REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie des Procédés et Environnement
Spécialité : Génie des Procédés des matériaux

Etude comparative de l'huile de vidange d'un moteur en essence et d'un moteur en sirghaz.

Présenté par

TALEB Ikram

Proposé et Dirigé par

BENREKIA Ahmed Redha

et

ALOUAOUI Redha

Promotion 2023

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions le BON DIEU le tout puissant de m'avoir prêté foi, courage, santé et volonté d'entamer et de terminer ce mémoire. Mener une recherche de thèse jusqu'à son terme est un exercice long, solitaire, rythmé d'imprévus dans son déroulement et ses résultats qui n'aurait pas été possible sans l'entourage de mon promoteur, qui m'a montré le chemin à prendre.

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur ALLOUAOUI REDA et BENREKIA AHMED REDA mes promoteurs,et j'adresse l'expression de ma gratitude et respect pour m'avoir encadrés et dirigés ce travail, pour leurs louables contributions inlassables et pour leurs précieux conseils et leur perpétuel dévouement.

Un grand merci à l'équipe de Département de génie des procédés .

Un grand remerciement à notre ingénieur de laboratoire pour son aide et son soutien.

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire et qui,à un moment ou un autre, se sont intéressées à nos recherches .

DÉDICACE.

Je dédie cette thèse :

Mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance,qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

A mes petites enfants Adem et Ilin ,vous avez apportés beaucoup de bonheur à notre famille, vos sourires, vos yeux brillants sont incomparables. Je vous aime .

A mon cher mari Ahmed ,Tu as toujours offert soutien et réconfort, j'exprime envers toi une profonde admiration, reconnaissance et attachement inconditionnels.

A mes chers frères Anis et Abdelhak qui m'ont soutenu moralement tout au long de mes études

A toute ma famille Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

Résumé

Les huiles usées font tellement partie de notre quotidien qu'elles représentent un grand danger pour notre santé l'environnement et la vie humaine. Beaucoup de travail a été fait sur huile provenant de différentes sources. Ils sont reproduits à l'échelle du laboratoire et de l'industrie selon des processus complexes et discrets.

L'objectif de ce travail est une étude comparative des caractéristiques des huiles en utilisant deux carburants différents , que sont respectivement l'essence et GPL carburant. Les résultats obtenus ont montrés bien, que cette huile moteur se dégrade rapidement, et aussi remarquable avec le changement de la couleur qui devient plus en plus noire, ces tests aussi montre que cette huile contient des contaminants solides qui peuvent être la cause de l'endommagement du moteur.

Mots clés :moteur,huile usée,essence,gaz, recyclage des huiles

ملخص :

الزيوت المستعملة هي جزء كبير من حياتنا اليومية لدرجة أنها تمثل خطرا كبيرا على صحتنا وبيئتنا وحياة الإنسان. لقد تم إنجاز الكثير من العمل على النفط من مصادر مختلفة. يتم تكرارها على نطاق المختبر والصناعة في عمليات معقدة ومنفصلة. الهدف من هذا العمل هو دراسة مقارنة لخصائص الزيوت باستخدام نوعين مختلفين من الوقود، وهما على التوالي البنزين ووقود غاز البترول المسال. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن زيت المحرك هذا يتحلل بسرعة، كما أنه ملحوظ مع تغير اللون الذي يصبح أسود أكثر فأكثر، تظهر هذه الاختبارات أيضا أن هذا الزيت يحتوي على ملوثات صلبة يمكن أن تكون سبب تلف المحرك.

الكلمات المفتاحية: محرك ،زيت مستعملة ،بنزين ،غاز، استرجاع الزيوت.

Abstract

Used oils are such a part of our daily lives that they represent a great danger to our health.the environment and human life. Much work has been done on oil from different sources. They are reproduced on the scale of the laboratory and the industry according to complex and discrete processes.

The objective of this work is a comparative study of the characteristics of oils using two different fuels, which are respectively gasoline and LPG fuel. The results obtained showed that this engine oil deteriorates rapidly, and also remarkable with the change in color which becomes increasingly black, these tests also show that this oil contains solid contaminants which can be the cause of the engine damage.

Keywords :engine,waste oil,petrol,gas,oil recycling .

Abréviations et symboles :

ACEA : Association des Constructeurs Européens d'Automobiles

API : American Pétrole Institute

B2O3 :borates et oxyde de borE

CCMC : Comité des Constructeurs du Marché Commun

Furfural : solvant organique avec une fonction aldéhyde

IHC : Impurity-holding Capacity

NaOH : Hydroxyde de sodium

NPA : National Petroleum Association

PbO :oxyde de plomb

PAO : Polyalphaoléfines

PCB : Polychlorobiphényle

PTFE : polytétrafluoroéthyène

SAE : Society of Automotive Engineers

W : winter

Introduction

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

En Algérie, la quantité moyenne des huiles usagées récupérées par NAFTAL est de 12 000 tonnes par an, ce qui représente 27% de la quantité des huiles usagées générées sur la vente de NAFTAL. Ce taux a été doublé par rapport aux années précédentes, où la collecte représentait uniquement 14 %.[2]

Dans un moteur, l'huile dont la fonction essentielle est d'assurer la lubrification, se voit soumis à de nombreuses contraintes de plus en plus sévères et ce, en rapport avec le développement actuel des moteurs aux performances améliorées, ces contrainte 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]

Comme la plupart des produits de consommation, les huiles lubrifiantes ont une durée de vie limitée. On trouve de l'huile usagée sur tout le territoire : dans chaque garage,concessionnaire automobile, aérodrome, port, restaurant etc. Cette huile est bien souvent considérée comme un déchet, ne doit être ni abandonné, ni brûlé à l'air libre, et il ne doit pas être déversé dans les réseaux d'évacuation d'eaux usées, ni rejeté dans le milieu naturel ou avec les ordures ménagères. Cependant, un litre d'huile déversée dans l'évier peut contaminer jusqu'à 1 million de litres d'eau, autrement dit la quantité nécessaire pour répondre au nécessités d'un être humain pendant 14 ans. Quand on éparpille de l'huile dans la nature, la pollution des sols et des ressources d'eau est spontanée. Les matières organiques diminuent la taux en oxygène dans l'eau et engendrent l'asphyxie des organismes vivant dans l'eau,causant

de façon directe la mort de nombreux poissons.[4]

L'objectif de ce travail est une étude comparative des caractéristiques des huiles en utilisant deux carburants différents , que sont respectivement l'essence et GPL carburant.

Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique sur les lubrifiants en général , leurs classifications et leurs caractéristiques .

Le deuxième chapitre présente la dégradation des huiles moteurs et les impacts des huiles moteurs usagées sur l'environnement et la santé.

le troisième chapitre est consacré à la présentation des équipements et des méthodes nécessaires pour réaliser les analyses qui consiste à évaluer quelques caractéristiques de l'huile telle que : la densité,la viscosité,l'indice de réfraction, la teneur en eau et le traitement de l'huile usagée par l'acide sulfurique.

le dernier chapitre étude les résultats expérimentaux obtenu dans laboratoire.

Table des matières

1 Généralités sur les lubrifiants **15**

1.1 Définition 16
1.2 Fonction des lubrifiants 16
1.2.1 Refroidir :(évacuation de l'excès de chaleur.) 16
1.2.2 Équilibre thermique, refroidissement 16
1.2.3 Étancher : (la protection contre l'entrée d'impuretés) . 16
1.2.4 Nettoyer :(l'évacuation des impuretés) 16
1.2.5 Lubrifier :(la réduction des frottements et de l'usure) . 17
1.2.6 Diminuer les frottements et les résistances passives dans les machines 17
1.3 Classification des lubrifiants 17
1.3.1 Lubrifiants d'origine animale : 17
1.3.2 Lubrifiants d'origine végétale : 18
1.3.3 Lubrifiants d'origine minérale : 18
1.3.4 Lubrifiants d'origine synthétique : 19
1.4 Lubrifiants liquides : 19
1.4.1 Composition d'une huile : 19
1.4.2 Les huiles de base : 21
1.4.3 Les tendances chimiques des huiles de bases : 22
1.4.4 Les additifs : 23
1.4.5 Classification des huiles : 24
1.4.6 Propriétés des huiles : 25

2 La dégradation des huiles de moteurs : **33**

2.1 Les étapes de dégradation 34
2.1.1 La neutralisation : 34
2.1.2 L'hydrolyse : 34
2.1.3 L'oxydation : 34
2.1.4 Dégradation thermique : 35
2.1.5 Lessivage par l'eau : 35
2.1.6 Dépôt par sédimentation : 35

2.1.7 Adsorption des agrégats : 35
2.2 Contamination de l'huile de lubrification : 36
2.2.1 Contamination liquide : 36
2.2.2 contamination solide : 36
2.3 Impacts des huiles moteurs usagées sur l'environnement et la santé : 37
2.3.1 Sur l'environnement : 37
2.3.2 Sur la santé : 37

3 Matériels et méthodes : 39
3.1 Introduction : 40
3.2 Matériels : 40
3.3 Appareillage : 40
3.4 Réactifs chimiques nécessaires : 40
3.5 Densité : 40
3.5.1 Principe : 40
3.5.2 Appareillages : 41
3.5.3 Mode opératoire : 41
3.6 La viscosité : 41
3.6.1 La viscosité cinématique : 41
3.6.2 La viscosité dynamique 42
3.7 La teneur en eau : 43
3.7.1 Principe : 43
3.7.2 Objectif : 43
3.7.3 Mode opératoire : 43
3.8 L'indice de réfraction : 43
3.8.1 Principe : 43
3.8.2 Mode opératoire : 44
3.9 Régénération par acide : 44
3.9.1 La filtration : 44
3.9.2 traitement par acide sulfurique : 44
3.9.3 décantation : 45
3.9.4 Neutralisation : 45
3.9.5 Décantation : 45
3.9.6 Lavage avec l'eau distillée chaude : 45
3.9.7 Filtration : 45

4 Résultats et discussion : 51
4.1 Introduction : 52
4.2 Résultats des analyses : 52
4.3 Densité : 54

4.4 La viscosité : 54
4.5 teneur en eau : 55
4.6 indice de réfraction : 55
4.7 ***conclusion générale*** 56

Chapitre 1

Généralités sur les lubrifiants

1.1 Définition

Le lubrifiant est un produit destiné à diminuer le frottement de diverses parties mécaniques d'un véhicule. Il peut être solide, liquide ou pâteux. Son emploi possède un effet protecteur contre l'usure, mais également contre la corrosion. Il veille à l'évacuation des dépôts, comme la suie. Il est donc nécessaire à l'entretien du véhicule pour préserver son bon fonctionnement tout en améliorant sa longévité.[5]

1.2 Fonction des lubrifiants

Les fonctions principales d'un lubrifiant sont :

1.2.1 Refroidir :(évacuation de l'excès de chaleur.)

. La circulation de l'huile évacue les calories, et élimine les risques de fusion et de détérioration. Un moteur, surtout aujourd'hui avec les technologies de pointes ou les difficultés de circulation, peut chauffer anormalement jusqu'à 400°

1.2.2 Équilibre thermique, refroidissement

L'huile refroidit les parties essentielles du moteur que le liquide de refroidissement du radiateur ne peut pas atteindre, comme l'arbre à cames, les bielles et les pistons. L'huile assure ainsi jusqu'à 35 % de la fonction de refroidissement.

1.2.3 Étancher : (la protection contre l'entrée d'impuretés)

Contribuer à parfaire l'étanchéité du moteur : (L'huile protège constamment les pièces d'agressions comme les poussières aspirées par le moteur, l'eau et l'acide résultant de la combustion...).

1.2.4 Nettoyer :(l'évacuation des impuretés)

L'huile maintient en suspension et véhicule les imbrûlés issus de la combustion. (C'est à ce niveau qu'elle a de l'importance car il n'a plus d'étanchéité. Le moteur consomme anormalement ... Il arrive même qu'il ait des grippages. C'est le phénomène d'usure par polissage).

1.2.5 Lubrifier :(la réduction des frottements et de l'usure)

1.2.6 Diminuer les frottements et les résistances passives dans les machines

: améliorer leur rendement et économiser l'énergie. (La viscosité d'une huile moteur devrait rester constante malgré des écarts de température. L'huile ne doit pas figer au froid, elle ne doit pas se liquéfier à la chaleur) Elles permettent aussi de : • Protéger les organes lubrifiés contre les diverses formes de corrosion et d'usure, donc contribuer à leur longévité ; • Transmettre de l'énergie ou de la chaleur ; • Assurer l'isolation électrique ; • Améliorer l'état de surface des pièces usinées ; • Augmenter la durée de vie. • .....etc.

Remarque : A chaque type de moteur, correspond une huile spécifique répondant a des normes rigoureuses. Dans un moteur, il y a des centaines de pièces en mouvement et sans l'huile, le moteur ou tout autre organe (boite de vitesses, cardans, etc...) ne peut pas fonctionner.[6]

1.3 Classification des lubrifiants

On peut distinguer les lubrifiants selon leur origine, animale, végétale, minérale ou synthétique, ou selon leur présentation, liquide, pâte ou solide.

1.3.1 Lubrifiants d'origine animale :

Ils sont constitués essentiellement d'esters résultant de la combinaison d'acides gras avec la glycérine. Ce sont souvent des ancêtres mais certains entrent encore dans diverses compositions. On trouve des lubrifiants sous différentes formes :

Liquide :

Oléines, huiles de lard, de pied de bœuf ou de mouton, etc., très onctueuses, huiles de poisson, de baleine, de phoque, glycérine autrefois utilisée pour son point de congélation très bas.

Solide :

Stéarine, dont l'usage est restreint à la formulation de graisses très dures.

Pâteux :

Oléo stéarines, suifs (qui deviennent très acides par oxydation), suintines et brais résultant du traitement de la laine, lanoline très utilisée dans les produits antirouille car elle absorbe l'eau.

1.3.2 Lubrifiants d'origine végétale :

Ce sont en général des combinaisons d'acides gras peu ou pas estérifiés. Certains sont encore largement utilisés en addition dans les huiles de pétrole ou dans les graisses :

Liquides :

Huiles semi siccatives (s'épaississant par oxydation) de coton, de colza, huiles non siccatives d'arachide, d'olive, et surtout de ricin intéressante par sa forte viscosité et la possibilité de l'utiliser dans une large gamme de températures

Solides :

résines et colophanes tirées du pin, pouvant résister à l'eau.

Pâteux :

huiles de palme, de coco et de coprah, liquides aux températures tropicales mais pâteuses dans les régions froides.

1.3.3 Lubrifiants d'origine minérale :

On les trouve de même sous différentes formes

Solide :

Soufre utilisé autrefois pour sauver les paliers endommagés, talc, mica, bisulfures de molybdène et de tungstène, graphite, sulfure de plomb, oxyde de zinc

Liquide :

Huiles de houille (Charbon utilisé comme combustible), de schiste (Roche sédimentaire ou métamorphique qui se débite en feuillets), utilisables comme produits de remplacement, et surtout huiles de pétrole.

Pâteux :

Exemple le vaseline.

1.3.4 Lubrifiants d'origine synthétique :

Liquide :

silicones, polyglycols, esters phosphoriques et aliphatiques, polyoléfines, métaux liquides.

Solide :

polyéthylènes, polytétrafluoroéthyène (PTFE), savons (stéarates de zinc, de calcium, d'aluminium, etc.), oxyde de plomb (PbO), disulfure de tungstène, phtalocyanine, fluorure de graphite, fluorures de calcium, de baryum et de lithium, nitrure de bore.

Pâteux :

verres, borates et oxyde de bore B2O3 (pâteux à chaud), graisses silicones

1.4 Lubrifiants liquides :

Pour l'essentiel, l'étude ci-dessous porte sur les huiles de graissage au sens général du terme mais il ne faut pas négliger certains liquides spéciaux utilisés comme lubrifiants et surtout les fluides hydrauliques présents dans de très nombreux équipements (coupleurs hydrauliques, convertisseurs de couple, directions assistées) ou machines (engins de chantier, de manutention). - Ces fluides sont utilisés pour leur aptitude à transmettre de l'énergie mais ils doivent être dotés de propriétés lubrifiantes car ce sont forcément eux, et pas d'autres produits, qui assurent la lubrification des pistons ou autres organes qui les mettent en mouvement. De plus, les normes imposent souvent qu'ils soient ininflammables, ce qui exclut beaucoup de produits courants à base, par exemple, d'huiles de pétrole.

1.4.1 Composition d'une huile :

Une huile ayant les propriétés demandées pour une utilisation donnée est constituée : d'une huile de base (minérale, synthétique ...) et d'un certain nombre d'additifs, ajoutant chacun une propriété particulière

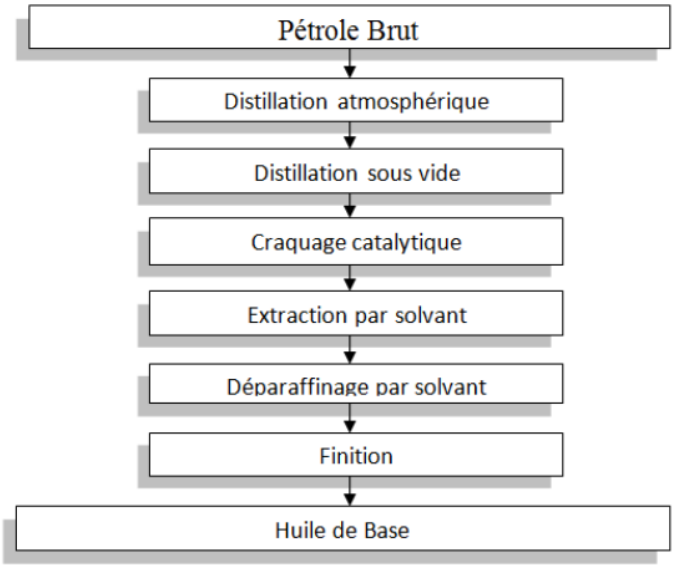


FIGURE 1.1 – Procédés de production du liquide de base à partir du pétrole brut.[7]

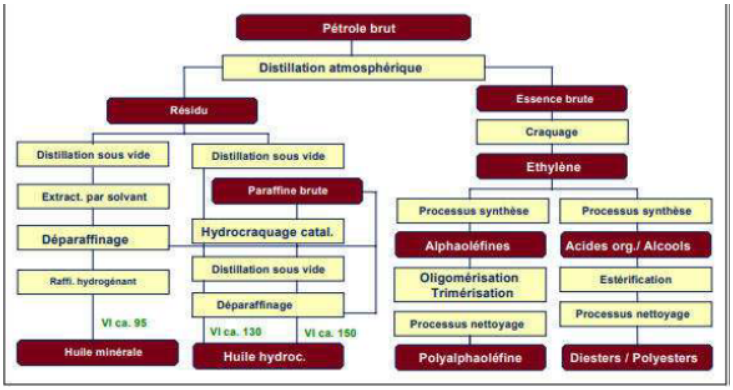


FIGURE 1.2 – Fabrication d'une huile de base minérale issue de l'extraction du pétrole brut.[3]

1.4.2 Les huiles de base :

Les huiles minérales :

Les huiles minérales extraites de pétroles bruts représentent de loin la classe la plus importante des produits de base utilisés pour la fabrication des huiles moteurs finies, ainsi que pour la plupart des autres lubrifiants industriels liquides et plastiques ; cette prédominance repose sur plusieurs raisons :
– Les lubrifiants fabriqués avec des huiles minérales convenablement raffinées et sélectionnées se comportent très bien dans de nombreuses applications ; ceux-ci sont même dans certains cas supérieurs à tous les produits de synthèse jusqu'ici connus. En particulier, les huiles minérales sont relativement inertes chimiquement, stable aux effets thermiques et d'hydrolyses et parfaitement miscibles entre elles.

– Le prix des huiles minérales est relativement bas et plus faible que celui des huiles de synthèse.

– La disponibilité en huiles minérales ne posaient encore récemment guère de problèmes, sauf toutefois pour certaines huiles à tendance naphténique.

– Les huiles minérales étant à la base des principaux lubrifiants, de très nombreuses applications et spécification sont en fait « taillées »pour s'ajuster aux lubrifiants existants. L'importance de ce facteur, en perpétuant le caractère universel des huiles minérale, ne peut être sous-estimé ; il a sévèrement limité jusqu'à ce jour les emplois et la croissance des lubrifiants de synthèse qui sont au contraire généralement « taillées »pour s'ajuster aux applications existantes.

– Les huiles minérales de base sont encore susceptibles d'améliorations plus ou moins profondes selon les couts de traitements admissibles.[8]

Les huiles de semi synthèse : [6]

Les huiles de semi synthèse s'obtiennent à partir d'un mélange d'huiles minérales et d'huiles de synthèse (généralement 70 à 80% d'huile minérale et 20 à 30% d'huile de synthèse).

Les huiles de synthèse ou synthétiques :

Les huiles synthétiques sont fabriquées par voie chimique par la confusion de molécules spéciales d'hydrocarbures dans le cadre d'un processus à plusieurs étapes. À partir de là, on peut composer un produit de structure moléculaire et de longueur de chaines quelconques avec des propriétés remarquables et toujours uniformes. Dans le cas d'huiles de synthèses, on utilise

principalement des polyalphaoléfines (PAO), appelés souvent également hydrocarbures synthétiques, ou des esters.[7]

Polyalphaoléfines (PAO) : Dans cette classe de composés, on trouve des substances liquides et identiques à la Paraffine , qui se composent seulement de carbone et d'hydrogène et présent une certaine viscosité, un indice de viscosité élevée et un point d'écoulement bas en raison de la longueur de chaine, du degré de ramification et la position des ramifications.

Esters organiques : Contrairement aux polyalphaoléfines, les esters contiennent également de l'oxygène et sont obtenus par la réaction d'un alcool avec un acide organique. Pour fabriquer des lubrifiants, on utilise surtout des esters d'acide carboxylique, que l'on peut subdiviser à leur tour en diesters et polyesters sur la base de leur structure chimique. Les propriétés de ces esters sont donc également différentes, mais en général, les deux types présentent une bonne tenue viscosité-température, un faible point d'écoulement et une excellente résistance au vieillissement.[7]

Ces quatre produits de base sont utilisés aussi bien sous une forme pure que dans différentes mélanges entre eux comme liquides de base pour la fabrication des lubrifiants.

1.4.3 Les tendances chimiques des huiles de bases :

Les huiles de base répondant à trois grandes tendances chimiques de caractères spécifiques particuliers, ce sont :

a. Les huiles paraffiniques :

Ces types d'huiles sont produits soit par hydrocraquage ou par un procédé d'extraction. La plupart des molécules hydrocarbonées d'huiles de paraffine ont non structure en anneau à longue chaine. Les huiles paraffiniques sont relativement visqueuses et résistantes à l'oxydation. Les huiles paraffiniques possèdent un point d'éclair élevé et point d'écoulement élevé.

Les huiles paraffiniques sont utilisés pour la fabrication d'huiles moteur, les lubrifiants industriels et en tant que traitement d'huiles dans les industries de caoutchouc, de textile et de papier.

b. Les huiles naphténiques :

Elles sont fabriquées à partir de distillats de pétrole brut. La plupart des molécules d'hydrocarbures d'huiles ont une structure cyclique saturée.

Huiles naphténiques possèdent une faible viscosité, point d'éclair et un point d'écoulement bas et disposent d'une résistance à l'oxydation. Les huiles naphténiques sont utilisées dans des applications à des températures modérées, principalement pour la fabrication d'huiles de transformateurs.

c.Les huiles aromatiques :

Les huiles aromatiques sont produites de processus de raffinage dans la fabrication des huiles de paraffine. La plupart des molécules d'hydrocarbures aromatiques des huiles non saturées ont une structure en anneau.
Huiles aromatiques sont sombres et ont un point d'éclair élevé. Elles sont utilisées pour fabriquer les composés d'étanchéité, les adhésives comme le caoutchouc et la production d'asphalte.[9]

TABLE 1.1 – Classification d'une huile minérale sur la base des structures moléculaire

Structure	fraction principale	caractéristique
A base de paraffine Chaines rectilignes ou ramifiées Indice de viscosité 93-105	+ de 75% de paraffines	Densité < 900 kg
A base de naphtène Indice de viscosité 30-80	+ de 70% de naphtènes	Densité 900-940 kg
Aromatique Indice de viscosité 0-40	+ de 50% d'aromatiques	Densité > 940 kg

1.4.4 Les additifs :

Un additif désigne une substance qui est introduite dans un mélange pour apporter une propriété spécifique.

Classement des additifs :

[8] Les additifs pour huiles moteurs peuvent être classés selon qu'ils agissent sur :

a. Les propriétés physiques : C'est-à-dire : la couleur, la viscosité et l'indice de viscosité, et la congélation.

b. Les propriétés physico-chimiques : Tel que : -Le pouvoir dispersif
-La réduction de frottement et l'usure
-Le pouvoir antirouille
-La résistance au moussage

c. Les propriétés chimiques : La résistance à l'oxydation et à la corrosion.

1.4.5 Classification des huiles :

Normes SAE (la Society of Automotive Engineers :

société américaine des ingénieurs de l'automobile) déterminent les huiles suivant leur degré de viscosité d'après la température extérieure. On trouve les huiles mono grades et les huiles multigrades, le grade correspondant à l'indice de viscosité.

1- Les huiles mono grades : La viscosité est donnée pour une valeur de température (-18°C) Exemple : a) huile classée SAE 15W : 15 indice de viscosité W indique que la valeur de viscosité a été mesurée à une température de 0°Fahrenheit soit – 18°Celsius. W = winter = hiver b) huile classée SAE 40 : 40 indique la valeur de viscosité. L'absence de lettre indique que la valeur de la viscosité est donnée pour une température de 210°F soit environ 100°C

2- Les huiles multigrades : Une huile est dite multigrade lorsque sa viscosité est classée à la fois à chaud et à froid. Exemple : 15W 40 Viscosité à 0°F Viscosité à 210°F En définitive, cette huile se comporte comme une SAE 15W à froid et ensuite comme une SAE 40 moteur chaud. C'est une huile dite toutes saisons.

Normes API (American Petroleum Institute ;Institut du Pétrole Américain) :

Elle classe les huiles en fonction de leurs propriétés, à partir d'essais effectués sur des moteurs américain. SG ou SH pour les moteurs essences. CC ; CD ou CE pour les moteurs Diesel

Normes CCMC (Comité des Constructeurs du Marché Commun) :

A été remplacé par les Normes ACEA (Association des Constructeurs Européens Automobiles). Elle classe les huiles à partir d'essais effectués sur

des moteurs européens. Exemple : A 3 99 A pour les huiles moteurs essence. B pour les huiles moteur Diesel. Niveau de performance techniques : 1 et2 pour le niveau standard, 3 pour le niveau supérieur Essence et Diesel 99 Année de la spécification.[10]

1.4.6 Propriétés des huiles :

Propriétés physiques :

1. Densité : 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 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.

2. Couleur : Pour les huiles de pétrole, elle varie généralement du blanc pur au rouge foncé en passant par le jaune citron et le jaune orange, on l'évalue par comparaison avec des verres étalons numérotés en colorations NPA (National Petroleum Association). La couleur foncée d'un lubrifiant usagé peut être un assez bon moyen d'apprécier son altération, de même qu'un aspect laiteux peut indiquer la présence d'eau. La présence d'additifs oblige à la prudence et cette propriété à beaucoup perdu de son intérêt aujourd'hui.

3. Chaleur massique : Elle s'exprime en Joules par kilogramme x kelvin (J/kg.K). Elle augmente avec la température, d'environ 20 % pour 100 °C, et diminue avec la densité. Aux environs de 100 °C, on peut prendre comme base 2 kJ/kg.K.

4. Conductivité thermique : Elle définit le flux thermique passant à travers un corps sous l'effet d'un gradient thermique (en watts par mètre par kelvin). On peut prendre comme valeur moyenne pour les huiles minérales 0,14 W/m.K

5. Viscosité : C'est une des propriétés capitales des huiles de graissage, qui conditionne leur emploi dans la majorité des cas. Plus grande est la viscosité d'un liquide, plus grande est la durée de son écoulement, par exemple. La notion de viscosité implique donc celle de mouvement. En fait, on peut dire que la viscosité est la résistance qu'oppose un fluide au glissement de ses

molécules les unes sur les autres, autrement dit, sa résistance à la déformation. Considérons deux surfaces planes parallèles d'aire S, l'une fixe, l'autre se déplaçant à la vitesse V, sous l'effet d'une force F, à la distance constante h de la première. Les deux plaques sont séparées par une lame liquide qui oppose une résistance au déplacement de ses molécules. La relation entre F et S n'est pas autre chose qu'une contrainte de cisaillement :

$$\sigma = \frac{F}{S} \tag{1.1}$$

6. Index (ou indice) de viscosité : L' « indice de viscosité » donne une idée de la variation de la viscosité de l'huile avec la température. La notion d'indice de viscosité (VI = viscosity index) a été conçue en 1929 par Dean et Davis. Ceux-ci retinrent deux séries extrêmes d'huiles de référence, les unes donnant les plus grandes variations de la viscosité avec la température (indice 0), les autres les plus faibles (indice 100). L'indice de viscosité d'une huile donnée est obtenu par comparaison avec ces deux séries d'huiles de référence, notées L et H pour les indices 0 et 100 respectivement.

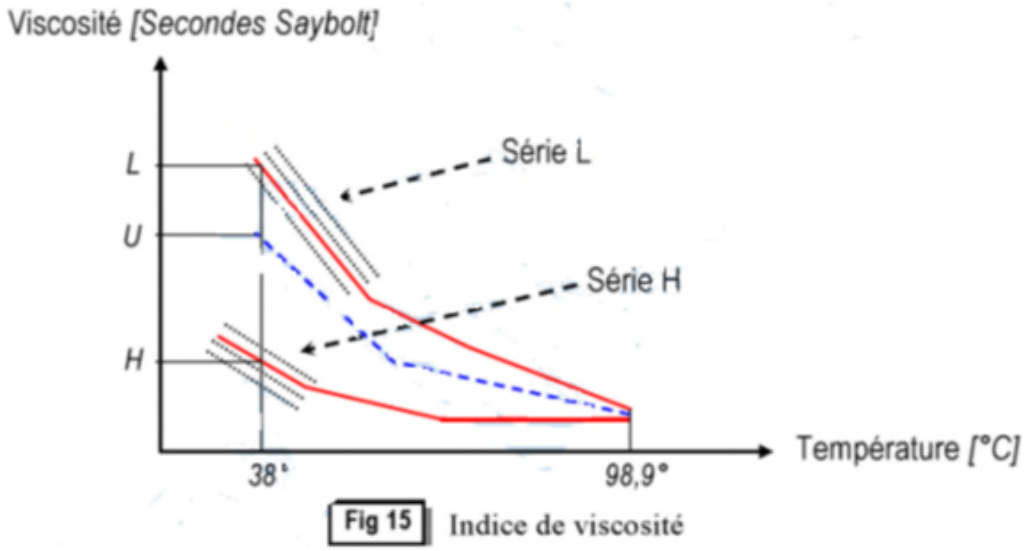


FIGURE 1.3 – indice de viscosité

Soit une huile quelconque dont la viscosité varie comme l'indique la courbe tracée en pointillé sur la figure, l'indice de viscosité se calcule par la formule suivante :

Ce procédé permet de situer une huile quelconque par rapport aux deux séries d'huile de référence. Plus l'indice VI est grand, plus la courbe est voisine

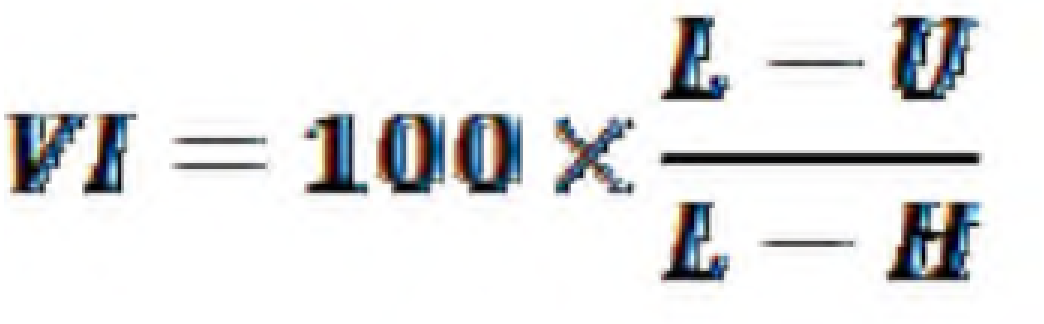


FIGURE 1.4 – Formule de calcul de l'indice de viscosité

de la série H (caractère paraffinique accentué), par conséquent moins grande est la variation de la viscosité avec la température.

7. Compressibilité : Le module de compressibilité est de l'ordre de 6.105 en régime isotherme, par conséquent la diminution de volume est d'environ 2 % à 350 bar et 4 % à 700 bars. Les huiles sont d'autant moins compressibles que la pression est plus forte, la viscosité plus faible et la température plus basse.

8. Coefficient de viscosité-pression : Si la pression croît, la mobilité des molécules diminue et la viscosité augmente selon une loi exponentielle. Pour une huile minérale classique, la viscosité à 350 bars est environ deux fois plus forte qu'à la pression atmosphérique, ce qui équivaut à une baisse de température de 10 à 15 °C. Le tableau ci-dessous donne une idée des variations relatives de viscosité de l'eau et d'une huile courante à 20 °C :

TABLE 1.2 – variations relatives de viscosité de l'eau et d'une huile

pression[bar]	viscosité d'eau	viscosité d'huile
1	1	1
1000	1,08	4,3
2000	1,16	15
4000	1,36	110

Dans le cas de contacts localisés en mouvement sous très fortes charges, comme dans les engrenages, il faut tenir compte d'une part de l'accroissement

de la viscosité sous l'effet de la pression, d'autre part de la déformation élastique des pièces dans la zone chargée. Ce calcul, possible grâce à la théorie de la lubrification élasto hydrodynamique de Grubin, sort du cadre de ce cours.

9. Point d'écoulement : Suffisamment refroidies, toutes les huiles minérales s'épaississent jusqu'à prendre l'apparence de solides plus ou moins rigides. Il ne s'agit pas d'une congélation, laquelle n'a de sens que pour un corps pur passant de l'état liquide à l'état solide à température constante : on le sait, les huiles de graissage sont des mélanges.
En fait, les hydrocarbures paraffiniques les plus lourds floculent les premiers en donnant à l'huile un aspect trouble. La multiplication des cristaux se poursuivant, ces feu Cleveland avec une assez bonne derniers finissent par s'agglomérer en un réseau enfermant les fractions encore liquides.
Une norme précise la procédure complexe qui permet de déterminer la température à laquelle une huile cesse de couler et de se laisser pomper dans un circuit de graissage. Il est difficile d'obtenir une grande précision et la norme admet un écart de reproductibilité de 6 °C. En pratique, la notion de point d'écoulement est très insuffisante pour évaluer les performances d'une huile à froid, il vaut mieux définir et mesurer la viscosité au-delà de laquelle le pompage est impossible. Le viscosimètre Brookfield mesure à cet effet le couple résistant d'une palette tournant dans l'huile.

Propriétés chimiques :

1. Combustibilité, point d'éclair, point de feu : À partir d'une certaine température, les constituants volatils de l'huile peuvent brûler au contact d'une flamme : c'est le point éclair. - Si on chauffe davantage, il arrive un moment où la combustion devient permanente : c'est le point de feu. - Ces deux températures sont très variables avec les paramètres locaux et en particulier avec la présence d'eau en suspension dans l'huile. Leur mesure fait l'objet de normes. À partir du point d'éclair Cleveland, il est possible de déduire le point de précision. Quand une huile est portée à son point d'éclair, sa tension de vapeur est de l'ordre de 13 mbar. Point d'éclair (appareil Cleveland) : Température à laquelle il faut chauffer un liquide combustible pour qu'il émane suffisamment de gaz pour former, avec l'air, un mélange momentanément inflammable pour qu'il prenne feu quand on en approche une petite flamme dans des conditions données.

2. Température d'auto-inflammation : C'est la température à partir de laquelle se produit une oxydation spontanée dans l'air (environ 400 °C).

Cette température est nettement supérieure à celle du point d'éclair

3. Détergence, dispersivité : Cela concerne surtout les huiles pour moteurs. Il faut éliminer les résidus de combustion qui se condensent à basse température et les produits de la dégradation de l'huile à haute température. La détergence et la dispersivité constituent en fait un ensemble de propriétés physicochimiques particulièrement difficiles à évaluer.

4.Teneur en cendres : On compare le résidu de la calcination de l'huile à la masse initiale. Pour une bonne huile minérale pure, on trouve en général une teneur en cendres variant de 0,001 à 0,05 %. Cette teneur peut être beaucoup plus élevée, et sa mesure devient alors compliquée, si l'huile contient des additifs organométalliques ou autres. Une teneur en cendres élevée pose des problèmes dans les moteurs thermiques modernes car les résidus de combustion de l'huile tendent à se déposer dans les filtres à particules.

5.Teneur en soufre : Il n'y a normalement plus de soufre libre dans les lubrifiants après le raffinage, mais on en trouve souvent à l'état combiné dans des composés tels les mercaptans. On ajoute parfois du « soufre actif » sous forme d'additifs améliorant les propriétés anti-soudure ou anti-grippage. Si l'huile se décompose, et selon que l'on se trouve en milieu réducteur ou oxydant, on peut assister à un dégagement toujours malvenu de sulfure d'hydrogène ou de dioxyde de soufre.

6. Teneur en eau : L'eau est l'un des principaux ennemis des lubrifiants. Dans les environnements humides,lorsqu'un lubrifiant reçoit de l'eau directement ou par condensation de vapeur, ses performances sont en général fortement diminuées. La sensibilité à l'eau est très variable selon le produit utilisé, relativement faible pour les glycols, beaucoup plus élevée pour les oléfines. Une teneur en eau trop élevée est un sérieux signal d'alerte avant une prochaine défaillance du mécanisme concerné.

7. Capacité de rétention d'impuretés et résistance à l'oxydation : Beaucoup de lubrifiants modernes ont la double réputation : de produire facilement des boues ou des vernis et de posséder en même temps une haute résistance à l'oxydation. Pour comprendre ce paradoxe, on a introduit la notion d'Impurity-holding Capacity (IHC), que l'on peut traduire par capacité de rétention d'impuretés. Cette propriété fait référence au fait que de très petites particules, de dimension inférieure au μm, provenant de la dégradation

des produits ou de la mise en émulsion d'autres liquides, peuvent rester jusqu'à un certain point (dumping point) en suspension dans le liquide, comme si elles étaient dissoutes. Au-delà de ce point, donc si leur concentration est trop forte, tout ce passe comme si elles devenaient insolubles et elles précipitent alors pour former des boues et des vernis. En fait cette précipitation sous forme de dépôts ne concerne que la quantité d'impuretés qui va au-delà de ce que peut supporter le lubrifiant. Elle peut se produire lorsque la capacité de rétention du lubrifiant est faible ou affaiblie, par exemple par le froid, ou encore si la production d'impuretés est trop importante.
Il se trouve que la capacité de rétention d'impuretés baisse en général lorsque la résistance à l'oxydation augmente, et inversement. Ces deux qualités sont donc fondamentalement incompatibles.
Par ailleurs, la formation de vernis est souvent due à des décharges électrostatiques qui se produisent au sein même du fluide, surtout lorsque celui-ci est très propre et très sec, parce qu'il a justement une très basse capacité à retenir les impuretés.
La quantité totale d'impuretés dans un lubrifiant comprend celles qui sont en solution et celles qui sont déposées. Il faut généralement y inclure une partie des additifs, que l'on ne regarde pas habituellement comme des impuretés, mais qui altèrent malgré tout la pureté de l'huile de base. Eux aussi sont maintenus en solution dans l'huile, au même titre que de l'eau ou des produits de dégradation, par exemple.Ils interviennent donc dans le bilan global des produits dissous.
Pour l'eau, une comparaison peut être faite avec le taux d'humidité relative qui exprime la quantité d'eau présente dans une atmosphère en pourcentage de la quantité maximale que cette atmosphère peut contenir avant que la condensation se produise.Les huiles peuvent dissoudre une certaine quantité d'eau, mais celle-ci est d'autant plus grande que la température est plus élevée, comme dans le cas des gaz.
On peut quantifier par des méthodes gravimétriques la capacité de rétention d'impuretés. Elle peut s'exprimer en particules par million [ppm], en [mg/kg] ou encore en [mg/litre] de produit. Comme pour la viscosité, il faut opérer dans des conditions standardisées de température, par exemple 20 ou 40 °C. Il est même possible de déterminer un indice de variation, analogue à l'indice de viscosité des huiles, montrant comment la capacité de rétention varie en fonction de la température.
D'une part, les additifs consomment en quelque sorte une partie de la tolérance des lubrifiants aux impuretés, mais d'autre part certains d'entre eux, comme les dispersants, augmentent cette tolérance. Par ailleurs, certains additifs sont consommés pendant le service et restituent donc au fur et à mesure une partie de la « place » qu'ils occupaient.

Comme on le voit, le problème n'est pas simple. Il manque actuellement des tests standardisés qui permettraient d'obtenir des valeurs fiables et permettant les comparaisons. La capacité de rétention d'impuretés est pourtant très importante en pratique car elle conditionne la présence ou l'absence de dépôts et de vernis, surtout lorsque le lubrifiant est susceptible d'être porté à des températures très basses, auquel cas elle joue le rôle d'une véritable bouée de sauvetage.[6]

Chapitre 2

La dégradation des huiles de moteurs :

2.1 Les étapes de dégradation

Dans cette partie, on pose la question suivante : comment l'huile se dégrade-t-il ? En d'autres mots, quelle est les mécanismes de l'épuisement et de la, les mécanismes qui nous examinerons sont les suivantes :

2.1.1 La neutralisation :

De nombreux carburants contiennent toujours de petites quantités de soufre. On utilise toujours des carburants contenant plus de 0.5% de soufre. Au cours des combustions, le soufre est oxydé et forme des oxydes de soufre qui réagissent à leur tour avec la vapeur d'eau pour formés des oxoacides de soufre. Ces acides ne sont bons ni pour les machines ni pour l'huile.

2.1.2 L'hydrolyse :

L'hydrolyse est la réaction des certains additifs à l'eau qui entrains leur décomposition. Il s'agit d'une réaction chimique de l'eau qui altère la composition chimique de l'additif ou de l'huile de base. Par exemple, les esters sont formés par la réaction chimique d'un acide avec un alcool, avec perte consécutive d'une molécule d'eau. Cette réaction est réversible et en rajoutant de l'eau à un ester, on peut le décomposer en ses constituants initiaux, alcool et acide. Ce processus s'appelle l'hydrolyse.

2.1.3 L'oxydation :

L'oxydation peut provoquer une modification fondamentale de l'huile de base du lubrifiant et c'est la raison pour laquelle les huiles, même très propres et très bien entretenues, finissent pas s'user et doivent être changées. L'oxydation est la réaction entre l'huile de base du lubrifiant (et ses additifs) et l'oxygène qui se trouve dans l'atmosphère. L'air que nous respirons est constitué d'environ 20 % d'oxygène. C'est l'élément gazeux qui nous permet de vivre sur terre et il est également responsable de la combustion des carburants dans les voitures et bus que nous conduisons ainsi que dans les camions et bulldozers que nous exploitons. La vitesse de réaction de l'huile avec l'oxygène dépend de manière critique de la température à laquelle cette réaction a lieu : plus la température est élevée, plus l'huile s'oxyde rapidement.

2.1.4 Dégradation thermique :

Le principal effet de l'oxydation et de la perte de stabilité thermique (parfois appelée perte des fractions légères) est une augmentation de la viscosité. Une viscosité augmentée peut provoquer une cavitation de la pompe à huile, une mauvaise fluidité au démarrage, une augmentation de la consommation de carburant et la réduction de la capacité de l'huile à éliminer l'eau et l'air. C'est lorsque la fluidité est médiocre, en raison d'une viscosité augmentée et des démarrages à froid, qu'un moteur s'use le plus.

2.1.5 Lessivage par l'eau :

Alors que l'hydrolyse implique la décomposition chimique de l'huile sous l'action de l'eau, le lessivage à l'eau constitue l'élimination matérielle des additifs de l'huile. Pratiquement tous les additifs sont formulés de manière à être solubles dans l'huile de base du lubrifiant et n'auront qu'une solubilité limitée dans les solutions aqueuses (à base d'eau). Certains additifs, toutefois, sont sélectivement solubles dans l'eau. Cela signifie que certains additifs peuvent finir par se dissoudre dans l'eau, ce qui les élimine de l'huile. L'eau n'étant généralement pas soluble dans l'huile à forte concentration, ce processus a pour résultat le lessivage des additifs de l'huile par l'eau. L'hydrolyse est la dégradation chimique des additifs. Le lessivage est leur élimination physique par l'eau.

2.1.6 Dépôt par sédimentation :

Certains additifs, comme les dispersants, fonctionnent en maintenant les contaminants, comme les boues, en suspension. Cependant, lorsque les additifs commencent à s'épuiser, les boues tendent à s'agglomérer et finissent par se séparer de l'huile et par sédimenter, formant des dépôts sur les surfaces métalliques et se rassemblant au fond du carter. D'autres additifs possédant des propriétés inter faciales, comme les additifs antis mousses et les dés émulsifiants, peuvent également être enclins à sédimenter.

2.1.7 Adsorption des agrégats :

Souvent le laboratoire reçoit un sachet plein d'une boue ressemblant fort à de la graisse et présentant une texture et une sensation très similaires. Le client veut savoir ce qui contamine le système de lubrification. Invariablement, la boue est un mélange de très fines particules d'usure (d'une taille inférieure à 5 microns, généralement du fer), de grosses poussières, avec des

traces d'eau et certains résidus d'huile. Cette mixture est liée par l'huile elle-même, un peu de la même manière que le lait lie la farine dans une pâte à gâteau. Le fond de la plupart des carters contiendra des concentrations variées de cette boue et les additifs de surface actifs seront attirés par ces agrégats et éliminés de l'huile, ou décapés. Des résidus d'huile feront également partie de l'ensemble des additifs des lubrifiants.[11]

2.2 Contamination de l'huile de lubrification :

La contamination de l'huile est remarquable avec l'oeil à partir du changement de couleur qui est la conséquence de la dégradation de l'huile, qui devient noirâtre au cours de son service. Les contaminants sont des produits liquides et solides non désirés qui peuvent conduire à la dégradation et détérioration des éléments du mécanisme de lubrification, soit pour le moteur ou pour l'huile lubrifiante. La contamination se manifeste essentiellement sous deux formes :[11]

2.2.1 Contamination liquide :

- La plus souvent constaté est l'eau, d'où elle est la plus destructrice pouvons-nous trouver dans l'huile, elle est attaquée par une augmentation de température. L'eau peut provoquer l'oxydation, et diminuer la viscosité, et la corrosion des surfaces métalliques. Et comme elle peut même prévenir une condensation à l'intérieur du moteur à basse température. - La dilution sévère qui baisse la concentration des additifs et leurs efficacités, et de leurs tours provoquent la diminution de la viscosité en fonction de la distance parcourus.

2.2.2 contamination solide :

- Les contaminants provenant des frottements des éléments mobiles en formants des particules d'usures. - L'étanchéité insuffisante. - Poussières atmosphériques lors de l'ouverture du réservoir pendant la vidange ou contrôler le niveau de l'huile. - Les résidus de combustion qui provoquent l'usure, et l'influence des suies.

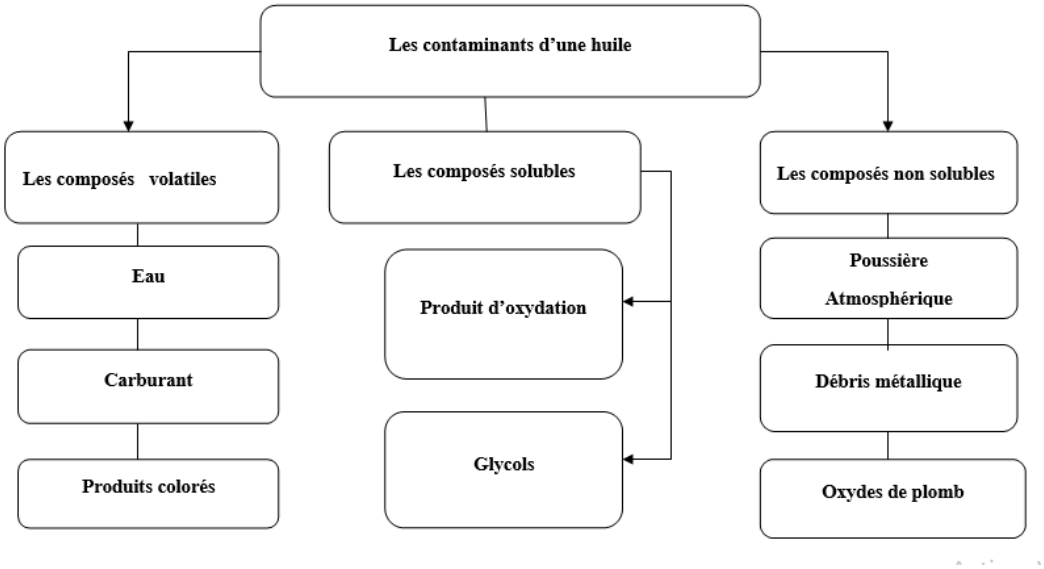


FIGURE 2.1 – classification des contaminants des huiles usagées

2.3 Impacts des huiles moteurs usagées sur l'environnement et la santé :

2.3.1 Sur l'environnement :

D'une manière générale, les huiles usagées sont peu biodégradables. Elles ont une densité plus faible que l'eau. C'est pourquoi un (01) litre d'huile usagée peut couvrir une surface importante d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu.Les conséquences d'un rejet direct de l'huile usagée dans le milieu naturel sont donc évidentes. Par ailleurs, bien que son pouvoir calorifique puisse être estimé à environ 90% du fuel lourd et fasse donc de l'huile un combustible intéressant.L'impact lié à sa combustion dans de mauvaises conditions peut également être important, pollution des terres, des fleuves et des océans due à une faible biodégradabilité, en contact avec l'eau,production d'une pellicule empêchant la circulation de l'oxygène, la combustion non contrôlée peut entraîner l'émission dans l'atmosphère de gaz contenant du chlore, du plomb, et d'autres éléments toxiques.[12]

2.3.2 Sur la santé :

L'exposition aux huiles usagées ou leur manipulation peuvent entrainer des allergies, des anémies, des bronchites, des cancers, des dermatoses, des

convulsions,l'asthme, des emphysèmes, des diarrhées, des céphalées, et des troubles respiratoires[4]. Irritations du tissu respiratoire dues à la présence de gaz renfermant des aldéhydes,des cétones, des composés aromatiques, etc., la présence d'éléments chimiques tel que(Cl), (NO2), (H2S), (Sb), (Cr), (Ni), (Cd) et (Cu), affectent les voies respiratoires supérieures et les tissus pulmonaires, Production d'effets asphyxiants empêchant le transport d'oxygène, dû à la présence de monoxyde de carbone, de solvants halogénés,d'hydrogène sulfuré, etc. Effets cancérigènes sur la prostate et les poumons, dû à la présence de métaux comme le plomb, le cadmium, le manganèse,etc.[12]

Chapitre 3

Matériels et méthodes :

3.1 Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de présenter les méthodes d'analyses des caractéristiques physico-chimiques entre une huile usagée , huile traité et huile neuve de deux sortes de moteurs : moteur en sirghaz et moteur en essence pour obtenir l'état des huiles afin de s'assurer qu'elles sont toujours performantes

3.2 Matériels :

-Ampoule à décantes.
-Ballon bé colle.
-Support élévateu.
-Tube à essai.
-Erlenmeyer avec col.
-Thermomètre
-Bécher.
-Papier filtre.
-Spatule.
-Eprouvette.
-Tuyau.

3.3 Appareillage :

-Agitateur.
- congélateur.
- Etuve
-plaque chouffante.
-Balance
- viscosimètre chute de bille.
- Haute chimique
-Pompe à vide.

3.4 Réactifs chimiques nécessaires :

-Hydroxyde sodium NaOH. (Solide)
-Acide sulfurique H2SO4. (Liquide)
-Eau distillée H2O (Liquide)

3.5 Densité :

3.5.1 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.[13]

3.5.2 Appareillages :

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

3.5.3 Mode opératoire :

- Peser le pycnomètre vide et sec (m0), puis le remplir jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée prise a 4°C. - Placer le pycnomètre rempli de l'eau dans un bain marie à une température de 15°C pendant 15min. - Peser le pycnomètre avec l'échantillon et noter la masse (m_2). -La détermination de la D_4 se fait selon la formule suivante :

$$D_4^{15} = \frac{m_2 - m_0}{m1 - m0} \tag{3.1}$$

3.6 La viscosité :

3.6.1 La viscosité cinématique :

Principe

Le viscosimètre à rotation permet de déterminer la viscosité d'un liquide avec précision. Pour cela, l'appareil mesure la résistance mécanique d'un liquide qui agit en contre du mouvement de rotation d'un cylindre. Plus précisément, un cylindre ou disque (tige) est plongé dans le matériel à analyser et tourne à une vitesse donnée. L'appareil mesure la résistance de cette subtance à cette rotation. La résistance qui en résulte est la mesure du flux de viscosité, dépendant de la vitesse et des caractéristiques de la tige ; l'appareil calcule le résultat et la lecture directe de la viscosité est reflétée en cP (CGS) ou mPa-s (SI).[14]

Appareillages

- Le viscosimètre à rotation
- Appareil de pesage
- Chauffé
- Thermorable

Mode opératoire

Les étapes de l'expérience : -Nous avons pris 6 ml du volume d'huile. -Nous avons pesé la masse d'huile à l'aide d'une balance électronique. -Nous avons calculé la densité d'huile par la loi suivante : d = m / v. -Dans un récipient gradué nous mettons un certain volume d'huile. -Nous avons chauffé l'huile avec un thermomètre à l'intérieur de l'huile pour mesurer sa température à 40 ° C. -Nous avons mesuré la viscosité avec un viscosimètre

3.6.2 La viscosité dynamique

Cette technique à 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.
- Éprouvette 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. - Arrêter le chronomètre à l'instant où la bille atteint le fond du 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 on utilisant la relation suivante : Viscosité= (2*(densité de la bille – densité de l'huile)*g *r^ 2) / (9*V) Où : Densité de l'huile et la bille : en g/cm3

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

g : L'accélération due à la gravité, g= 9.81cm/ s^2

r : le rayon de la bille en cm

3.7 La teneur en eau :

3.7.1 Principe :

La teneur en eau est déterminée sur une partie de 1 g d'échantillon de huile dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve réglée à une température de 103 ± 2 °C,jusqu'à l'obtention d'un poids constant.[15]

3.7.2 Objectif :

Pour déterminer le taux de l'humidité des huiles.

3.7.3 Mode opératoire :

Sécher des creusets en porcelaine vides à l'étuve pendant 15 mn à 105°c puis tarer les creusets après refroidissement dans un déssiccateur, puis peser dans chaque creusets 1 g d'échantillon et les placer dans l'étuve réglée à 103 ± 2 °C pendant 3 heures. Retirer de l'étuve, et les placer dans le dessiccateur, après refroidissement les creusets sont peser.
L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).

3.8 L'indice de réfraction :

3.8.1 Principe :

L'indice de réfraction est défini par le rapport des vitesses de transmission d'une radiation lumineuse dans le vide et dans un milieu transparent considéré. C'est un nombre sans dimension, caractéristique d'un milieu donnée.
Dans un milieu différent du vide, la vitesse d'une radiation lumineuse dépend de sa longueur d'onde et de température. Pour cette raison, les mesures d'indice de réfraction sont généralement faites pour la raie D du sodium à 20 C, l'indice de réfraction est alors noté nD20 .

L'indice de réfraction varie de l'ordre 1.35 à 1.60 pour les hydrocarbures ; celui des hydrocarbures aromatiques est supérieur à celui des naphténiques, lui-même supérieur à celui des paraffiniques. Les lubrifiants ont un indice de réfraction de l'ordre de 1.470 à 1.550. Il est d'autant plus élevé que la masse moléculaire moyenne et la densité de l'huile sont élevées.

3.8.2 Mode opératoire :

La mesure de l'indice de réfraction peut se faire avec différents appareillages ; le plus simple est le réfractomètre d'Abbe, qui est basé sur l'angle limite de réfraction (bien connu en optique géométrique). Il existe aussi d'autre méthode de mesure : la norme NF T 60-212, la méthode ASTM D 1218, la norme NF V 04-313, la méthode ASTM D 1747.[16]

3.9 Régénération par acide :

3.9.1 La filtration :

La filtration est une technique de séparation qui permet de séparer un constituant solide mélangé à un constituant liquide. Elle n'est donc utile que pour les mélanges hétérogènes liquide/solide. On peut utiliser la filtration pour récupérer un solide et se débarrasser du liquide.

Objectif :

Le but de ce procédé est de filtrer les huiles usagées afin d'éliminer la matière solide et les impuretés, tel que les copeaux métalliques, sable, poussière, particules et microimpuretés.[17]

La technique :

L'huile subit une filtration pour éliminer les impuretés telles que les copeaux métalliques, sable, poussière, particules et micro-impuretés, cela est réalisé à l'aide d'un Buchner contenait d'un papier filtre, ensuite une pompe à vide pour absorber l'air et accélérer le processus de filtration de l'huile usée.

3.9.2 traitement par acide sulfurique :

Méthode :

- remplir un becher de 500ml de 400ml d'huile moteur usée - ensuite dans un becher de 50ml on remplir 40ml d'acide sulfurique concentré à 98% - on place l'huile moteur usée mesurée en plaque chauffante du régulateur a été allumé - on chauffant l'huile atteigne la température 45°C - a cette température, l'acide sulfurique a été introduit dans l'huile simultanément avec une agitation du mélange pendant 45min

3.9.3 décantation :

après le traitement,le mélange est laissé reposer pendant 48 Heures dans une ampoule à décanter.On constate la formation de deux phases,l'huile pré-traité en haut , la boue en bas. Après décantation, la boue est retirée du bas de l'ampoule pour être quantifié .[18]

3.9.4 Neutralisation :

- remplir un becher de 500 ml avec l'huile pré traitée restent - ensuite dans un becher de 50 ml , on préparé un volume de 33ml de solution NA OH à 10% avec agitation pendant 30 min.[18]

3.9.5 Décantation :

-Après la neutralisation , le mélange est laissé reposer pendant 24 heure dans une ampoule à décanter. -ouvert le robinet retire la phase alcaline formée à partie inférieure de l'ampoule .

3.9.6 Lavage avec l'eau distillée chaude :

[19]

Objectif :

Pour éliminer les résidus de l'acide sulfurique et le NaOH pour confirmer l'absence de réactif, on fait procédé au lavage par l'eau chaude.

Méthode :

On lave l'huile avec 15ml d'eau chaude 03 fois, et chaque fois nous laissons le mélange décanté pendant 10 min avant l'enlevée la couche inférieure.

3.9.7 Filtration :

l'huile de sédiment a été finalement filtrée en utilisant une toile filtrante et le filtrat a été recueilli dans un flacon de filtration et on a observé qu'il était clair alors que le résidu (le gâteau de filtration) était jeté.[18]



FIGURE 3.1 – un pycnomètre

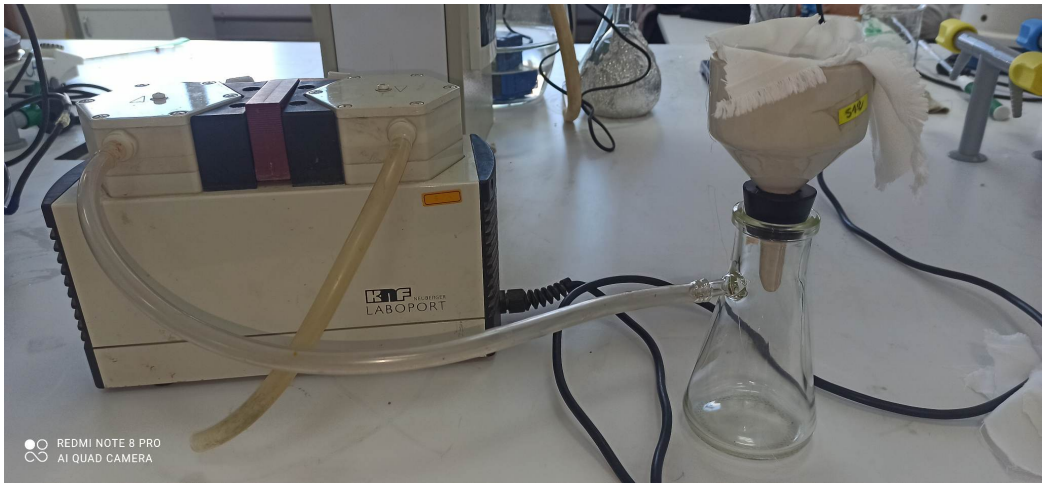


FIGURE 3.2 – filtration sous vide



FIGURE 3.3 – un réfractomètre



FIGURE 3.4 – Plaque chauffante



FIGURE 3.5 – les huiles après l'ajout de l'acide



FIGURE 3.6 – décantation des huiles après l'acide

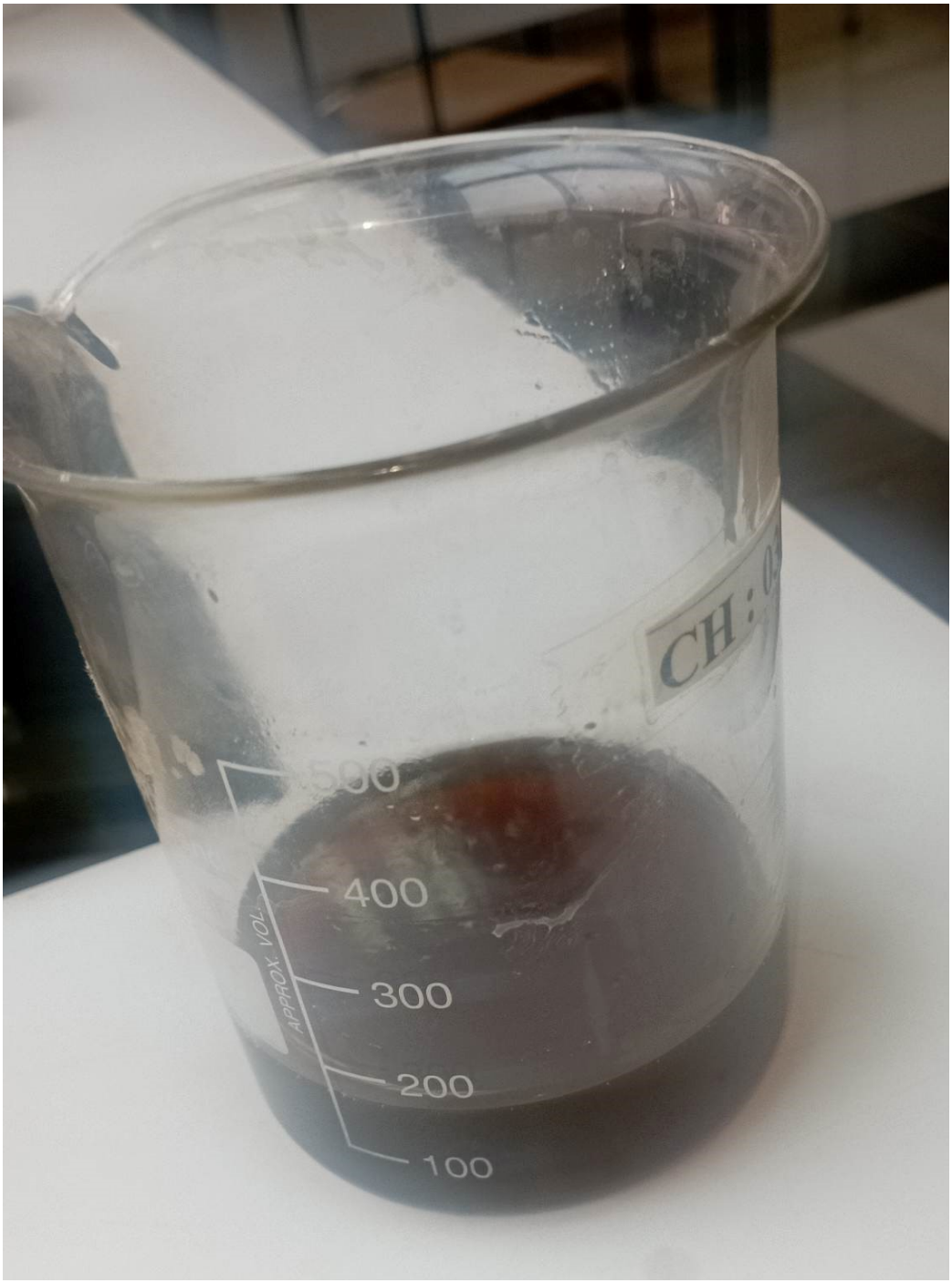


FIGURE 3.7 – L'huile de gaz après le traitement

Chapitre 4

Résultats et discussion :

4.1 Introduction :

Après avoir régénérée l'huile usée et effectuée les différentes analyses ,nous avons procédé à l'étude des résultats trouvés.Dans les tableaux ,sont regroupés les résultats des différents tests réalisés.

4.2 Résultats des analyses :

les principales caractéristiques de l'huile neuve ,usée,traité ,déterminés selon les normes ASTM sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.

TABLE 4.1 – Teneur en eau des différentes huiles

huile	**teneur**
neuve	0,1
usée gaz	0,45
usée essence	0,48
traitée gaz	0,24
traitée essence	0,29

le tableau 4.1 ci dessus représente la teneur en eau pour les différentes huiles en pourcentage .

TABLE 4.2 – La densité des différentes huiles

huile	**densité**
neuve	0,859
usée gaz	0,883
usée essence	0,881
traitée gaz	0,872
traitée essence	0,868

le tableau 4.2 montre le changement de la densité des différentes huiles de moteurs qu'on a analysé.

le tableau 4.3 ci dessous représente la viscosité des différentes huiles de moteurs mesuré en Pa.s .

TABLE 4.3 – La viscosité des différentes huiles

huile	**viscosité**
neuve	0,267
usée gaz	0,084
usée essence	0,105
traitée gaz	0,125
traitée essence	0,198

TABLE 4.4 – L'indice de réfraction des différentes huiles

huile	**indice de réf**
neuve	1,621
usée gaz	1,591
usée essence	1,602
traitée gaz	1,611
traitée essence	1,619

le tableau 4.4 montre l'indice de réfraction des huiles de moteurs .

4.3 Densité :

La densité de l'huile de lubrification usagée est inférieure à celle de l'huile neuve. Les résultats pour l'huile lubrifiante neuve 0,859,pour essence usée 0,881, pour gaz usée 0,883.

À travers cette figure, on constate que la densité d'huile dans un moteur en utilisant de l'essence est faible par rapport à la densité de l'huile dans un moteur en utilisant de gasoil.

La densité de l'huile après le traitement acide est inférieure à celle de l'huile usagée en raison du traitement à l'acide qui élimine les acides carboxylases, les sulfonâtes et les acides gras.[20]

4.4 La viscosité :

D'après les résultats, On observe une diminution de la viscosité cinématique de l'huile usagée, cela est dû à la contamination sous forme de boues de l'huile usagée. En général, l'huile est considérée comme inapte au service, si la viscosité originale augmente ou diminue considérablement.

La diminution de la viscosité peut être causée par dilution de l'huile avec du carburant léger. Le résultat de l'essai de viscosité montre que l'huile usagée a perdue plus de sa viscosité en raison de la contamination. Cependant, le traitement a restauré à l'huile sa viscosité d'origine. [21]

4.5 teneur en eau :

D'après les résultats regroupés dans le Tableau 4.1, les valeurs de la teneur en eau et sédiments de L'huile neuve, l'huile traitée et l'huile usée sont des quantités acceptable,l'huile usée contient un pourcentage volumique un peu élevé que l'huile neuve et l'huile traité. La teneur en eau de l'huile parait être l'un des paramètres les plus importants à prendre en considération. Une concentration élevée d'eau dans un lubrifiant peut causer la détérioration à la fois de la performance de graissage et le pouvoir anticorrosif de l'huile. Ainsi, une usure excessive et un endommagement des surfaces métalliques peuvent être le résultat d'une huile contaminée par l'eau. Il est impératif de procéder efficacement à l'élimination de la teneur en eau dans une huile destinée à lubrifier des moteurs et surfaces métalliques .[22]

4.6 indice de réfraction :

D'après le tableau 4.4 l'indice de réfraction, de l'huile neuve(1,621) est proche de celui de l'huile essence traitée (1,619) et de l'huile gaz traité (1,611) mais celui de l'huile usagée essence et gaz est un peu loin de la valeur de l'huile neuve (1,602)(1,591).

Cette évolution est due à la présence d'additifs tels que des polymères, des composés organiques polaires, des composés organiques, différents métaux, des copolymères, des copolymères d'oléfines et des copolymères de styrène et de diène hydrogéné .

Ces composants augmentent la masse moléculaire de l'huile de base et par conséquent son indice de réfraction.[20]

4.7 *conclusion générale*

Les huiles lubrifiantes ont pour fonction de réduire la friction entre les pièces mobiles. Cette étude nous a permis de connaître et de découvrir les véritables conséquences du noircissement et de la dégradation de l'huile moteur, et nous a également fait savoir que les lubrifiants sont de loin les plus utilisés, tant dans les applications automobiles qu'industrielles.

Le but de cette étude était d'étudier la possibilité de traiter l'huile moteur avec de l'acide sulfurique concentré à 98 %. Les résultats ont montré que ce procédé est efficace et aboutit à une huile répondant aux normes d'utilisation comme lubrifiant.

La méthode de traitement utilisée permet d'éliminer efficacement les impuretés de l'huile de lubrification usagée et d'obtenir une huile traitée aux propriétés proches de celles de l'huile neuve. De manière générale, au vu des pourcentages de résultats obtenus, la méthode de traitement à l'acide s'avère très efficace.

Les résultats obtenus nous montrent que notre huile est un bon lubrifiant car ils sont dans les normes et aussi la viscosité qui est la caractéristique la plus importante pour les huiles lubrifiantes nous dit que notre huile est visqueuse et peut faire plus.

L'huile moteur se détériore en fonction de l'usage auquel elle est destinée et, selon nos résultats, la principale cause de cette détérioration est la dilution par les carburants, qui peuvent avoir les mêmes propriétés que l'huile (Gaz ou essence), soit parce que l'eau empêche le carburant de brûler, soit car l'eau empêche la La combustion du combustible empêche le cisaillement mécanique.

Les huiles moteur qui noircissent sous l'influence de divers facteurs sont toujours un problème lorsqu'elles sont jetées. Ils sont considérés comme des déchets très dangereux pour l'environnement et la santé humaine.

En Algérie, il est important de recycler les huiles usagées car c'est bon pour l'environnement et aide l'économie du pays en produisant plus de pétrole. Cela aide également à empêcher les déchets dangereux de nuire aux personnes et à la planète.

Bibliographie

[1] Laib,I.Etude de la stabilité à l'oxydation des huiles lubrifiants Algériennes(pour moteur à essence).Mémoire de magister. Boumerdes : Université de Boumerdes.(2010).

[2] Bououdina, M.Les huiles usagées en Algérie(produire plus propre).Centre National des Technologies de Production.plus Propre (CNTPP).(2010).

[3] IZZA.H,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,2017

[4] MOHELLEBIL.F, BOUVHEKHOL.A, HARBIL.N, HADJOUL.N et C. E. Chitour1, Étude de la purification d'huiles usagées de type «moteur» au moyen d'une argile montmorillonitique, Oil Gas Science and Technology Ð Rev. IFP, Vol. 54 (1999), No. 3, pp. 403 418Copyright © 1999, .ditions Technip, (1999)

[5] La Rédaction,Lubrifiant : définition, traduction,Publié le 02 juillet 2019 à 15 :00. https ://www.largus.fr/dictionnaire/entretien/lubrifiant-9864410.html

[6] M. Chorfi Sofiane, Généralité sur les lubrifiants,cours ,université de constantine, (2020)

[7] Castrol (Switzerland)AG,ABC du graissage,structure,utilisation et propriétés des lubrifiants www.hd19.net/technique/hydraulique/ABC_du_graissage.pdf

[8] Schilling, Alphonse. Les huiles pour moteurs et le graissage des moteurs. France, Editions Technip, 1975.

[9] KOPELIOVICH.D, classification of lubricants, SubsTech, 2012

[10] https ://www.mcours.net/cours/pdf/electro/Graissagelubrification$_0$00.*pdfEVANS.JCommentl*
elle, *www.wearcheck.com*, 03/2016

[11] J.L.Ligier, Lubrification des palier moteur. Paris : Technip, 1997

[12] BOUKHERROUBA, S. étude, caractérisation et mise au point d'un combustible Innovant à base des huiles de vidange. Boumerdes : Université M'hamed Bougara de Boumerdes. (2011).

[13] Makaoui Dhia Eddine Cheggouri Asma,Caractérisation d'une huile de moteur à allumage commandée et étude de sa dégradation, Thèse :MASTER ACADEMIQUE Université d'El Oued 2019/2020.

[14] https ://linkilab.fr/portfolio/viscosimetre-a-rotation

[15] Khanin. G, Extraction et caractérisation physico-chimique et biologique del'huile du noyau de datte : essai d'incorporation dans une margarine de table. Béjaia : Université Abderrahmane MIRA de Béjaia 2012.

[16] DENIS.J, BRIANT.J, HIPEAUX.J-C, Physico-chimie des lubrifiants : analyses et essais, p322 editions technip Paris 1997.

[17] Ademe,Recyclage et valorisation énergétique des huiles usagées,2000 .

[18] Bouzidani djamel, abadi mohamed amine, Rgénération des huiles de moteur usagée par traitement de l'acide ,thèse de master,2017 2018

[19] RABHI Zeyneb,MAMOUNI Khadidja,Etude de la possibilité du régénération des huiles moteur usagées par processus de traitement a l'acide,2019.

[20] Kebbache Namira Attia Roumaissa, Les huiles usagées : Caractérisation et contribution à la valorisation , 2022.

[21] R. Mazouzi B. Khelidj, A. Karas † et A. Kellaci,Régénération des huiles lubrifiantes usagées par processus de traitement à l'acide , Université, Khemis-Miliana, Algeria Février 2014.

[22] F. Bouzid 1 et N. Khellaf 2 ,Régénération à l'acide sulfurique de l'huile de lubrification Repsol32 utilisée dans le compresseur de synthèse d'ammoniac,Revue des Energies Renouvelables Vol. 20 N°1 (2017) 169 - 177