

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

**Caractérisation d'une huile moteur de type SAE 15W40 et
étude de sa dégradation**

Réalisé par:

ZEGHOUATI Narimene

BEDHOUCHE Widad

Encadré par :

Pr. KACI Mustapha

Promotion 2017-2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mon très cher père pour tous ce qu'il a fait pour moi durant toutes mes années d'études, pour ses encouragements et ses orientations.*
- *Ma très chère mère pour son sacrifice, son aide, ses conseils et sa patience.*
- *Mes grands parents « que Dieu les garde ».*
- *Mes très chers frères : Samir, Ziad et Ferhat je leurs souhaite la réussite.*
- *Ma sœur Aicha pour ses encouragements et son aide.*
- *Mes tantes ainsi leurs maries et mes oncles.*
- *Mes cousins et cousine.*
- *Mes Amis(es): Zahera, Wafa, Sara, Yasmine, Lydia, Farid, Nassero, Lyes, Souad, Hillal, Zakaria, Wassou, Kenza, surtout Ali pour son aide.*
- *Ma binôme Narimene et sa famille.*

A toute la promo Génie chimique 2017/2018

Je n'oublie pas de dédier tous les enseignants et travailleurs du la faculté de Technologie.

Enfin, je dédie ardemment tous ce qui a contribué de prêt ou de loin directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Widad BEDHOUCHE

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le BON DIEU le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté pour ce travail

Nous tenons à remercier vivement notre encadreur Pr KACI Mustapha pour son suivi et ses précieux conseils.

Nous remercions chacun des membres de jury d'avoir examiner notre travail.

Nous remercions chef de laboratoire NAFTAL M^{me} RABOUHI Aida et tout les personnels de NAFTAL et LP.

Nos remerciements à toute la faculté de la technologie.

Nos remerciements vont également à nos familles, ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

Liste de tableaux

Liste des figures

Abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Etude bibliographique

I.1. Les huiles de lubrification..	3
I.1.1.Définition des huiles lubrifiantes.....	3
I.1.2.Procédé d'obtention d'une huile de lubrification	3
I.1.3.Composition des huiles de lubrification	4
I.1.4.Propriétés physico-chimiques des huiles de lubrification	8
I.1.5. Fonction des huiles de lubrification.....	10
I.1.6.Dégradation de l'huile de lubrification.....	10
I.1.7.les huiles lubrifiantes usagées.....	11
I.1.8.Classification des huiles lubrifiantes	11
I.2 Moteur diesel.....	14
I.2.1.Définition.....	14
I.2.2.Description d'un moteur diesel à quatre temps	14
I.2.3.Comparaison entre le moteur diesel et essence	14
I.2.4.Avantages et inconvénients du moteur diesel.....	15
I.2.5.Principe de fonctionnement du moteur diesel à quatre temps	15
I.2.6. Le circuit de lubrification dans un moteur diesel	17
I.3.Impact des huiles moteur usagées sur l'environnement et la santé.....	17
I.4.Possibilité de récupération des huiles usagées	19
I.4.1.Les méthodes de récupération des huiles usagées	19
I.4.2.Les étapes de la récupération des huiles usagées.....	20

I.4.3.Procédé de récupération des huiles usagées	20
--	----

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyses

II.1.Huile CHELIA SUPER TD 15W40	24
II.2.Méthodes conventionnelles.....	25
II.2.1.La viscosité.....	25
II.2.2.Indice de viscosité	28
II.2.3.Point d'éclair	28
II.2.4.Densité.....	30
II.2.5.Point d'écoulement.....	31
II.3.Méthodes spectroscopiques	33
II.3.1. Spectroscopie Infra Rouge IR	33
II.3.2. Spectroscopie UV-Visible.....	34

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1.Résultats caractéristiques physico-chimiques de l'huile de lubrification obtenus comparés aux spécifications	35
III.2.Étude de dégradation de l'huile de lubrification	37
III.2.1.Méthodes conventionnelles.....	37
III.2.1.1.La viscosité	38
III.2.1.2.Indice de viscosité.....	39
III.2.1.3Point d'éclair	40
III.2.1.4.Densité	41
III.2.1.5.Point d'écoulement	42
III.2.2. Méthodes spectroscopiques.....	43
III.2.2.1. Spectroscopie Infra Rouge IR.....	43
III.2.2.2.Spectroscopie UV-Visible.....	46
Conclusion.....	50

Références bibliographiques.....	51
----------------------------------	----

Liste des tableaux

Tableau. I.1.1 : Classification des huiles moteur	11
Tableau I.1.2 : Classification ACEA.....	12
Tableau I.2. : Avantages et inconvénients du moteur diesel	13
Tableau. I.3 : Composés polluants les huiles usées.....	17
Tableau. II.1 : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile CHELIA SUPER TD15W40	24
Tableau.III.1. Résultats des caractéristiques physico-chimiques de l'huile CHELIA SUPER TD 15W40 obtenus comparés aux spécifications ASTM.....	35
Tableau.III.2.Indice de jaunissement.....	47

Liste des figures

Figure. I.1 : La fabrication d'une huile de base minérale issue de l'extraction du pétrole brut	3
Figure. I.2 : Cycle thermodynamique du fonctionnement d'un moteur diesel.....	14
Figure .I.3 : Schéma de circuit de lubrification dans un moteur diesel.....	16
Figure .I.4 : Diagramme du procédé de récupération des huiles.....	22
Figure .II.1 : Viscosimètre à capillaire Cannon-Fenske.....	25
Figure .II.2 : Bain viscosimétrique à 100°C.....	26
Figure .II.3 : Bain viscosimétrique à 40°C.....	26
Figure .II.4 : Testeur de point d'éclair de type Cleveland Open Cup.....	28
Figure .II.5 : Pycnomètre.....	29
Figure .II.6 : Réfrigérant (A) et (B) et tubes à essais (C).....	30
Figure .II.6 : Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier.....	32
Figure .II.7 : Spectromètre UV- visible.....	33
Figure .III.1 : Abaque de J.Groff.....	36
Figure .III.2 : Evolution de la viscosité en fonction du nombre de kilomètres à 40°C.....	37
Figure .III.4 : Evolution de l'indice de viscosité en fonction du nombre de kilomètres	39
Figure .III.5 ; Evolution de la densité en fonction du nombre de kilomètres.....	40
Figure .III.7 : Evolution du point d'éclair en fonction du nombre de kilomètres.....	42
Figure .III.8 : Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service.....	43
Figure.III.9 : Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service dans le domaine [4000-1500].....	44
Figure .III.11 : Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service dans le domaine [1500-500].....	45

Figure.III.12.Spectres d'absorption UV-Visibles de l'huile moteur neuve et en service.....46

Abréviations

A	Absorbance
ACEA	Association des Constructeurs Européens
AGMA	American Gear Manufacturers Association
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing and Material
CCMC	Comité des Constructeurs d'automobile du Marché Commun
Cp	Centipoise
Cst	Centistoks
DTPZn	Dialkyldithiophosphate de Zinc
HV	Huile Vierge
HU	Huile Usagée
HAP	Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques
HFP	Flash Point Tester
IJ	Indice de Jaunissement
IRTF	Infrarouge à Transformé de Fourier
ISO-VG	International Organisation for Standardization- Viscosity Grade
PMB	Point Mort Bas
PMH	Point Mort Haut
SAE	Society of Automotive Engineers
VCFE	Vacuum Cyclon Flash Evaporator

Introduction

Introduction

La lubrification des pièces mécaniques des moteurs automobiles est fondamentale, sans la lubrification, les pièces qui se frottent entre elles s'échauffent, entraînant des températures si importantes, risquant de provoquer le grippage des surfaces en contact, ce qui conduirait directement à leur destruction [1].

Les huiles lubrifiantes sont indispensables pour assurer le bon fonctionnement du moteur, elles sont constituées de 70 à 85% d'huile de base auxquels sont ajoutés de 15 à 25% d'additifs convenablement choisis pour qualifier le lubrifiant à assurer sa fonction. Elles disposent de plusieurs propriétés physico-chimiques qui doivent être préservées, autant que possible, au cours de son utilisation [2].

Dans un moteur, l'huile, dont la fonction essentielle est d'assurer la lubrification, se voit soumise à de nombreuses contraintes de plus en plus sévères et ce, en rapport avec le développement actuel des moteurs aux performances améliorées, ces contraintes agissent de manière néfaste sur la structure de l'huile, une fois ses propriétés altérées, elle ne peut continuer à remplir sa tâche convenablement, et elle finit par perdre sa qualité lubrifiante [3].

Les huiles usagées sont classées dans la catégorie des déchets spéciaux dangereux, elles peuvent engendrer une détérioration importante du milieu naturel, qui peut être traduit par une pollution d'eau, du sol et de l'atmosphère [2].

Au plan national, le marché algérien des lubrifiants est de l'ordre de 180.000 tonnes par an, se répartissant comme suit: 75% des huiles moteurs, 19% des huiles industrielles, 3% des graisses et 3% des huiles aviation et marine. La quantité moyenne des huiles usagées récupérées par NAFTAL est de 90 000 tonnes par an, ce qui représente 50% du volume global des lubrifiants [4].

L'objectif de notre travail consiste dans une première étape à déterminer la conformité de l'huile moteur Diesel de type CHELIA SUPER TD 15W40 commercialisée par

Introduction

NAFTAL, et l'identifier selon la classification SAE, ensuite, étudier la dégradation des échantillons d'huile en service en deuxième étape.

Le premier chapitre de ce travail a été consacré à une étude bibliographique focalisée sur les huiles moteur d'une façon générale.

Le deuxième chapitre présente les différents dispositifs expérimentaux mis en place dans ce travail.

Le troisième chapitre regroupe les résultats expérimentaux des mesures réalisées aux laboratoires.

Chapitre I

I.1. Les huiles de lubrification

I.1.1. Définition des huiles lubrifiantes

Les huiles lubrifiantes actuellement utilisées sont constituées d'un fluide de base appelé « base de lubrifiant » qui peut être synthétique ou minérale [5], issues d'un pétrole brut après traitement, dopée d'un paquet d'additifs convenablement choisis pour qualifier le lubrifiant à assurer sa fonction requise malgré les contraintes (les hautes températures, cisaillement mécanique... Etc.) [6].

La fonction principale des huiles est la lubrification. La lubrification est l'action d'assurer un film d'huile entre deux pièces en mouvement l'une par rapport à l'autre, afin de réduire les frottements entre ces deux pièces [7].

I.2.1. Procédés d'obtention d'une huile de lubrification

Le pétrole brut est le produit de base pour tout lubrifiant, n'est pratiquement jamais utilisé sous son état naturel, il est soumis à plusieurs opérations faisant l'objet du raffinage [7].

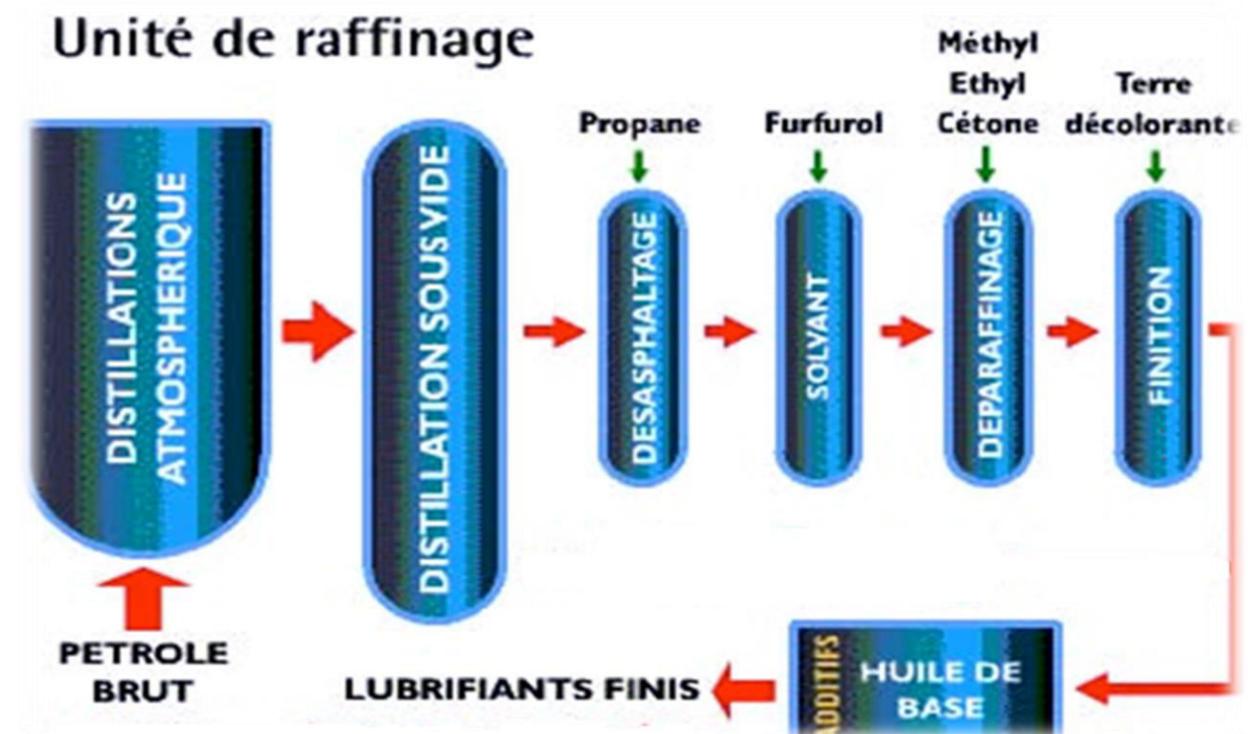


Figure.I.1. La fabrication d'une huile de base minérale issue de l'extraction du pétrole brut

Chapitre I : Etude bibliographique

Le pétrole brut est séparé d'abord dans la distillation atmosphérique, il est chauffé à une température de 370°C, et suivant la volatilité de ses constituants, il se sépare en coupes, On obtient des fractions lourdes à un point d'ébullition plus élevé appelées résidus [7].

Les résidus lourds de la distillation atmosphérique sont introduits dans une colonne de distillation sous vide. Cette distillation est effectuée sous vide partiel pour éviter le craquage des molécules lourdes. Elle permet d'obtenir différentes coupes : gazole sous vide en haut de la tour, puis, à différents niveaux, de bases lubrifiantes appelées « distillats sous vides » et enfin, tout au fond de la tour, un produit très lourd, « le résidu sous vide » destiné à la fabrication des huiles lubrifiantes les plus visqueuses [8].

Le dés-asphaltage s'effectue dans une colonne d'extraction avec du propane. Le résidu sous vide provenant de l'unité précédente est introduit dans la colonne d'extraction rencontre un courant ascendant de propane liquide qui dissout les fractions huileuses. On obtient une huile très visqueuse, riche en composés aromatique, lui conférant une faible résistance à l'oxydation [3].

L'extraction des aromatiques au solvant consiste à améliorer l'indice de viscosité en se débarrassant des composés instables à l'oxygène et l'élimination des produits aromatiques indésirables qui altèrent certaines propriétés, cette élimination est réalisée par l'emploi de divers solvants sélectifs [3].

À la sortie de l'unité d'extraction au solvant, la future huile de base, contient une quantité importante de paraffines linéaires qui ont un point de congélation très élevé. Le déparaffinage consiste à éliminer ces paraffines, ce qui aura pour conséquence une baisse du point de congélation [7].

La finition est nécessaire afin de stabiliser les huiles qui ont subi plusieurs traitements thermiques au cours du raffinage [3].

I.1.3.Composition des huiles de lubrification

Les huiles de lubrification sont constituées de plusieurs huiles de base et d'un certain pourcentage d'additifs. Ces additifs sont convenablement ajoutés pour améliorer les propriétés naturelles des huiles et leurs conférer des qualités de lubrification. Les huiles de base les plus utilisées sont d'origine minérale extraite du pétrole ou d'origine synthétique [7].

I.1.3.1. Huiles de base :

I.1.3.1.1. Huile à base minérale :

Les huiles minérales d'origine pétrolière sont extraites de coupes provenant de la distillation du pétrole brut, ces coupes que l'on nomme « distillats », subissent des opérations de raffinage dont la complexité dépend à la fois de l'origine du brut utilisé et de la qualité recherchée pour les produits ; elles couvrent actuellement l'essentiel des besoins les plus courants (plus de 90% du marché) [9].

Les hydrocarbures contenus dans les huiles minérales :

Les huiles minérales répondent à trois grandes tendances chimiques de caractères spécifiques particuliers ce sont :

- **La tendance paraffinique :** Les paraffines (Alcanes) C_nH_{2n+2} sont des hydrocarbures saturés linéaires ou ramifiés (isoparaffines) [10]. les paraffines à chaîne droite de poids moléculaire élevé augmentent la température de congélation des huiles et doivent être retirées par déparaffinage. Cette famille des huiles riches en hydrocarbures paraffiniques est caractérisée par une bonne stabilité à l'oxydation, une variation relativement faible de la viscosité en fonction de la température, une faible densité et une faible volatilité pour une viscosité donnée [11].
- **La tendance naphthénique :** Les naphthalènes (cycloalcanes) C_nH_{2n} sont des hydrocarbures saturés cycliques et souvent ramifiés [10]. Cette famille des huiles riches en hydrocarbures naphthéniques est caractérisée par une stabilité à l'oxydation, une densité relativement élevée, un pouvoir de solvant relativement élevé et de très grandes caractéristiques d'écoulement aux basses températures [11].
- **La tendance aromatique :** Les aromatiques sont des structures insaturés cycliques, très dense généralement, leurs indices de viscosités sont très bas ou même négatifs [8]. Sont facilement oxydables et provoquent la formation des asphaltiques accompagnés de dérivés corrosifs, il est nécessaire de les éliminer au maximum par raffinage pour obtenir des bases lubrifiants de bonne qualité [11].

I.1.3.1.2 .Huiles de base synthétique

Elles sont obtenues par synthèse chimique (addition d'un produit sur lui-même ou polymérisation, addition d'un produit sur un autre comme estérification, etc.) de composants provenant de la pétrochimie, de la carbochimie et de la chimie minérale. [9]

Les lubrifiants de synthèse sont surtout utilisés dans l'aviation et dans divers domaines d'application [12] :

- Transmission de l'énergie (puissance).
- Moteurs thermiques et automobiles.

I.1.3.2. Les additifs

Les additifs de lubrification sont des substances que l'on ajoute à l'huile soit pour renforcer certaines propriétés de l'huile de base, soit pour apporter à l'huile de base des propriétés qu'elle ne possède pas naturellement, Les additifs sont présents à hauteur de 10% à 20% dans les huiles finies [7]. Les additifs peuvent être classés en additifs de protection ou en additifs améliorant les performances. [13]

- **Additifs Antifricction, anti-usure**

Ils réduisent l'usure et les frottements mécaniques des surfaces métalliques en créant, à la surface des pièces, un film protecteur très résistant. Le coefficient de frottement se trouve abaissé et l'usure est réduite [13].

- **Additifs Anticorrosifs, antirouille**

Sont des composés chimiques pouvant contenir du calcium, du magnésium, du phosphore et de l'azote avec ou sans soufre [14]. Ils empêchent l'attaque des métaux ferreux, due à l'action conjuguée de l'eau, de l'oxygène de l'air et de certains oxydes formés lors de la combustion. En étendant un film de protection sur les surfaces métalliques du moteur, et en neutralisant les agents corrosifs [13].

- **Additifs détergents**

Ils empêchent ou diminuent les dépôts indésirables formés par les impuretés et les résidus de la combustion incomplète sur les surfaces [13]. On ajoute des composés métallo-organique, comme le magnésium, le baryum, le calcium ou l'étain [15].

Chapitre I : Etude bibliographique

- **Additifs Antioxydation**

Pour prévenir la formation de vernis, de boue et de corrosion, on ajoute des composés organiques contenant du soufre, du phosphore ou de l'azote. On y incorpore souvent des métaux, comme l'étain, le zinc ou le baryum [15].

- **Dispersants**

Ils permettent d'éviter l'agglomération des dépôts décollés des parois et maintenir les particules en suspension dans huile [13]. Ils contiennent souvent de l'azote, et parfois de bore [16].

- **Additifs Anti-mousse**

Ces additifs permettent de limiter la dispersion d'un grand volume d'air dans l'huile en réduisant la tension de surface. Ils provoquent l'éclatement des bulles et empêche leur accumulation en surface de l'huile [13].

- **Additifs extrême de pression**

Permettent à l'huile de réduire les frottements et par conséquence économiser de l'énergie. Et protéger les surfaces des fortes charges [17].

- **Additifs améliorant le point d'écoulement**

Ils permettent au lubrifiant de garder une bonne fluidité à basse température (de -15°C à -45°C) [13]. Les additifs améliorant le point d'écoulement sont généralement des polymères hydrocarbonés et oxygénés [14].

- **Additifs améliorant d'indice de viscosité**

L'objectif de ces additifs est de réduire la variation de la viscosité en fonction de la température, qui se traduit par une augmentation de l'indice de viscosité, ils permettent à l'huile d'être :

-Suffisamment fluide à froid (facilité de démarrage en abaissant le point d'écoulement entre -15°C et -45°C suivant les huiles).

-Suffisamment visqueuse à chaud (éviter le contact des pièces en mouvement) [13].

Ces additifs sont des polymères hydrocarbonés pouvant contenir de l'oxygène voire de l'azote [14].

- **Additifs modificateurs de frottement**

Ces additifs permettent de réduire le coefficient de frottement des pièces lubrifiées, en améliorant ainsi leur rendement mécanique [13].

I.1.4. Propriétés physico-chimiques des huiles de lubrification

I.1.4.1. Viscosité

La viscosité est la propriété qui caractérise la résistance du film lubrifiant qui protège les pièces en mouvements, pour des conditions de fonctionnement données [13]. Elle dépend de la température, lorsque la température est faible la viscosité est trop élevée, et les frottements entre les surfaces des pièces mobiles sont importants. Et plus la température est élevée, plus la viscosité est basse pour réduire les frottements internes [18].

Ils existent deux types de viscosité : la viscosité dynamique et la viscosité cinématique.

- **Viscosité dynamique**

La viscosité dynamique est la viscosité qui intervient dans les calculs d'épaisseur de film d'huile. Elle est déduite de la loi de Newton régissant l'écoulement laminaire d'un fluide visqueux entre une surface mobile animée et une surface fixe [12].

- **Viscosité cinématique**

La viscosité cinématique est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu d'huile dans un tube capillaire. C'est la viscosité donnée dans les fiches techniques des fournisseurs, plus facile à mesurer que la viscosité dynamique [19].

I.1.4.2. Indice de viscosité

L'indice de viscosité traduit la variation de la viscosité en fonction de la température. Plus l'indice de viscosité est grand, moins la viscosité varie [7]. Il est déterminé soit à partir des mesures des viscosités cinématiques effectuées respectivement à 40°C et à 100°C et en utilisant l'abaque de Groff, soit en utilisant un programme de calcul spécifique [14].

I.1.4.3. Densité

La densité d'une substance est le rapport entre sa masse volumique et la masse volumique d'un corps pris comme référence, dans des conditions qui doivent être spécifiées pour les deux corps. En général, pour les liquides, le corps de référence utilisé est l'eau [20].

I.1.4.4.Masse molaire

La masse molaire d'une substance correspond à la masse d'une mole de cette substance. Elle s'exprime en Kilogramme par mole, et elle peut être calculée en effectuant le rapport de masse d'une substance par la quantité de matière qu'elle comporte [6].

I.1.4.5.Indice de réfraction

L'indice de réfraction d'un milieu transparent est une grandeur sans dimension, il est défini par le rapport entre la vitesse de propagation de la lumière dans le vide, et la vitesse de la lumière dans ce milieu [11]. Il dépend de la longueur d'onde du rayon, de la lumière et de la température [12].

I.1.4.6.Point d'éclair

C'est la température minimale à laquelle les vapeurs émises par une huile s'enflamment au contact d'une flamme pour une courte durée, dans des conditions normalisées. Elle traduit la stabilité thermique de l'huile et sa résistance à l'inflammation [7].

I.1.4.7.Point d'écoulement

Le point d'écoulement est la température minimale à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle est refroidie, sans agitation et dans des conditions normalisées, il est exprimé en degré Celsius. Cette caractéristique est importante pour le choix des huiles de base [20].

I.1.4.8.Indice d'acidité

L'indice d'acidité est le nombre de milligramme de potasse nécessaire à la neutralisation des acides contenus dans un gramme d'huile (mg KOH/ g d'huile) [20].

I.1.4.9.Indice de basicité

L'indice de basicité est le nombre de milligrammes de potasse stoechiométriquement équivalent à la quantité d'acide nécessaire pour la neutralisation des constituants basiques contenus dans un gramme d'huile [20].

I.1.4.10. Teneur en eau

On peut définir la teneur en eau comme la quantité d'eau contenue dans un produit, exprimée en pourcentage du poids ou de volume de ce produit. L'eau est l'un des principaux ennemis des lubrifiants [6].

I.1.4.11. Onctuosité

L'onctuosité est l'aptitude à réduire les frottements entre deux surfaces. Elle caractérise la continuité et la solidité du film graisseux entre les pièces [3], et varie dans le même sens que la viscosité et elle ne se chiffre pas [21].

I.1.4.12. Couleur :

La coloration anormalement sombre dans une huile lubrifiante est une indication de la présence d'oléfine. Ceux-ci sont indésirables dans les huiles lubrifiantes. Comme ils sont thermiquement instables. Cette couleur change progressivement au cours de son service dans le moteur. En particulier, elle noircit rapidement à cause des résidus de combustion métallique [22].

I.1.5. Fonction des huiles de lubrification

Les fonctions des huiles des moteurs sont diverses et leur rendement est remarquable.

Nous citons parmi ces fonctions [12] :

- L'huile permet une réduction des frottements, ce qui améliore le rendement du moteur et diminue la consommation de carburant.
- L'huile permet une protection des organes mécaniques contre l'usure et la corrosion afin de garantir la longévité et l'efficacité du moteur.
- L'huile permet l'évacuation des impuretés grâce au filtre à l'huile et à la vidange pour maintenir la propreté des pièces moteur.
- l'huile permet un renfort de l'étanchéité qui assure un taux de compression optimal pour plus de puissance moteur.
- L'huile permet l'évacuation de la chaleur pour prévenir d'une déformation des pièces.

I.1.6.Dégradation de l'huile de lubrification

I.1.6.1.Phénomène d'oxydation

L'oxydation est la réaction entre l'huile de base du lubrifiant et l'oxygène qui se trouve dans l'atmosphère, c'est l'une des principales causes de la dégradation du lubrifiant. Elle peut provoquer une modification fondamentale de l'huile de base du lubrifiant et c'est la raison pour laquelle les huiles finissent par s'user. La vitesse de réaction de l'huile avec l'oxygène dépend de la température à laquelle cette réaction a lieu, plus la température est élevée plus l'huile s'oxyde rapidement [23].

L'oxydation de l'huile génère un ensemble de phénomènes, entraînant des conséquences nuisibles à l'huile et sur le circuit de lubrification, tel que l'augmentation de la viscosité, l'augmentation de l'acidité de l'huile, et la formation de dépôts et de boues [19].

I.1.6.2.Cisaillement mécanique

Le cisaillement du lubrifiant est la contrainte que subit le film d'huile lorsque ses deux faces sont animées de vitesses différentes, il s'exprime par la variation de vitesse dans le film d'huile. L'aptitude d'un lubrifiant à résister au cisaillement lui permet de garantir des caractéristiques stables pendant sa durée de vie [13].

I.1.6.3.Contamination de l'huile de lubrification

Les huiles lubrifiantes peuvent être contaminées par des particules métalliques provenant de l'usure des moteurs, par les impuretés des composés de plomb, ou par l'eau ou du carburant provenant à partir de la combustion du carburant dans le moteur [24].

I.1.7.les huiles lubrifiantes usagées

Les huiles usagées sont des huiles qui sont contaminées après usage à l'emploi auxquelles elles étaient destinées [22], et qui nécessitent un traitement réglementé.

On distingue deux catégories principales d'huiles usagées :

I.1.7.1.Les huiles noires

Fortement dégradées et contaminées, elles proviennent généralement de la lubrification automobile. Le traitement de ces huiles noires est plus difficile et complexe, à cause de leur forte dégradation et la présence de contaminants [22].

I.1.7.2.Les huiles claires

Peu contaminées et chargées en général d'eau et de particules, ces huiles proviennent de transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines [22].

I.1.8. Classification des huiles lubrifiantes

Il existe principalement deux types de classification pour les huiles, qui sont différents mais également complémentaires :

- Classification selon la viscosité.
- Classification selon le niveau de performance.

I.1.8.1. Classification selon la viscosité

Il existe dans le monde trois organismes qui s'occupent de classer les huiles selon leur viscosité :

- L'ISO (International Organisation for Standardization)
- La SAE (Society of Automotive Engineers)
- L'AGMA (American Gear Manufacturers Association)

I.1.8.1.1. Classification ISO-VG

Le grade ISO fait référence pour déterminer la viscosité des huiles industrielles, il permet de caractériser la consistance de l'huile. Dans cette ISO-VG (International Organisation for Standardization – Viscosity Grade), 18 classes de viscosité sont définies. Chaque classe représente la viscosité à 40°C. Plus le chiffre est élevé, plus la viscosité de l'huile est importante [14].

I.1.8.1.2. Classification SAE

La classification internationale adaptée pour les huiles pour moteurs et les huiles pour transmissions est celle de la SAE américaine (Society of Automotive Engineers), basée sur la viscosité [3].

La viscosité d'une huile moteur s'exprime par deux grades, un grade à froid et un grade à chaud. Le grade à froid se situe devant la lettre W (Winter), il traduit la viscosité dynamique à froid : la capacité à démarrer le moteur et à amorcer la pompe à huile : 0W, 5W, 10W, 15W. Plus le chiffre est faible, plus l'huile est fluide à basse température [25].

Le grade à chaud traduit la viscosité cinématique à chaud (100°C) : 20, 30, 40, 50, 60. Plus ce chiffre est élevé, plus la viscosité de l'huile sera importante aux hautes températures, et donc aura une meilleure tenue [25].

Les huiles qui répondent aux limites de viscosité d'un grade à froid ou à chaud sont dites monogrades (SAE 10W, SAE 30 ...)

Celles qui satisfont, à la fois aux limites de viscosité d'un grade à froid et d'un grade à chaud sont dites multigrades (5 W 40, 10 W 40...) [9].

Tableau. I.1.1. Classification des huiles moteur

Grades SAE	Viscosité (cp) à la température (°C)	Température (°C) limite de pompabilité	Viscosité (cst) à 100°C	
	ASTM D 2602	ASTM D 3829	ASTM D 445	
	Maxi	Maxi	Min	Maxi
0 W	3250 à -30	-35	3.8	-
5 W	3500 à -25	-30	3.8	-
10 W	3500 à -20	-25	4.1	-
15 W	3500 à -15	-20	5.6	-
20 W	4500 à -10	-15	5.6	-
25 W	6000 à -5	-10	9.3	-
20			5.6	< 9.3
30			9.3	< 12.5
40			12.5	< 16.3
50			16.3	< 21.9
60			21.9	< 26.1

I.1.8.1.3. Classification AGMA

AGMA « American Gear Manufacturers Association » s'occupe des huiles de boîtes d'engrenages industrielles. Elle définit 9 gammes de viscosité [3].

I.1.8.2. Classification selon le niveau de performance

La classification qui se réfère seulement à la viscosité, ne donne pas une réponse définitive au niveau qualitatif. Des grandes organisations ont rédigé des spécifications, en fonction des prestations, qui sont exigées des huiles [22].

I.1.8.2.1. Norme ACEA

L'ACEA (Association des Constructeurs Européens) propose ses propres classifications pour les véhicules européens dont les moteurs ont souvent des performances et donc des exigences spécifiques plus élevées que les moteurs américains [9]. Elle a été créée en 1991 en remplacement de la classification C.C.M.C (Comité des constructeurs d'automobile du marché commun) [7].

Tableau I.1. Classification ACEA.

	Classification ACEA				
	Niveau 1 Hautes performances	Niveau 2 Standard	Niveau 3 Qualité supérieure	Niveau 4 Moteur à injection directe	Niveau 5 Très hautes performances économie de carburant
Moteur essence	A1	A2	A3		A5
Moteur diesel (V.L.)	B1	B2	B3	B4	B5
Moteur diesel (P.L.)	E1	E2	E3	E4	E5

- (V.L.) : véhicules légers.
- (P.L.) : poids lourds.

I.1.8.2.2. Norme API

L'API (l'American Petroleum Institute) est une association commerciale Américaine pour l'industrie du pétrole et du gaz naturel. Pour les huiles à moteur, le service API s'indique avec deux lettres, la première indique le type de carburant utilisé dans le moteur (S =Essence et C =Diesel), la deuxième indique la performance. Plus la lettre est élevée dans l'alphabet, plus la performance est importante [25].

I.2 Moteur diesel

I.2.1. Définition

Le moteur est un organe qui transforme en travail mécanique une source d'énergie calorifique qui lui est fournie [23], on distingue « moteur à allumage commandé» pour moteur à explosion et « moteur à allumage par compression » pour moteur à combustion interne [26].

L'ingénieur allemand Rudolf Christian Karl Diesel a souligné l'innovation d'un moteur à combustion interne dans lequel à été utilisé la chaleur due à la compression de l'air pour provoquer l'allumage du combustible [27]. Le moteur diesel dont un cycle complet nécessite une seule montée et une seule descente de piston est dit moteur diesel deux temps, et le moteur diesel dont un cycle complet nécessite deux montées et deux descentes de piston est

appelé moteur diesel quatre temps, c'est le plus répandu dans le domaine d'utilisation des moteurs diesel [7].

I.2.2. Description d'un moteur diesel à quatre temps

Le moteur diesel quatre temps est un moteur alternatif à combustion interne où le cycle diesel se produit le long du fonctionnement moteur. Son principe pratique est de transformer l'énergie calorifique générée par la combustion d'un carburant en énergie mécanique traduite en mouvement de rotation à la sortie de moteur [7].

I.2.3. Comparaison entre le moteur diesel et essence

Le déroulement du cycle à quatre temps du moteur diesel diffère peu de celui du moteur à allumage commandé (essence) mais les conditions de combustion sont très différentes :

- Le moteur diesel opère avec un large excès d'oxygène contrairement au moteur à essence dont le mélange carburant/ comburant est proche de la stœchiométrique.
- Il faut noter que la température des gaz d'échappement d'un moteur diesel est comprise entre 150 et 500°C pour le moteur à essence la gamme de température est plus élevée 600 à 800°C.
- La différence essentielle entre ces deux types de moteur réside dans le mode d'inflammation carburant. Pour le moteur diesel la combustion se fait déclenche par auto-inflammation tandis que pour le moteur à essence la combustion est provoquée par l'étincelle d'une bougie [28].

I.2.4. Avantages et inconvénients du moteur diesel

Tableau I.2 : avantages et inconvénients du moteur diesel [29]

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none">➤ Le rendement est élevé.➤ Le combustible employé par les moteurs diesel est relativement bon marché.➤ Les gaz d'échappement sont moins toxiques puisque la teneur en oxyde de carbone est de 0,1% à 2%.➤ Les dangers d'incendie sont réduits.➤ L'admission est toujours maximale.	<ul style="list-style-type: none">➤ Les organes du moteur sont soumis à des pressions élevées donc à des efforts considérables, si bien que la construction de ces moteurs pose des problèmes mécaniques plus complexes.➤ Les hautes températures sont indispensables pour enflammer spontanément le combustible injecté, ce qui nécessite des matériaux ayant une bonne tenue aux températures élevées.

I.2.5. Principe de fonctionnement du moteur diesel à quatre temps

La combustion nécessite trois éléments :

- Le combustible : le gazole.
- Le comburant : l'air.
- Une source d'inflammation : c'est la compression de l'air dans le cylindre qui permet d'atteindre la température d'auto-inflammation du gazole.

La grande majorité des moteurs diesel fonctionnent suivant le cycle « **Quatre temps** » [30].

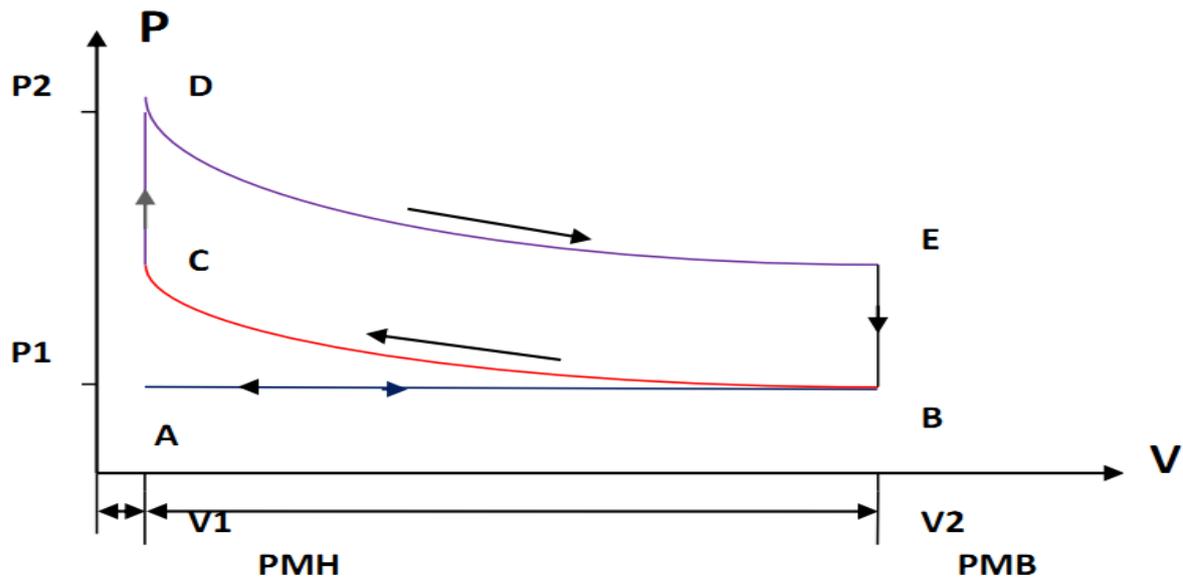


Figure. I.2. Cycle thermodynamique du fonctionnement d'un moteur diesel

1^{er} temps : Admission AB

Initialement le piston se trouve au PMH, la soupape d'admission S_{adm} est ouverte et la soupape d'échappement S_{ech} est fermée. Durant sa première course du PMH vers PMB, le piston crée une dépression. L'air frais est alors aspiré à la pression atmosphérique à travers la soupape S_{adm} à l'intérieur du cylindre et il se remplit, donc le volume augmente. Cette phase s'achève par la fermeture de la soupape S_{adm} lorsque le piston atteint PMB [31].

2^{ème} temps : Compression BC

Tout au long de cette étape, les deux soupapes sont fermées. Le piston remonte vers PMH. L'air admis précédemment est alors comprimé, sa pression et sa température augmente considérablement [32].

3^{ème} temps : Détente CD/DE

Le combustible liquide est injecté sous forme de très fine gouttelettes lorsque le piston atteint le PMH. Au contact de l'air chaud comprimé, ce carburant commence à s'évaporer puis s'enflamme spontanément. La combustion libère l'énergie de carburant. Il est en résulte une augmentation de pression des gaz dans le cylindre. Le piston sous l'effet de cette pression, est repoussé jusqu'à PMB [31].

4^{ème} temps : Echappement EB/BA

Au point PMB, la soupape d'échappement s'ouvre laissant s'échapper les gaz brûlés vers la tubulure d'échappement sous l'effet de leur pression et du déplacement du piston. Lorsque le piston se trouve au point PMH, la soupape d'échappement se ferme, et celle d'admission s'ouvre, et un nouveau cycle recommence [31].

I.2.6. Le circuit de lubrification dans un moteur diesel

Le circuit de lubrification assure le maintien d'un film d'huile sur les composants et mécanismes mobiles internes au moteur diesel, il fonctionne dès la mise en route du moteur [33]. Le circuit de lubrification met en jeu de nombreux composants (Figure I-3). Ce circuit est alimenté en huile via une pompe volumétrique (2). Avec ce type de pompe, la pression d'huile est en fonction du régime de rotation du moteur ainsi que 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 came...) avant de redescendre en bas carter [3].

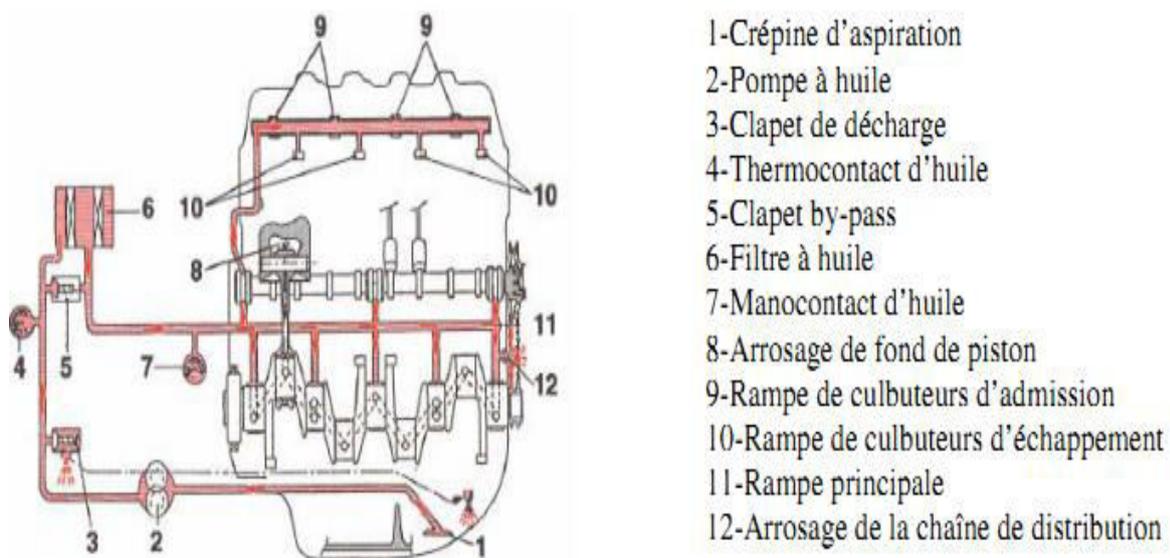


Figure I.3 : Schéma de circuit de lubrification dans un moteur diesel

I.3. Impact des huiles moteur usagées sur l'environnement et la santé

- Elles ont une densité plus faible que l'eau. C'est pourquoi un litre d'huile usagée peut couvrir une surface 1000m² d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu.
- Effets cancérigènes sur la prostate et les poumons, dus à la présence de métaux comme le plomb, le manganèse, etc.
- Irritation de tissu respiratoire due à la présence de gaz renfermant des aldéhydes, des cétones, des composés aromatiques, etc.
- Les contacts fréquents et prolongés des huiles moteur usagées avec la peau peuvent provoquer des dermatites voir dans certains cas (rares) des cancers de la peau. Ces huiles usagées contiennent de nombreux résidus polluants (métaux lourds, acides organiques, phénols, hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP)).
- Les conséquences d'un rejet direct de l'huile usagée dans le milieu naturel conduit à la pollution des terres, des fleuves et des océans [34].

Chapitre I : Etude bibliographique

Tableau. I.3.Composés polluants les huiles usées

Polluants	Exemple	Source
Hydrocarbures aromatiques polynucléaires		Pétrole, base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques mononucléaires	Alkylbenzènes	Pétrole, base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques di-nucléaires	Naphtalènes	Pétrole, base lubrifiante
Hydrocarbures chlorés	Trichloréthylène	Utilisation huile polluée
Métaux	Baryum	Dans les additifs
	Aluminium	Dans le moteur
	Plomb	Dans le combustible
	Zinc, chrome	
Acides inorganiques dérivés du chlore, du soufre, de l'azote		
Composés organiques comme aldéhydes, acides, etc.		

I.4.Récupération des huiles usagées

L'utilisation de lubrifiants, indispensable à tout travail mécanique, génère le plus souvent des huiles usagées qui sont des produits pétroliers visqueux considérées comme des déchets dangereux pouvant avoir un impact négatif sur la santé humaine et l'environnement,

mais également pouvant être traitées et réutilisées comme huile de base ou simplement comme combustible dans certains industries dans le but de réduire la quantité des huiles usagées, et protéger l'environnement et la santé humaine[35].

I.4.1.Méthodes de récupération des huiles usagées

L'opération de recyclage des lubrifiants usagés passe par plusieurs étapes, à savoir la collecte et le traitement en utilisant deux méthodes [36] :

- **La méthode de régénération ou re-raffinage**

Consiste à refabriquer une huile de base semblable aux huiles neuves où les installations de régénération sont de véritables petites raffineries.

- **La méthode de valorisation**

La valorisation énergétique est l'une des possibles voies d'application des huiles usées. Elle prévoit de brûler ces déchets pour l'obtention de la chaleur qu'est l'application la plus courante, particulièrement dans les cimenteries, les raffineries, etc.

I.4.2.Étapes de récupération des huiles usagées

Les processus ayant pour objectif la minimisation à la source sont basés sur les étapes suivantes [37] :

- **Distillation sous vide** : phase de déshydratation et de dégazage, ce qui élimine également d'autres polluants volatiles.
- **Ultrafiltration** : phase dans laquelle huile usagée est soumise à des processus de sédimentation et de filtration afin d'éliminer les particules métalliques et les autres solides présents dans l'huile.
- **Ré- addition** : tout au long de ce processus, on incorpore des additifs afin d'obtenir de l'huile propre, aux caractéristiques désirées.

Avant l'introduction de l'huile dans le système, on effectue des analyses chimiques, afin de connaître l'état de l'huile usagée, et donc de pouvoir définir l'intensité de traitement et l'addition à mettre en place pour obtenir les caractéristiques finales désirées.

I.4.3. Procédé de récupération des huiles usagées

Le procédé de régénération Vaxon, également connue sous le nom de VCFE (Vacuum Cyclon Flash Evaporator, développée au Danemark), il est pratiqué dans une usine de traitement CATOR, situé à Alcover (Tarragone en Espagne). Il utilise des évaporateurs de type cyclonique qui permettent un nettoyage facile des impuretés formées. Cette technologie permet d'obtenir des huiles de bases aptes à la fabrication de nouvelles huiles de moteur ou de lubrifiants industriels de haute qualité [35].

Voici les étapes élémentaires de ce procédé mis en place par CATOR :

1-Distillation fractionnée sous vide

Lors de cette première phase, on réalise la séparation totale de tous les composants des huiles usées. Cette distillation travaille dans quatre étapes de distillation, dans des conditions de température et de vide différentes [35].

- **La première distillation :** le module travaille à 200°C et à 0,5 bars de pression. Lors de cette étape on sépare l'eau et les hydrocarbures légers qui sont plus tard utilisés comme combustible pour l'usine elle-même. Les eaux sont envoyées dans une station dépuratrice d'eaux qui peuvent être utilisées dans les services généraux de la raffinerie ainsi que dans les circuits de réfrigération [35].
- **La deuxième distillation :** ce deuxième module travaille à une température de 280°C et à une pression de 75mbars. Lors de cette étape, on obtient du gazole et des huiles de type spindle qui sont envoyées dans des réservoirs de stockage adaptés [35].
- **La troisième distillation :** lors de cette phase, le travail s'effectue à 310°C et à 15mbars. On traite ici le produit qui n'a pas été distillé dans l'étape précédente. On obtient des huiles de bases équivalentes à celle connues sur le marché sous le nom de SN 100 et SN 150 qui sont des solvants neutres de nature paraffinique qui sont ensuite envoyées dans des réservoirs de stockage adaptés [35].
- **La quatrième distillation :** les composés qui n'ont pas été distillés dans les étapes précédentes arrivent à cette phase ; le travail s'effectue à une température de 350°C et

Chapitre I : Etude bibliographique

une pression de 5- 10mbars. On obtient des huiles de bases équivalentes aux SN 150 et SN 330. que l'envoie dans des réservoirs de stockage [35].

2-Traitement chimique

Les huiles de base issues de la phase précédente sont traitées à l'hydroxyde potassique, sous contrôle de température, ce qui entraîne un meilleur nettoyage de l'huile. Par la suite on sépare les eaux potassiques et on sèche l'huile [35].

3-Distillation sous vide

Phase de distillation sous vide finale à 340°C et un vide de 10mbars, qui permet d'obtenir un produit apte aux besoins et aux conditions du marché [35].

Voici à présent le schéma de ce procédé :

Chapitre II

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyses

L'objectif de ce travail consiste dans une première étape à déterminer la conformité d'une huile de lubrification commercialisée par NAFTAL sous l'appellation de CHELIA SUPER TD 15W40, et l'identifier selon la classification SAE. Pour cela on effectue une série de tests conventionnels tels que : la densité, la viscosité, l'indice de viscosité, le point d'éclair et le point d'écoulement, qui seront comparés aux exigences spécifiées afin de déterminer si la conformité est obtenue pour chacune de ces caractéristiques.

La deuxième étape portera sur une étude de dégradation de cette huile lors de son service, cette étape consiste à faire des prélèvements réguliers de l'huile (à 1500km, à 3000km et à 6000km) qui sont pris d'un véhicule utilitaire de marque Nissan Navara, et déterminer les différents changements de propriétés physico-chimiques. Pour compléter cette étude des techniques analytiques seront effectuées telles que : la spectroscopie IRTF, la spectroscopie UV-visible.

Les mesures de viscosité, de point éclair et de point d'écoulement ont été réalisées au niveau de laboratoire d'analyse de NAFTAL.

II.1.Huile CHELIA SUPER TD 15W40

L'huile CHELIA SUPER TD 15W40 est une huile minérale de type SHPD (SUPER HEIGH Performance Diesel) conçu pour répondre aux demandes de lubrification les plus exigeantes des moteur diesel et turbo diesel de la dernière génération des camions, tracteurs routiers, véhicules utilitaires et engins de travaux publics. Cette huile convient également pour la lubrification des véhicules légers essence et diesel.

Tableau.II.1.Caractéristiques physico-chimiques de l'huile CHELIA SUPER TD 15W40

Essais	Norme	Unité	Valeurs		
			Min	Max	Typique
Densité à 15°C	D 1298		0.85	0.95	0.883
Viscosité à 40°C	D 445	Cst	-	-	102
Viscosité a 100°C	D 445	Cst	12.5	16.3	14.12
Indice de viscosité	D 2270		126	-	
Point d'éclair VO	D 92	°C	215	-	
Point d'écoulement	D 97	°C		-27	

II.2.Méthodes conventionnelles

II.2.1.La viscosité

II.2.1.1. La viscosité cinématique (D 445)

➤ Principe

Cette technique a pour objectif de mesurer le temps d'écoulement d'une quantité de lubrifiant à travers un capillaire pourvu de deux repères à une température donnée, elle est effectuée aux températures de 40 et 100°C.

Le viscosimètre à capillaire utilisé se compose d'un tube capillaire contenant l'huile à caractériser, l'huile s'écoule à travers le capillaire sous l'action de la pesanteur, la mesure du temps d'écoulement permet de déterminer la viscosité de l'huile, à une température constante contrôlée par un bain viscosimétrique.

➤ Appareillages

- Viscosimètre à capillaire Cannon-Fenske (S350 H175).
- Bain viscosimétrique contenant de l'eau, pour la mesure de viscosité à 40°C.
- Bain viscosimétrique contenant de l'huile de silicone, pour la mesure de viscosité à 100°C.
- Deux chronomètres.
- Support de tube.
- Poire d'aspiration.

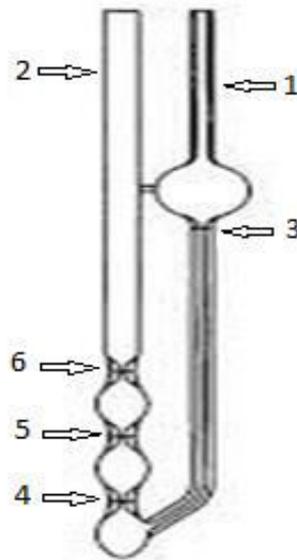


Figure .II.1.Viscosimètre à capillaire Cannon-Fenske

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Préparer le viscosimètre Cannon-Fenske à tube ascendant, et plonger le tube avec capillaire (1) dans l'huile, pendant que l'on aspire au tube de ventilation (2) avec un tuyau flexible jusqu'à ce que l'huile atteigne le trait de remplissage (3).
- ✓ Fermer le tube de ventilation (2) avec un bouchon, puis accrocher le viscosimètre avec son support dans le bain viscosimétrique.
- ✓ Attendre un temps de 15 à 20min pour que l'huile atteigne la température du bain.
- ✓ Enlever le bouchon du tube de ventilation, et à l'aide d'un chronomètre mesurer le temps de passage du trait (4) jusqu'au trait (5), puis avec un autre chronomètre du trait (5) jusqu'au trait (6).
- ✓ Déterminer la viscosité cinématique en utilisant la relation suivante :

$$\mu = (C_1 \times t_1 + C_2 \times t_2) / 2$$

C_1 et C_2 : sont des constantes fournies par le constructeur.

t_1 et t_2 : sont les temps de passage.



Figure. II.2. Bain viscosimétrique à 100°C



Figure. II.3. Bain viscosimétrique à 40°C

II.2.1.2. La viscosité dynamique (D 2602)

➤ Principe

Cette technique a pour objectif de mesurer le temps d'écoulement d'une bille à travers une quantité de lubrifiant, elle est effectuée à une température de -15°C.

➤ Appareillage

- Bille en verre.
- Eprouvette graduée de 500ml.
- Une balance.
- Un chronomètre.
- Un pied à coulisse.

➤ Mode opératoire

- ✓ A l'aide de pied à coulisse, mesurer le diamètre de la bille.
- ✓ Peser la bille et l'éprouvette vide et noter les mesures.
- ✓ Verser une quantité mesurée d'huile dans l'éprouvette et noter la mesure.
- ✓ Mettre l'éprouvette équipée du thermomètre dans le congélateur.
- ✓ Lorsque la température atteint -15°C, démarrer le chronomètre et laisser tomber la bille dans l'éprouvette au même moment dans le temps.

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyses

- ✓ Arrêter le chronomètre à l'instant où la bille atteint le fond de l'éprouvette et noter le temps parcouru.
- ✓ Peser l'éprouvette et l'huile ensemble et noter la mesure.
- ✓ Calculer la viscosité dynamique de l'huile en utilisant la relation suivante :

$$\text{Viscosité} = \frac{2 \cdot (\text{densité de la bille} - \text{densité de l'huile}) \cdot g \cdot r^2}{9 \cdot V}$$

Où :

Densité de l'huile et la bille : en g/cm^3

V : vitesse moyenne de la bille en (cm/s)

g : L'accélération due à la gravité, $g = 9.81 \text{ cm/s}^2$

r : le rayon de la bille en cm

II.2.2. Indice de viscosité (D 2270)

➤ Principe

L'indice de viscosité sert à caractériser la qualité de l'huile, plus l'indice est grand moins la viscosité varie en fonction de la température.

L'indice de viscosité est déterminé soit à partir des mesures des viscosités cinématiques effectuées respectivement à 40°C et à 100°C et en utilisant l'abaque de Groff, soit en utilisant un programme de calcul spécifique.

II.2.3. Point d'éclair (D 92)

➤ Principe

Le point d'éclair est la température à laquelle les vapeurs de l'huile s'enflamment en présence d'une flamme. Son essai consiste à chauffer dans un vase ouvert à vitesse déterminée un échantillon du produit jusqu'à ce qu'une quantité suffisante d'éléments volatils soit vaporisée et puisse être enflammé par une petite flamme que l'on déplace au dessous du vase. Dès qu'un éclair apparaisse, on note la température du produit, qui correspond au point d'éclair.

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyses

➤ Appareillages

- Testeur de point d'éclair HFP 386 de type Cleveland Open Cup.
- Thermomètre.
- Vase ouvert.
- Briquet.

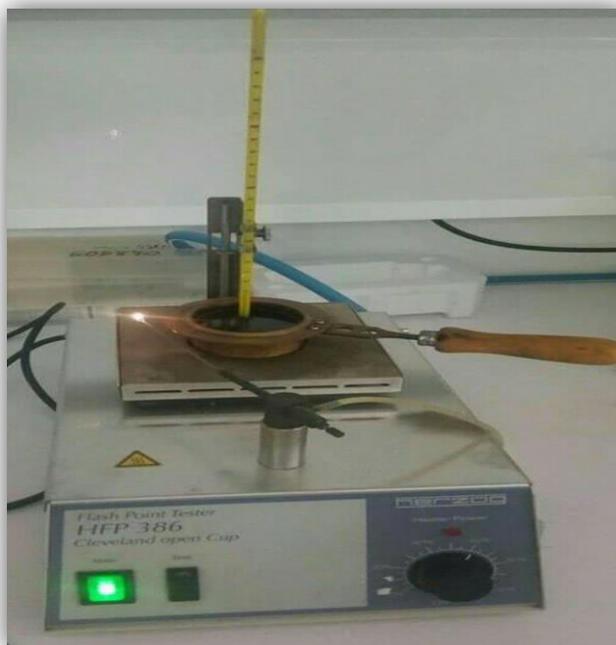


Figure. II.4. Testeur de point d'éclair de type Cleveland Open Cup

➤ Mode opératoire

- ✓ Introduire l'huile dans le vase ouvert jusqu'au trait de remplissage.
- ✓ Installer le vase dans l'appareil, insérer le thermomètre dans le porte-thermomètre, puis chauffer l'huile à une vitesse uniforme ($2^{\circ}\text{C}/\text{min}$).
- ✓ Allumer la flamme d'essai en utilisant le briquet. Ajuster la flamme avec les vis d'ajustement de façon qu'elle ait un diamètre d'environ 4mm.
- ✓ Passer une flamme test au dessus de l'échantillon à des intervalles de temps réguliers jusqu'à ce qu'une quantité suffisante d'éléments volatils soit vaporisée et puisse atteindre la flamme, tandis que l'huile dans le vase continue à se chauffer. On note la température qui correspond au point d'éclair.

II.2.4.Densité (D 1298)

➤ Principe

La densité d'une huile est le rapport de sa masse volumique à celle de l'eau prise comme référence à la température de 4°C. La technique de mesure varie suivant la précision de mesure recherchée. Les mesures de routine s'effectuent le plus souvent avec un densimètre standard. Pour une mesure plus précise, on utilise un pycnomètre, il est caractérisé par un volume très précis. La détermination de la densité s'effectue par pesée.

➤ Appareillages :

- Pycnomètre.
- Balance analytique.
- Bain- marie.
- Thermomètre.



Figure. II.5.Pycnomètre

➤ Mode opératoire

- ✓ Peser le pycnomètre vide et sec (m_0), puis le remplir jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée prise à 4°C.
- ✓ Placer le pycnomètre rempli de l'eau dans un bain marie à une température de 15°C pendant 15min.

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyses

- ✓ Retirer le pycnomètre du bain, le peser à nouveau avec l'eau et noter la masse (m_1).
- ✓ Remplir le pycnomètre séché de l'huile, puis le plonger dans le bain pendant 15min.
- ✓ Peser le pycnomètre avec l'échantillon et noter la masse (m_2).
- ✓ La détermination de la d_4^{15} se fait selon la formule suivante :

$$d_4^{15} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

II.2.5. Point d'écoulement (D 97, D 2500)

➤ Principe :

L'huile préalablement chauffée est refroidie, et ses caractéristiques d'écoulement sont observées à des intervalles de 3°C. La température minimale à laquelle l'huile s'écoule encore est notée, elle correspond au point d'écoulement.

➤ Appareillages :

- Tube à essai cylindrique en verre transparent.
- Thermomètre.
- Bouchon, s'adaptant au tube à essai, et percé d'un trou central pour thermomètre.
- Jaquette.
- Disque en liège ou de feutre de 6mm d'épaisseur.
- Joint d'étanchéité.
- Bain réfrigérant.

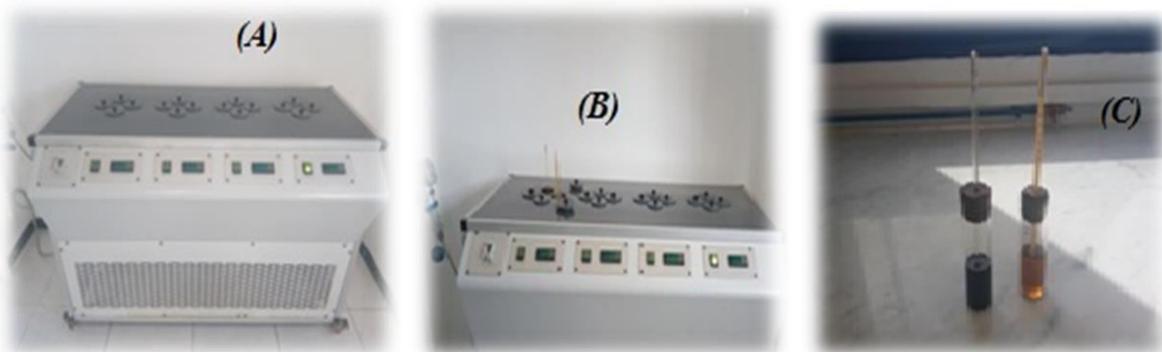


Figure II.6 : Réfrigérant (A) et (B) et tubes à essais (C)

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyses

➤ **Conditions opératoire :**

H= 70.04%.

T= 20.7°C.

➤ **Mode opératoire :**

- ✓ Mettre le bain réfrigérant en marche jusqu'à la stabilité des températures des 4 compartiments (0, -17, -34, -51°C).
- ✓ Verser l'huile à analyser dans le tube à essai jusqu'au trait de jauge.
- ✓ Fermer le tube avec son bouchon équipé du thermomètre approprié en fonction de point d'écoulement estimé. Ajuster les positions du bouchon et du thermomètre pour que le bouchon ferme hermétiquement. Que le thermomètre et le tube soient coaxiaux et que le début de capillaire du thermomètre se trouve à 3mm au dessous de la surface de l'huile, puis on le réchauffe jusqu'à T= 50°C.
- ✓ Enlever les tubes à essais et attendre qu'à ce que les températures de ces derniers descendent à T= 30°C.
- ✓ placer les tubes dans le premier compartiment (0°C), commencer les mesures comme suit : tous les 3°C retirer le tube de bain, l'incliner juste assez pour se rendre compte s'il y'a encore mouvement de l'huile.
- ✓ Si le produit n'a pas cessé de couler quand la température atteint 9°C transférer dans une autre jaquette de $-18 \pm 1.5^\circ\text{C}$ puis continuer à transférer au bain de refroidissement inférieur (voir le tableau suivant).

Bain	Température du bain (°C)	Température de l'huile (°C)
1	0	9
2	-18	-6
3	-33	-24
4	-51	-42
5	-69	-60

- ✓ Dès que l'huile ne coule plus quand on incline le tube, le maintenir en position horizontal pendant 5 seconde mesurer avec le chronomètre puis noter la valeur observée du thermomètre en ajoutant 3°C à la température observée, et le résultat comme étant : le point d'écoulement.

II.3.Méthodes spectroscopiques

II.3.1. Spectroscopie Infra Rouge IR

La spectroscopie infrarouge est une technique d'analyse qui traite la région infrarouge du spectre électromagnétique. Comme pour toutes les techniques de spectroscopie, elle est employée pour l'identification des composés ou pour déterminer la composition d'un échantillon. Elle permet l'identification des groupements fonctionnels et la détermination des structures moléculaires. Les tables de corrélation de spectroscopie infrarouge sont largement présentées dans la littérature scientifique.

Le domaine infrarouge utilisé sur les spectres se situe entre 400 et 4000cm^{-1} , ce qui correspond à des énergies situées autour de 30 kJ.mol^{-1} . Une telle énergie reste insuffisante pour provoquer les transitions électroniques, comme en UV visibles, elle agit plutôt sur la vibration et la rotation des molécules.



Figure. II.6. Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier

➤ Mode opératoire

Une goutte de l'échantillon est étalée sur deux pastilles préparées avec 200mg de KBr chacune, introduite ensuite dans le compartiment d'échantillonnage du spectromètre infrarouge.

Chapitre II : Matériels et méthodes d'analyses

II.3.2. Spectroscopie UV-Visible

La spectroscopie ultraviolet-visible est une technique de spectroscopie mettant en jeu les photons dont les longueurs d'onde sont dans le domaine de l'ultraviolet (100nm – 400nm), du visible (400nm – 750nm). Elle s'applique à des groupements d'atome qui absorbent le rayonnement électromagnétique dans le domaine UV- visible. L'absorption de la lumière UV-vis par les molécules se produit, du fait de la transition électronique entre différent niveaux d'énergie. Un électron à l'état fondamental absorbe des radiations d'une énergie suffisante pour l'élever à un niveau supérieur.

La spectroscopie d'absorption UV-visible permet d'identifier une substance chimique et de déterminer la concentration d'un soluté dans une solution.



Figure. II.7. Spectromètre UV- visible

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Remplir la cuve en verre avec de l'échantillon à analyser et la cuve de référence avec de l'essence.
- ✓ Introduire les deux cuves dans les compartiments d'échantillonnage du spectromètre UV- Visible.
- ✓ Obtention des spectres sur l'écran.

Chapitre III

Chapitre III : Résultats et discussions

Ce chapitre consiste à présenter les résultats expérimentaux des caractéristiques physico-chimiques et des analyses spectroscopiques de l'huile moteur, afin de déterminer la conformité de cette huile de lubrification commercialisée par Naftal et l'identifier selon la classification SAE en premier lieu, ensuite, suivre son fonctionnement ainsi que sa dégradation dans un moteur diesel, en fonction des kilométrages parcourus en second lieu.

III.1. Résultats caractéristiques physico-chimiques de l'huile de lubrification obtenus comparés aux spécifications

Le tableau III.1 ci-dessous représente les résultats des caractéristiques physico-chimiques de l'huile CHELIA SUPER TD 15W40 obtenues comparés aux spécifications, on remarque que la densité est de 0.880, cette valeur se rapproche de la valeur typique, et appartient à l'intervalle (0.85-0.95), donc on peut déduire qu'elle est conforme.

Les valeurs de viscosité à 40°C et à 100°C sont de 100.27 Cst et 14.57 Cst respectivement, elles se rapprochent aussi de leurs valeurs typiques, la viscosité à 100°C obtenue répond à la norme D 445 et appartient à l'intervalle (12.5cst-16.3cst). La viscosité diminue avec l'augmentation de la température, en effet, plus l'huile a une température basse plus elle est épaisse, et plus la température est élevée plus l'huile est fluide [39].

L'indice de viscosité est de 151, cette valeur respecte la norme D 2270 qui impose une valeur minimale de 126, il caractérise la capacité du lubrifiant à conserver constante sa viscosité dans une large gamme de température, plus cet indice est élevé, moins la viscosité de cette huile est influencée par la température [22].

La valeur de point d'éclair obtenue est de 240°C, elle obéit à la norme D 92 qui exige une valeur minimale de 215°C, ce point d'éclair renseigne sur la volatilité de l'huile, et éventuellement, sur la capacité du lubrifiant à libérer des vapeurs inflammables [9].

Pour le point d'écoulement, la spécification donne une valeur maximale de -27°C, la valeur obtenue est de -28°C, donc on peut déduire que cette valeur est conforme.

Chapitre III : Résultats et discussions

Tableau.III.1. Résultats des caractéristiques physico-chimiques de l'huile CHELIA SUPER TD 15W40 obtenues comparés aux spécifications ASTM

ESSAIS	Norme	Unité	Valeurs			Résultats	Ecart type
			Min	Max	Typique		
Densité à 15°C	D 1298		0.85	0.95	0.883	0.880	±0.00141
Viscosité à 40°C	D 445	Cst	-	-	102	100.27	±2.0523
Viscosité à 100°C	D 2270	Cst	12.5	16.3	14.12	14.57	±0.2981
Indice de viscosité	D 92		126	-		151	-
Point d'éclair VO	D 92	°C	215	-		240	-
Point d'écoulement	D 97	°C		-27		-28	-

L'abaque de Groff ((figure.III.1) nous permet de représenter l'huile utilisée par un point, il est obtenu par l'intersection de deux droites passant chacune par la valeur de viscosité et la valeur de température correspondante (v_1 , $T_1=100^\circ\text{C}$ et v_2 , $T_2=-15^\circ\text{C}$). La détermination de l'emplacement de ce point donne les spécifications auxquelles cette huile répond [8, 4].

D'après les résultats trouvés, La valeur de viscosité à -15°C est de 3301Cp, elle se situe dans la catégorie SAE 15W qui exige une valeur maximale de 3500Cp [5], la valeur de viscosité obtenue à 100°C est de 14.27Cst, cette valeur fait partie de la catégorie SAE 40, et appartient à l'intervalle (12.5Cst-16.3Cst) [5]. À basse température la viscosité doit être suffisamment faible pour faciliter le démarrage du moteur, et à haute température la viscosité doit être suffisamment élevée pour assurer la protection du moteur [19].

Chapitre III : Résultats et discussions

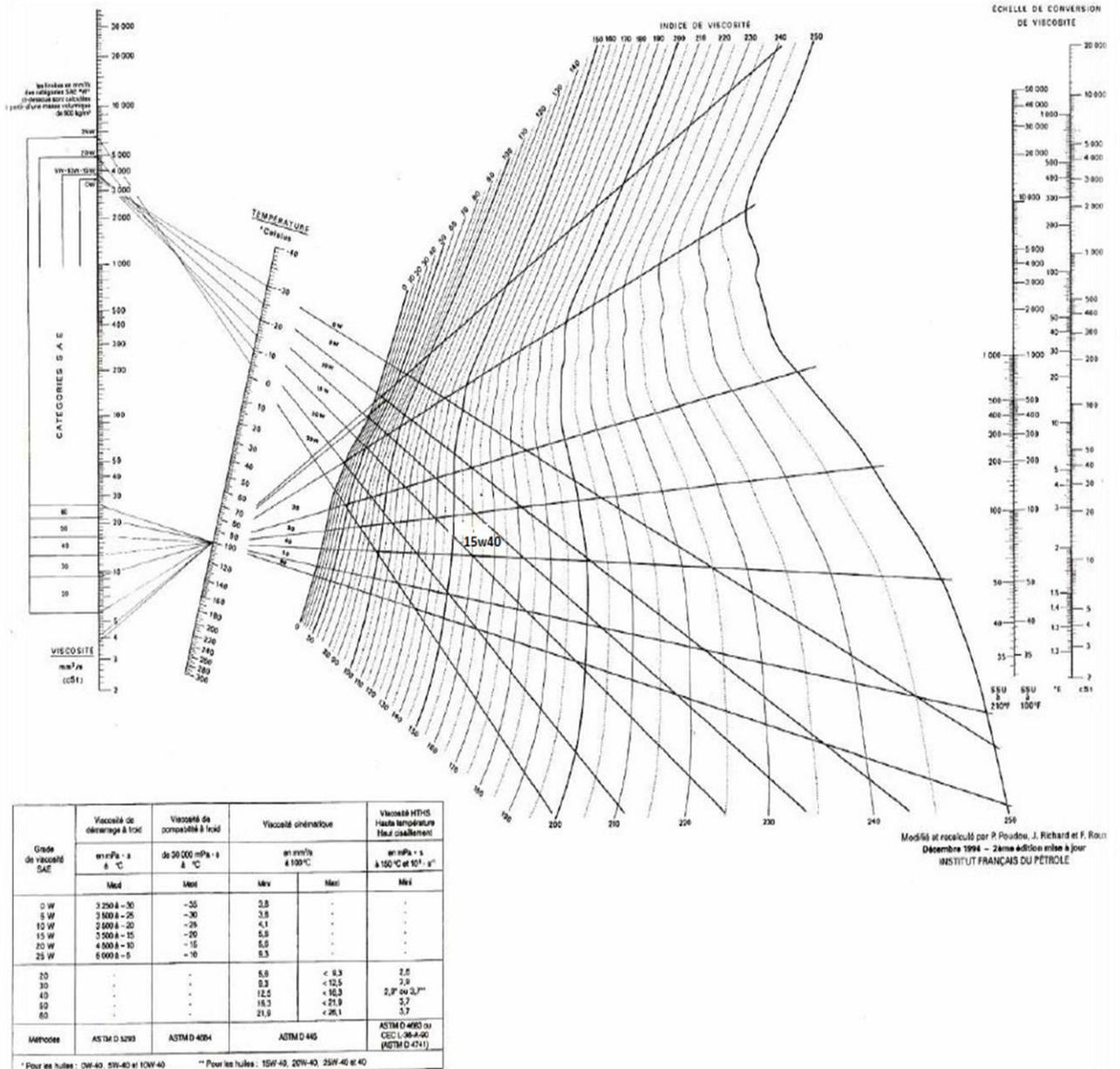


Figure.III.1.Abaque de J.Groff

Chapitre III : Résultats et discussions

III.2. Étude de dégradation de l'huile de lubrification

III.2.1. Méthodes conventionnelles

III.2.1.1. Viscosité

Les figures (III.2.1.1.1) et (III.2.1.1.2) indiquent l'évolution de la viscosité en fonction du nombre de kilomètres parcourus à 40°C et à 100°C respectivement, on remarque que les deux courbes obtenues détiennent la même allure, la viscosité de l'huile diminue, cette diminution est principalement due à la dilution de l'huile par le carburant, elle peut aussi provenir du cisaillement mécanique qui provoque la dégradation des additifs améliorants l'indice de viscosité [38].

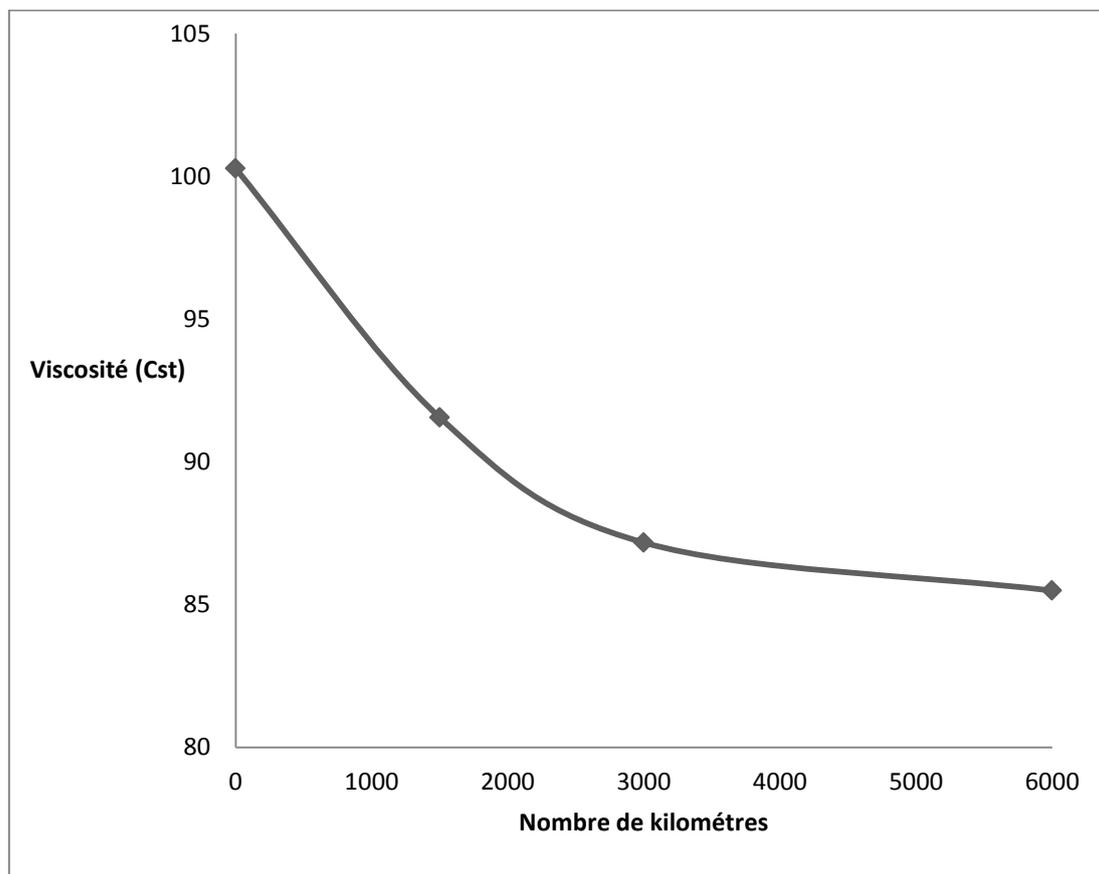


Figure.III.2. Evolution de la viscosité en fonction du nombre de kilomètres à 40°C

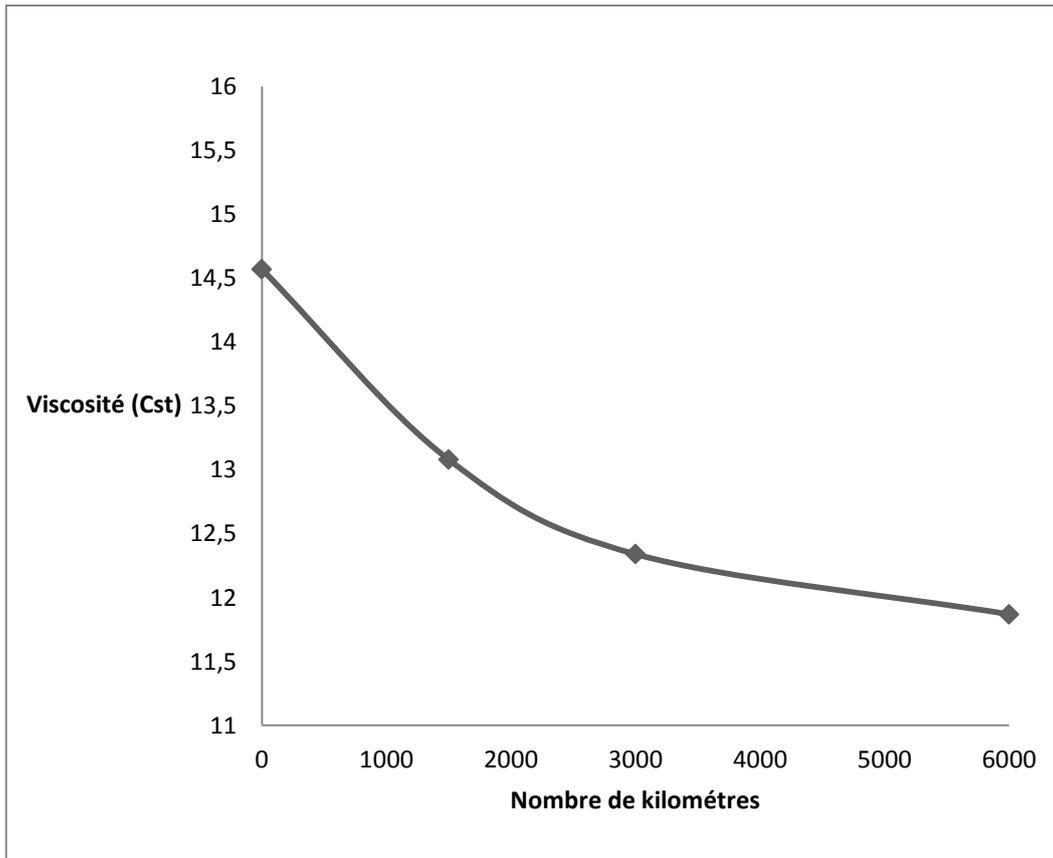


Figure.III.3.Evolution de la viscosité en fonction du nombre de kilomètres à 100°C

III.2.1.2.Indice de viscosité

Les figurent (III.4) représente l'évolution de l'indice de viscosité en fonction du nombre de kilomètres. De même que pour la viscosité, l'indice de viscosité de l'huile moteur en service diminue, et cela est dû à la dégradation des additifs polymères améliorant l'indice de viscosité par cisaillement mécanique [20].

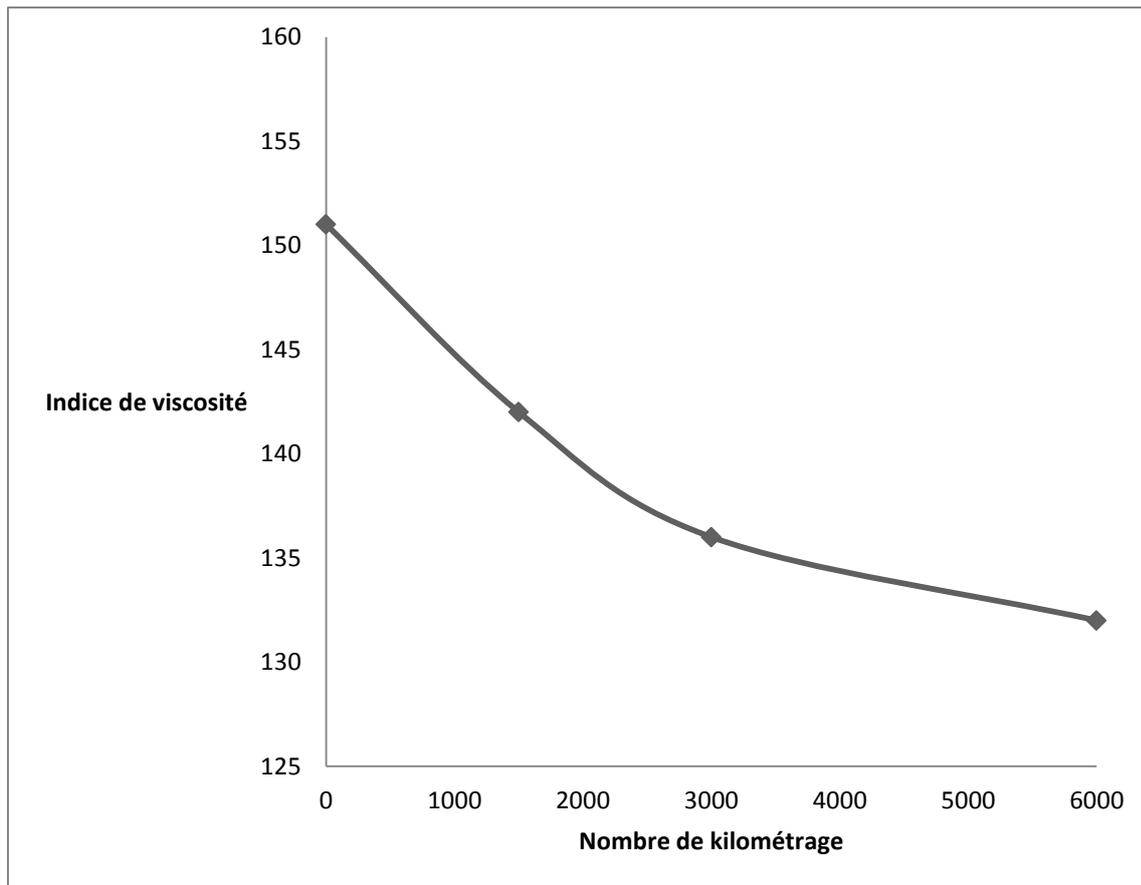


Figure.III.4.Evolution de l'indice de viscosité en fonction du nombre de kilomètres

III.2.1.3.Densité

La figure (III.5) indique l'évolution de la densité en fonction du nombre de kilomètres parcourus, on remarque une diminution de la densité de l'huile, Ceci est dû aux différentes quantités d'eau ou du carburant présentes dans l'huile, qui proviennent à partir de la combustion du carburant dans le moteur [40].

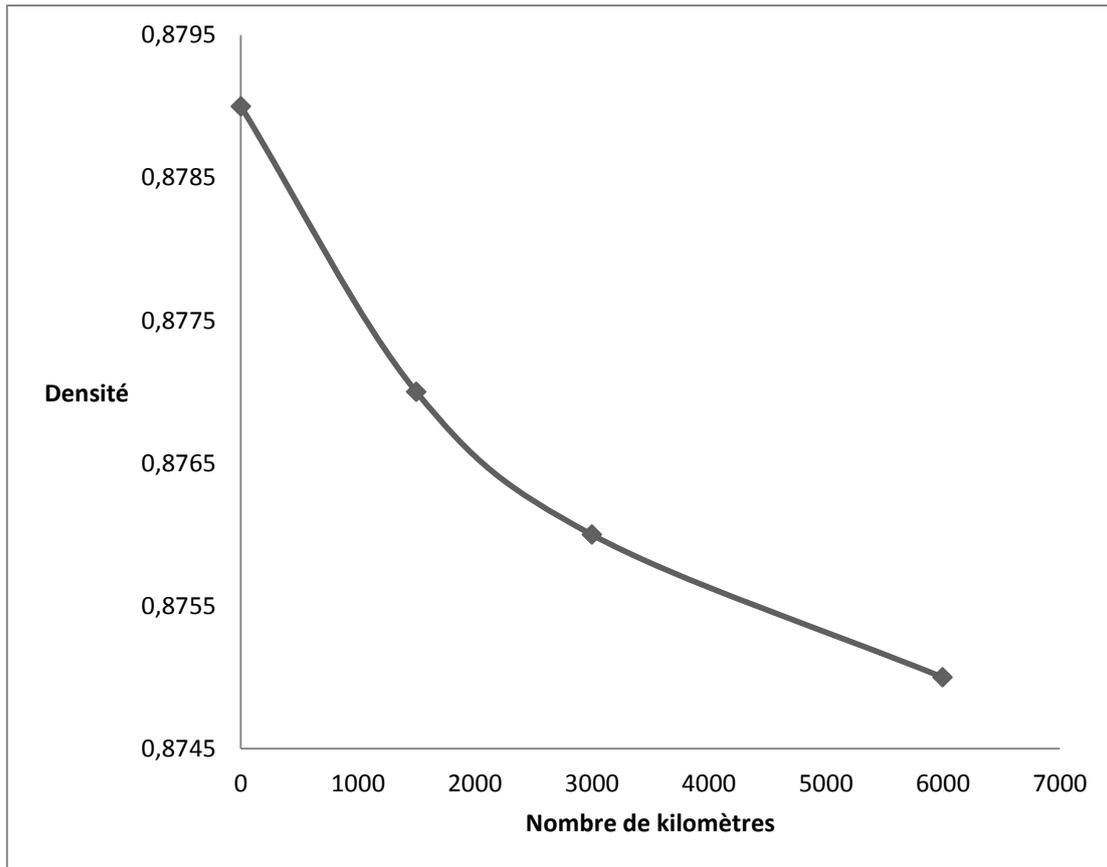


Figure.III.5.Evolution de la densité en fonction du nombre de kilomètres

III.2.1.4.Point d'écoulement

La figure (III.6) représente l'évolution du point d'écoulement en fonction du nombre de kilomètres, on constate une augmentation du point d'écoulement de l'huile de lubrification, qui est dû à la diminution de la fonction des additifs abaisseurs du point d'écoulement, et la formation des cristaux de paraffine [16].

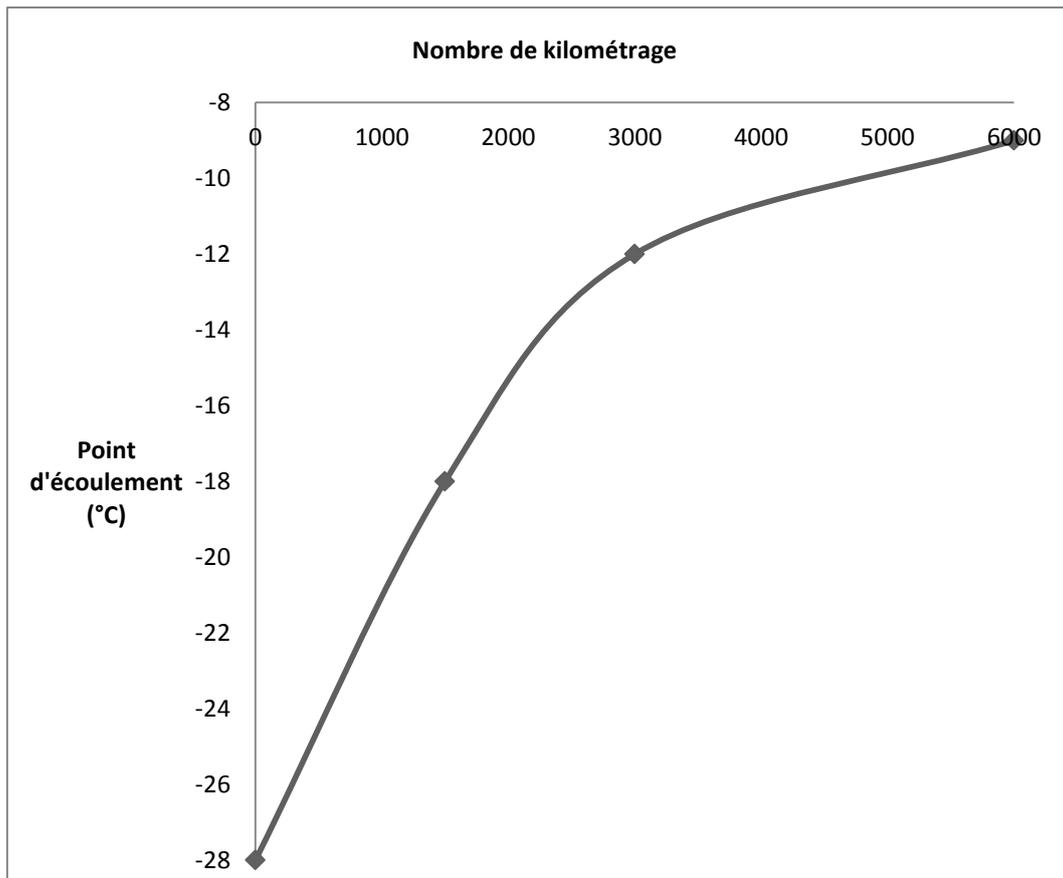


Figure.III.6.Evolution du point d'écoulement en fonction du nombre de kilomètres

III.2.1.5.Point d'éclair

La figure (III.7) indique l'évolution du point éclair en fonction du nombre de kilomètres parcourus, d'après les résultats obtenus, on remarque une baisse du point d'éclair de l'huile moteur, cette diminution pourrait être le résultat de la présence de combustible imbrûlé, ou du craquage thermique des molécules d'huile [41]

Chapitre III : Résultats et discussions

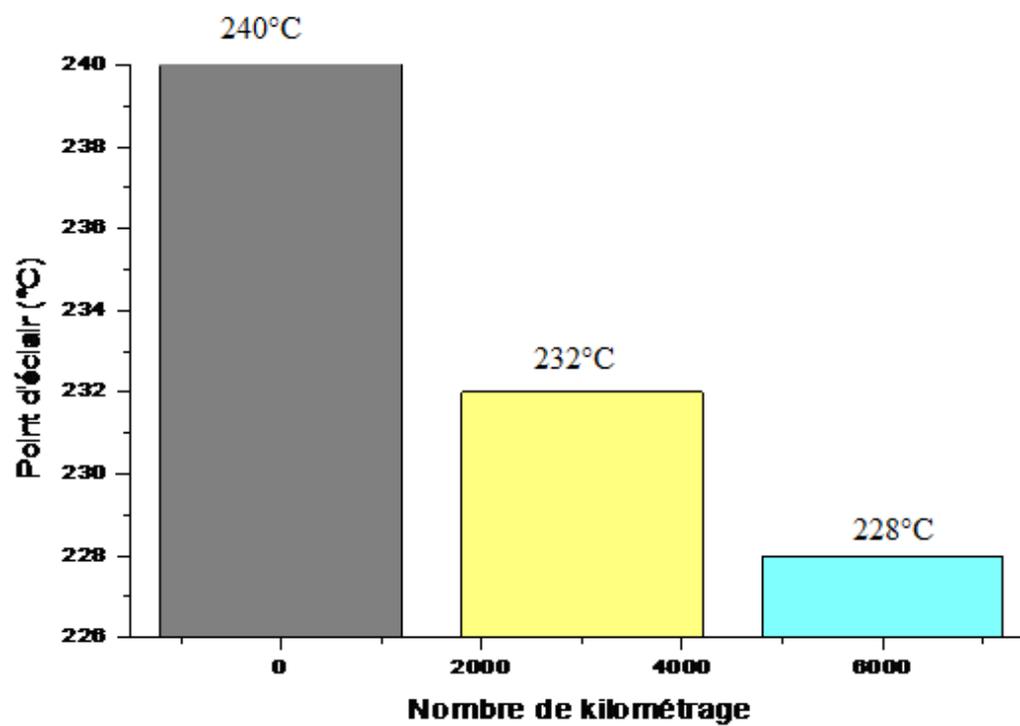


Figure.III.7.Evolution du point d'éclair en fonction du nombre de kilomètres

Chapitre III : Résultats et discussions

III.2.2. Méthodes spectroscopiques

III.2.2.1. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

La figure (III.8) représente les spectres IRTF de l'huile moteur en service.

- 1 : représente le spectre de l'huile moteur neuve.
- 2 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 3000km.
- 3 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 6000km.

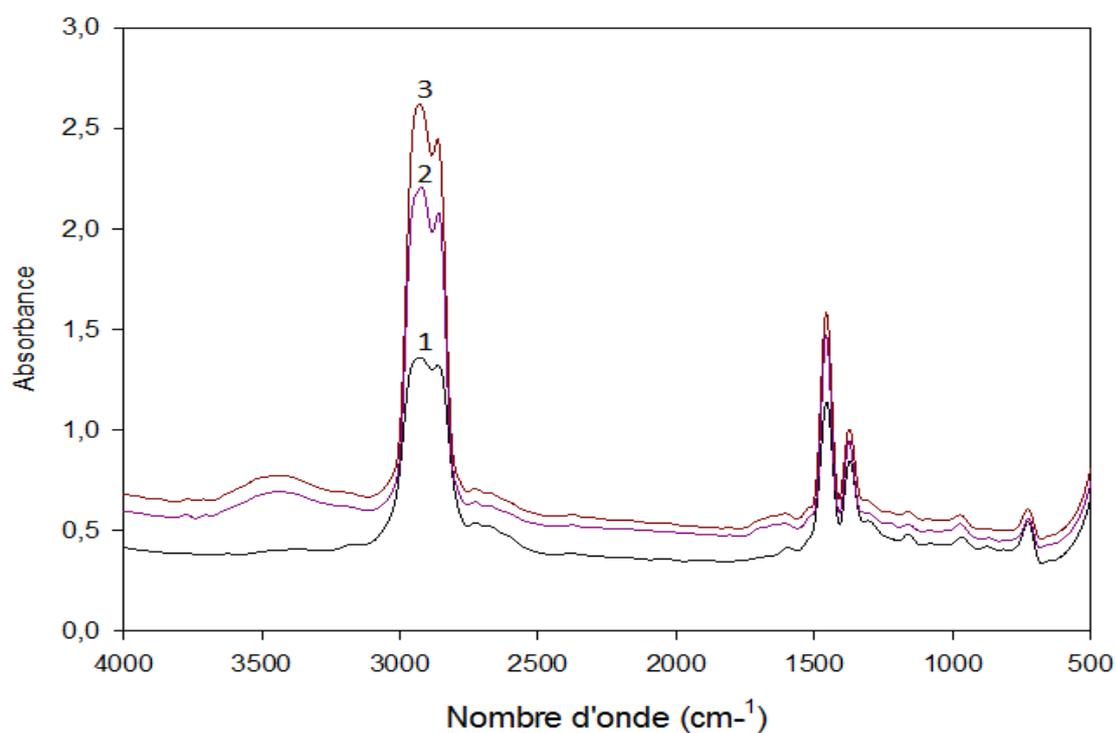


Figure.III.8.Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service [42].

Chapitre III : Résultats et discussions

La figure (III.9) indique la comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service dans le domaine [4000-1500].

On remarque une bande d'absorption de 3269-3612 cm^{-1} qui correspond aux vibrations d'élongation des liaisons O-H des groupes hydroxyles libres, cette bande caractéristique augmente avec l'augmentation du nombre de kilomètres, et qui peut être de l'eau.

De 2842-2972 cm^{-1} : cette bande d'absorption provient des vibrations d'élongation des liaisons C-H des groupes CH_3 (méthyle) et CH_2 [42, 43].

De 1652-1592 cm^{-1} : cette bande correspond aux vibrations d'élongation des doubles liaisons C=C, attribuée aux hydrocarbures aromatiques [42, 43].

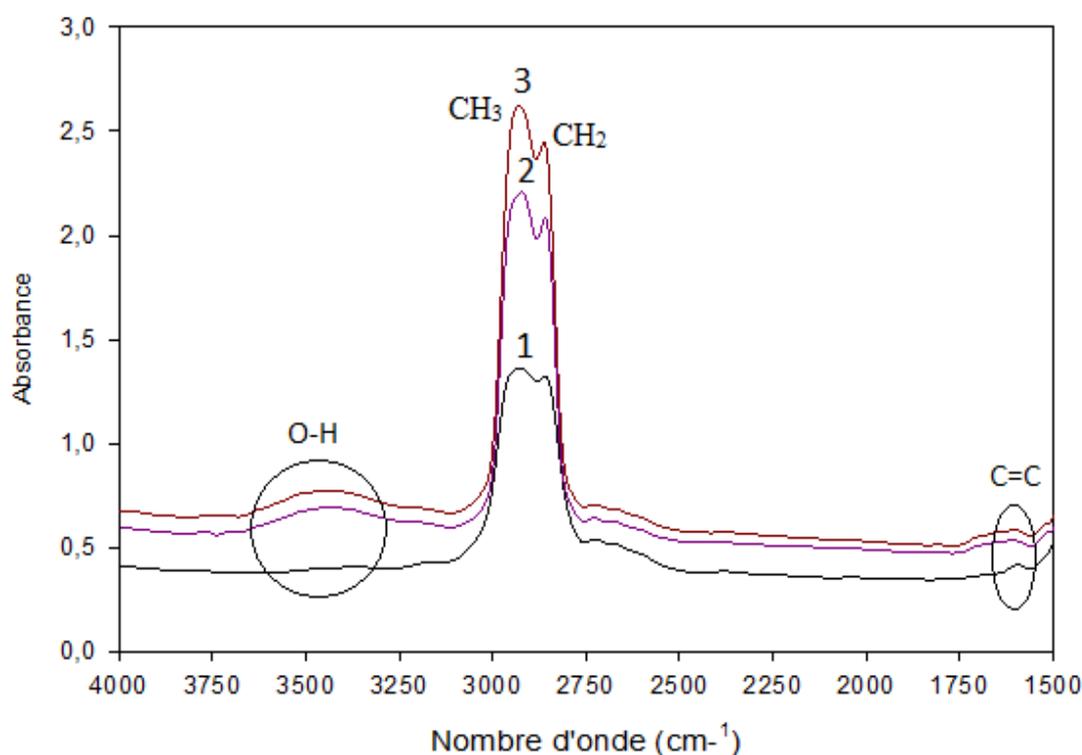


Figure.III.9.Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service dans le domaine [4000-1500].

Chapitre III : Résultats et discussions

La figure (III.10) représente les spectres IRTF de l'huile moteur en service dans le domaine [1500-500].

- 1 : représente le spectre de l'huile moteur neuve.
- 2 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 3000km.
- 3 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 6000km.

On remarque la présence des vibrations de déformation dans le plan des liaisons C-H vers 1457cm^{-1} et 1375cm^{-1} [42, 43].

Une bande d'absorption à 971cm^{-1} qui correspond aux liaisons P-O-C, et attribuée aux Dialkyldiphosphates de Zinc (additifs anti-usures) [42, 43].

Une bande d'absorption à 725cm^{-1} correspond aux vibrations de déformation hors du plan des liaisons $(-\text{CH}_2-)_{n; n > 4}$, attribuée aux hydrocarbures paraffiniques [42,43].

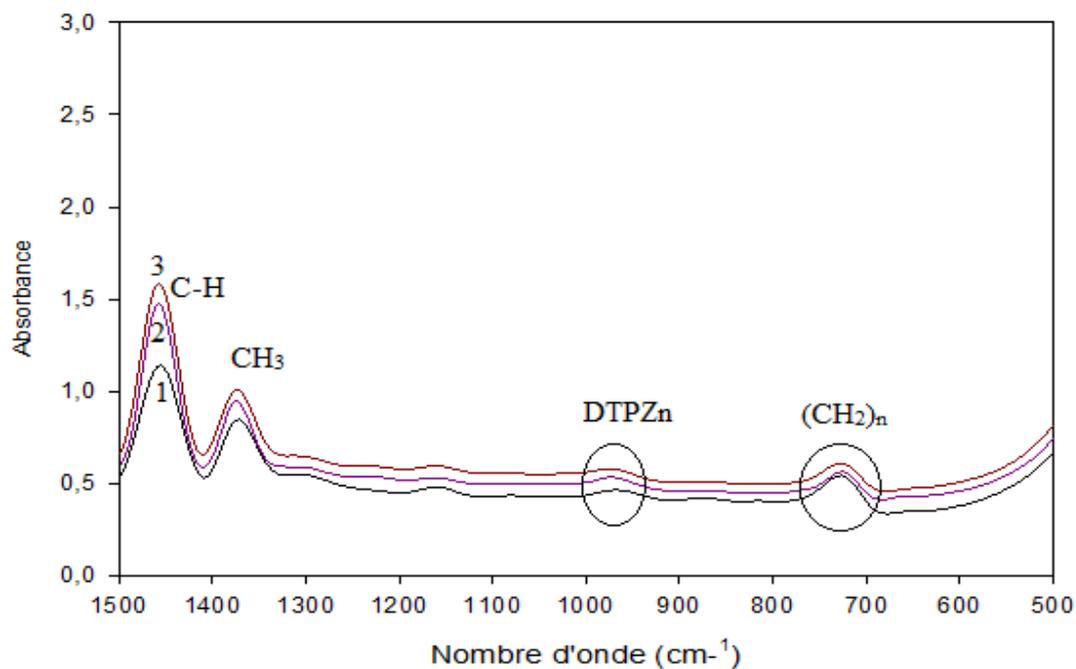


Figure.III.11.Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service dans le domaine [1500-500].

Chapitre III : Résultats et discussions

III.2.2.2. Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible

La figure (III.12) représente les spectres d'absorption UV-Visible de l'huile moteur neuve et en service.

- 1 : représente le spectre de l'huile moteur neuve.
- 2 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 1500km.
- 3 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 3000km.
- 4 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 6000km.

On remarque que la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance est maximale est de 362nm, cette absorbance provient des doubles liaisons C=C des groupements aromatiques. Il apparait clairement aussi que l'absorbance augmente en fonction du nombre de kilomètres parcourus, ce qui explique le changement de couleur de l'huile moteur au cours de son utilisation [6].

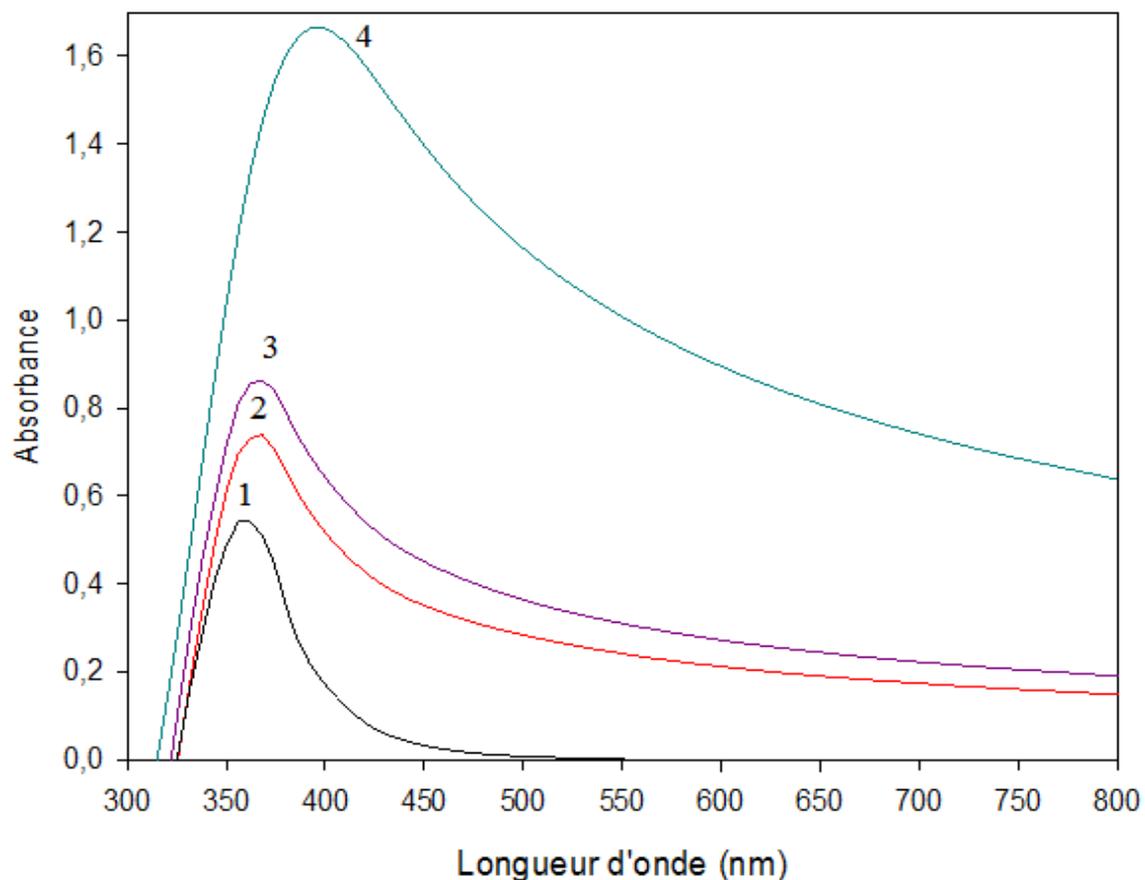


Figure.III.12.Spectres d'absorption UV-Visibles de l'huile moteur neuve et en service

Chapitre III : Résultats et discussions

III.2.2.2.1. Indice de jaunissement

L'indice de jaunissement est calculé à partir de données spectrophotométriques, il est utilisé pour évaluer les changements de couleur de l'huile causés par la dégradation.

L'indice de jaunissement est déterminé en utilisant la relation suivante :

$$IJ = A_{HUX} / A_{HV}$$

Le tableau (III.2) représente l'évolution de l'indice de jaunissement, on remarque que cet indice augmente avec l'augmentation du nombre de kilomètres, cela signifie qu'il y'a un changement de couleur, et que l'huile devient de plus en plus sombre.

Tableau.III.2.Indice de jaunissement

Nombre de kilomètres	0	1500	3000	6000
Absorbance	0.5371	0.7358	0.8628	1.6660
Indice de jaunissement	1	1.3699	1.6064	3.1018

Conclusion

Conclusion

Les huiles lubrifiantes ont pour rôle de réduire les frottements entre les pièces en mouvement. Elles sont de très loin les plus utilisées, aussi bien dans les applications automobiles qu'industrielles. Ce sont des mélanges d'hydrocarbures ayant subi de nombreuses opérations de raffinage avant d'être utilisées.

Le but de notre travail est d'évaluer la conformité de l'huile de lubrification et de l'identifier selon la classification SAE, ensuite, étudier la dégradation de cette huile en fonction du nombre de kilomètres parcourus.

D'après l'étude comparative des propriétés physico-chimiques de l'huile moteur commercialisée par NAFTAL de type SAE 15W40, on constate qu'ils sont dans les normes. Ainsi, selon la classification SAE, l'huile moteur utilisée se situe dans la catégorie 15W40, donc on peut déduire que cette huile est conforme aux spécifications auxquelles elle répond.

La caractérisation des différents échantillons nous a permis de suivre l'évolution des propriétés physico-chimiques de l'huile en service lors de la lubrification du moteur diesel. D'après les résultats obtenus, les causes de la dégradation de l'huile moteur est la contamination par l'eau ou par le carburant, ou d'un cisaillement mécanique ou à cause du craquage thermique des molécules d'huile.

Les analyses spectroscopiques nous ont montré la structure de l'huile moteur et ses différents composants par la spectrométrie IRTF, et le changement de couleur de l'huile par la méthode de spectrophotométrie UV-Visible.

L'huile moteur commence à perdre son pouvoir lubrifiant dès sa mise en service, sa composition change en raison de certains facteurs, tels que la modification physico-chimique des molécules, elle dépend, entre autres, du temps d'utilisation de l'huile, des additifs qu'elle contenait et du type de moteur employé.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- [1]. LAIB, L. (2010), Etude de la stabilité à l'oxydation des huiles lubrifiantes Algériennes (pour moteur à essence), mémoire de Magister, Université de BOUMERDES.
- [2]. AUDIBERT, F. (2003), Les huiles usagées- reraffinage et valorisation énergétiques, Technip.
- [3]. IZZA, H. (2017), Contribution à l'étude de l'extraction par solvant des aromatiques en vue de l'obtention des huiles lubrifiantes, thèse de Doctorat, université de OUARGLA.
- [4]. BOUOUDINA, M. (2010), Les huiles usagées en Algérie, Produire plus propre, 07, 02-08.
- [5]. AYEL, J. (1996), Lubrifiants- Propriétés et Caractéristiques, Technip.
- [6]. OUARET, S., CHELAGHA, S. (2017), Caractérisation physico-chimique d'une huile moteur usagée et possibilité de récupération, mémoire de Master, université de Bejaïa.
- [7]. NEJJAR, K. (2011), Etude de la réactivité thermique d'une huile de lubrification des moteurs diesel, thèse de Doctorat, université de Rabat-Maroc.
- [8]. AYEL, J., BORN, M. (1998), Lubrifiants et fluides pour l'automobile, Technip.
- [9]. LIGIER, J. (1997), Lubrification des paliers moteurs, Technip.
- [10]. PHILIPPON, D. (2007), Lubrification par la phase gazeuse : tribochimie des additifs phosphorés et boratés, thèse de Doctorat, Ecole Centrale de LYON.
- [11]. CHITOR, S. (1983), Raffinage du pétrole : tome1, Office des publications universitaires.
- [12]. HAFSI, M., SADALLAH, L. (2013), l'effet du tensio-actif sur la teneur en paraffine, naphène et aromatique lors de l'extraction des aromatiques des huiles lubrifiantes par le phénol, mémoire Master académique, université de OUARGLA.
- [13]. GIRAUD, L. (2000), Modèle prédictif pour le développement d'un système embarqué de vidange des lubrifiants pour transmission, thèse de Doctorat, université de QUEBEC.
- [14]. Groupe permanent d'étude des marchés de produits divers de l'industrie chimique et para-chimique (GPEM/ CP). (2000), Lubrifiant et produit connexes pour l'automobile, Collection Marchés publics.

Références bibliographique

- [15]. HAIDER, S. (2011), Optimisation des concentrations des additifs des huiles lubrifiantes Algériennes (pour moteur à essence), mémoire de Magister, université de BOUMERDES.
- [16]. UDONNE, J. (2011), A comparative study of recycling of used lubrication oils using distillation, acid and activated charcoal with clay methods, *Petroleum and Gas Engineering*, 02, 12-19.
- [17]. CHAUVEAU, V. (2010), Le pouvoir lubrifiant des nanotubes de carbone, thèse de Doctorat, Ecole centrale de LYON.
- [18]. CASTROL. (2006), ABC du graissage- structure, utilisation et propriétés des lubrifiants, HC-04.
- [19]. FEDOUL, M. (2017), Etude de la qualité des huiles lubrifiantes par des méthodes chimométriques, mémoire de Master, université de FES – SAISS.
- [20]. DENIS, J., BRIANT, J., HIPEAUX, J. (1997), Physico-chimie des lubrifiants : analyses et essais, Technip.
- [21]. GAUTHIER, L. (2011), Pertes mécaniques par frottement et lubrification dans une boîte de vitesses, thèse de Doctorat, université de LYON.
- [22]. WAUQUIER, J. (1994), Le raffinage du pétrole, Technip.
- [23]. MERABET, A. (2012), Contribution à l'étude des échanges thermiques dans un moteur DIESEL atmosphérique à taux de compression variable, thèse de Doctorat, université de CONSTANTINE.
- [24]. FELLAHI, E. (1998), Biodégradation et gestion des huiles de coupes usées, thèse de Doctorat, université de QUEBEC.
- [25]. PALLAS, J. (1992), Guide pratique d'entretien et de réparation des moteurs Diesel, Loisirs Nautiques.
- [26]. DIABY, M. (2009), Compréhension des mécanismes de formation de dépôts en fond de première gorge de piston de moteur diesel, thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique de PARIS.
- [27]. JOLIVET, D. (1991), Le moteur Diesel, Chotard et Associés.

Références bibliographique

- [28]. PESANT, L. (2005), Elaboration d'un nouveau système catalytique à base de carbure de silicium (β -SiC) pour la combustion des suies issues des automobiles à moteur Diesel, thèse de Doctorat, université de PARIS.
- [29]. DAHOUI, A., DERRADJI, S. (2016), Etude et dimensionnement d'un moteur thermique, type Caterpillar 3512, mémoire de Master, université de OUARGLA.
- [30]. PIERRE, C. (2005), Etude des huiles et des mélanges à base d'huile minérale pour transformateurs de puissance – Recherche d'une mélange optimal, thèse de Doctorat, Ecole centrale de LYON.
- [31]. GRONDON, O. (2004), Modélisation du moteur à allumage par compression dans la perspective du contrôle et du diagnostique, thèse de Doctorat, université de ROUEN.
- [32]. AMARI, S., LOUNIS, B. (2017), Etude et maintenance d'un moteur Diesel de station pétrolière Caterpillar 3512, mémoire de Master, université de OUARGUELA.
- [33]. DEMERS, M. (1998), Développement d'une méthodologie d'optimisation de la maintenance par la fiabilité pour les systèmes complexes : application à un groupe électrogène Diesel de secours, thèse de Doctorat, université de QUEBEC.
- [34]. LECOMPTE, M. (2007), 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, thèse de Doctorat, université de ROUEN.
- [35]. DEBEKA, P. (2012), Analyse de la gestion des déchets industriels : cas des huiles usagées par la SRH, mémoire de Master, Institut supérieur des transports, CO DAKAR.
- [36]. Extrait de portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES. (2015), Le recyclage des huiles industrielles usagées : Une activité inexploitée en Algérie, 01-03.
- [37]. Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP). (2000), Possibilité de recyclage et d'utilisation des huiles usagées, UNEP.
- [38]. LJUBAS, D., KR PAN, H., MATANOVIC, I. (2010), Influence of engine oils dilution by fuels on their viscosity, flash point, and fire point, Nafta 61, 2, 73-79.
- [39]. LERAT, P. (2015), les machines agricoles, Lavoisier TEC.
- [40]. MAZOUZI, R., KHELIDJ, B., KELLACI, A. (2014), Régénération des huiles lubrifiantes usagées par processus de traitement à l'acide, Energies renouvelables, 4, 631-637.

Références bibliographique

- [41]. AKSAM, A., HANY, E., HASSAN, M., NOUR, M. (2018), Using thermal analysis techniques for identifying the flash point temperatures of some lubricant and base oils, *Petroleum*, 27, 131-136.
- [42]. KASTELIK, M., ZOLTOWSKI, B., FT-IR method used for evaluation of motor condition and quality, *POLISH CIMAC*, 7, 85-789.
- [43]. Table de fréquence des vibrations de valence caractéristiques en IR.



Résumé du mémoire de fin de cycle

Option : Génie Chimique

Thème : Caractérisation d'une huile moteur de type SAE 15W40 et étude de sa dégradation

Les huiles lubrifiantes sont indispensables pour assurer le bon fonctionnement du moteur. Elles sont constituées d'huiles de base et d'additifs judicieusement choisis pour obtenir des produits performants.

L'objectif de notre travail consiste dans une première étape à vérifier la conformité d'une huile pour moteur Diesel commercialisée par NAFTAL sous l'appellation « CHELIA SUPER TD DIESEL 15W40 » par rapport aux spécifications contenues dans le cahier de charge. Une série de tests conventionnels tels que : la mesure de densité à 15°C, le point d'éclair, la viscosité cinématique à 40 et 100°C, l'indice de viscosité et le point d'écoulement.

La deuxième étape de notre travail s'est portée sur une étude de la dégradation de l'huile commerciale en service sur une distance de 6000 km. Les changements dans la structure chimique et les propriétés physiques sont suivis par plusieurs techniques et tests tels que la spectroscopie IRTF, la spectroscopie UV-visible, les mesures de densité, de la viscosité cinématique, de l'indice de viscosité, du point d'éclair et du point d'écoulement.

Les résultats de l'étude montrent que l'huile « CHELIA SUPER TD DIESEL 15W40 » est conforme au cahier de charge, même si le processus de dégradation est apparent à travers le changement de couleur et de viscosité. En effet et après 6000 km, une altération des propriétés physico-chimiques est constatée.

Mots clés : Huile moteur CHELIA SUPER TD 15W40, La conformité, Propriétés physico-chimiques, Dégradation.

Etudiantes

ZEGHOUATI Narimene

BEDHOUCHE Widad

Encadreur

Pr. KACI Mustapha