cannon-Fenske.....	40
<b>Figure III.10.</b> Echelle de couleur démonstrative.....	41
<b>Figure III.11.</b> L'appareil de Colorimètre Lovibond.....	41
<b>Figure IV.1.</b> Spectres IRTF des huiles moteurs HMN, HMTA et HMTF.....	45
<b>Figure IV.2.</b> Spectres IRTF des trois huiles moteurs dans le domaine 1750 et 1675 $\text{cm}^{-1}$	46
<b>Figure IV.3.</b> Spectres IRTF des trois huiles moteurs dans le domaine 1260 et 1190 $\text{cm}^{-1}$	47
<b>Figure IV.4.</b> Spectres UV-Visible des trois huiles moteur.....	48
<b>Figure IV.5.</b> Évolution de la viscosité cinématique en fonction de la température.....	52

## *Liste des Tableaux*

<b>Tableau I.1</b> : Composition des principaux hydrocarbures pétroliers .....	4
<b>Tableau I.2</b> : Constituants élémentaires du pétrole .....	5
<b>Tableau I.3</b> : Statistique sur la production, transformation et la consommation du pétrole brute en Algérie du 2011 à 2015 .....	10
<b>Tableau III.1</b> : Rendement annuel de l'unité de distillation atmosphérique U200.....	29
<b>Tableau III.2</b> : Les bacs et capacité de stockage.....	33
<b>Tableau III.3</b> : Caractéristiques moyennes des huiles.....	34
<b>Tableau III.4</b> : Série des couleurs.....	42
<b>Tableau IV.1</b> : Valeur de densité.....	48
<b>Tableau IV.2</b> : Teneur en eau et en sédiments (BSW).....	49
<b>Tableau IV.3</b> : Résultats d'analyse de couleur.....	49
<b>Tableau IV.4</b> : Indices de réfractions obtenus des différentes huiles.....	50
<b>Tableau IV.5</b> : Point d'éclair des trois huiles.....	50
<b>Tableau IV.6</b> : Point d'écoulement et point de congélation des huiles analysées.....	51
<b>Tableau IV.7</b> : Valeurs des viscosités cinématiques.....	52
<b>Tableau IV.8</b> : Valeur de l'indice de viscosité des trois huiles.....	53

## *Liste des abréviations*

SR : Straight Run.

RA : Résidu atmosphérique.

DSV : Distillat sous vide.

RSV : Résidu sous vide.

OPEP : Organisation des Pays Exportateurs du Pétrole.

SONATRACH : Société Nationale de Transport et de Traitement des Hydrocarbures (Algeria).

PAO : Polyalphaoléfinés.

PIO : Polyoléfinés internes.

TBN : Total Base Number.

ASTM : American Society for Testing and Material.

SI : système international.

CGS : Centimètre, Gramme et Second.

IV : Indice de viscosité.

N.P.A. : National Petroleum Association.

PMA : Polymétacrylates d'alkyles.

OCP : Copolymères d'oléfinés.

DTPZn : Dialkyldithiophosphates de zinc.

S.A.E. : Society of Automotive Engineers.

A.P.I : American Petroleum Institute.

A.C.E.A : Association des Constructeurs Européens d'Automobile.

C.C.M.C : Comité des constructeurs d'automobile du marché commun.

SPC : Segment-Piston-Chemise.

RHM2 : Raffinerie Hassi Messaoud 2.

ALTEC : Société Algérienne d'Engineering.

H.E: Hydrocarbon Engineering.

NAFTAL : Entreprise Nationale de Commercialisation et de Distribution des Produits Pétroliers.

HMN : Huile Moteur NAFTAL.

HMTA : Huile Moteur TOTAL Algérie.

HMTF : Huile Moteur TOTAL France.

BSW : Teneur en eau et sédiments.

ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation).

IRTF : Infrarouge à Transformée de Fourier.

UV : Ultraviolet.

# **Introduction Générale**

## **Introduction Générale**

La découverte du pétrole date de la plus haute antiquité, il est issu de la décomposition de matières organiques végétales ou animales. Elles sont construites avec un ensemble de molécules principalement à base de carbone et d'hydrogène. Son utilisation est large et variée. Le pétrole est raffiné, transformé en plusieurs produits pétroliers distincts tels que les carburants, les huiles minérales, les graisses et les bitumes.

Avant d'obtenir l'huile de base, le pétrole brut est passé par la distillation atmosphérique. Le résidu obtenu après cette dernière subit plusieurs procédés comme la distillation sous vide, le désasphaltage, l'extraction des aromatiques, le déparaffinage et les traitements de finitions. L'huile de lubrification est formulée d'une huile de base, à laquelle est ajouté des additifs pour améliorer certaines de ses propriétés, soit en les renforçant, soit en apportant d'autres propriétés dont l'huile de base est dépourvue.

Assurer une bonne lubrification du moteur repose sur la réalisation d'un mécanisme hydraulique de lubrification bien adéquat et sur la formulation d'une huile disposant de plusieurs propriétés physico-chimiques. A cet effet, plusieurs études tribologiques, chimiques voire hydrauliques se sont intéressées vivement à ce sujet.

L'objectif de notre étude consiste d'une part à décrire les différentes étapes du raffinage du pétrole. D'autre part, caractériser trois huiles moteur les plus utilisées en Algérie (Naftal Chiffa/Chelia, Total Maxima RLD, Total Rubia TIR 7400) ; comparer leurs propriétés, dans l'intérêt de contribuer à une meilleure connaissance de la qualité des huiles moteur commerciales pour les véhicules lourds de type diesel.

Le présent mémoire est divisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités (définition, composition, classification...) sur le pétrole brut.
- Le deuxième chapitre a fait l'objet d'une étude bibliographique sur les huiles lubrifiantes (obtention, propriétés, amélioration, classification...).
- Le troisième chapitre est relatif à la description des différentes unités de la raffinerie de Hassi Messaoud, et aussi à la présentation du protocole expérimental suivi pour la caractérisation spectroscopique et physico-chimique des huiles moteur.
- Le dernier chapitre décrit l'ensemble des résultats obtenus et leurs discussions.

# **Chapitre I :**

## **Pétrole Brut**

## **Chapitre I :**

### **Pétrole Brut**

La dépendance mondiale à l'égard du pétrole persiste. En effet, en 2016 le pétrole brut représentait plus d'un tiers de la consommation mondiale d'énergie, soit une couverture énergétique de 33,6% et une augmentation de la consommation de 2,2 % par rapport à l'année d'avant

Le pétrole ou les hydrocarbures en générale sont considérés comme les piliers de l'économie en Algérie ; Le pétrole brut est le Cœur de l'industrie algérienne, c'est le produit de base de toute l'industrie du pays et en même temps la rente essentiel de notre économie, ce qui a incité les responsables de notre pays a accordé une place privilégiée pour ce produit énergétique tant convoité à l'échelle mondial.

Les réserves pétrolières prouvées de l'Algérie sont estimées à 12,2 milliards de barils en 2014, soit 1 % des réserves totales mondiales, vu ces réserves importantes que recèlent notre sous-sol, l'exploitation et le raffinage de ce produit nécessite des moyens technologiques colossaux et ultra moderne, des matériels de haute performance et des procédés très complexes.

Pour procéder au raffinage du pétrole on doit d'abord faire une étude sur les produits obtenus qui dépendent directement de la composition et des caractéristiques du brut traité ; ce premier chapitre est consacré aux généralités (définition, composition, classification...) sur le pétrole brut.

## **I. Pétrole brut**

### **I.1 Définition**

Le pétrole, vient du mot latin « Petra » pierre et « oléum » huile, soit 'Huile de pierre'. C'est un liquide brun plus ou moins visqueux d'origine naturelle, mélange complexe d'hydrocarbures. Son exploitation est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car il fournit la quasi-totalité des carburants liquides. Le pétrole est aussi souvent appelé « Or noir » en référence à sa couleur et à son coût élevé [1].

D'après le Micro Robert, le Pétrole est défini comme : une huile minérale naturelle (bitume liquide) accumulée en gisements et utilisée comme une source d'énergie, notamment sous forme d'essence [2].

### **I.2. Origine et formation du pétrole brut**

Le pétrole, est une roche liquide carbonée, ou huile minérale de couleur variant du vert au brun noir et dégage une odeur caractéristique, il est constitué d'une multitude de

molécules composées majoritairement d'atomes de carbone et d'hydrogène appelés hydrocarbures. Il s'est formé dans des lagunes peu profondes par décomposition de matières organiques accumulées en milieu anaérobique qui provoque une perte d'oxygène dans le milieu induisant des réactions réductrices. Celles-ci se sont transformées en gaz et en liquide plus ou moins visqueux qui est le pétrole ; ces transformations sont très lentes. En raison de sa faible densité, il a tendance à migrer jusqu'à être piégé dans une couche poreuse qui donne alors la roche réservoir, coincée entre deux couches imperméables. C'est là où se trouvent les gisements [3, 4].

### I.3. Composition du pétrole brut

Le pétrole est un mélange complexe majoritairement constitué d'hydrocarbures (93 à 99 % en masse) mais également de composés organiques soufrés (0,01 à 6 % en masse), azotés (0,05 à 0,5 % en masse), oxygénés (0,1 à 0,5 % en masse) et de certains métaux (0,005 à 0,015% en mass), tels que le nickel et le vanadium. Il est composé d'un continuum de molécules hydrocarbonées pouvant comporter de quelques unités à plus d'une centaine d'atomes de carbone [5, 6].

Les progrès récents de la spectrométrie de masse à ultra-haute résolution ont permis d'identifier plus de 17 000 composants chimiques distincts et le terme de pétroleomique est inventé pour exprimer cette complexité récemment découverte [7].

Les hydrocarbures pétroliers contiennent principalement des molécules composées d'atomes de carbone et d'hydrogène. Il s'agit d'alcane non cycliques (ou paraffines), des cycloalcane (ou naphènes), d'alcènes (ou oléfines) et d'hydrocarbures aromatiques [8].

**Tableau I.1** : Composition des principaux hydrocarbures pétroliers [9]

<b>PARAFFINIQUES</b>	<b>Alcane</b> Simple liaison entre les carbones. Saturés en chaîne ouverte droite	Méthane, éthane, propane, butane, pentane...	$C_n H_{2n+2}$
<b>ISO-PARAFFINIQUES</b>	<b>Alcane isomères</b> Saturés en chaîne ouverte ramifiée	Iso-propane, iso-butane...	$C_n H_{2n+2}$
<b>CYCLIQUES OU NAPHTENIQUES</b>	<b>Cyclane</b> Saturés en chaîne fermée	Cyclopropane, cyclobutane,	$C_n H_{2n}$
	<b>Cyclène</b> : Chaîne fermée avec des double liaisons entre les carbones		

	<b>Cyclynes:</b> Chaîne fermée avec des triple liaisons entre les carbones		
<b>AROMATIQUES</b>	Cycle insaturé à six atomes de carbone	Benzène	
<b>OLEFINES OU ETHYLENIQUES</b>	<b>Alcènes</b> Double liaison entre les carbones	Éthylène, propène, butène	$C_n H_{2n}$
<b>ALCYNES OU ACETYLENIQUES</b>	<b>Alcynes</b> Triple liaison entre les carbones	Acétylène ou éthyne	$C_n H_{2n-2}$

D'autres constituants mineurs sont également présents dans les hydrocarbures pétroliers, comme des métaux ((dont 75% en masse du Nickel et de Vanadium) ; on peut aussi trouver le Sodium, Calcium, Magnésium, Aluminium, et le fer) et les composés polaires qui contiennent de l'azote, du soufre ou de l'oxygène. Les molécules polaires de faible masse moléculaire sont appelées des résines, les plus lourdes étant regroupées sous l'appellation d'asphaltènes [10]. La composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers est présentée dans le tableau I.2.

**Tableau I.2 :** Constituants élémentaires du pétrole [11].

Elément	% en masse
Carbone	83– 87
Hydrogène	10– 14
Soufre	0.01– 6
Oxygène	0.1 – 0.5
Azote	0.1 – 1.5
Métaux	0.05 – 0.015

#### I.4. Classification du pétrole brut

A la découverte d'un gisement du pétrole, ce dernier subit une série d'analyse, permettant sa classification. La classification du pétrole est d'une extrême importance car elle nous permet de connaître les méthodes de traitement de ce même pétrole, l'assortiment et les qualités des produits à obtenir [12].

On distingue trois types de classification :

#### I.4.1. Classification selon la densité

$$\text{Densité API} = \frac{141.5}{D(60^{\circ}\text{F})} - 131.5 \quad (01)$$

- Pétrole léger "light" : le degré API est supérieur à 31.1 ;  $\text{API} > 31.1$
- Pétrole moyen "medium" : °API compris entre 22.3 et 31.1 ;  $22.3 < \text{API} < 31.1$
- Pétrole lourd ("heavy") : °API compris entre 10 et 22.3 ;  $10 < \text{API} < 22.3$
- Pétrole extra lourd ("extra heavy") : °API inférieur à 10 ;  $\text{API} < 10$

Les pétroles les plus légers sont les plus demandés par les raffineurs, car ils donnent directement beaucoup de coupes légères de grande valeur (diesel, essence, naphta). À l'inverse, les pétroles lourds donnent plus de produits, tels que des bitumes et du fioul résiduel, qu'il faut soit vendre tels quels à bas prix, soit convertir en coupes plus légères, notamment par hydrocraquage (ajout d'hydrogène) [13].

#### I.4.2. Classification selon la teneur en soufre

Les pétroles avec une faible teneur en soufre (inférieure à 0,5% en poids) sont qualifiés de « sweet » ou « doux » ; au-delà, les pétroles sont qualifiés de « Sour » ou « soufrés ». Ceci est important car le soufre est un « polluant-corrosif et poison » que les raffineurs doivent retirer. Ceci a un coût et il diminue donc la valeur du brut [12].

- Classe A : pétrole peu sulfureux % S  $\leq 0,5$  %.
- Classe B : pétrole sulfureux  $0,5 < \% S < 2$  %.
- Classe C : pétrole très sulfureux % S  $> 2$ %.

#### I.4.3. Classification selon la composition chimique

- Pétroles paraffiniques : le pourcentage des hydrocarbures paraffiniques est supérieur à 50%.
- Pétroles naphténiques : le pourcentage des hydrocarbures naphténiques est supérieur à 50% dans le brut.
- Pétroles aromatiques : le pourcentage des hydrocarbures benzéniques est supérieur à 35% [12].

### I.5. Raffinage du pétrole

#### I.5.1. Définition

Le raffinage du pétrole débute par la distillation, ou fractionnement, du pétrole brut en vue de le séparer en différents groupes d'hydrocarbures. Les produits obtenus dépendent directement des caractéristiques du brut traité. On transforme ensuite la plupart de ces produits de distillation en produits plus facilement utilisables, en modifiant leurs structures physique et moléculaire par craquage, reformage et par d'autres procédés de conversion, puis

on soumet les produits obtenus à divers procédés de traitement et de séparation tels que l'extraction, l'hydrocraquage et l'adoucissement pour aboutir aux produits finis [14].

### **I.5.2. Procédés de fractionnement**

Les procédés de fractionnement permettent de séparer un mélange pétrolier en fractions plus simples ou plus étroites. Dans le raffinage, les principaux procédés de séparation sont la distillation atmosphérique du pétrole brut et la distillation sous vide du résidu atmosphérique [15].

#### **I.5.2.1. Distillation du pétrole brut**

La distillation atmosphérique ou distillation primaire constitue la première et la principale étape du raffinage. Précédée d'une opération de dessalage (lavage à l'eau et à la soude) pour enlever les minéraux, cette opération permet de fractionner le pétrole brut en différentes coupes pétrolières, traditionnellement nommées coupes *Straight Run* (SR). En tête de colonne, il est récupéré la coupe gaz puis les coupes essence, kérosène et gazole sont obtenues sur les plateaux intermédiaires de la colonne. Ces coupes seront ensuite soumises à des procédés d'amélioration de propriétés et/ou à des procédés de finition pour obtenir les produits pétroliers à haute valeur commerciale. La fraction non distillée du brut, appelé aussi résidu atmosphérique (RA), est soit utilisée directement comme fuel industriel, soit envoyée à la distillation sous vide [15].

#### **I.5.2.2. Distillation sous vide du résidu atmosphérique**

La distillation sous vide est une étape complémentaire de la distillation primaire. En effet, le résidu atmosphérique contient les molécules avec un point d'ébullition supérieur à 340-380°C. Au-delà de cette gamme de températures, les molécules commencent à subir des réactions de craquage thermique avant de s'évaporer. C'est pourquoi, la distillation du résidu atmosphérique est effectuée sous pression réduite.

Cette opération permet de récupérer en tête de colonne, le distillat sous vide (DSV) qui sera ultérieurement soumis à des procédés de conversion pour obtenir des produits valorisables. La fraction non distillée correspond à la coupe résidu sous vide (RSV) qui contient la majeure partie des impuretés du brut, comme le soufre, l'azote, les métaux et les asphaltènes. Le RSV peut être utilisé dans la fabrication des bitumes, la production de fuels lourds ou comme charge pour des procédés de conversions, comme l'hydroconversion, la cokéfaction ou la viscoréduction [15].

### **I.5.3. Procédés de transformation des coupes légères / moyennes**

Les procédés de transformation appliqués aux coupes légères ou moyennes consistent surtout à améliorer les propriétés des coupes, notamment des essences. Pour cela, la structure

de molécules est réarrangée par isomérisation ou cyclisation ou elle est agrandie par des réactions d'alkylation ou de polymérisation. Les principales unités sont le reformage catalytique, l'isomérisation, l'alkylation, l'oligomérisation et l'éthérisation [16].

#### **I.5.4. Procédés de conversion**

Les procédés de conversion visent à transformer les coupes lourdes du pétrole en produits dont la forte demande du marché est forte, comme l'essence, le kérosène ou gazole. Pour cela, les molécules de coupes situées au-dessus de 350°C sont fragmentées en molécules de plus faible taille. Cette transformation peut s'effectuer soit à l'aide de procédés catalytiques, comme l'hydrocraquage, le craquage catalytique ou l'hydroconversion, soit par une voie thermique à travers des procédés comme la viscoréduction ou la cokéfaction [16].

#### **I.5.5. Procédés de traitement**

Les procédés de traitement visent d'une part à améliorer les caractéristiques des produits finis en termes de spécifications de qualité et d'environnement et d'autre part à préparer les mélanges d'hydrocarbures pour d'autres unités de transformation ou de conversion. Le traitement peut inclure l'élimination et/ou la séparation de composés aromatiques et de naphènes ainsi que des contaminants indésirables, comme le soufre, l'azote, les métaux. Le traitement peut impliquer des réactions chimiques, la séparation chimique ou physique, comme la dissolution, absorption ou précipitation. Les principaux procédés de traitement de mélanges pétroliers sont l'hydrotraitement, le désasphaltage, le procédé d'adoucissement [16].

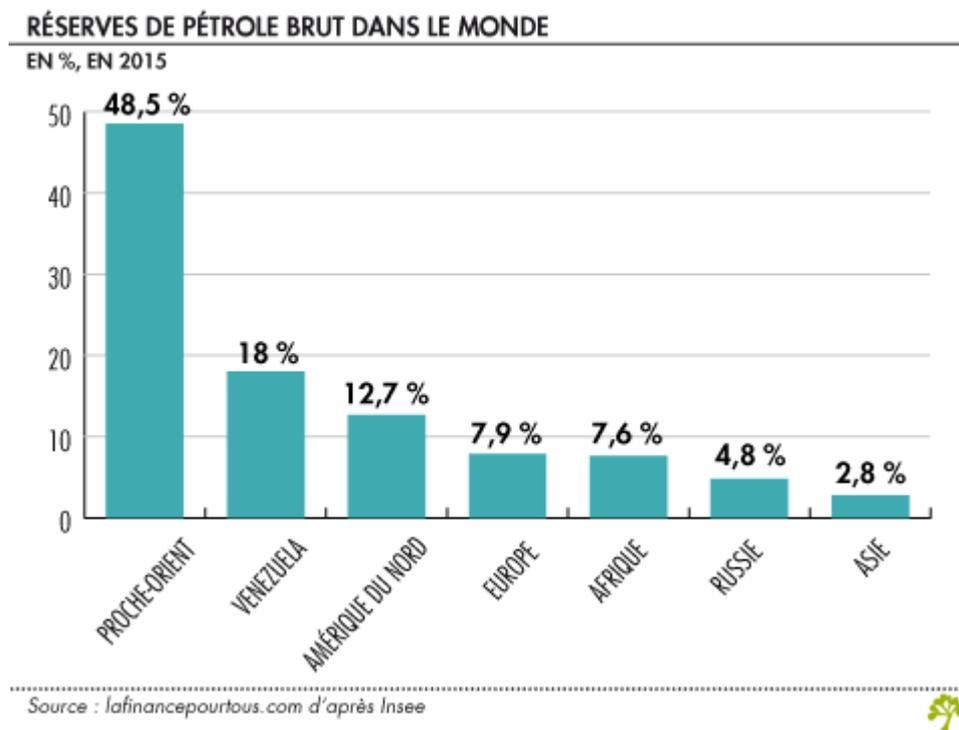
#### **I.5.6. Procédés annexes**

En dehors des procédés de fractionnement, de transformation et de traitement, il existe de nombreux procédés qui ne sont pas directement liés au raffinage du pétrole, mais qui sont également nécessaires au bon fonctionnement de la raffinerie. Ces procédés incluent les unités de protection de l'environnement, comme le traitement des gaz et le traitement des eaux résiduaires, l'unité de Claus ou les unités de production d'hydrogène [16].

### **I.6. Consommation du pétrole brut dans le monde**

La dépendance mondiale à l'égard du pétrole persiste. En effet, en 2016 le pétrole brut représentait plus d'un tiers de la consommation mondiale d'énergie, soit une couverture énergétique de 33,6% et une augmentation de la consommation de 2,2 % par rapport à l'année d'avant. D'après les statistiques, cette matière première devrait conserver à plus long terme son importance en tant que combustible, pour une part croissante dans le secteur des transports.

La figure suivante représente les réserves du pétrole brut dans le monde en 2015 :



**Figure I.1.** Réserves de pétrole brut dans le monde en 2015

### I.7. Pétrole brut en Algérie [17, 18, 12]

Membre de l'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs du Pétrole), l'Algérie figure parmi les pays producteurs et exportateurs du pétrole brut dans le monde. Quatrième réserve en Afrique, derrière la Libye, le Nigeria et l'Angola. Les réserves pétrolières prouvées de l'Algérie sont estimées à 12,2 milliards de barils en 2014, soit 1 % des réserves totales mondiales et 18,5 années d'exploitation au rythme de la production actuelle. La plus grande partie de ses réserves est concentrée dans la partie est du pays dans les bassins de HASSI MESSAOUD et BERKINE. En 2015, l'Algérie a produit 49184 K tonne de pétrole brut.

La variété du brut algérien s'appelle le Sahara Blend. Parce que c'est un pétrole léger et à moindre teneur en soufre. Il est de ce fait apprécié des raffineurs. De plus, le Sahara Blend est l'un des meilleurs et plus chers pétroles au monde.

La consommation domestique en carburants et autres produits pétroliers connaît une croissance particulièrement élevée depuis 2008, sous l'effet des importations croissantes de voitures, c'est-à-dire l'augmentation du parc automobile, et d'autres phénomènes encore.

En 2015, la consommation intérieure est estimée à 1167 K tonnes. Le reste de la production (la majeure partie) est exportée vers les marchés internationaux européens (France, Allemagne, Italie...etc.), américains (les Etats-Unis) et asiatiques (Japon, chine...etc.).

Le tableau suivant résume la consommation, la production et la transformation du pétrole en Algérie :

**Tableau I.3** : Statistique sur la production, transformation et la consommation du pétrole brute en Algérie du 2011 à 2015 [20].

Années	2011	2012	2013	2014	2015
<b>PRODUCTION (K tonne)</b>	54538	51063	49574	50805	49184
<b>Transformation (K tonne)</b>	21821	19592	21211	26041	24811
<b>Consommation (K tonne)</b>	693	638	730	920	1167

Actuellement, la compagnie pétrolière nationale SONATRACH (1ère compagnie en Afrique et 12ème compagnie dans le monde) prévoit à moyen terme d'augmenter sa production de pétrole grâce, d'une part, à un maintien de l'effort de production pour les gisements actuellement en exploitation, et d'autre part, par la mise en production de nouveaux gisements, comme celui d'EL-MERK qui depuis son exploitation en début 2013 a renforcé la production pétrolière nationale. Le groupe SONATRACH réserve des budgets colossaux pour atteindre ses objectifs, il a investi 15,8 milliards de dollars durant l'année 2012, contre 12 milliards de dollars enregistrés en 2011, de manière à renforcer toujours ses capacités de production et de transport des hydrocarbures (pétrole et gaz). Nos spécialistes et géologues ont toujours affirmé que les bassins sédimentaires algériens demeurent sous-explorés (on estime que seulement le tiers du domaine minier est exploré), ceci a poussé la SONATRACH à activer beaucoup dans le domaine de l'exploration.

Résultat, un nombre important de découvertes est réalisé chaque année par la SONATRACH et ses partenaires associés, on annonce même des découvertes au nord du pays [20].

### **I.8. La pollution par les hydrocarbures pétroliers**

De nos jours, l'exploitation du pétrole et les dommages qu'elle engendre ont atteint leur paroxysme. Alors que le 19e siècle était celui du charbon, le 20e siècle est celui du pétrole, une substance pouvant fournir jusqu'à deux fois plus d'énergie pour la même quantité. La découverte de « l'or noir » a résolument bouleversé notre mode de vie à tel point

que la quasi-totalité de nos activités dépendent aujourd'hui de son exploitation. Le marché du pétrole représente à lui seul 35 % des transports mondiaux de marchandises. Inévitablement, la pollution marine engendrée par le commerce du pétrole est à la hauteur de celui-ci. On estime notamment que 70 % de la pollution pétrolière a pour récepteur terminal le milieu aquatique et les quantités de pétrole déversées dans les océans chaque année se chiffrent en millions de tonnes. Or les besoins en énergie et donc, pour l'heure en pétrole, ne cessent de s'accroître au fur et à mesure que la population mondiale augmente [19].

### **Conclusion**

Le pétrole brut est une huile minérale naturelle qui contient environ 17000 composants chimiques, majoritairement constitué d'hydrocarbures, pour cela sa nécessité un procédé de fractionnement complexe qui nous permet d'obtenir plusieurs produits finis comme les essences, gasoil et le kérosène.

Le résidu de la distillation atmosphérique qui contient la fraction des hydrocarbures lourds nécessite l'application d'autres procédés pour séparer cette fraction.

La distillation sous vide est Parmi les procédés appliqués sur le résidu dans le but d'obtenir des produits valorisables comme les huiles minérales, ensuite ces derniers passent par des procédés pour améliorer leurs propriétés selon les normes d'utilisation et les domaines d'application.

# *Références bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

- [1] L. Nouh, M. Bebboukha, « Optimisation de la TVR de l'Essence par l'Etude des Paramètres de March du Débutaniseur et la Vérification du Rebouilleur », 2015.
- [2] R. Micro, Dictionnaire du français primordial, éd BRODAR et TAUPIN, Paris, p789, 1987.
- [3] M. Durousset, Le marché du pétrole, Paris Collection HISTEGE, 1999.
- [4] A. Benchouk and A. Chibani, Petroleum-hydrocarbonsbiodegradation by pseudomonas strainsisolatedfromhydrocarbon-contaminatedsoil. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9(2), 713-726, 2017.
- [5] B. Pierre-Rene, « comprendre l'avenir pétrole et gaz naturel », Edition HIRLE, 2005.
- [6] J. Laxalde. Analyse des produits lourds du pétrole par spectroscopie vibrationnelle. Chimie théorique et/ou physique. Université des Sciences et Technologie de Lille - Lille I. Français, 2012.
- [7] M. Hassanshahian et S. Cappello, Crude oil biodegradation in the marine Environments. *Biodegradation - Engineering and Technology*, Availablefrom: (<http://dx.doi.org/10.5772/55554>). 101-135, 2013.
- [8] H. Shigeaki, K. Hideo, K.Yuki et S. Kazuaki, Petroleum biodegradation in marine environments. *J. Molec. Microbiol. Biotechnol.* 1(1) : 63-70. 1999.
- [9] S. Colombano V. Guerin, A. Saada, D. Hiez et H. Bomer. Journée technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sols pollués. Les Diagnostiques Objectifs, enjeux & moyens. IN Gouvernement de France, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/etude\\_de\\_cas\\_TAUW.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/etude_de_cas_TAUW.pdf). 2008.
- [10] M.T. Balba, N. Al-Awadhi and R. Al-Daher, Bioremediation of oil-contaminated soil: microbiological methods for feasibility assessment and field evaluation. *Journal of Methods Microbiological*, 32 : 155-164, 1998.
- [11] T. Aldarouich, THESE, Stabilité thermique de la fraction aromatique de l'huile brute Safaniya (Moyen Orient) : étude expérimentale, schéma cinétique par classes moléculaires et implications géochimiques, page 30. L'UNIVERSITE PARIS 6, juillet 2005.
- [12] P. Wuithier, "Le pétrole-Raffinage et génie chimique ", tome 1, deuxième Ed. Technip, 1972.

- [13] F. Djelti, Contribution à l'étude des propriétés des asphaltènes, Mémoire de Magister, université ABOU-BEKR BELKAID-Tlemcen, 2012.
- [14] R. S. Kraus : Encyclopédie de sécurité et de santé au travail chapitre 78 : Le raffinage du pétrole.
- [15] L. Carlos Pereira de Oliveira. Développement d'une méthodologie de modélisation cinétique de procédés de raffinage traitant des charges lourdes. Autre. Ecole normale supérieure de Lyon – ENS LYON, 2013. Français. <NNT : 2013ENSL0812>. <tel-00839871>.
- [16] P. Leprince, "*Procédés de transformation : Le Raffinage Du Pétrole*", Editions Technip, Chap. 3, 1998.
- [17] Lien : <http://www.indexmundi.com>.
- [18] J. Wauquier, « Le raffinage du pétrole », tome 2, Editions Technip, 1998.
- [19] C. Sauret. Ecologie des communautés bactériennes marines soumises à une pollution pétrolière influence des facteurs environnementaux, de la prédation et de la récurrence des pollutions. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie. Pages : 287, 2011.
- [20] Bilans énergétiques nationales, [www.SONATRACH.com](http://www.SONATRACH.com). Édition [2012-2016].

**Chapitre II :**  
**Huiles Lubrifiantes**

## Chapitre II : **Huiles Lubrifiantes**

Les huiles lubrifiantes pour moteurs d'automobiles sont à base d'hydrocarbures extraits du pétrole qui sont soigneusement raffinés, elles se présentent sous la forme d'une base, "huile minérale ou huile de synthèse", auxquels on ajoute divers additifs (anti-usure, améliorant de viscosité, dispersants, anticorrosion...) en teneur globale très variable, utilisés pour améliorer les caractéristiques et atteindre les spécifications d'emploi des huiles finies.

Les huiles lubrifiantes sont des liquides visqueux utilisées pour la lubrification des parties mobiles des moteurs et des machines. Ce sont des produits pétroliers qui se dégradent après un certain temps d'utilisation, par contamination avec des éléments polluants [1].

### **II.1. Huiles de lubrification**

Un lubrifiant se compose principalement d'une ou plusieurs huiles dites de base qui constituent l'ossature même du produit final en lui apportant le pouvoir lubrifiant. A cette huile de base (ou mélange d'huiles de base) est ajouté des additifs pour modifier certaines propriétés de l'huile soit en les renforçant, soit en apportant d'autres propriétés dont l'huile de base est dépourvue. Les huiles de base peuvent être d'origine naturelle : végétales, minérales (c'est à dire extraites du pétrole) ou synthétiques [2].

#### **II.1.1. Huiles d'origine végétale**

L'utilisation des huiles végétales, et notamment le colza, connaît aujourd'hui un regain d'intérêt pour la préparation de certains lubrifiants biodégradables pour certaines applications qui présentent des risques de pollution du milieu naturel. Cependant, pour les applications à haute température, les lubrifiants sont formulés avec des esters synthétiques à cause de leur faible stabilité à l'oxydation [2].

#### **II.1.2. Huiles minérales**

Les huiles minérales sont obtenues par raffinage du pétrole brut. La complexité de ce raffinage dépend de l'origine du pétrole et également de la qualité recherchée des produits finis. Dans les huiles minérales, on peut distinguer [3-5] :

 **Bases paraffinées** : (hydrocarbures saturés linéaires ou ramifiés).

Elles sont assez stables vis à vis de l'oxydation, ont un indice de viscosité élevé (variation de viscosité relativement faible avec la température) et peu agressifs pour les élastomères, mais certains constituants cristallisent dès la température ordinaire.

✚ **Isoparaffiniques** : (molécules à chaînes ramifiées)

Elles résistent bien à l'oxydation, sont peu agressifs pour les élastomères, se comportent mieux à froid que les précédents, mais leur indice de viscosité est plus faible.

✚ **Bases naphténiques** : (hydrocarbures saturés cycliques et souvent ramifiés).

Elles sont moins stables à l'oxydation que les précédentes et possèdent des indices de viscosité faibles.

✚ **Bases aromatiques** : (produits insaturés cycliques).

Ils sont très denses et très oxydables, dotés d'un très mauvais indice de viscosité (très bas ou même négatif), leur comportement est catastrophique en lubrification et ils sont éliminés dès le raffinage.

### II.1.3. Huiles synthétiques

Les huiles synthétiques sont obtenues par synthèse chimique telle que la polymérisation, l'estérification, l'alkylation et la fluoration. Elles sont composées par des éléments provenant de la pétrochimie, la carbochimie, la lipochimie et de la chimie minérale [4]. Il existe également des huiles semi-synthétiques. Elles sont des mélanges d'huiles minérales (environ 65% en masse) et d'huiles de synthèse (environ 35% en masse). Parmi elles on peut citer les polyalphaoléfinés hydrogénés (PAO), les polyoléfinés internes hydrogénés (PIO), les esters, les dialkylbenzènes [4].

## II.2. Obtention des huiles minérales

Elle comporte plusieurs étapes [6] :

- ❖ Distillation des produits pétroliers d'abord à la pression atmosphérique puis sous vide.
- ❖ Désasphaltage et élimination à l'aide de solvants (butane et propane) de composés contenant du soufre et de l'oxygène et qui servent ensuite à la fabrication de bitumes.
- ❖ Désaromatisation : Élimination par un solvant (furfural) des hydrocarbures aromatiques, ce qui améliore la stabilité thermique de l'huile et sa viscosité.
- ❖ Déparaffinage : Élimination des hydrocarbures paraffiniques lourds qui se solidifient à température ambiante, à l'aide de solvants (méthyléthylcétone et toluène) pour abaisser le point de congélation de l'huile.
- ❖ La finition impliquant un processus d'hydrogénation permet d'accéder à des huiles de très grande qualité. C'est le procédé « hydrocracking » qui implique des changements de structures moléculaires contenues dans la matière première. Les composés aromatiques sont convertis en naphène, les molécules paraffiniques sont fragmentées

ou réarrangées. Ce procédé donne lieu à des lubrifiants de très bonne stabilité thermique avec de plus hauts indices de viscosité.

## II.3. Propriétés des huiles lubrifiantes

### II.3.1. Propriétés physico-chimiques

#### II.3.1.1. Densité

La densité d'une substance est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corps de référence dans des conditions qui doivent être spécifiées pour les deux corps. En général, les corps de référence sont l'eau pour les liquides et l'air pour les gaz [7].

Elle se mesure à 15 °C par rapport à l'eau à 4 °C, à l'aide d'un densimètre plongeant dans un tube à essais. Les valeurs de densité courantes pour les huiles de pétrole varient de 0,85 à 0,95 et dépendent de l'origine des produits. La densité diminue avec la température selon des lois complexes, mais en première approximation on peut la diminuer de 0,00062 par kelvin. Certains lubrifiants synthétiques ont des densités bien plus élevées, jusqu'à 1,5. La comparaison de la densité d'une huile usagée avec celle de l'huile neuve permet de détecter d'éventuelles pollutions.

$$d_t = d_{15} - 0,00062(t - 15) \quad (02)$$

#### II.3.1.2. Point d'écoulement

Le point d'écoulement est la température la plus basse à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle est refroidie, sans agitation et dans des conditions normalisées. Il est exprimé en degrés Celsius [8]. Sa connaissance peut être très importante pour caractériser les propriétés à froid des huiles de base. Cette propriété est essentielle dans l'industrie automobile ou aéronautique [9]. Il est très important pour l'usage des lubrifiants à basse température [10].

#### II.3.1.3. Point d'éclair

Il est défini par la température minimale à laquelle il faut porter l'huile pour que les vapeurs émises s'enflamment spontanément (s'éclaire) en présence d'une flamme dans des conditions normalisées. Le test de point d'éclair donne une indication de la présence de composés volatils dans l'huile et de la température à laquelle l'huile doit être chauffée dans des conditions spécifiques pour donner suffisamment de vapeur pour former un mélange inflammable avec l'air. Il existe différentes méthodes pour déterminer le point d'éclair des huiles telles qu'elles sont mentionnées dans la norme ASTM [11].

Pour des raisons de sécurité, cette caractéristique est toujours prise en compte dans les spécifications des lubrifiants. Il est exprimé en degré Celsius, elle traduit la stabilité thermique de l'huile et sa résistance à l'inflammation [8].

#### II.3.1.4. Teneur en eau et sédiments (BSW)

Les produits finis doivent être pratiquement exempts d'impuretés solides. Néanmoins, dans certaines huiles on peut rencontrer des impuretés qui se séparent soit par dilution soit par centrifugation. L'échantillon à analyser est dilué avec du xylène, ensuite il est centrifugé : seules apparaîtront, outre l'eau, les impuretés insolubles, coke, sable et rouille. Pour des teneurs en eau et sédiments comprises entre 0,5 et 1,5%, la reproductibilité est de 0,4. L'homogénéité de la prise d'échantillon doit être soigneusement vérifiée [12].

#### II.3.1.5. Chaleur spécifique

La chaleur spécifique d'une substance est une mesure de quantité de chaleur nécessaire pour augmenter sa température. Son importance réside dans le fait qu'elle indique le pouvoir d'une substance à absorber de la chaleur. Pour refroidir un système, un liquide avec une grande chaleur spécifique est recommandé. De ce point de vue, l'eau est le meilleur liquide de refroidissement avec une chaleur spécifique de  $4.2 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ . Pour les esters et les huiles minérales, la chaleur spécifique est de l'ordre de  $2 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$  [13].

#### II.3.1.6. Conductivité thermique

La conductivité thermique d'une substance est une mesure du taux à partir duquel il peut y avoir conduction de la chaleur d'une zone chaude vers une zone froide. C'est le rapport entre le taux de la chaleur transmise sur le gradient thermique. Sa formule est la suivante :

$$K = \frac{Q \cdot L}{A(T_1 - T_2)}$$

K : conductivité thermique en (J/m s°C) ou (W/m°C)

Q : quantité de chaleur par seconde

L : longueur

A : aire de la section

T1-T2 : différence de température

La conductivité thermique permet d'évaluer le gradient thermique entre une zone chaude et une zone froide où le système est en équilibre. Donc une chaleur spécifique et une conductivité thermique élevées sont très utiles pour enlever de la chaleur d'une zone chaude [13].

#### II.3.1.7. Indice de basicité

L'indice de basicité ou TBN (Total Base Number) est le nombre de milligrammes de potasse par gramme d'huile (mg KOH/g d'huile). La mesure du TBN se fait par la méthode

ASTM D-974, il présente la réserve d'huile en alcalinité [14]. C'est le pouvoir basique ayant le potentiel de neutraliser l'acidité indésirable de l'huile [15, 16].

L'indice de basicité a pour but de neutraliser les acides formés dans des gaz de combustion, ou par oxydation. Il est inversement proportionnel à l'indice de basicité [17].

### II.3.2. Propriétés rhéologiques

#### II.3.2.1 Viscosité

La viscosité est la propriété qui caractérise la résistance d'un fluide à l'écoulement. La viscosité est définie comme le rapport de la force de cisaillement agissant sur une unité de surface au gradient de vitesse qui existe entre les différentes couches du fluide. Elle détermine alors l'essentiel des pertes par frottement et l'épaisseur des films d'huile. Elle est certainement la plus importante des propriétés des huiles. Elle est définie comme étant la résistance qu'oppose un fluide au glissement de ses molécules les unes sur les autres.

La viscosité est une grandeur dépendante de la température. A basse température la viscosité est trop élevée, ainsi les frottements entre les surfaces des pièces mobiles sont importants. Plus l'huile est chaude, plus la viscosité est assez basse pour réduire les frottements internes. L'ajout de certains additifs permet d'améliorer la viscosité des lubrifiants sous haute température [8, 18]. Ils existent deux types de viscosité : la viscosité dynamique et la viscosité cinématique.

##### a. Viscosité dynamique [8]

La viscosité dynamique (viscosité absolue) est la viscosité qui intervient dans les calculs d'épaisseur de film d'huile et de portance hydrodynamique. Elle est déduite de la loi de Newton régissant l'écoulement laminaire d'un fluide visqueux entre une surface **S** mobile animée d'une vitesse **u** et une surface fixe. Ces deux surfaces séparées par une distance **h** égale à l'épaisseur du film d'huile. Le déplacement relatif des deux surfaces nécessite un effort **F** destiné à vaincre la résistance tangentielle au frottement visqueux du fluide.

Pour les liquides Newtoniens tels que les huiles de base minérale, le rapport  $F/S$  est proportionnel au rapport  $du/dh$ , le facteur de proportionnalité  $\eta$  étant le coefficient de viscosité dynamique ou simplement la viscosité dynamique.

Où  $F/S = \eta \cdot du/dh$  si la variation  $u(h)$  est linéaire, on a :  $F/S = \eta \cdot u/h$

L'unité de viscosité dynamique dans le système international (SI) est le Pascal.Seconde (Pa.s). Dans l'ancien système (CGS), l'unité est le poise (P). A titre d'exemple, la viscosité dynamique de l'eau à 20°C étant égale à 1cP = 1mPa.s.

## **b. Viscosité cinématique**

La viscosité cinématique caractérise la résistance qu'apportent les molécules à une force tendant à les déplacer les unes par rapport aux autres. Elle est définie comme le rapport de la viscosité absolue à la densité mesurée à la même température [19].

La viscosité cinématique est déduite de la mesure du temps d'écoulement d'un certain volume d'huile dans un tube capillaire. C'est la viscosité signalée sur les fiches techniques des lubrifiants. Elle est exprimée en  $\text{mm}^2/\text{s}$  ou en Stokes « St » ( $1\text{St} = 1\text{cm}^2/\text{s}$ ) [8].

### **II.3.2.2. Indice de viscosité**

L'indice de viscosité (IV) est un nombre conventionnel qui traduit l'importance de la variation de la viscosité avec la température et permet de juger la tenue à chaud et à froid des huiles. Un IV de 100 indique une très faible variation de la viscosité, un IV de 0 une très grande variation ou une grande sensibilité à la température. De manière pratique, on détermine l'IV à partir des mesures de viscosités cinématiques effectuées à 40 et à 100 °C, soit en utilisant des tables ASTM, soit en utilisant un programme de spécifique sur calculette ou sur micro-ordinateur [7].

La notion de l'indice de viscosité a été introduite en 1929 par Dean et Davis [20]. Elle traduit le gradient de la viscosité en fonction de la température.

La viscosité des huiles décroît, plus ou moins fortement selon leurs natures chimiques, lorsque la température s'élève. Ainsi celle d'une huile minérale paraffinique est divisée par sept quand la température passe de 60°C à 120°C [20].

### **II.3.3. Propriétés macroscopiques**

#### **II.3.3.1. Couleur**

La couleur d'une huile minérale est évaluée par comparaison avec des verres étalons numérotés en colorations N.P.A. (National Petroleum Association). Elle varie généralement du blanc pur au rouge foncé en passant par le jaune citron et le jaune orange.

Les additifs assombrissent pratiquement la couleur de l'huile de base. Certains les noircissent complètement (graphite, bisulfure de molybdène...etc.).

La couleur de l'huile change progressivement au cours de son utilisation. En particulier pour les huiles moteurs qui deviennent rapidement noires en se chargeant de suies et des résidus de la combustion. La couleur foncée d'un lubrifiant usagé est un très bon moyen d'apprécier son altération. Aussi, la présence de la mayonnaise indique qu'il y a de l'eau [8].

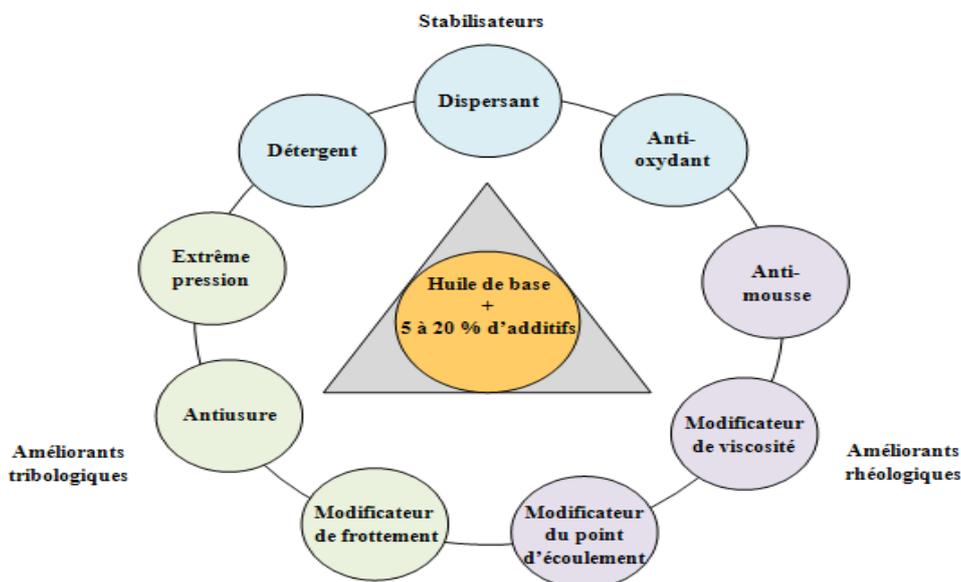
### II.3.3.2. Indice de réfraction

C'est un nombre ( $n$ ) sans dimension, qui permet d'identifier un produit ou une espèce chimique, et de contrôler leurs puretés, et déterminer leurs fractions molaires. Sa définition repose sur le résultat du rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide qui dépend de la longueur d'onde et de la température, avec la vitesse de la lumière du milieu transparent considéré [17].

L'indice de réfraction varie de la même manière que la densité pour une même famille chimique. Autrement dit, la valeur de l'indice de réfraction des paraffines est inférieure à la valeur des naphthènes qui elle-même est inférieure à la valeur des aromatiques. La mesure de l'indice de réfraction d'une coupe pétrolière (carburants) permet ainsi de déterminer la teneur en carbone aromatique, naphthénique et paraffinique d'une coupe à l'aide de méthodes corrélatives [21].

## II.4. Amélioration des propriétés des huiles par ajout d'additifs

Les additifs de lubrification sont des substances que l'on ajoute à l'huile dans le but d'améliorer ses propriétés naturelles et lui en conférer de nouvelles. Convenablement ajoutés à une huile de base, Les additifs sont très nombreux et de toutes sortes, chacun ayant une fonction bien définie. Certains servent à atteindre le niveau de performance voulu pour un lubrifiant et d'autres servent à corriger un défaut ou améliorer les propriétés rhéologiques de l'huile. La formulation d'un lubrifiant se compose généralement de deux éléments fondamentaux : un mélange de bases (minérales et/ou synthétiques), auxquelles on rajoute une quantité d'additifs de 5 jusqu'à plus de 20 % en masse (voir figure II.1). Voici les rôles de certains de ces additifs [22, 23].



**Figure II.1.** Composition d'une huile lubrifiante.

#### **II.4.1. Additifs anti-usure**

En général, ces additifs sont élaborés à base de soufre, de phosphore, de zinc et d'oxygène. Ils offrent à l'huile l'aptitude à protéger les surfaces métalliques contre les détériorations d'origine adhésive, corrosive et abrasive.

Ces additifs agissent par la formation d'un film sacrificatoire pendant la lubrification remplaçant ainsi le contact métal-métal par un contact chimique-chimique [25, 26]. Ce film a pour rôle de minimiser le contact d'aspérité qui peut induire une éventuelle usure des surfaces lubrifiées [24].

Ces produits agissent en formant un film protecteur autolubrifiant sur les surfaces en contact [27].

#### **II.4.2. Additifs extrême-pression**

Ces composés sont à base de soufre, de phosphore et/ou de chlore... [28, 29]. Ils rendent l'huile apte à protéger les surfaces contre l'usure adhésive dans des conditions de fonctionnement très sévères de point de vue tribologique. Ces conditions se manifestent par de très fortes températures de contact et de très hautes pressions suite à de fortes charges associées à de grandes vitesses de glissement et à des chocs de charge [27].

L'activité des additifs extrême-pression se déclenche sous l'effet de l'énergie thermique de frottement. Et ce, par décomposition chimique qui libère des éléments actifs tels que le soufre ou le chlore qui attaquent le métal au niveau des aspérités. Ces éléments créent des films autolubrifiants protecteurs constitués de sulfures et de chlorures métalliques [28].

#### **II.4.3. Additifs détergents**

Les additifs détergents sont essentiels dans la fabrication des huiles de lubrification. Ils sont à base de calcium ou de magnésium, ils assurent un bon état de propreté des pièces par le nettoyage du moteur des dépôts indésirables formés par les impuretés et les résidus de la combustion souvent incomplète [29]. Ces dépôts plus ou moins épais prennent place sur plusieurs parties du moteur notamment dans les gorges des pistons [30]. Ce sont des sels organo-solubles alcalino-terreux de la famille des carbonates, sulfonâtes, les phénates, salicylates de calcium et/ou de magnésium [27].

#### **II.4.4. Additifs dispersants**

Les additifs dispersants contiennent souvent de l'azote et parfois du bore. Ils sont destinés à maintenir en fine suspension les impuretés (particules de carbone, poussières, microparticules métalliques) qui viennent souiller l'huile au cours de son utilisation en les véhiculant vers le dispositif de filtration. Ils jouent un rôle très important dans la maintenance de l'état de l'huile de lubrification [31]. Les particules métalliques abrasives résultant de

l'usure des pièces mobiles du moteur ont toujours tendance à se déposer au carter. Toutefois l'huile est chargée, les particules (suies, poussières, métaux d'usure) peuvent reprendre le circuit normal de graissage et participer ainsi, à la chaîne active de l'usure du moteur [25,22]. Les additifs dispersants ont pour rôle d'évacuer ces particules lors de l'opération de vidange en les gardant suspendues dans l'huile.

#### **II.4.5. Additifs améliorant l'indice de viscosité**

Les additifs améliorant l'indice de viscosité sont des polymères hydrocarbonés pouvant contenir de l'oxygène et parfois de l'azote, Il s'agit le plus souvent des polyméthacrylates d'alkyles(PMA) de masses molaires élevées et des copolymères d'oléfines (OCP) [24].

Ils ont pour rôle de diminuer la variation de la viscosité de l'huile en fonction de la température afin de lui conserver sa qualité lubrifiante initiale.

#### **II.4.6. Additifs antimousses**

Les additifs anti-mousses sont souvent à base de silicium et ont pour rôle de réduire le moussage et la formation de bulles d'air causés par l'agitation du lubrifiant. Ils diminuent la tension de surface du fluide lubrifiant et facilitent la séparation des bulles de la phase liquide pour éviter l'oxydation précoce du lubrifiant et les défauts de lubrification [32].

Ils permettent de corriger la tendance au moussage du lubrifiant (à cause des dispersants et détergents). Ce produit est présent dans le lubrifiant au niveau de quelques ppm. Ils sont souvent à base de silicones de très hautes masses molaires, insolubles dans l'huile. Ils agissent en s'intercalant à l'interface liquide/air et préviennent du fait de leur faible tension de surface la formation de mousse stable par coalescence rapide des bulles d'air [27].

#### **II.4.7. Additifs antirouille**

Les additifs antirouille sont des composés chimiques pouvant contenir du calcium, du magnésium, du phosphore et de l'azote. Ils ont pour rôle d'empêcher la formation de la rouille sur les surfaces des différentes pièces du moteur [33].

Les antirouilles protègent contre la corrosion humide. Ce rôle est aussi assuré par les détergents et dispersants, en particulier les sulfonâtes de calcium et/ou de magnésium [27].

#### **II.4.8. Additifs antioxydants**

Les additifs antioxydants servent à s'opposer au phénomène d'oxydation. Nous distinguons deux classes :

- **Les antioxydants primaires**, généralement des amines, des sulfides ou des phénols, bloquent les réactions radicalaires,

- **Les anti-oxydants secondaires** à base de zinc et de phosphore tel que le DTPZn ont pour rôle de décomposer les produits dérivés des réactions d'oxydation [32].

Ils résistent à l'oxydation des huiles et allongent la durée de vie du lubrifiant. Ils agissent sous plusieurs formes selon leurs structures chimiques. Par exemple les composés phénoliques, phénates, amines aromatiques, sont des inhibiteurs radicalaires qui agissent sur l'amorçage de l'oxydation ; tandis que les dialkyldithiophosphates de zinc (DTPZn) sont des destructeurs d'hydroperoxydes qui ralentissent la propagation de la réaction d'oxydation [27].

#### **II.4.9. Additifs anticorrosifs**

Ceux-ci forment un film protecteur de passivation contre la corrosion acide provenant des gaz de combustion. Ce rôle est aussi assuré par les détergents et dispersants [24].

#### **II.4.10. Abaisseurs de point d'écoulement**

Le point d'écoulement est la température minimale pour laquelle l'huile coule encore. Les abaisseurs de point d'écoulement, comme par exemple les polymétacrylates (PMA) de faibles masses moléculaires, servent à perturber le processus de cristallisation des paraffines contenues dans les huiles de base. On a donc une meilleure fluidité du lubrifiant à basse température [24].

#### **II.4.11. Réducteurs de frottements**

Ils réduisent le coefficient de frottement grâce à des composés polaires qui s'adsorbent sur les surfaces métalliques pour former un film anti-frottement à faible résistance au cisaillement. Les produits les plus actifs sont les dialkyldithiophosphates de zinc (DTPZn), les dialkyldithiocarbamates de molybdyle, ainsi que les triborates de potassium [23].

### **II.5. Classification des huiles lubrifiantes**

Les huiles de lubrification produites doivent répondre à des spécifications et des normes fixées par les constructeurs des systèmes à lubrifier et aux cahiers de charge des organismes utilisateurs. Aussi la distribution géographique des huiles nécessite une homologation des produits.

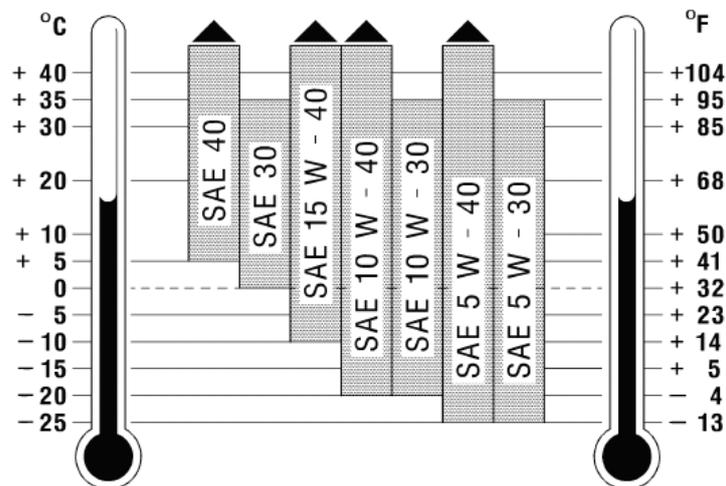
Pour ce faire, il faudrait établir des fiches et des documents pour mieux qualifier les différents produits de lubrification. Ainsi, il existe plusieurs classifications des lubrifiants dont les critères de classifications différents [8].

## II.5.1. Classifications américaines

### II.5.1.1. Classification S.A.E

La première classification des huiles est la S.A.E. (Society of Automotive Engineers), c'est la classification la plus utilisée à l'échelle internationale [34]. Fondée en 1911, la S.A.E. a pris la viscosité comme critère de classification des huiles en distinguant la viscosité à chaud et la viscosité à froid sous forme de grades. Cela permet de déterminer l'intervalle de température qui fixe la plage de viscosité permettant à l'huile de remplir la fonction requise (figure II.2) [8].

- ❖ Pour la viscosité à chaud, les grades vont de 20 à 60 avec un pas de 10. Chaque grade correspond à un intervalle de viscosité cinématique mesurée à 100°C. Ces grades assurent la viscosité dynamique minimale sous cisaillement fort à 150°C.
- ❖ Pour la viscosité à froid, les grades varient de 0 à 25 avec un pas de 5, suivis de la lettre W indiquant le mot anglais WINTER (Hiver). Ils se caractérisent par une température limite de pompabilité, une viscosité minimale à chaud et une température minimale pour respecter une viscosité dynamique donnée.



**Figure II.2.** Plages de viscosité en fonction de la température pour la classification SAE [8].

Les huiles qui répondent à un seul de ces grades telles que S.A.E 10W ou S.A.E 40 et qui ont respectivement un fonctionnement limité à froid ou à chaud sont dites huiles monogrades.

Les huiles qui respectent à la fois un grade à froid et un grade à chaud permettent par exemple le démarrage à froid en hiver et le fonctionnement moteur avec des températures assez élevées. Elles sont dites huiles multigrades.

### II.5.1.2. Classification A.P.I

La deuxième classification A.P.I (American Petroleum Institute), fondée en 1947, c'est une classification qui qualifie les performances d'une huile de lubrification. L'API a établi un classement des huiles en fonction de plusieurs critères comme le pouvoir dispersif, de détergence, de résistance à l'usure ou de protection anti-oxydant, anti-corrosion.

En fonction de ses performances, Elle est présentée sous la forme d'un code à deux lettres. La première lettre est « S » pour les moteurs essence 4 Temps (SA, SB... SH, SJ, SL) ou « C » pour les moteurs diesel (CA, CB... CF, CG, CH), la deuxième précise le niveau de performance croissant dans l'ordre alphabétique. Plus cette lettre est éloignée dans l'alphabet, meilleures sont les performances [8, 35].

### II.5.2. Classifications européennes

Parmi les classifications européennes nous citons l'A.C.E.A (Association des Constructeurs Européens d'Automobile). Elle a été créée en 1991 en remplacement de la classification C.C.M.C (Comité des constructeurs d'automobile du marché commun) fondée en 1972. Elle établit des séquences fixées en 1996 en trois catégories ; A pour les moteurs essence, B pour les moteurs diesel de tourisme et E pour les moteurs diesel de poids lourds et utilitaires. Chaque séquence comporte 4 ou 5 appellations, notées de 1 à 5.

A1 et B1 : les lubrifiants de haute performance,

A2 et B2 : les lubrifiants standards,

A3 et B3 : les lubrifiants supérieurs,

A5 et B5 : les lubrifiants de haute performance réalisant des économies de carburant,

B4 : les lubrifiants pour moteurs diesel à injection directe de véhicules de tourisme,

E1, E2, E3, E4 et E5 représentent les niveaux de performances croissants [8].

## II.6. Fonctions des huiles moteur

Les propriétés obtenues à partir de la formulation complexe des huiles permettent de satisfaire les exigences les plus sévères imposées par les constructeurs automobiles, Les fonctions des huiles des moteurs sont diverses et leurs rendements sont remarquable.

Nous citons parmi ces fonctions [33] :

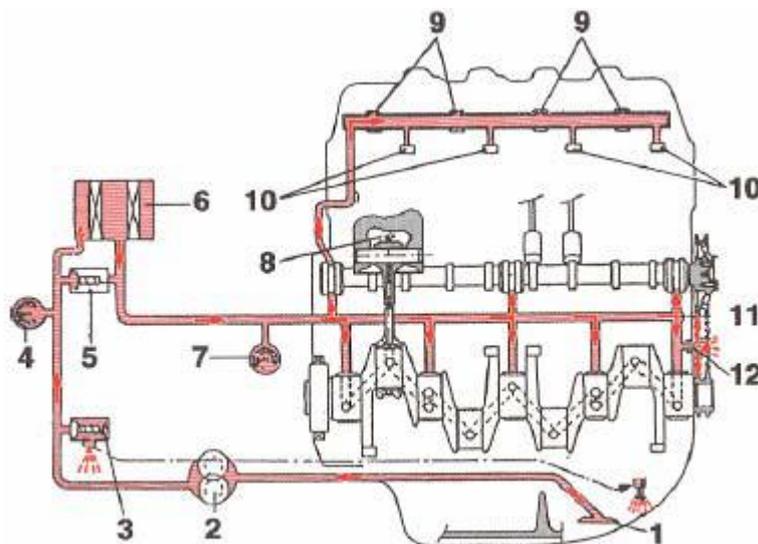
- **Lubrification** : La lubrification des surfaces des pièces en contact du moteur joue un rôle capital. Ainsi, les frottements et l'usure seront bien réduits. Plus cette opération est réussie, plus le moteur tourne facilement et plus le carburant est économisé.

- **Refroidissement** : Le refroidissement de l'intérieur du moteur par évacuation de la chaleur des pistons, des cylindres, de l'arbre à cames et des paliers du vilebrequin vers le carter ou vers l'extérieur par le moyen de réfrigération de l'huile.
- **Étanchéité** : Il s'agit d'assurer l'étanchéité de la fente des segments entre le piston et le cylindre et sur les guides des soupapes.
- **Protection anticorrosion** : C'est une protection du moteur qui empêche la formation de la rouille par neutralisation des produits acides de la combustion qui peuvent attaquer les pièces métalliques.
- **Transmission de pression** : C'est la contribution de l'huile à la transmission de la pression de combustion du piston au vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle [33].
- Nettoyage des surfaces et des circuits.
- Absorber les chocs et réduire le bruit.

## II.7. Fonctionnement et circuit d'huile moteur

### II.7.1. Circuit de lubrification

Le circuit de lubrification d'un moteur à combustion interne met en jeu de nombreux composants (Figure II.3). Ce circuit est alimenté en huile via une pompe volumétrique (2). Avec ce type de pompe, la pression d'huile est fonction du régime de rotation du moteur ainsi que de la viscosité de l'huile. Pour éviter les problèmes de détérioration du circuit d'huile provoqués par une surpression, il est nécessaire de doter la pompe d'un limiteur de pression (clapet de décharge (3)). Les impuretés qui sont en suspension dans l'huile et qui pourraient altérer les pièces en fonctionnement sont éliminées par filtrage (6). Puis l'huile est distribuée aux différents éléments soumis au frottement (piston, poussoir, arbre à cames...) avant de redescendre en bas carter [36].

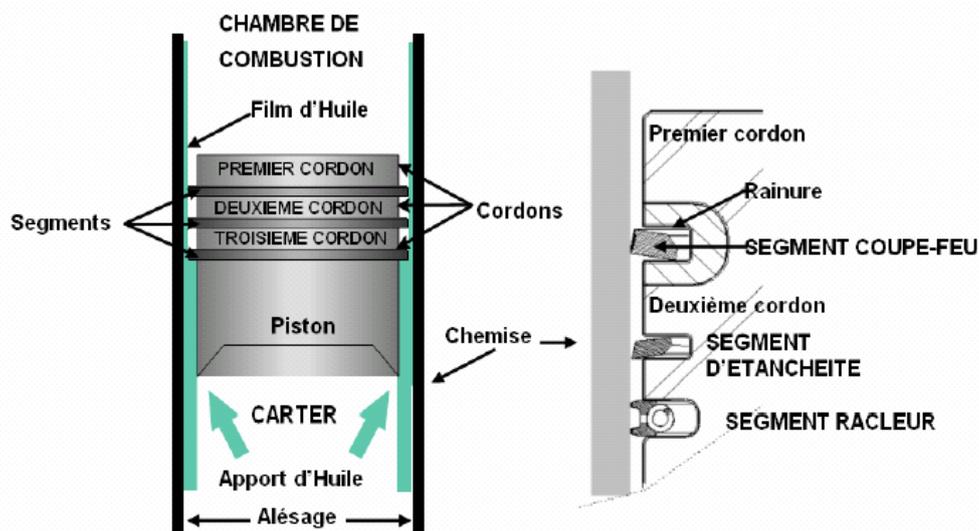


- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 01-Crepine d'aspiration  | 07-Manocontact d'huile                   |
| 02-Pompe à huile         | 08-Arrosage de fond de piston            |
| 03-Clapet de décharge    | 09-Rampe de culbuteurs d'admission       |
| 04-Thermocontact d'huile | 10-Rampe de culbuteurs d'échappement     |
| 05-Clapet by-pass        | 11-Rampe principale                      |
| 06-Filtre à huile        | 12-Arrosage de la chaîne de distribution |

**Figure II.3.** Circuit de lubrification d'un moteur à combustion interne.

### II.7.2. Zone Segment-Piston-Chemise (SPC)

Le piston sépare le carter de la chambre de combustion. L'étanchéité de la chambre de combustion est réalisée à l'aide des segments. Les segments sont des anneaux ouverts qui se logent dans des gorges usinées dans la tête du piston. L'ouverture du segment s'appelle coupe, la largeur de l'ouverture une fois en place dans le cylindre est appelée jeu à la coupe. En fonctionnement, les segments glissent le long de la chemise. La zone Segment-Piston-Chemise (SPC) est présentée (Figure II.4) [37].



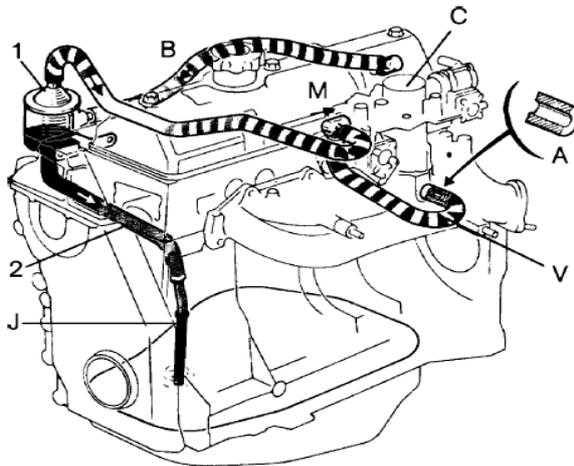
**Figure II.4.** Zone Segment-Piston -Chemise (SPC).

Lors du fonctionnement moteur, les contacts entre la chemise, les segments et le piston nécessitent une lubrification suffisante permettant de limiter les frottements et l'usure de cet ensemble. L'apport d'huile à proximité de la chambre de combustion doit être contrôlé car un excès d'huile dans cette région apporte une consommation d'huile défavorable.

### II.7.3. Récupération des vapeurs d'huile (gaz de Blow-by)

Les normes anti-pollution obligent les constructeurs à ne plus laisser s'échapper les vapeurs d'huile dans l'atmosphère. Les moteurs sont donc équipés d'un système de réaspiration qui permet de brûler ces vapeurs.

Les vapeurs d'huile collectées dans le couvre-culbuteurs sont amenées par le canal B vers un décanteur 1 [38] :



- l'huile sous forme liquide retourne dans le carter inférieur par le canal 2 et le tube J.
- les vapeurs sont dirigées vers la tubulure d'admission pour être brûlées ensuite dans la chambre de combustion.
- Ce circuit comporte un ajutage A, car il participe au dosage de la carburation.

**Figure II.5.** Récupération des vapeurs d'huile.

### II.7.4. Circuit de refroidissement

Le circuit de refroidissement est un système assez complexe mais essentiel au bon fonctionnement du moteur afin d'éviter les risques de surchauffe susceptible de causer des dommages irréversibles, il a le rôle de maintenir la température du moteur dans des conditions normales de fonctionnement.

Au démarrage, il faut que le moteur monte rapidement en température pour fonctionner correctement et pour éviter une trop forte consommation en carburant notamment.

Cependant, les pièces mécaniques ne peuvent pas supporter une forte chaleur (environ 800 °C) et la combustion des cylindres génère en plus des calories qui doivent être évacuées. Il est donc nécessaire de refroidir le moteur afin d'éviter d'endommager sérieusement ce dernier.

Le système de refroidissement sur les véhicules modernes repose sur la circulation d'un liquide à basse température acheminant les calories vers le radiateur afin de les rejeter dans l'air. Il existe d'autres solutions comme le refroidissement par air, plus simple mais beaucoup moins efficace.

## *Références bibliographiques*

- [1] M. El-Fadel and R. Khouy, '*Strategies for Vehicle Waste-Oil Management : A Case Study*', Resources, Conservation and Recycling, Vol. 33, N°2, pp. 75 - 91, 2001.
- [2] JEAN-PIERRE WAUQUIER, JEAN-PIERRE FAVENNEC, « Le raffinage du pétrole : Pétrole brut, produits pétroliers, schémas de fabrication », Edition Technip, vol.1, Paris, 1994.
- [3] Thomas Christian Thomsen, « The Practice of Lubrication: An Engineering Treatise on the Origin, Nature and Testing of Lubricants, Their Selection, Application and Use », 2010.
- [4] G. Heinrich, « Petroleum refining », volume 1, Edition Technip, Paris, 1995.
- [5] JEAN FRÊNE, D. NICOLAS, B. DEGUEURCE, « Hydrodynamic lubrication: bearings and thrust bearings », Tribology series, 33, 1997.
- [6] N. BEN SALEM. Généralités sur les lubrifiants. ([http://www.technologuepro.com / cours-génie-mécanique / cours-20-lubrification-graissage-systemes-mecaniques/](http://www.technologuepro.com/cours-génie-mécanique/cours-20-lubrification-graissage-systemes-mecaniques/)), 2014.
- [7] R. Mazouzi , B. Khelidj, A. Karas et A. Kellaci. Régénération des huiles lubrifiantes usagées par processus de traitement à l'acide. Laboratoire des Fluides Industriels, Mesures et Applications, FIMA, Université de Khemis-Miliana, 44225, Khemis-Miliana, Algeria. *Revue des Energie Renouvelables* Vol. 17 N°4 P. 631 – 637, 2014.
- [8] K. NEJJAR. Etude de la Réactivité Thermique d'une Huile de Lubrification des Moteurs Diesel. Thèse de doctorat de l'université des sciences MOHAMMED V – AGDAL, Rabat, 2011.
- [9] Jérémy Laxalde. Analyse des produits lourds du pétrole par spectroscopie vibrationnelle. Chimie théorique et/ou physique. Université des Sciences et Technologie de Lille - Lille I, 2012.
- [10] Wilfried J.Bartz, Pierangelo Groening. Les Lubrifiants et leurs applications. Dübendorf, (Seconde édition) Janvier 2009.
- [11] A. Jones, '*Lubricating Oil Through the Process of Refining Used Motor Oil*', 'Online', Available : [ww.articlealley.com/article](http://ww.articlealley.com/article), 2010.
- [12] J. WEISSMANN, 'Carburants et combustibles pour moteurs à combustion interne', édition Technip Paris, 1970.
- [13] A. LAICHI. Etude comparative des propriétés des huiles végétales, minérales et synthétiques. Mémoire de magistère à l'Université de Batna (2012).

- [14] Mark A. Nicholls, Than Do, Peter R. Norton, Masoud Kasrai, G. Michael Bancroft. Review of the lubrication of metallic surfaces by Zinc dialkyl-dithiophosphates. Elsevier. Tribology International 38 (2005) 15 -39.
- [15] Mridul Gautam, Karthik Chitoor, Murali Durbha, Jerry C. Summers. Effect of diesel soot contaminated oil on engine wear – investigation of novel oil formulation. Elsevier. Tribology Intenational. 32 (1999) 687-699.
- [16] John J. Truhan, Jun Qub, Peter J. Blau. The effect of lubricating oil condition on the friction and wear of piston ring and cylinder liner materials in a reciprocating bench test. Elsevier. Wear 259 (2005). 1048-1055.
- [17] J. DENIS, J. BRIANT, J-C. HIPEAUX. Physico-Chimie des lubrifiants : analyses et essais. Paris : Edition Technip, 1997.
- [18] D.B. Marghitu, ‘*Mechanical Engineer’s Handbook*’, USA, Edition 2001.
- [19] J.-C. GUIBET. "Caractéristiques des produits pétroliers". K325 Techniques de l'ingénieur, pp. 2-7. 1997.
- [20] K. Malal, Thèse de doctorat, Contribution à l'étude de l'influence de la rugosité et des effets non Newtoniens dans les contacts sévères lubrifiés, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (2003).
- [21] Wauquier, J.-P., “*Pétrole brut - Produits pétroliers - Schémas de fabrication*”, Le Raffinage Du Pétrole, Editions Technip, Paris, Chap. 1, 1994.
- [22] J. AYEL, Lubrifiants : Additifs à action chimique, Edition Techniques de l'ingénieur, 2001, B5343.
- [23] J. AYEL, Lubrifiants : Additifs à action physique ou physiologique, Edition Techniques de l'ingénieur, 2002, B5344.
- [24] J. Weissmann. Carburants et combustibles pour moteurs à combustion interne. Edition Technip. (1970) 557-579.
- [25] Mridul Gautam, Karthik Chitoor, Murali Durbha, Jerry C. Summers. Effect of diesel soot contaminated oil on engine wear – investigation of novel oil formulation. Elsevier. Tribology International. 32 (1999) 687-699.
- [26] Rounds FG. Carbon : cause of diesel engine wear. SAE Paper 770829 (1977).
- [27] Moussa Diaby. Compréhension des mécanismes de formation de dépôts en fond de première gorge de piston de moteurs Diesel. Chemical Sciences. Ecole Polytechnique X, 2009. English. <pastel-00005625>
- [28] L. Jingkun. Phd thesis. Departement on Chemical Engineering, Case Western reserve University (2005).

- [29] J. Frêne, Lubrification hydrodynamique, Editions Eyrolles, (1990).
- [30] J. S. Kim, B. S. Min, D. S. Lee, D. Y. Oh, J. K. Choi. The characteristics of carbon deposit trop ring groove of gasoline and diesel engine. SAE Technical Paper Series, SAE 980526 (1998).
- [31] Kim C, Passut c, Zang D. Relationships among oil composition combustion generated soot and diesel engine valve train wear. SAE 922199 (1992).
- [32] LA LUBRIFICATION, QUAMIS, L.P.E.E (2003).
- [33] Castrol, ABC du graissage - Structure, Utilisation et propriétés des lubrifiants. HC04(2006).
- [34] S.A.E Handbook Volume 3 : "Engines, Fuel and Lubricants" (1983).
- [35] K. MEHALA. Polycopies Lubrification Industrielle. Université des sciences et de la Technologie d'Oran, 2016/2017.
- [36] M. LECOMPTE. ‘‘Etude expérimentale des sprays d’huile dans un moteur à combustion interne : Influence de l’écoulement de blow-by et participation à la consommation d’huile’’ Université de Rouen FRANCE. 2007.
- [37] Munro, ‘‘Blow-by in relation to piston and ring feature’’ SAE 810932, 1981.
- [38] Tomanik, E., Sobrinho, R.M.S., Zecchinelli, R., ‘‘Influence of Top Ring End Gap Types at Blow-by of Internal Combustion Engines’’, SAE Paper 931669 (E), 1993.

**Chapitre III :**  
**Protocole Expérimental**

## Chapitre III :

### **Protocole Expérimental**

La partie expérimentale de ce travail consiste d'une part à réaliser deux stages pratiques ; Le premier stage au niveau de la raffinerie de Hassi Messaoud et le second au niveau du laboratoire de la direction régionale NAFTAL – Bejaia. D'autre part, effectuer différentes caractérisations physico-chimiques à savoir : mesure de la teneur en eau et sédiments (BSW), densité  $d_4^{15}$ , point d'éclair, point d'écoulement, viscosité et analyse de la couleur de trois types d'huiles qui sont Naftal chiffa/Chelia SAE 40, Total Maxima RLD 15W40, Total Rubia TIR 7400 15W40.

Des analyses spectroscopiques ont été également réalisées sur les différents échantillons à savoir l'infrarouge à transformée de Fourier (IRTF), UV-Visible et l'indice de réfraction.

### **III.1 Description des unités de la raffinerie de Hassi Messaoud**

#### **III.1.1. Présentation de la raffinerie RHM2**

Suite à la découverte du pétrole dans le sud Algérien en Septembre 1959, des sociétés pétrolières internationales ont décidé de construire une raffinerie à cotée des puits.

La nouvelle raffinerie est une importante installation du complexe industriel sud, située à quatre kilomètres au sud-est de la ville de Hassi-Messaoud, son montage a été réalisé par ENGTP (Entreprise Nationale des Grands Travaux Pétroliers), elle est conçue et étudiée pour traiter le brut de Hassi-Messaoud Sud avec une capacité de traitement annuelle de 1 070 000 t/an de brut provenant de l'unité de traitement pour le transformer en produits finis commerciaux : gasoil, kérosène, essence normale, essence super.

L'étude de la Raffinerie RHM2 a été confiée en 1976 par :

- ALTEC (Société Algérienne d'Engineering)
- H.E France (Hydrocarbon Engineering)

Date de mise en service :

- Distillation atmosphérique : Mai 1979
- Reforming Catalytique : Octobre 1979

### III.1.2. Principales installations de RHM2

Elle est utilisée essentiellement pour la production de l'ensemble des carburants, elle comporte plusieurs unités :

- Unité de distillation atmosphérique U200 ;
- Unité de Pré traitement du naphta (Hydrodésulfuration) U300 ;
- Unité de reforming catalytique U800 ;
- Unité de stockage U900 ;
- Laboratoire ;
- Atelier de maintenance des machines ;
- Utilités et pomperies d'expédition.

### III.1.3. Section de distillation atmosphérique "Topping" U200

Le but de l'unité topping est l'obtention des carburants liquides tels que le butane, l'essence, le naphta, le kérosène et le gas-oil en vue de satisfaire les besoins du marché national et particulièrement ceux de la région sud du pays.

#### III.1.3.1. Fonctionnement de l'unité de distillation atmosphérique

La charge de brut provenant de la pomperie d'expédition du service traitement à une pression de 3,5 bars est reprise par la pompe de charge GA 201 en amont de laquelle on lui injecte à l'aide de la pompe GA 213 ~5% vol. d'eau préalablement préchauffée dans l'échangeur EA 219 et ~5 ppm vol. de désémulsifiant à l'aide de la pompe doseuse GA214 par rapport au débit volumique de la charge de brut.

Le mélange est préchauffé à ~70°C dans 02 échangeurs EA201-202 en parallèles ; puis amené dans le champ électrique du dessaleur FA 205 entre 2 électrodes HT.

L'action du champ électrique provoque la coalescence et la précipitation de l'eau qui entraîne, avec elle, les sels contenus dans le brut.

L'eau saturée en sel est envoyée par gravité sous régulation du niveau interface vers bourbier après avoir cédé ses calories à l'eau d'injection dans l'échangeur EA219.

Le brut dessalé est repris par la pompe booster GA212, préchauffé dans une série d'échangeurs (EA204-EA203-EA205) à ~170°C ; puis chauffé à 330°C dans le four BA 201 sous contrôle du TRC 203 pour pénétrer dans la zone d'expansion de la colonne DA201 ; cette colonne est équipée de 29 plateaux à clapets ces derniers sont répartis dans 02 zones :

- 1<sup>re</sup> zone d'expansion 03 plateaux
- 2<sup>e</sup> zone de fractionnement 26 plateaux

La partie vaporisée sort du sommet de la zone d'expansion à ~ 220°C pour alimenter la zone de fractionnement au 21<sup>ème</sup> plateau de la colonne DA201.

Les produits soutirés sont :

- Résidu ou brut réduit
- Gas-oil
- Reflux circulant
- Kérosène
- Naphta
- Gazoline + gaz

Le rendement du Topping s'établi comme suit (design) :

**Tableau III.1** : Rendement annuel de l'unité de distillation atmosphérique U200

Coupes	% poids	Tonnes/an	Densité
Légers	3,79	40 600	
Gazoline (C5/80)	9,01	96 500	0,6680
Naphta (80/160)	19,28	206 400	0,7440
Kérosène (160/250)	20,71	221 700	0,8020
Gas-oil (250/375)	21,56	230 800	0,8700
Résidu (375+)	25,65	274 600	
<b>Totale</b>	<b>100%</b>	<b>1070 600</b>	

### III.1.3.2. Circuit de chaque fraction soutirée (Voir schéma figure III.1. Process Topping)

Les vapeurs de tête de la colonne de fractionnement DA201 soutiré à la température de 90°C sont refroidies dans une batterie d'aéroréfrigérants à air sec (EA211A à F) ; puis condensées et séparées dans le ballon FA201 ; la phase gazeuse (riche en C3 - C4) est envoyée sous régulation de pression du ballon (PRC 224) à 1,5 bars au service traitement vers l'unité de récupération 3<sup>ème</sup> étage.

La phase eau est recueillie dans un appendice au FA 201, puis purgée par gravité vers bourbier ou vers égout. La phase liquide (condensat) une partie est reprise par la pompe GA203 pour être envoyée à la colonne de fractionnement DA 201 comme reflux de tête et l'autre partie est reprise par la pompe GA202 pour être envoyée vers une colonne de stabilisation (DA 203) de 26 plateaux à clapets. Le rebouillage fond de la colonne DA 203 se fait par le reflux circulant dans le rebouilleur EA 209 à ~120°C pour le réglage de la TVR de la gazoline.

La gazoline stabilisée est envoyée vers stock par gravité après avoir cédé ses calories à la charge de la colonne DA 203 dans l'échangeur EA210 ; puis refroidie dans un aéroréfrigérant à air humidifié (EA214) pour être utilisée à la préparation des essences.

**Les vapeurs de tête de la colonne de stabilisation DA203** sont refroidies dans une batterie d'aéroréfrigérants à air sec (EA213A-B) puis ; condensées et séparées dans le ballon FA202 ; la phase gazeuse (riche en C3-C4) est envoyée sous régulation de pression du ballon (PRC226) à 7 bars au service traitement vers l'unité de récupération 3<sup>ème</sup> étage et la phase liquide est envoyée à l'aide de la pompe GA209 en totalité comme reflux de tête de la colonne DA 203.

**Le naphta** est soutiré à ~160°C du 6<sup>ème</sup> plateau de la colonne de fractionnement, il s'écoule par gravité dans une petite colonne (Stripper) DA 202B de 06 plateaux à clapets.

Le rebouillage fond DA 202B se fait par le reflux circulant dans le rebouilleur EA207 à ~170°C pour élimination des fractions légères (réglage du point initial), les vapeurs de tête de cette colonne retournent sur le 5<sup>ème</sup> plateau de la colonne de fractionnement.

Le naphta, sortie stripper, est repris par la pompe GA204, puis refroidi dans un aéroréfrigérant à air humidifié (EC215) après avoir cédé ses calories au brut charge dans l'échangeur EA201, puis envoyé au stockage pour servir de charge.

**Le kérosène** est soutiré à ~200°C du 12<sup>ème</sup> plateau de la colonne de fractionnement, il s'écoule par gravité dans une petite colonne (Stripper DA 202A) de 06 plateaux.

Le rebouillage du fond de la colonne DA202A se fait dans le rebouilleur EA208 à ~240°C par le résidu pour élimination des fractions légères (réglage du point d'éclair), les vapeurs de tête de cette colonne retournent sur le 11<sup>ème</sup> plateau de la colonne de fractionnement DA201.

Le kérosène, sortie stripper, est repris par la pompe GA 205 puis refroidi dans un aéroréfrigérant humidifié (EC216) après avoir cédé ses calories au brut charge dans l'échangeur EA202 ; une partie est reprise par la pompe GA 219 pour être envoyée vers le précipitateur électrostatique (FA 214) pour élimination des traces d'eau et subir un traitement à la soude pour le réglage de l'acidité ; avant d'être envoyée au stockage, on lui injecte un produit antistatique (STADIS 450) à l'aide de pompe doseuse GA218 pour le réglage de la conductivité électrique et l'autre partie est mélangée au gas-oil.

**Le reflux circulant** est soutiré à ~230°C du 16<sup>ème</sup> plateau de la colonne de fractionnement, une partie est envoyée à travers les rebouilleurs EA207 et EA209 pour céder ses calories au rebouillage du naphta et de la gazoline.

Le retour des rebouilleurs et l'autre partie du reflux circulant retournent sur le 13<sup>ème</sup> plateau de la colonne de fractionnement après avoir cédé ses calories au brut charge dans l'échangeur EA204 puis refroidi à ~110°C dans une batterie d'aéroréfrigérants à air sec (EA212A-B). Le but du reflux circulant est d'assurer le rebouillage du naphta, gazoline, préchauffage de brut et de générer le reflux interne nécessaire à la qualité de fractionnement,

cet apport de frigories permet de réduire la charge thermique des aéroréfrigérants de tête de la colonne DA 201.

**Le gas-oil** est soutiré à  $\sim 325^{\circ}\text{C}$  du fond de la colonne de fractionnement DA201, une partie est réchauffée à  $\sim 350^{\circ}\text{C}$  dans le four BA202 pour élimination des fractions légères et maintien du gradient de température dans la colonne de fractionnement et l'autre partie est envoyée au stockage après avoir cédé ses calories au brut charge dans l'échangeur EA203 ; puis refroidi dans une batterie d'aéroréfrigérants à air sec (EA 217A-B).

**Le résidu** est soutiré à  $\sim 325^{\circ}\text{C}$  du fond de la colonne DA 201, il est envoyé vers slop après avoir cédé ses calories au préchauffage du kérosène dans l'échangeur EA208 et au brut charge dans l'échangeur EA205 ; puis refroidi dans une batterie d'aéroréfrigérants à air humidifié (EC218A-B) pour être mélangé avec le brut au service traitement.

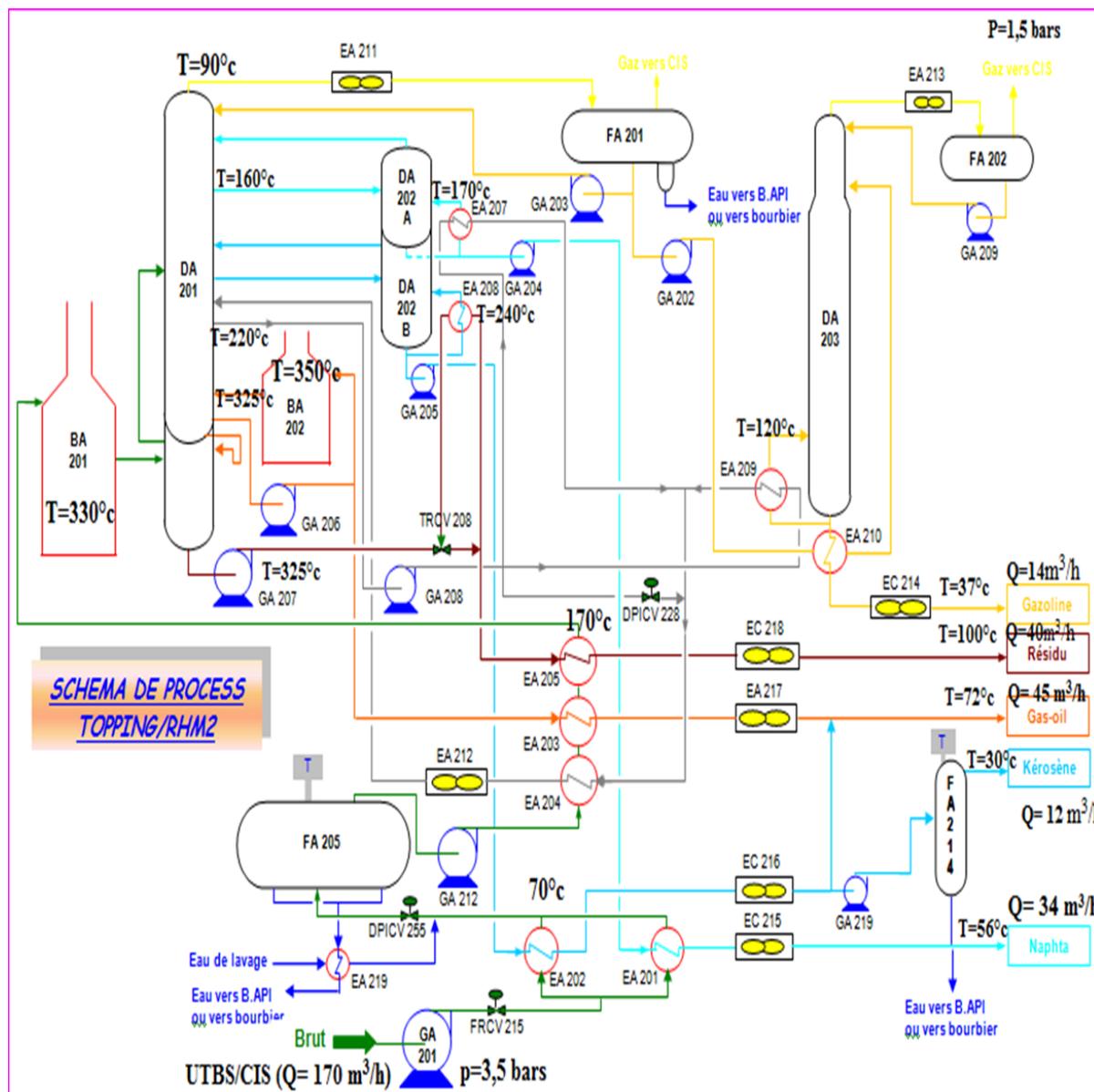


Figure III.1. Schéma de process Topping/RHM2.

#### III.1.4. Section prétraitement du Naphta U300

La capacité annuelle de la section prétraitement de naphta (actuel) est de : 118 260 tonnes.

Le prétraitement du naphta est un procédé d'hydrorafinage dont l'objectif est de réduire au maximum, dans les fractions pétrolières, les impuretés qui risquent de nuire à la transformation catalytique, ou de créer, lors de l'utilisation des produits finis, des problèmes de corrosion ou d'encrassement des équipements utilisés. C'est un procédé d'hydrogénation catalytique réalisée dans un réacteur contenant un catalyseur du prétraitement de type Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Les principales réactions sont : désulfuration, dénitrification, désoxygénation, démétallisation. Elles sont effectuées à l'aide de l'hydrogène provenant de l'unité de reforming. Les gaz issus de cette unité après stabilisation du naphta. Sont torchés en totalité vue leurs nature sulfureuse.

#### III.1.5. Section Reforming catalytique U800

La capacité annuelle de production de la section reforming (actuel) est de : 84 000 tonnes de réformât.

Le but du reforming catalytique est de transformer les hydrocarbures à bas nombre d'octanes en hydrocarbures à nombre d'octanes élevés.

Le naphta, après avoir été hydrotraité, passe dans cette unité où il sera transformé en complexe d'hydrocarbures aromatiques se traduisant par une augmentation d'une caractéristique fondamentale pour un carburant automobile qui est l'indice d'octane, son augmentation permet d'augmenter le rapport de compression des moteurs, et donc d'améliorer leurs performances.

Dans notre cas, le reforming catalytique est une unité où à partir d'une essence de faible indice d'octane de première distillation constituée d'hydrocarbures paraffiniques, naphténiques et aromatiques, On fabrique une essence de base appelé réformât destinée avec d'autre produits à produire les essences normale et super. Le catalyseur utilisé est le RG 451.

#### III.1.6. Section de stockage U900

Le nombre des réservoirs installés pour satisfaire à cette opération est de seize (16) bacs. Il s'agit uniquement du stockage des produits de la raffinerie, la charge de brut d'alimentation provient directement du centre (CIS) sans être stockée.

**Tableau III.2** : Les bacs et capacité de stockage.

Produit	Bac	Capacité	Type	Stockage totale
Gazoline	2	2 520m <sup>3</sup>	TF	5 040m <sup>3</sup>
Reformat	2	2 520 m <sup>3</sup>	TF	5 040m <sup>3</sup>
Naphta	2	2 520 m <sup>3</sup>	TF	5040 m <sup>3</sup>
Essence Super	4	2 520m <sup>3</sup>	TF	10 080m <sup>3</sup>
Kéro/ Jet-fuel	2	2 520 m <sup>3</sup>	TF	5 040 m <sup>3</sup>
Gas-oil	3	16 620 m <sup>3</sup>	TC	49 860 m <sup>3</sup>

Chaque bac est équipé par des conduites d'entrée et de sortie des produits remarqués à son bas, un système d'eau et de mousses d'incendie sur son périmètre supérieur, ainsi, un compteur au pied des bacs indique le niveau du liquide prélevé par l'opérateur stockage chaque quatre heures. Ces bacs reçoivent les produits de la raffinerie puis les expédiés vers la rampe de chargement de NAFTAL.

### III.2. Matériaux utilisés

Les huiles utilisées sont résumées comme suit :

**Huile Moteur NAFTAL (HMN)** : C'est une huile monograde CHIFFA / CHELIA SAE 40 adaptées à la lubrification des moteurs diesel non suralimentés : moteurs de poids lourds, engins de travaux publics et tracteurs agricoles.

**Huile Moteur TOTAL Algérie (HMTA)** : C'est une huile multigrade TOTAL RUBIA TIR 7400 15W-40, commercialiser en Algérie.

C'est un lubrifiant fabriquer à partir d'une base minérale, il est recommandé pour les moteurs diesel utilisés dans le domaine du transport routier.

**Huile Moteur TOTAL France (HMTF)** : C'est une huile multigrade TOTAL Maxima RLD 15W-40, fabriquer en France, destinée pour RENAULT TRUCKS RLD/RLD—2.

C'est un lubrifiant particulièrement recommandé pour les moteurs diesel de poids lourd, bus, engins de travaux publics et matériels agricoles, qu'ils soient équipés ou non de turbocompresseurs.

Les caractéristiques moyennes des huiles étudiées ont été présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau III.3).

**Tableau III.3 :** Caractéristiques moyennes des huiles.

L'huile		TOTAL Maxima RLD (HMTF)	TOTAL Rubia TIR 7400 (HMTA)
Caractéristiques			
Classification SAE		15W40	15W40
Spécifications	ACEA	E5 E7	E5 E7
	API	CI-4/SL	CI-4/SL
Densité moyenne à 15 °C		0.883	0.888
Viscosité cinématique à 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)		105	98.7
Viscosité cinématique à 100 °C (mm <sup>2</sup> /s)		14.2	13.4
Indice de viscosité		138	136
Point éclair (°C)		235	236
Point écoulement (°C)		-30	-30
TBN (mg KOH/g)		10	11

Vu la non disponibilité de la fiche technique de l'huile moteur NAFTAL Chiffa / Chelia, nous n'avons pas pu porter ces caractéristiques moyennes dans le tableau III.3.

### III.3. Techniques de caractérisation des huiles moteur

#### III.3.1. Teneur en eau et sédiments (BSW)

L'analyse de la teneur en eau et sédiments des trois huiles a été réalisée au niveau du laboratoire de la raffinerie Hassi Messaoud.

##### ✓ Principe

La teneur en eau et sédiments de l'huile est mesurée selon la norme **ASTMD 4007** qui consiste à déterminer le volume d'eau et des sédiments séparés de l'huile par la centrifugation.

La prise d'essai (huile) est mélangée dans un tube conique avec un volume égale de xylène afin de diluer l'huile pour faciliter la séparation l'eau et les sédiments par centrifugation.



**Figure III.2.** Centrifugeuse.



**Figure III.3.** Tubes coniques de centrifugation.

#### ✓ Mode opératoire

- Mettre le bain thermostaté en marche, et régler la température à 60°C.
- Dans un tube conique de 100ml, introduire 50ml de l'huile et 50ml de diluant (xylène).
- Boucher le tube conique avec un bouchon et agiter vigoureusement jusqu'à ce que le contenu soit bien mélangé.
- De la même façon remplir les trois autres tubes coniques avec chacun des autres échantillons de l'huile.
- Immerger les quatre tubes jusqu'à la division supérieur (100ml) dans le bain thermostaté maintenu à une température de  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant 10mn.
- Placer les quatre tubes dans la centrifugeuse, en réglant la vitesse de cette dernière à 1800 tours par minutes et une température de  $60^{\circ}\text{C}$ , mettre en marche pendant 15mn.
- Une fois que la vitesse de la centrifugeuse commence à diminuer jusqu'à l'arrêt, retirer les échantillons de celle-ci et noter le volume du dépôt formé au fond de chaque tube.

#### III.3.2. Densité

La densité est le rapport de masse volumique de l'huile moteur et la masse volumique de corps de référence (eau) dans des conditions qui doivent être spécifiées pour les deux

corps, 15°C pour l'huile et 4°C pour l'eau, elle est mesurée en utilisant le densimètre à une température donnée, ensuite elle est convertie en fonction de sa température à la  $d_4^{15}$  en utilisant la table de conversion de la densité à 15 °C.

La mesure de la densité des trois huiles a été réalisée au niveau de laboratoire de la direction régionale NAFTAL de Bejaia.

#### ✓ Mode opératoire

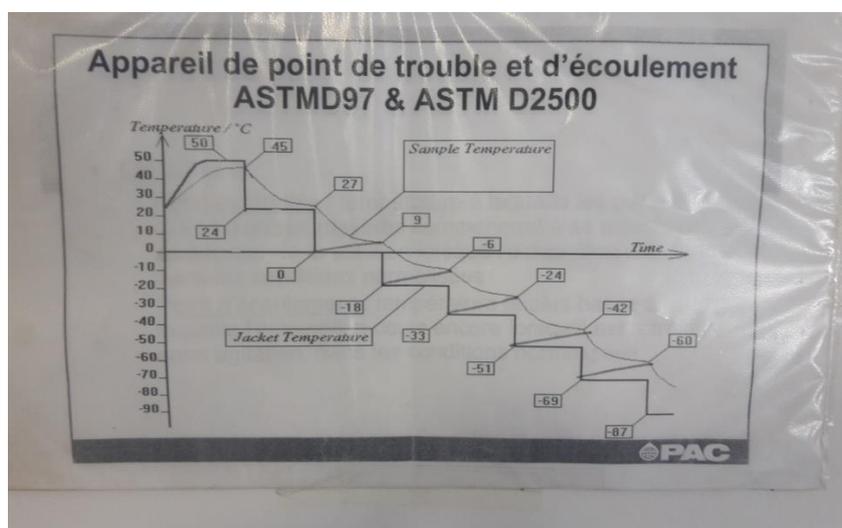
Agiter l'huile d'échantillonnage pour homogénéiser sa composition ; verser l'échantillon de l'huile dans une éprouvette de 500 ml propre, mettre l'éprouvette dans l'étuve à 50 °C pendant 5 minutes, le laisser refroidir jusqu'à la température ambiante.

Puis introduire le densimètre approprié et le thermomètre dans le liquide, laisser le densimètre remonter, veiller à ce que le densimètre ne colle pas à la paroi interne de l'éprouvette sous l'influence des forces de tension superficielle.

Attendre pour que le densimètre soit complètement au repos et pour que toutes les bulles d'air arrivent à la surface, ensuite noter la température et la densité de l'échantillon, répéter la lecture plusieurs fois.

#### III.3.3. Point d'écoulement

L'échantillon préalablement est refroidi à une vitesse déterminée (2 à 3 °C par minute), et ses caractéristiques d'écoulement sont observées à des intervalles de 3°C. La température la plus basse à laquelle il coule encore est notée. Elle correspond au point d'écoulement, il se mesure selon la norme (ASTM D97 et ASTM D2500).



**Figure III.4.** Le graphe de l'appareil de point de trouble et d'écoulement (ASTM D97 et ASTM D2500)



**Figure III.5.**Appareil de mesure du point d'écoulement.

✓ **Mode opératoire :**

- Mettre le bain réfrigérant de l'appareil en marche jusqu'à la stabilité des températures des 4 compartiments (0 °C, -18 °C, -33 °C et - 51°C).
- Agiter l'huile d'échantillonnage pour homogénéiser sa composition.
- Remplir les tubes à essai par les échantillons des 3 huiles à analyser jusqu'au trait de jauge, les renfermer avec des bouchons contenant un thermomètre et ce dernier étant de 3 à 5 mm au dessous de la surface de l'échantillon, puis les réchauffer dans l'étuve jusqu'à T= 50 °C.
- Enlever les tubes à essais et attendre jusqu'à ce que les températures de ces derniers descendent à T= 30 °C.
- Les insérer dans la jaquette et les mettre dans le bain du premier compartiment à 0 °C.
- Les refroidir progressivement avec les bains réfrigérants de plus en plus froids. Et à Chaque fois que la température indiquée par le thermomètre est un multiple de 3°C au dessous de la dernière T° observée, vérifier si l'échantillon n'a pas cessé de couler.
- Quand la température atteint une valeur précise suivant le graphe de l'appareil (figure 13), placer le tube dans des bains réfrigérants de plus en plus froids.
- Dès que l'échantillon ne coule plus quand le tube est incliné, le maintenir en position horizontale pendant 5 secondes. Et si la surface du liquide ne se déforme pas noter la température de congélation correspondante. Et le point d'écoulement est calculé par l'ajout de 3°C à la température de congélation obtenue.

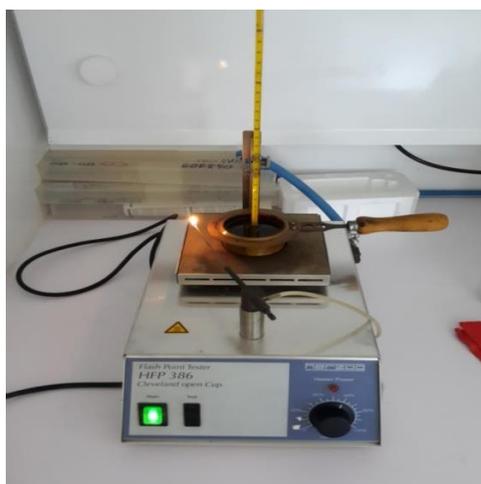
### III.3.4. Point éclair

Le test de point d'éclair consiste à chauffer doucement un échantillon à un rythme constant d'élévation de température. A chaque degré d'augmentation de température, une

flamme est introduite au-dessus de l'échantillon. La plus basse température à laquelle les vapeurs s'enflamment est le point d'éclair.

Les points d'éclair donnent une indication de la capacité d'un produit à constituer un mélange inflammable avec l'air dans des conditions contrôlées, ainsi que sa capacité à maintenir la combustion. C'est une propriété qui peut contribuer à l'évaluation globale de l'inflammabilité et de la combustibilité d'un matériau.

Le test a été réalisé sur un appareil 'Cleveland open cup HFP 386' à vase ouvert Suivant la norme ISO 2592.



**Figure III.6.** Appareil de 'HERZOO Cleveland open cup HFP 386' pour la mesure du point éclair.

✓ **Mode opératoire**

- Nettoyer la cuve d'essai avec un papier absorbant ; s'il s'avère insuffisant, nettoyer la cuve avec de l'acétone ou du dichlorométhane, puis assécher à l'aide d'un papier absorbant et d'un jet d'air.
- Homogénéiser l'échantillon manuellement avant de prélever une aliquote.
- Introduire l'échantillon dans la cuve d'essai jusqu'à la marque de remplissage (environ 65 ml).
- Dès que l'échantillon est versé dans la cuve d'essai, installer cette dernière dans l'appareil.
- Insérer le thermomètre dans le porte-thermomètre.
- Allumer la flamme d'essai en ouvrant les valves amenant le gaz à l'appareil et en utilisant le briquet. Ajuster la flamme avec les vis d'ajustement de façon qu'elle ait un diamètre d'environ 4mm.
- Placer le miroir de manière à voir la flamme qui s'abaisse dans la cuve.

- Chauffer l'échantillon de façon à obtenir une élévation de température de 2 à 3 °C par minute.
- À chaque degré d'élévation de température atteint, faire passer la flamme d'essai pour une seconde dans la cuve. Si un point d'éclair se produit, noter la température et le test de point d'éclair prend fin à cette étape. Sinon, poursuivre le chauffage et observer tous les changements que subit la flamme (grosueur, couleur et comportement).
- Répéter l'étape précédente jusqu'à ce qu'un point d'éclair se produise ou jusqu'à ce que la température de 300 °C soit atteinte (température limite de thermomètre utilisé).

### III.3.5. Viscosité cinématique

La viscosité cinématique est déterminée par la mesure du temps d'écoulement mis par un volume déterminé d'une huile dans un tube capillaire calibré dans des conditions normalisées.

La viscosité cinématique a été mesurée à l'aide d'un Viscosimètre Cannon-Fenske, à tube ascendant pour liquides opaques (2 boules), série 350 H 199, suivant la norme ASTM D445-IP71, dans un bain thermostaté

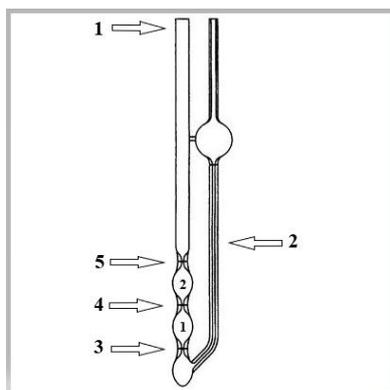
- 1- Bain viscosimétrique rempli d'eau, pour la mesure de viscosité à  $T = 40\text{ °C}$  de modèle PMT TV2000 comme le représente la figure III.7 ;
- 2- Bain viscosimétrique rempli de l'huile de silicone pour la mesure de viscosité à  $T = 50$  et  $100\text{ °C}$  de modèle ISL TVB445 comme la représente la figure III.8.



**Figure III.7.** Bain viscosimétrique rempli d'eau distillé **PMT TV2000**



**Figure III.8.** Bain viscosimétrique rempli de l'huile de silicone modèle **ISL TVB445**



**Figure III.9.** Viscosimètre Cannon-Fenske

✓ **Mode opératoire**

- Choisir le viscosimètre adéquat pour l'essai.
- Mettre en marche le bain thermostaté et le laisser se stabiliser à la température d'essai ( $T = 40,50$  et  $100$  °C).
- Charger le viscosimètre avec l'huile jusqu'au trait de jauge à l'aide d'une poire. Obturer le tube avec un bouchon « 1 ».
- Mettre en place le viscosimètre à l'aide du support adapté.
- Attendre que l'huile contenue dans le viscosimètre atteigne la température d'essai. Un temps de 20 minutes est généralement suffisant.
- Une fois la durée de stabilisation de la température de l'essai terminée, procédés au test comme suit :
  - Enlever le bouchon obturant le tube « 1 » et laisser l'huile s'écouler librement à travers le capillaire « 2 ».
  - A l'aide d'un chronomètre mesurer en secondes le temps mis par l'huile pour passer de trait « 3 » au trait « 4 », et avec un autre chronomètre de trait « 4 » au trait « 5 ».
- Répéter l'opération trois fois pour chaque température.

Calcule de la viscosité cinématique en utilisant le coefficient d'étalonnage des deux bulbes comme suite :

$$\mu = C1 \times t1 + C2 \times t2 \quad (03)$$

D'où : C1 et C2 : sont les coefficients d'étalonnage des bulbes 1 et 2 respectivement.

### III.3.6. Indice de viscosité

Le but de l'indice de viscosité est la caractérisation de la qualité d'une huile moteur vierge ou usagée, à avoir une viscosité plus ou moins stable en fonction de la température.

L'indice de viscosité de l'huile étudiée a été déterminé suivant la norme ASTM D2270 à l'aide d'un logiciel (ASTM D2270 / Viscosity Index (VI) from 40°C and 100°C),

Pratique standard pour le calcul de l'indice de viscosité à partir des valeurs de la viscosité cinématique à 40 et 100 ° C.

### III.3.7. Couleur

#### ✓ La Norme ASTM D 1500

La présente norme a pour objet de décrire une méthode de détermination de la couleur d'une grande variété de produits pétroliers par un procédé visuel.

#### ✓ Principe

La couleur est une caractéristique qui s'applique aux produits dits blancs mais, en réalité, plus ou moins colorés depuis le transparent au rouge foncé en passant par le jaune citron et jaune orange.

On détermine la couleur des huiles à l'aide d'un colorimètre **Lovibond** par comparaison avec une échelle de couleur.

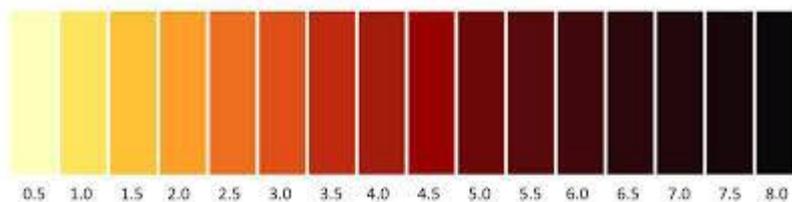


Figure III.10. Echelle de couleur démonstrative.



Figure III.11. L'appareil de Colorimètre Lovibond.

#### ✓ Mode opératoire

- Agiter l'huile d'échantillonnage ensuite remplir à moitié une des éprouvettes du Colorimètre avec l'une des l'huile.

- Placer l'éprouvette dans le compartiment central du calorimètre, sous le couvercle à charnier. Ensuite remplir les deux autres avec de l'eau distillée, et les placer dans les compartiments côté gauche et côté droite.
- Fermer le couvercle et les mettre à l'abri de toute lumière extérieure.
- Allumer la lampe, tourner les disques en tournant les molettes et comparer la couleur de la prise d'essai avec celle des verres étalons de l'échelle qui varie de 0,5 à 8 par pas de 0,5 allant du plus clair au plus foncé comme le montre la figure 19.
- Déterminer celui dont la couleur s'harmonise le mieux avec l'échantillon d'huile analysé. Et si la couleur de l'échantillon se situe entre celle de deux verres, noter le numéro du verre le plus foncé.
- Comparer les valeurs trouvées avec les couleurs correspondantes suivant le (tableau III.3).

**Tableau III.4 : Série des couleurs**

La valeur	La couleur
0.0	Transparent
0.5	Blanc eau
1.0	Blanc crème
2.0	Crème
2.5	Citron clair
3.0	Couleur citron
3.5	Orange

La valeur	La couleur
4.0	Orange marron
5.0	Couleur whisky
6.0	Rouge léger
6.5	Rouge
7.0	Rouge peu foncé
8.0	Rouge foncé

### III.3.8. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une grandeur sans unité. Sa mesure permet d'identifier un liquide et de contrôler sa pureté. La présence d'impuretés modifie la valeur de l'indice de réfraction.

L'indice de réfraction a été mesuré à l'aide d'un réfractomètre d'Abbé au niveau de laboratoire chimie organique de l'université A. Mira Bejaia.

#### ✓ Mode Opératoire

- Diriger le réfractomètre vers la lumière.
- Relever le prisme mobile d'éclairage et nettoyer soigneusement les deux faces de verre apparentes avec de l'acétone.

- Déposer quelques gouttes de l'échantillon d'huile à l'aide d'une pipette sur la face horizontale du prisme de référence. Éviter tout contact entre la pipette en verre et le prisme pour ne pas rayer ce dernier.
- Rebattre doucement le prisme mobile.
- En regardant dans l'oculaire bas :
- Agir sur le bouton moleté de droite de façon à amener dans le champ de vision la limite de séparation des deux zones (claire et obscure). Cette ligne de séparation est plus ou moins nette.
- Agir sur le bouton moleté de gauche pour rendre nette cette ligne de séparation.
- Ajuster cette ligne à l'intersection du réticule par action sur le bouton moleté de droite.
- En regardant dans l'oculaire haut lire la valeur de l'indice de réfraction.

### III.3.9. Spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

Les analyses spectrométriques infrarouge à transformée de Fourier ont été réalisées au niveau de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia.

#### ✓ Principe

La spectroscopie infrarouge est une méthode d'analyse structurale qui révèle la nature des liaisons entre atomes dans une molécule. Un échantillon irradié par une lumière infrarouge absorbe partiellement ce rayonnement. Cette absorption est caractéristique des liaisons chimiques qui constituent le composé. Un spectre infrarouge est alors formé de plusieurs bandes d'absorption. L'identification de ces bandes permet de reconstituer la structure.

#### ✓ Appareillages

- Un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier SHIMADZU IRAffinity-1 doté d'interféromètre et un détecteur DTGM. Sa résolution est de  $4 \text{ cm}^{-1}$  avec 40 balayages (scans) et une gamme de fréquence d'onde entre  $4000 \text{ cm}^{-1}$  et  $400 \text{ cm}^{-1}$ . Il transmet les données à un système informatique équipé d'une base de données qui s'occupe du tracé de spectre Mesuré en mode Absorbance ;
- Pastilles en KBr.

#### ✓ Mode opératoire

- Étaler soigneusement une goutte d'huile moteur sur une pastille préparée avec 100 mg de Kbr, d'une façon à éviter la formation des bulles d'air.
- Introduire la pastille dans le compartiment d'échantillonnage du spectromètre infrarouge.
- Lancer le test et récupérer les spectres d'analyses.

### III.3.10. Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible

La spectroscopie UV-Visible absorbe des radiations, cette énergie absorbée par la molécule va permettre l'excitation des électrons d'une liaison chimique d'un niveau électronique à un autre niveau électronique d'énergie supérieure. Cette technique d'absorption moléculaire est une des méthodes spectroscopiques employées pour la détermination de la structure des molécules. Un spectre UV-Visible est une courbe précisant les variations d'absorption d'énergie d'une substance soumise aux rayonnements ultraviolet et visible. Les substances chimiques interagissent avec la lumière dans différentes gammes de longueur d'onde.

Cette méthode d'analyse été réaliser sur spectrophotomètre UV-Visible Evolution 201 de type *SHIMADZU* d'une gamme de fréquence d'onde entre 200 et 800  $\text{cm}^{-1}$ .

#### ✓ Mode opératoire

- Remplir la cuve avec l'huile d'échantillonnage.
- Introduire une cuve vierge dans le premier compartiment pour avoir le spectre de référence.
- Introduire la cuve dans le compartiment d'échantillonnages du spectromètre UV-Visible.
- Lancer le teste et récupérer les spectres d'analyses dans un CD.

**Chapitre IV :**  
**Résultats et Discussions**

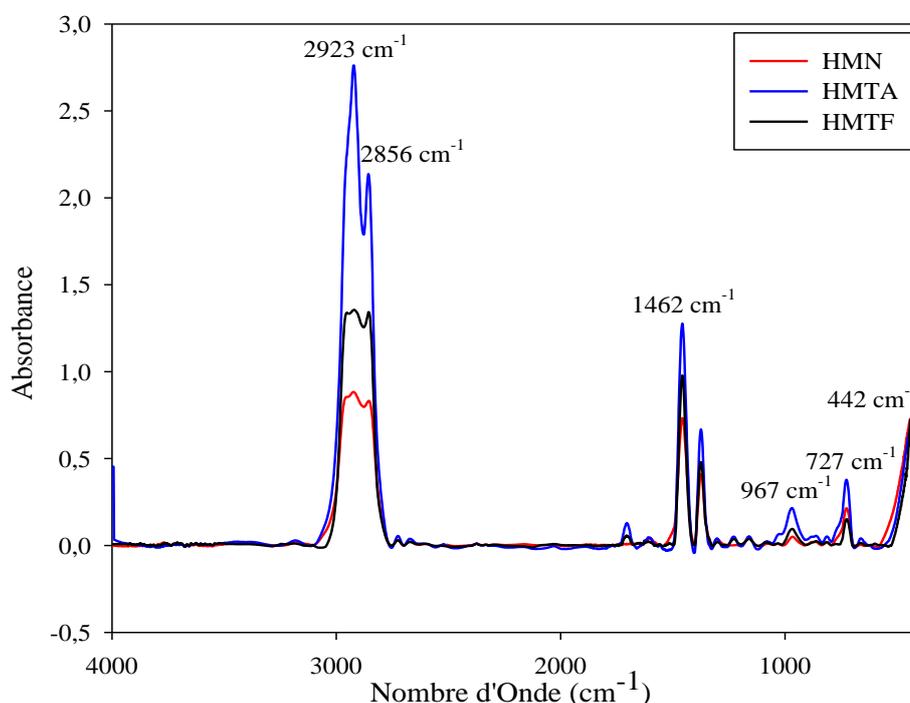
## Chapitre IV : Résultats et Discussions

### IV.1. Analyses spectroscopiques

#### IV.1.1. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

L'analyse des trois l'huiles par spectroscopie IRTF a permis d'obtenir les spectres présentés sur la figure IV.1.

L'attribution des bandes infra-rouges a été réalisée en se servant des tables disponibles dans les littératures [1-3]. Les groupements chimiques sont presque les mêmes dans les trois huiles. Mais on remarque une apparition des bandes de plus pour l'HMTA et l'HMTF.



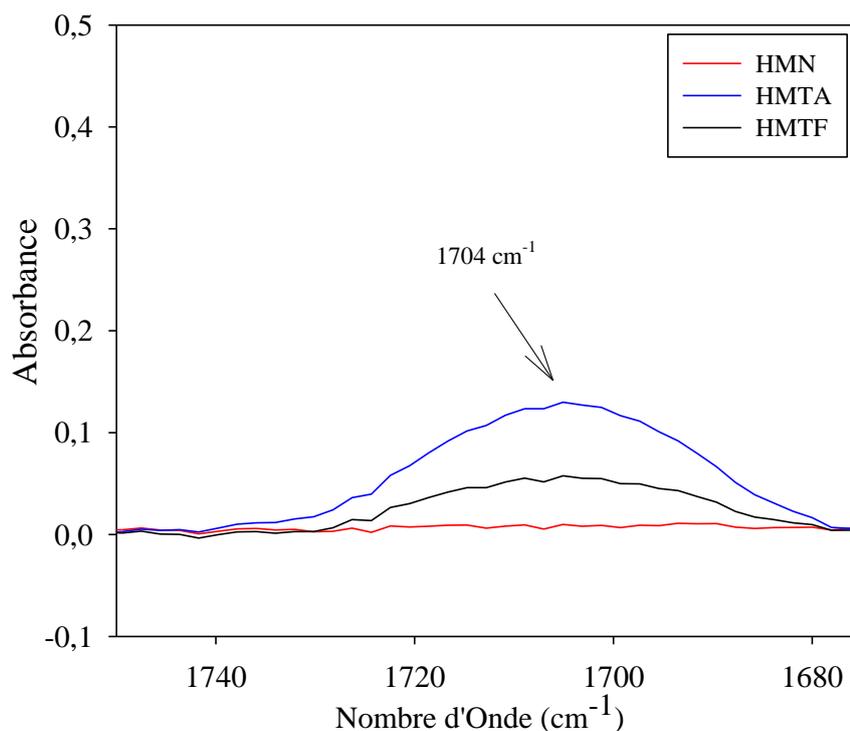
**Figure IV.1.** Spectres IRTF des huiles moteurs HMN, HMTA et HMTF.

D'après les spectres IRTF des huiles moteurs HMN, HMTA et HMTF et on se servant des tables disponibles dans les littératures [1-3], on distingue

- Les bandes d'absorption de forte intensité à 2953  $\text{cm}^{-1}$  et 2856  $\text{cm}^{-1}$  correspondent à des vibrations d'élongations symétriques et asymétriques du groupement  $\text{CH}_3$ .
- La bande d'absorption de forte intensité à 2923  $\text{cm}^{-1}$  correspond à des vibrations d'élongations asymétriques de  $\text{CH}_2$ .
- La bande d'absorption de moyenne intensité à 1462  $\text{cm}^{-1}$  correspond à des vibrations d'élongation des doubles liaisons  $\text{C}=\text{C}$  attribuée aux aromatiques.

- Les bandes d'absorption moyenne et forte intensité entre  $1365\text{ cm}^{-1}$  et  $1395\text{ cm}^{-1}$  correspondent à des vibrations de déformation dans le plan symétrique de  $\text{CH}_3$ (tertiobutyle).
- Une bande d'absorption très peu intense apparaît à  $967\text{ cm}^{-1}$ , correspond aux liaisons  $\text{P—O—C}$  attribuées aux dialkyldithiophosphates de zinc (DTPZn), qui sont très utilisés non seulement comme des additifs anti-usures et anti-oxydants, mais aussi comme des inhibiteurs de corrosion et comme additifs extrême pression.
- La bande d'absorption à  $727\text{ cm}^{-1}$  qui correspond aux vibrations de déformation dans le plan (balancement ou rocking) des liaisons  $(\text{CH}_2)_n$ ;  $n \geq 4$  de longues chaînes carbonées peut être attribuée aux poly(alphaoléfines) de la base d'huile.
- La bande à  $442\text{ cm}^{-1}$  correspond aux vibrations de déformation angulaire du lien  $\text{C—C}$  attribuée aux alcanes normaux (paraffines). Et l'intensité d'absorbance des paraffines est élevée pour l'HMN, ce qui signifie que la concentration des paraffines dans cette huile est importante.

La figure IV.2 représente Spectres IRTF des trois huiles moteurs dans le domaine  $1750$  et  $1675\text{ cm}^{-1}$ .

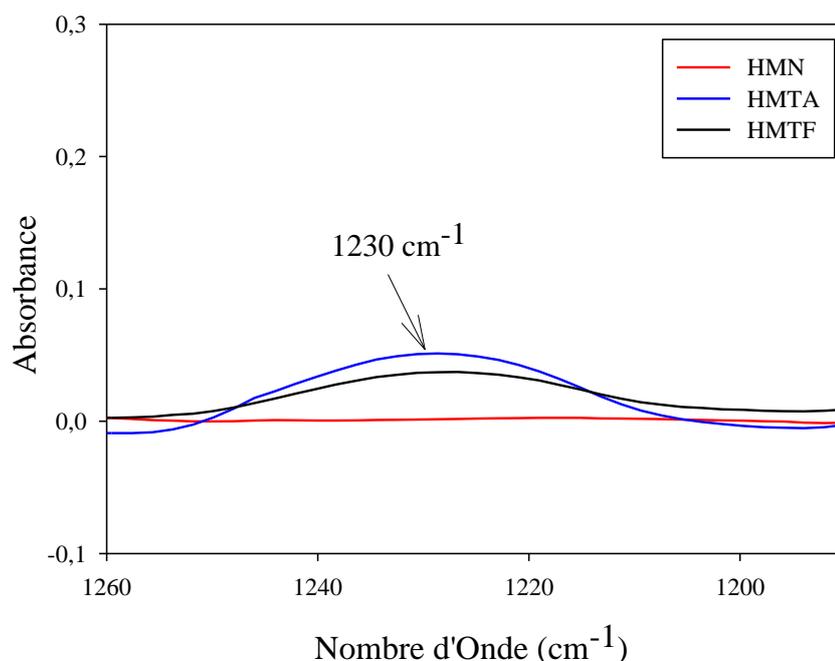


**Figure IV.2.** Spectres IRTF des trois huiles moteurs dans le domaine  $1750$  et  $1675\text{ cm}^{-1}$ .

La présence d'une bande d'absorption de faible intensité à  $1704\text{ cm}^{-1}$  (vibration d'élongation des liaisons C=O) pour les deux huiles HMTA et HMTF, et son absence dans le spectre de l'huile HMN. Cette bande a été attribuée aux aldéhydes, cétones et acides carboxyliques ; D'après la littérature [2] leurs présences est dû à l'oxydation.

L'oxydation de l'huile passe par la formation d'hydroperoxydes et s'achève par des réactions de coupure qui conduisent à divers dérivés tels que des cétones, des aldéhydes et des acides carboxyliques [2].

La figure IV.3 représente Spectres IRTF des trois huiles moteurs dans le domaine  $1260$  et  $1190\text{ cm}^{-1}$ .



**Figure IV.3.** Spectres IRTF des trois huiles moteurs dans le domaine  $1260$  et  $1190\text{ cm}^{-1}$ .

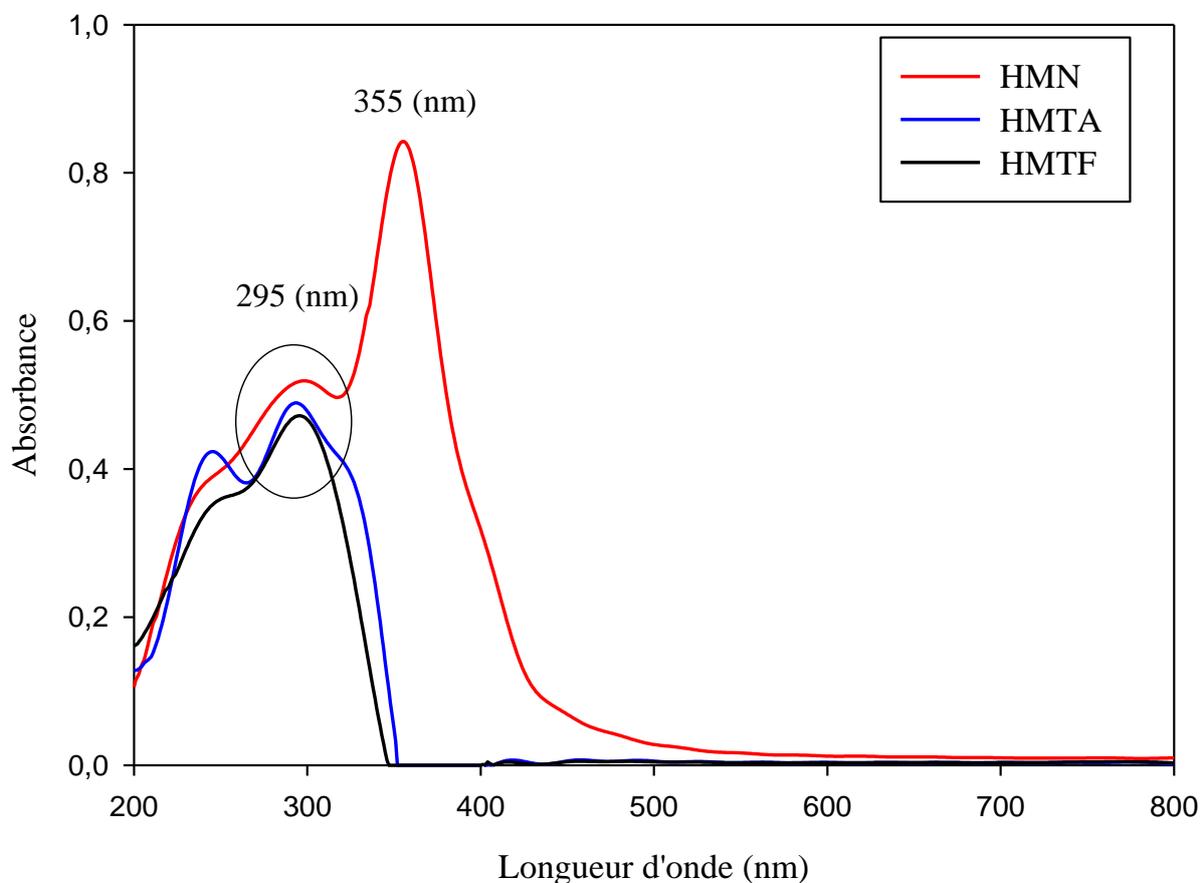
D'après les spectres IRTF des trois huiles moteurs dans le domaine  $1260$  et  $1190\text{ cm}^{-1}$ , on observe l'apparition d'une bande d'absorption de faible intensité à  $1230\text{ cm}^{-1}$  (pour l'élongation des liaisons N—C) pour les deux huiles HMTA et HMTF, contrairement à l'HMN. Cette bande a été attribuée aux additifs dispersants de type succinimiques, ces additifs dispersants permettent à la fois d'accroître la viscosité de l'huile et de disperser les éventuels dépôts présents dans celle-ci [1].

#### IV.1.2. Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible

La figure IV.4 représente les spectres UV des trois huiles moteur. On constate d'après cette analyse et selon la littérature [7] une bande d'absorption autour de  $295\text{ nm}$ , attribuée à la transition électronique des doubles liaisons C=O pour les trois huiles, une deuxième bande

autour de 355 nm, attribuée à la transition électronique des doubles liaisons C=C juste pour l'HMN. Ces deux bandes apparues attribuée aux groupements chromophores.

Les spectres des trois huiles dans le domaine de visible confirme les résultats de la couleur obtenus (IV.2.3).



**Figure IV.4.** Spectres UV-Visible des trois huiles moteur.

## IV.2. Analyses conventionnelles

### IV.2.1. Densité

Les résultats de mesure de densités obtenues sont présentés dans le tableau suivant

**Tableau IV.1 :** Valeur de densité

Échantillon	HMN	HMTA	HMTF
Densité ( $d_4^{15}$ )	$0.8854 \pm 2.10^{-4}$	$0.8865 \pm 2.10^{-4}$	$0.8860 \pm 2.10^{-4}$

Les valeurs des densités des huiles moteurs varient dans un intervalle précis [0.85-0.95], la différence de densité relie en premier lieu à l'origine du pétrole brute, la composition

chimique de l'huile de base, les procédés de traitement appliqués sur ces huiles et les additifs ajoutés.

#### IV.2.2. Teneur en eau et en sédiments (BSW)

La teneur en eau et sédiments des huiles analysées est donnée dans le tableau IV.2.

**Tableau IV.2 :** Teneur en eau et en sédiments (BSW)

L'échantillon	HMN	HMTA	HMTF
<b>BSW</b> (% Vol.)	0.1	0.05	<0.05

D'après les résultats du tableau IV.2, les valeurs de la teneur en eau et sédiments de l'HMN, l'HMTA et l'HMTF sont des quantités tolérables et elles sont dans la norme ISO 3734 (<0.5 %vol.); l'HMN contient un pourcentage volumique un peu élevé que l'HMTA et l'HMTF.

Les quantités d'eau et sédiments contenues dans une huile, influent sur sa densité. La présence des sédiments (corps solides) dans les lubrifiants en grandes quantités (>0.5 %vol.) est indésirable et conduisent à la dégradation rapide des composants de moteur.

#### IV.2.3. Couleur

Les couleurs des trois (3) huiles mesurées à l'aide de colorimètre sont présentés dans le tableau suivant

**Tableau IV.3 :** Résultats d'analyse de couleur

L'huile	HMN	HMTA	HMTF
<b>Numéro de la couleur</b>	3.5	<3.5	<3.5
<b>La couleur</b>			

Pour les produits pétroliers légers, la couleur est un critère de la qualité du fractionnement. Quant aux huiles, leurs couleurs dépendent des traitements subis lors du raffinage ; la couleur jaune-rouge est obtenue pour les fractions paraffiniques et celle bleu-verte pour les fractions naphténiques. De plus l'intensité de la couleur est fonction du degré de raffinage [4].

#### IV.2.4. Indice de réfraction

Les résultats des Indices de Réfractions obtenus sont représentés dans le tableau suivant

**Tableau IV.4 :** Indices de réfractions obtenus des différentes huiles

L'échantillon	HMN	HMTA	HMTF
<b>Indice de réfraction</b> <b>T=22 °C</b>	$1.4810 \pm 10^{-4}$	$1.4732 \pm 10^{-4}$	$1.4730 \pm 10^{-4}$

L'indice de réfraction est l'une des déterminations les plus précises qui peut servir à la différenciation de deux produits très proches.

On remarque :

L'indice de réfraction de l'HMN est supérieur à celui de l'HMTA et l'HMTF, d'où l'opacité de l'HMN est supérieure à celle de l'HMTA et l'HMTF. Cela réfère à la présence d'impuretés dans ces huiles (voir IV.2.2). Cette mesure confirme les résultats obtenus avec UV-Visible.

La couleur observée est la même pour HMTA et HMTF (d'après les résultats du tableau IV.4), ce sont deux produits très proche, la mesure de l'indice de réfraction nous as permis de différencie leur opacité.

#### IV.2.5. Point d'éclair

Les valeurs mesurées sont présentées dans le tableau ci-dessous

**Tableau IV.5 :** Point d'éclair des trois huiles

L'échantillon	HMN	HMTA	HMTF
<b>Point d'éclair</b>	228 °C	230 °C	230 °C

Le point d'éclair est relié à la présence des composés naphténiques qui présentent l'inconvénient d'être plus volatiles, elles s'enflamment spontanément en présence d'une flamme [5].

D'après les résultats obtenus nous remarquons que les valeurs du point d'éclair des trois huiles sont presque les mêmes dû à une présence de composé naphténiqque de même volatilité pour les trois huiles.

#### IV.2.6. Point d'écoulement et de congélation

**Tableau IV.6** : Point d'écoulement et point de congélation des huiles analysées

L'échantillon	HMN	HMTA	HMTF
Point de congélation	-15 °c	-32 °c	-28 °c
Point d'écoulement	-12 °c	-29 °c	-25 °c

Le point d'écoulement et de congélation sont reliés aux quantités de paraffines présentes dans chaque huile, d'après les résultats présentés dans le tableau IV.6 on constate que l'HMN s'arrête de s'écouler à des températures peu basses (-12°C) par rapport à HMTA et HMTF, cela est dû à une forte présence de paraffines dans l'HMN qui se cristallisent à des températures moins basses, ces résultats sont confirmés d'après les spectre IRTF (figure IV.1).

Le spectre IRTF de l'HMTA et l'HMTF (figure IV.2) a montré la présence des aldéhydes, des cétones et des acides carboxyliques dans ces huiles, ils sont des produits de l'oxydation qui provient des hydrocarbures naphthéniques. Ces huiles sont moins stables à l'oxydation, mais possèdent de très bonnes caractéristiques d'écoulement aux basses températures.

Nous rappelons que l'HMTA et l'HMTF sont deux huiles semi-synthétiques multigrades (15W 40), donc elles sont conditionnées par des additifs améliorants leur point d'écoulements qui ont pour rôle le retardement de la formation des cristaux de paraffines en les enveloppant par ces additifs pour résister à s'écouler à des basses températures. Par contre l'HMN est une huile monograde (SAE 40) qui est fabriqué sans tenir comptes à leur utilisation à froid (sans l'ajout d'abaisseurs du point d'écoulement).

#### IV.2.7. Viscosité cinématique

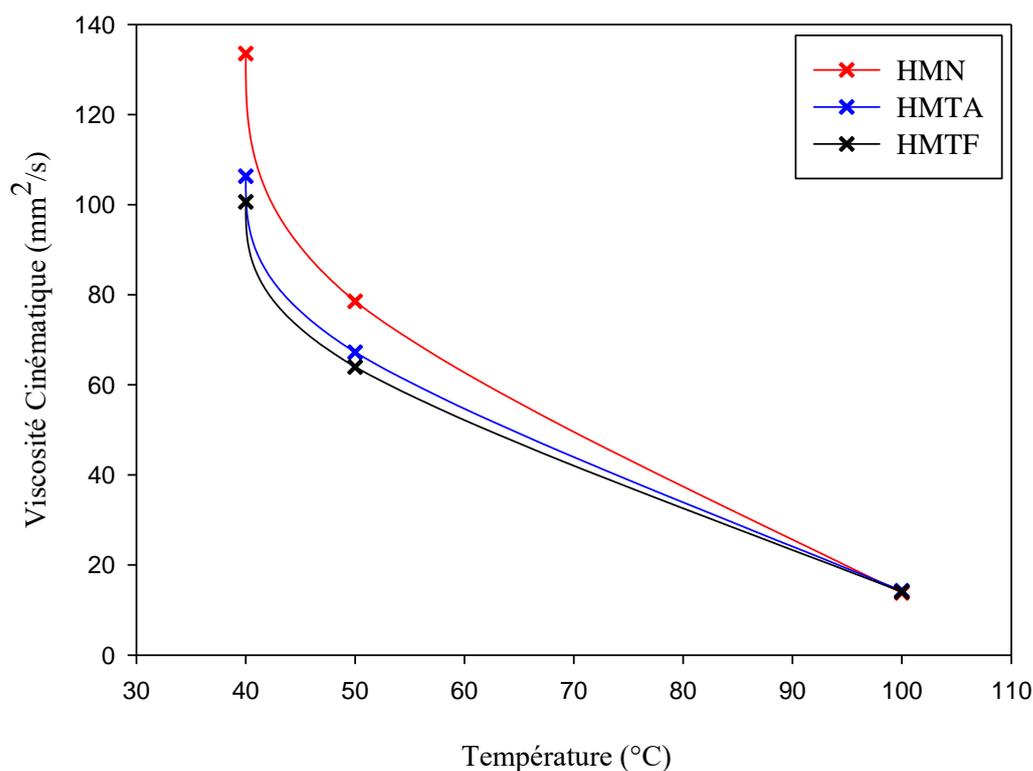
Les valeurs de la viscosité cinématique moyennes des huiles sont présentés dans le tableau suivant

**Tableau IV.7 :** Valeurs des viscosités cinématiques

Huiles	Viscosité Cinématique à 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	Viscosité Cinématique à 50°C (mm <sup>2</sup> /s)	Viscosité Cinématique à 100°C (mm <sup>2</sup> /s)
<b>HMN</b>	133.54	78.530	13.823
<b>HMTA</b>	106.33	67.226	14.282
<b>HMTF</b>	100.64	63.971	14.057

La figure ci-dessous (IV.5) représente l'évolution de la viscosité cinématique des 3 huiles moteur en fonction de la température.

La viscosité cinématique des huiles déminuent avec l'augmentation de la température, cette diminution varie d'une huile a une autre, cela correspond à une augmentation de volume du liquide. Les molécules s'éloignant les unes des autres, les interactions intermoléculaires s'affaiblissent avec l'augmentation de la température. On peut donc s'attendre à une diminution de la viscosité avec une telle augmentation [6].

**Figure IV.5.** Évolution de la viscosité cinématique en fonction de la température

D'après les résultats obtenus on remarque que la viscosité cinématique à 40 et 50 °C de l'HMN est supérieur à celle de HMTA et HMTF, à l'approche de la température de 100°C la valeur de viscosité cinématique de l'huile HMN devient légèrement inférieur à celle de HMTA et HMTF, donc on peut dire que l'HMTA et l'HMTF sont moins sensible à la température par rapport à l'HMN.

Pour juger la tenue à chaud et à froid des huiles. On représente dans le tableau IV.8 les valeurs de l'indice de viscosité (IV) des trois huiles, qui caractérise la variation de la viscosité en fonction de la température.

**Tableau IV.8 :** Valeur de l'indice de viscosité des trois huiles

<b>Huile</b>	<b>HMN</b>	<b>HMTA</b>	<b>HMTF</b>
<b>Indice de viscosité</b>	99	137	142

D'après les résultats obtenus nous constatons que l'indice de viscosité de l'HMN est dans l'intervalle des indices de viscosité des huiles minérales [80 ;120]. Par contre l'indice de viscosité de HMTA et HMTF est supérieur à 120 ce qui implique que ce sont des huiles synthétiques qui contiennent des additifs améliorants l'indice de viscosité.

## *Références bibliographiques*

- [1] M. Diaby. Compréhension des mécanismes de formation de dépôts en fond de première gorge de piston de moteurs Diesel. Chemical Sciences. Ecole Polytechnique X, 2009. English. <pastel-00005625>
- [2] Y. Jullien, « Synthèse de dérivés phosphosoufres potentiellement biodégradables : formulation d'un lubrifiant à base d'huile de colza », 1998.
- [3] Table de fréquence des vibrations de valence caractéristiques en IR.
- [4] H. IZZA, « Contribution à l'étude de l'extraction par solvant des aromatiques en vue de l'obtention des huiles lubrifiantes », Université Kasdi Marbah Ouargla, 2017
- [5] A. Jones, 'Lubricating Oil Through the Process of Refining Used Motor Oil', 'Online', Available : [www.articlealley.com/article](http://www.articlealley.com/article), 2010.
- [6] R. Nardello, V., L. Ho Tan Tai et J.-M. Aubry, L'actualité chimique, Société Française de chimie, 3-10, mars 2003.
- [7] Université Mohammed V-Agdal / FSR/ Master de sciences analytiques/ M9/ cours de Spectroscopie Ultraviolette/ F. GUEDIRA. Maroc.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

L'objectif de notre étude consiste d'une part à décrire les différentes étapes du raffinage du pétrole. D'autre part, caractériser trois huiles moteur les plus utilisées en Algérie (Naftal Chiffa/Chelia, Total Maxima RLD, Total Rubia TIR 7400) ; comparer leurs propriétés, dans l'intérêt de contribuer à une meilleure connaissance de la qualité des huiles moteur commerciales pour les véhicules lourds de type diesel. Au terme de ce travail, nous avons obtenu les principaux résultats suivant :

Les analyses spectroscopiques ont montré que la structure de l'huile moteur est très complexe. Les résultats de l'analyse spectrométrique infrarouge à transformée de Fourier ont montré la présence de plusieurs additifs dans l'HMTA et l'HMTF.

L'ensemble des résultats de la caractérisation physico-chimique ont montré que : le point d'éclair est presque le même pour les trois huiles, il dépend des composés naphthéniques les plus volatiles contenus dans une huile. La mesure de la viscosité est très importante, car elle indique la consistance d'une huile au changement de la température, de plus le calcul de l'indice de viscosité a permis de juger sa tenue à chaud et à froid. Le point d'écoulement d'une huile est lié à la quantité des hydrocarbures paraffiniques présente dans cette huile et conditionné par un ajout d'additifs. sa valeur pour l'HMTA et l'HMTF est très basse par rapport à l'HMN, ce qui confirme la classification de ces trois huiles (HMN est monograde, HMTA et HMTF sont multigrades). La mesure de la BSW, l'indice de réfraction et la détermination de la couleur ont montré que l'HMTF est très bien raffiné et les procédés de traitements appliqués sur cette huile sont très précis par rapport à l'HMN et L'HMTA, ce qui justifié son prix élevé.

## Résumé

Le pétrole est un mélange complexe d'hydrocarbures ; il est à la base de la création de multiples produits qui nous sont essentiels. Cependant, celui-ci doit subir plusieurs transformations importantes afin d'obtenir différentes coupes pétrolières telles que les essences, le kérosène, le gasoil et le résidu. L'huile minérale est l'une des sous produits du pétrole brut, elle est obtenue à partir du résidu de la distillation atmosphérique en appliquant plusieurs procédés (distillation sous vide, désasphaltage, désaromatisation...). Ensuite, elle est améliorée par ajout d'un paquet d'additifs afin d'obtenir une huile lubrifiante qui répond à plusieurs fonctions importantes dans le moteur. L'objectif de notre étude consiste d'une part à décrire les différentes étapes du raffinage du pétrole. D'autre part, caractériser trois huiles moteur les plus utilisées en Algérie (Naftal Chiffa/Chelia, Total Maxima RLD, Total Rubia TIR 7400) ; comparer leurs propriétés, dans l'intérêt de contribuer à une meilleure connaissance de la qualité des huiles moteur commerciales pour les véhicules lourds de type diesel. Les analyses spectroscopiques ont montré que la structure de l'huile moteur est très complexe avec la présence de plusieurs additifs dans l'HMTA et l'HMTF. Les résultats obtenus de la caractérisation physico-chimique ont montré plusieurs différences entre les propriétés des trois huiles, qui sont liées à leurs compositions Chimiques, aux procédés de traitements subis lors du raffinage et aux additifs ajoutés.

**Mots clés** : pétrole, raffinage, huile moteur, additif, caractérisation physico-chimique.

## Abstract

Oil is a complex mixture of hydrocarbons; it is the basis of the creation of multiple products that are essential to us. However, this one must undergo several important transformations in order to obtain different petroleum cuts such as the essences, the kerosene, the gas oil and the residue. Mineral oil is one of the byproducts of crude oil, it is obtained from the residue of the atmospheric distillation by applying several processes (vacuum distillation, deasphalting, dearomatization ...). Then, it is improved by addition of a package of additives to obtain a lubricating oil which responds to several important functions in the engine. The objective of our study is to describe the different stages of petroleum refining. On the other hand, to characterize three most used motor oils in Algeria (Naftal Chiffa / Chelia, Total Maxima RLD, Total Rubia TIR 7400); compare their properties, in the interest of contributing to a better knowledge of the quality of commercial motor oils for diesel heavy vehicles. Spectroscopic analyzes have shown that the structure of the engine oil is very complex with the presence of several additives in HMTA and HMTF. The results obtained from the physicochemical characterization showed several differences between the properties of the three oils, which are related to their chemical compositions, to the treatment processes undergone during the refining and to the added additives.

**Key words** : oil, refining, motor oil, additive, physicochemical characterization.