



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique

Département de Chimie

Filière : Chimie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en Chimie

Option : Chimie appliquée

Par : **BEDERRI Manar**

Intitulé

Approches physico-chimiques pour
la purification des huiles moteurs usagées en vue
de la création d'une Start-Up.

Soutenu le 26/06/2023

Devant le jury composé de :

Président : Pr. Bouraada Mohamed

Examinatrice : Dr Belayachi Amel

Encadrant : Pr. Harrats Charef

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour accomplir notre travail.

Mes remerciements les plus vifs vont à mes parents et toute ma famille pour leur patience et encouragements.

Je tiens à remercier Pr. Charef HARRATS, professeur à l'Université de Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem pour ses précieux conseils et son aide au cours de la période de travail.

Mes remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Sans oublier toutes l'équipe du laboratoire de chimie en particulier M.Hmida Mohamed Gherbi; M. Touati ; M.Touatia Rahmani;

A tous les enseignants et tous mes collègues qui m'ont aidé professionnellement et moralement. Je les remercie de tout mon cœur.

Enfin, merci à toutes les personnes qui nous ont encouragé et soutenu de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail :

Aux deux êtres les plus chers au monde ; ma mère et mon père ; pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A ma sœur et mon frère pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral. A toute ma famille. Merci également à tous ceux qui un jour ou l'autre, m'ont offert leurs amitiés et des moments inoubliables.

Résumé

Le travail développé dans le cadre de ce projet de fin d'études concerne la purification des huiles lubrifiantes usagées de moteurs. Des méthodes simples de lavage et de filtration à caractère physico-chimique ont été proposées et essayées. Nous avons choisi l'approche de la réaction interrassiale entre la phase hydrophobe de l'huile et la phase hydrophile de l'eau. Cette approche tire avantage de l'immiscibilité de l'huile et de l'eau ce qui facilite la récupération sélective de l'huile naturellement.

Cette approche s'inscrit dans le but de réunir les conditions et faisabilité techniques pour créer une start-up.

Après l'avoir passée sur un aimant, qui retient les particules métalliques issues de l'usure des pièces du moteur, l'huile usagée a été filtrée sur lit de sable afin d'en éliminer les grosses particules dans la taille dépasse les dimensions de la porosité du sable. Des lavages successifs à l'eau pure, à l'eau acidifiée et à l'eau basique ont été effectués pour éliminer toutes les particules ioniques solubles dans l'eau et aussi celles qui sont de nature cationiques ou anioniques. L'huile usagée a aussi été traitée aux silicates de sodium en solution aqueuse.

Comme traitement ultime de purification l'huile a été mise en contact avec du charbon actif pour évaluer son efficacité à capturer des particules par processus d'adsorption.

Des analyses post-traitement comprenant la densité, l'indice de réfraction, la spectroscopie infra rouge et la conductivité ionique ont été effectuées pour évaluer la qualité de chaque méthode de lavage ou de traitement.

Contents

Remerciements	2
Dédicaces	3
Résumé	4
Liste des figures	7
Liste des tableaux	9
Chapitre I : Rappels bibliographiques	12
I. Généralités sur les huiles moteur et le moteur.....	1
I.1. Les huiles de lubrification	1
I.2. Origines du lubrifiant.....	1
I.3. Composition des huiles de lubrification.....	1
I.3.1 Huiles de base	2
I.3.2 Les additifs	2
I.4. Les types des huiles lubrifiantes usagées.....	5
I.4.1. Les huiles claires	6
I.4.2. Les huiles usagées noires	6
II Caractéristiques générales des huiles lubrifiantes	7
III Impacts des huiles usagées sur l'environnement	8
III. a. Impact négatif.....	9
III. b. Impact positif.....	10
IV. La dégradation des huiles de moteurs.....	10
IV. 1. Phénomène d'oxydation.....	10
IV. 2. Phénomène de rouille et de corrosion	11
IV. 3. La contamination des huiles de moteurs usagées.....	11
V Possibilité de récupération des huiles usagées	11
Chapitre II : Méthodes de traitement de l'huile usagée de moteur.....	12
Introduction	13
Matériels.....	13
I. Sédimentation.....	13
II. Séparation d'huile	14
III. Filtration d'huile.....	15
IV. Distillation du carburant	15
V. Régénération par acide	16
V. 1. La filtration	16
V. 2 . Traitement par l'acide sulfurique	17
V. 3. Traitement au gypse	18

V. 4. Neutralisation	19
V. 5. Lavage avec l'eau distillée chaude	20
V. 6. Centrifugation	20
VI. Filtration sur sable.....	23
VIII. Lavage à l'eau distillée	28
IX . Adsorption sur charbon actif	29
Chapitre III : Résultats et discussions.....	30
I. Les analyses physico-chimiques	31
I. A. La densité.....	31
I. B. Indice de réfraction	31
I. C. La spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier (IRTF) :.....	32
II. 1. La mesure de la densité	33
II. 2. La mesure de l'indice de réfraction.....	34
II. 3. Effet du traitement au charbon actif sur l'indice de réfraction de l'huile	35
II. 4. Effet du traitement aux silicates de sodium sur l'indice de réfraction.....	36
II. 5. Effet du traitement sur la conductivité	37
II.6. Analyse FTIR des différentes huiles	38
Conclusion Générale.....	44
Références	45

Liste des figures

Figure I.1 : La composition générale d'une huile.....	12
Figure I.2 : Les additifs couramment utilisés.....	14
Figure I.3 : Futs de l'huile usagée.....	17
Figure I.4 : L'impact des huiles usagées sur l'environnement.....	25
Figure II.1 : Centrifugation de l'huile usagée.....	31
Figure II.2 : Filtration de l'huile usagée.....	32
Figure II.3 : Distillation de l'huile usagée.....	33
Figure II.4 : Filtration de l'huile usagée.....	34
Figure II.5 : Décantation après traitement à l'acide de l'huile usagée	36
Figure II.6 : Mesure de gypse ajouté.....	37
Figure II.7 : Mesure de masse d'huile.....	37
Figure II.8 : Blanchiment au gypse.....	37
Figure II.9 : Décantation après la neutralisation.....	38
Figure II.10 : Lavage par l'eau chaude.....	39
Figure II.11 : Centrifugation des huiles usagées.....	40
FigureII.12 : Huile après centrifugation.....	40
Figure II.13 : Huile traitée.....	41
Figure II.14 : Filtration de l'huile usagée sur Sable.....	42
Figure II.15 : Solution de silicate de sodium R 2,1 avec l'huile.....	46
Figure II.16 : Solution de silicate de sodium R 2,4 avec l'huile.....	46
Figure II.17 : Solution de silicate de sodiumR3,1 avec l'huile.....	46
Figure II.18 : Séparation de l'huile de la phase aqueuse.....	47
Figure II.19 : Décantation après lavage avec de l'eau distillée.....	48
Figure II.20 : Adsorption sur charbon actif sous agitation.....	49

Figure III.1 : Réfractomètre de type (Abbe).....	52
Figure III.3 : Effet du traitement sur la densité.....	56
Figure III. 4 : Effet du traitement sur l'indice de réfraction.....	58
Figure III.5 : Effet du charbon actif sur l'indice de réfraction.....	59
Figure III.6 : Comparaison entre l'indice de réfraction pour les solutions de silicate de sodium après avoir traité l'huile.....	60
Figure III.7 : Comparaison de la conductivité pour des solutions de silicate de sodium.....	61
Figure III.8 : Spectre IR d'huile neuve.....	62
FigureIII.9 : Spectre IR d'huile usagée.....	62
FigureIII.10 : Spectre IR d'huile filtrée avec du sable.....	63
FigureIII.11 : Comparaison des spectres IR des huiles.....	63
Figure III.12 : Huile traité epar une solution de silicate de sodium(R2,1).....	66
Figure III.13 : Huile traitée par une solution de silicate de sodium(R2,4).....	66
Figure III.14 : Huile traitée par une solution de silicate de sodium(R3,1).....	67
FigureIII.15 : Comparaison des spectres IR des huiles traitées par des solutions de silicate de sodium.....	67

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Huiles générant des huiles usagées claires.....	20
Tableau I.2 : Huiles générant des huiles usagées noires	21
Tableau I.3 : Tableau résumant les impacts négatifs sur le milieu naturel.....	26
Tableau I.4 : Tableau résumant les impacts positifs sur le milieu naturel.....	27
Tableau II.1 : Analyse physique de silicate de sodium (R 2,1).....	45
Tableau II.2 : Composition chimique de silicate de sodium (R2,1).....	45
Tableau II.3 : Analyse physique de silicate de sodium (R 2,4).....	46
Tableau II.4 : Composition chimiques de silicate de sodium (R2,4).....	46
Tableau II.5 : Analyse physique de silicate de sodium (R 3,1).....	47
Tableau II.6 : Composition chimique de silicate de sodium (R 3,1).....	47
Tableau III.1 : L'indice de réfraction des différentes huiles.....	58
Tableau III.2 : La conductivité des différentes solutions de silicate de sodium.....	62

Introduction

Le véritable progrès industriel que l'humanité a connu au cours de ce siècle et qui a amélioré la qualité de nos vies à tous les niveaux a laissé des impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine

L'une des caractéristiques de ce progrès est la machination des procédés. Ces machines nécessitent une grande quantité de lubrifiant et d'huile pour assurer leur bon fonctionnement et prolonger leur durée de vie et limiter les frottements métal-métal mais aussi dissiper une quantité importante de chaleur.

Ces huiles se dégradent avec le temps, perdant ainsi leurs propriétés lubrifiantes et nécessitant des vidanges de renouvellement.

De grandes quantités d'huiles sont collectées et traitées par des entreprises spécialisées, tandis que d'autres quantités sont rejetées dans l'environnement sans aucun traitement. (3)

L'huile moteur usagée est souvent éliminée de façon inadéquate, risquant ainsi de nuire à l'environnement. La combustion incomplète, la mise au rebut, l'élimination directe au sol, l'écoulement par les égouts et l'épandage sur les routes sont des pratiques à éviter. (2)

Le recyclage des huiles industrielles usagées reste une activité inexploitée en Algérie car il n'y a pas d'unités dédiées à la prise en charge de ces déchets.

Selon les statistiques algériennes, les deux secteurs du transport et de l'industrie utilisent environ 180 000 tonnes d'huiles lubrifiantes annuellement, et génèrent près de 90 000 tonnes d'huiles usagées, ce qui est énorme (ministère algérien)

Parmi ces déchets, 72 000 tonnes sont de l'huile moteur (huile noire) et les 18 000 tonnes restantes sont de l'huile industrielle (huile claire). (15)

Les huiles lubrifiantes sont formulées à partir d'huiles de base dopées avec un ensemble d'additifs sélectionnés de manière appropriée pour modifier l'huile lubrifiante afin qu'elle remplisse sa fonction requise malgré les contraintes auxquelles l'huile est soumise pendant la lubrification.

L'objectif de cette recherche est centré principalement sur l'obtention d'une huile de haute qualité à partir d'une huile de lubrification usagée par des techniques de traitement et de purification, réduisant ainsi la pollution de l'environnement et aussi contribuer à la réduction de l'importation de l'huile de lubrification.

Ce travail est constitué de trois **(03)** chapitres :

- **Le premier chapitre** présente une étude bibliographique et des généralités sur le lubrifiant, où on a donné la composition et les propriétés de ces huiles.
- **Dans le deuxième chapitre** nous présentons des méthodes et des techniques de traitement de l'huile usagée.
- **Et un troisième chapitre** qui 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, le changement de la viscosité, le point d'écoulement et des analyses spectrales par Infrarouge.

Chapitre I

Rappels bibliographiques

I. Généralités sur les huiles moteur et le moteur.

I.1. Les huiles de lubrification

Les lubrifiants sont des substances servant à adoucir le frottement de deux pièces mobiles en contact. Les lubrifiants naturels peuvent être :

- Liquides ou fluides, comme les huiles organiques et minérales.
- Consistants et pâteux comme les graisses.
- Solides, comme le graphite.

Un bon lubrifiant doit présenter une consistance ou une compacité, une résistance aux acides corrosifs, une fluidité et une friction ou une résistance à la traction minimale, des points de combustion et d'inflammation élevés, ainsi qu'une absence d'oxydation et d'encrassement. (1)

Les huiles lubrifiantes sont formulées d'une huile de base minérale obtenue après traitement à partir de pétrole brut, dopées d'un ensemble d'additifs convenablement choisis pour qualifier le lubrifiant à assurer sa fonction requise malgré les contraintes.

I.2. Origines du lubrifiant

Les huiles végétales et les graisses animales étaient les principales sources d'huile lubrifiantes. Les lubrifiants sont dérivés à 100 % du pétrole ou des huiles minérales, qui sont abondantes dans la nature et peuvent être distillées et concentrées sans décomposition.

I.3. Composition des huiles de lubrification

Ce produit complexe est élaboré par un mélange d'une huile de base minérale ou synthétique, et des additifs de performance, ajoutant chacun une propriété particulière afin d'améliorer le rôle de ces huiles. Les lubrifiants sont souvent constitués d'huile de base et des additifs. (4)



FigureI.1 : Principe de composition d'une huile.

I.3.1 Huiles de base

Elles sont des produits dérivés de certaines fractions du pétrole brut ou d'autres huiles, utilisées comme produits de base pour la fabrication de lubrifiants.

I.3.2 Les additifs

Les additifs sont très nombreux ; ils présentent environ 25% de la masse totale de l'huile utilisée, chacun ayant une fonction bien définie. Leur rôle est d'améliorer les propriétés chimiques des huiles lubrifiantes, afin de prolonger la durée de vie soit du moteur soit de l'huile et pour prévenir la dégradation rapide des huiles usagées. (1)

Le rôle essentiel des additifs est de permettre au lubrifiant de s'interposer entre les surfaces des pièces mécaniques en mouvement rotatif pour diminuer les frottements et éviter l'usure.

Les additifs sont destinés à remplir l'un ou plusieurs des rôles suivants :

- Retarder l'oxydation.
- Protéger les surfaces métalliques de la corrosion et de la rouille.
- Augmenter les propriétés d'écoulement à froid.
- Améliorer la qualité des films de lubrification aux conditions de pression extrêmes.
- Maintenir la propreté de pièces motrices.
- Réduire la mousse.
- Former des émulsions huile/eau stable.

Les additifs couramment utilisés sont :

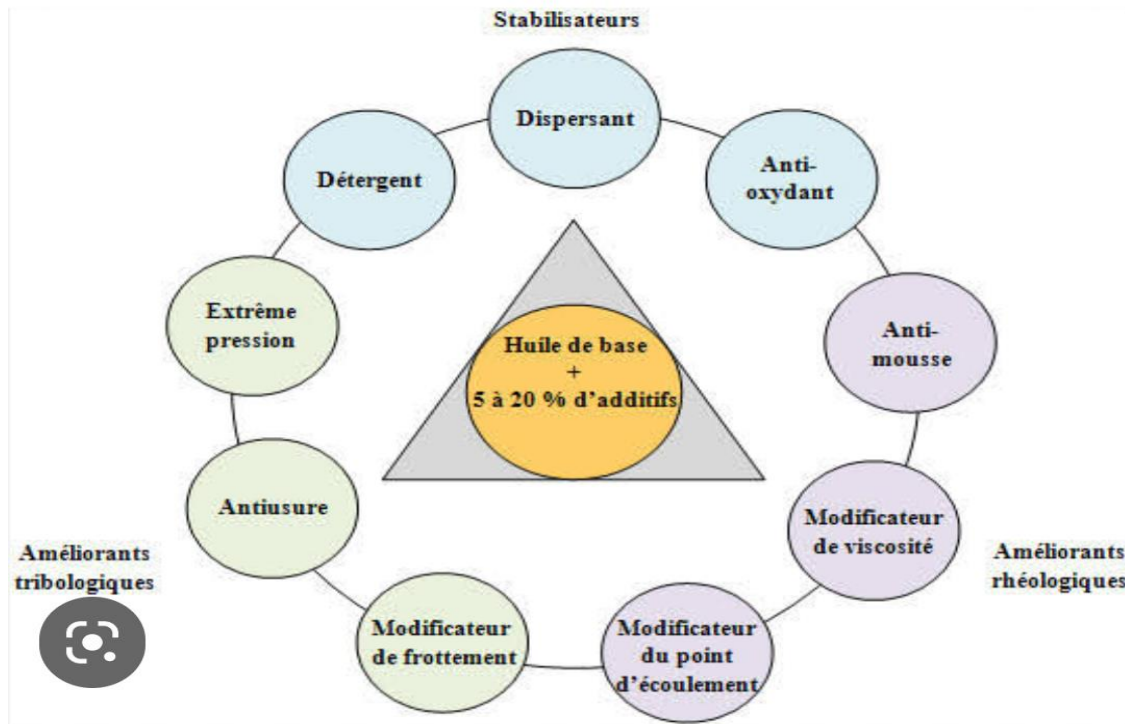


Figure I.2 : Les additifs couramment utilisés.

Les antioxydants

Les antioxydants sont de nature à diminuer ou d'empêcher l'oxydation des huiles afin de ralentir le vieillissement rapide de l'huile (5). Ils agissent de différentes façons :

- ◆ En piégeant les radicaux libres dans la chaîne moléculaire elles bloquent le processus de dégradation. Ces produits sont généralement des phényles et des amines (4).
- ◆ Par la désactivation des peroxydes formés lors des phénomènes de dégradation, ces composés sont des dithiophosphates et des dithiocarbamates.
- ◆ Par la désactivation des ions métalliques et la formation d'un film protecteur sur les surfaces afin d'éliminer l'action catalytique des métaux. Ces additifs sont généralement des phénates.

Les détergents

Les détergents sont des additifs qui ont des propriétés nettoyantes sur les surfaces solides mouillées et de maintenir le circuit de distribution. Ils ont un pH basique ou neutre pour éviter la formation de tartre à chaud sur les surfaces chaudes. Étant alcalin, ils peuvent également neutraliser les produits acides produits lors de la combustion de l'huile (4).

Les dispersants

Les dispersants sont des additifs qui ont la propriété de maintenir les particules solides en suspension dans l'huile, évitant ainsi le risque de formation de dépôts sur les pièces froides du moteur. Ils retiennent les impuretés liquides et insolubles dans l'huile, qui se produisent principalement pendant la phase de réchauffement du moteur. Les additifs empêchent l'agglomération (agglutination) des particules de poussière et empêchent la formation de boues.

Les extrêmes pressions et protecteurs contre l'usure

Le rôle des protecteurs d'usure est de réduire le frottement et l'usure entre les composants métalliques du moteur. Ils fonctionnent en formant une fine couche d'additifs entre les pièces métalliques (7).

Les antirouilles et anti-corrosions

Les antirouilles et anti-corrosions sont des additifs qui protègent les pièces métalliques et ralentissent la formation de rouille due à la corrosion humide. Ils évitent l'altération d'un matériau provenant des gaz de combustion contre la corrosion. Ils protègent les pièces métalliques nues, qui sont en contact avec des lubrifiants, de la corrosion et de la rouille. Les additifs polaires forment un film protecteur semblable à la peau sur les surfaces métalliques pour neutraliser les acides corrosifs.

Améliorants de l'indice de viscosité

Ce sont des polymères qui ont pour rôle d'améliorer la viscosité de l'huile lors de l'élévation de température dans le moteur.

Les antis mousses

Les anti-mousses sont des additifs à base de silicone de très haut poids moléculaire, solubles dans l'huile, qui empêchent la formation de bulles de liquide qui se forment à la surface des huiles lubrifiantes.

Les abaisseurs du point d'écoulement

Les abaisseurs de point d'écoulement sont des additifs qui ralentissent la formation de cristaux de paraffine à basse température, pour lui permettre un bon écoulement en les enveloppant avec ces additifs afin d'empêcher leur fusionnement lors du refroidissement.

Malgré la présence de ces nombreux additifs dans les lubrifiants destinés à lutter contre leur dégradation, on observe dans les moteurs Diesel actuels un vieillissement important du lubrifiant et une accumulation de dépôts à divers endroits du moteur.

I.4. Les types des huiles lubrifiantes usagées

L'huile moteur usagée est une huile qui s'est contaminée pendant son utilisation. Elle a perdu beaucoup de ses propriétés lubrifiantes et ne peut plus remplir correctement sa fonction.

En général, toutes les huiles qui sont utilisées dans les processus de conversion et destinées à être éliminées en raison de la perte de leurs propriétés physico-chimiques de base sont désignées par le terme « huile usagée », qui, après utilisation, devient contaminée et ne peut continuer à remplir sa fonction convenablement.



FigureI.3 : Futs des huiles usagées.

✓ On distingue deux types d'huiles usagées

I.4.1. Les huiles claires

Sont des huiles industrielles peu détériorées, et donc facile à valoriser sous forme de matière ou récupéré sous forme d'une huile de base (2). Elles proviennent des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines. Elles sont peu contaminées et chargées en général d'eau et de particules solides diverses.

Tableau I.1 : Huiles générant des huiles usagées claires (13).

Origine	Spécificité
Industrielle	<ul style="list-style-type: none">▶ Huiles pour mouvements.▶ Huiles pour turbines.▶ Huiles pour transmissions hydrauliques.▶ Huile pour isolante pour transformateurs.▶ Huiles non solubles pour le travail des métaux.
Industrielle / Automobile	<ul style="list-style-type: none">▶ Huile pour amortisseurs.

I.4.2. Les huiles usagées noires

Sont les huiles obtenues à partir d'huiles lubrifiantes automobiles, engins et machines à moteurs à combustion. Elles représentent un pourcentage important dans la totalité des huiles usagées. Elles sont obtenues par un mélange de résidus lourds qui comprennent les huiles de moteurs et certaines huiles industrielles (huiles de trempe, de laminage, de tréfilage et autres huiles entières d'usinage des métaux qui sont fortement dégradées et contaminées) (2).

Le traitement de ces huiles noires est plus difficile et complexe à cause de leur forte dégradation et la présence de divers contaminants.

Tableau I.2 : Huiles générant des huiles usagées noires (13).

Origine	Spécificité
Automobile	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Toutes huiles finies pour moteurs essences y compris les huiles dites mixtes ➤ Huiles pour moteurs Diesel dites « Tourisme » ➤ Huiles pour moteurs Diesel pour véhicules utilitaires y compris SNCF et Marine. ➤ Huiles multi fonctionnelles. ➤ Huiles pour transmissions automatiques. ➤ Huiles pour engrenages automobiles
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tous fluides caloporteurs. ➤ Huiles pour le traitement thermique. ➤ Huiles pour compresseurs frigorifiques. ➤ Huiles pour compresseurs d'air à gaz. ➤ Huiles pour engrenages industriels.
Aviation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Huiles pour moteurs d'avions.

II Caractéristiques générales des huiles lubrifiantes

Tous les lubrifiants se caractérisent par la viscosité, l'indice de viscosité, le point d'éclair, le point d'écoulement, l'indice de basicité, l'indice d'acidité, la teneur en cendres, la teneur en eau et la densité.

• La viscosité

La caractéristique la plus importante d'un fluide est sa viscosité. Elle est définie comme le rapport de la force de cisaillement et l'épaisseur des films d'huile. La viscosité se caractérise par la résistance du fluide à l'écoulement aux fortes températures (10). L'ajout de certains additifs permet d'améliorer la viscosité des lubrifiants sous haute température.

• Indice de viscosité

C'est le nombre conventionnel, qui traduit l'importance de la variation de la viscosité d'un lubrifiant issu du pétrole brut, en fonction de la température, dont il permet de juger la tenue à chaud et à froid d'un lubrifiant.

- **Point d'écoulement**

Le point d'écoulement est la température la plus basse à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle est refroidie sans agitation dans des conditions normalisées (8).

- **Point éclair**

C'est la température minimale, à laquelle les vapeurs libérées par l'huile de moteur s'enflamment spontanément en présence d'une flamme dans des conditions normalisées (11).

- **Indice de réfraction**

C'est un nombre sans dimension qui permet d'identifier des produits ou des espèces chimiques, de contrôler leur pureté. Il est défini aussi comme le résultat du rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide qui dépend de la longueur d'onde et de la température, avec la vitesse de la lumière du milieu transparent considéré.

- **La densité**

La densité d'une substance est le rapport entre la masse volumique du produit à une température donnée et la masse volumique du corps de référence qui est en générale celle de l'eau à une température standard.

- **Teneur en eau**

C'est la quantité d'eau que l'huile de moteur contient pendant le fonctionnement. Elle augmente en fonction de son usage. L'eau cause beaucoup d'inconvénients pour la lubrification du moteur, comme le vieillissement prématuré de l'huile, la formation d'émulsion, la corrosion des pièces métalliques et la perte du pouvoir visqueux (10).

- **La couleur**

La couleur des huiles moteur n'est pas artificielle. Elle change progressivement lors de l'entretien du moteur. En particulier, elle devient rapidement noire avec des résidus de brûlures métalliques.

III Impacts des huiles usagées sur l'environnement

Il est indéniable que de nombreuses industries et automobilistes rejettent de grandes quantités d'huiles usagées dans la nature comme les rivières, les canaux et en mer. Toutes ces émissions se chiffreront probablement en dizaines de millions de tonnes par an. Ils provoquent une pollution grave et dangereuse pour la santé (17).

III. a. Impact négatif

Tableau I.3 : Tableau résumant les impacts négatifs sur le milieu naturel.

MILIEU	ACTIONS	IMPACTS
Sol	<ul style="list-style-type: none"> - Rejet direct. - Pertes dues au stockage. - Accidents (réservoir Casser. ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pollution de sol, destruction de la couverture végétale. - Pollution des eaux souterraines par infiltration.
Eau	<ul style="list-style-type: none"> - Rejet direct. - Pertes dues à des stockages. - Accidents (réservoir cassé; ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'oxygénation et présente un caractère toxique de la faune et de la flore. - Pollution des eaux. - Forte réduction de l'oxygénation des boues activées en cas d'épuration Biologique.
Atmosphère	<ul style="list-style-type: none"> - Gaz d'échappement. - Fumée dégagée par la cheminée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emission de gaz polluants : CO₂, CO, SO₂, N_xO_z, ... - Dégagement de mauvaises odeurs.

Tableau I.4 : Tableau résumant les impacts positifs sur le milieu naturel.

ACTIONS	IMPACTS
<ul style="list-style-type: none"> • Récupération et traitement des huiles usagées. • Traitement des huiles usagées comme combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de mauvaises odeurs. • Dépollution. • Réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère • Source d'énergie. • Réduction des importations des huiles de base et des bitumes. • Exportation des huiles de base.

III. b. Impact positif

En général, les huiles usagées sont peu biodégradables. Ils sont moins denses que l'eau. C'est pourquoi 1 litre d'huile usagée peut couvrir de grandes surfaces d'eau et réduire l'oxydation de la flore et de la faune dans l'environnement. Par conséquent, les conséquences du rejet des huiles usagées directement dans le milieu naturel sont évidentes. Par ailleurs, si son pouvoir calorifique est estimé à environ 90 % de celui du fioul lourd, faisant ainsi du pétrole un combustible intéressant, les impacts liés à sa combustion dans des conditions difficiles peuvent également être importants, avec les terres, les rivières et les océans, en raison de leur faible biodégradabilité, entrent en contact avec l'eau, créent des films qui entravent 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 aux effets correspondants.



Figure I.4: L'impact des huiles usagées sur l'environnement.

IV. La dégradation des huiles de moteurs

IV. 1. Phénomène d'oxydation

L'oxydation se produit lorsque, pendant la phase de compression, une certaine quantité de gaz sous pression s'échappe par les canaux entre les secteurs et les chemises et pénètre dans le carter, qui contient de l'huile de lubrification à haute température. Ce gaz contient environ 20 % d'O₂, ce qui provoque l'oxydation de

l'huile avec le temps, et la présence de particules métalliques agit comme un catalyseur pour accélérer ce phénomène d'oxydation.

IV. 2. Phénomène de rouille et de corrosion

La rouille et la corrosion sont deux phénomènes qui entraînent une usure accrue, ce qui conduit à la corrosion des métaux non ferreux par l'attaque des acides organiques produits par l'oxydation de l'huile ou du carburant. Par conséquent, la rouille des métaux ferreux est causée par l'humidité qui est le résultat de l'action combinée de l'eau et de l'oxygène de l'air. La formation de rouille et la destruction de certaines particules métalliques dues à la contamination des huiles lubrifiantes provoquent leur dégradation (14).

IV. 3. La contamination des huiles de moteurs usagées

La contamination de l'huile est remarquable avec l'œil à partir du changement de couleur qui est la conséquence de la dégradation de l'huile qui s'assombrit pendant l'utilisation (12).

Les contaminants sont des produits liquides et solides indésirables qui provoquent la dégradation et la détérioration des composants du moteur ou du mécanisme lubrifié à l'huile.

V Possibilité de récupération des huiles usagées

Les huiles lubrifiantes usagées sont des produits pétroliers visqueux. Ces huiles se dégradent lors de leur utilisation sous l'influence de divers types d'impuretés. Ces huiles nécessitent une bonne gestion pour en faire des produits à valeur ajoutée qui a pour objectif (6) :

- Réduction de la quantité d'huile usagée, qui est considérée comme un déchet très dangereux pour la santé humaine et pour l'environnement.
- L'économie d'achat des huiles neuves.
- Grace à la récupération de ces huiles usagées elles auront une durée de vie plus longue.

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

- Le cout de l'opération avoir un faible taux de dispense sur les machines et les solvants chimiques utilisées.
- Avoir un bon rendement.
- Le processus ne doit pas avoir beaucoup d'inconvénients, surtout sur l'environnement. (1)

Chapitre II

Méthodes de traitement de l'huile usagée de moteur

Introduction

Dans ce chapitre nous décrirons les différents matériels et méthodes utilisés au cours de cette étude.

Matériels

Ampoule à décanter, papier filtre, Buchner, support élévateur, béccher, spatule, ballon bi colle, tube à essais, éprouvette, tuyau, Erlenmeyer avec col, thermomètre.

Appareillage

Agitateur, Hotte chimique, Balance, plaque chauffante, centrifugeuse, pompe à vide, étuve, réfrigérant

Réactifs chimiques nécessaires

Tableau II.1 : Produits chimiques utilisés.

N°	Désignation	Formule chimique	Etat physique
01	Acide sulfurique	H ₂ SO ₄	Liquide
02	Hydroxyde sodium	NaOH	Solide
03	Sulfate dihydraté de calcium	CaSO ₄	Solide
04	Silicate de sodium	Na ₂ SiO ₃	Liquide

Les méthodes physiques n'assurent que l'enlèvement des impuretés mécaniques, comme sable, poussière, particules métalliques, matière résineuse, carbènes et asphaltènes. De cette façon, la base chimique de l'huile en cours de traitement reste inchangée.

En termes pratiques, les méthodes physiques telles que la sédimentation, filtration, séparation centrifuge, distillation du combustible et de l'eau sont largement reconnus dans l'industrie d'aujourd'hui.

I. Sédimentation

La sédimentation est considérée comme la première et nécessaire étape du processus de purification. L'étape de sédimentation se déroule sur une période de quiescence de l'eau et des impuretés mécaniques qui sont dans un état suspendu.

Les particules métalliques, les substances résineuses et les matériaux d'asphalte se déposent plus facilement que les autres substances. Il faut noter que cette méthode de sédimentation ne donne pas toujours les résultats escomptés. Dans certains cas, la majorité des contaminants peuvent rester dans la phase de suspension même après des temps de

traitement prolongés. Cela se produit tout le temps lors du nettoyage des huiles de diesel et de vieilles voitures qui contiennent des additifs dispersants ou des huiles qui ont été contaminées par des additifs finement divisés.

II. Séparation d'huile

La séparation est assurée par un processus centrifuge. Les forces centrifuges exercent une influence sur les particules les plus lourdes qui ont la tendance à être attirées par les parois du récipient, formant une couche de sédiments circulaire. La deuxième couche de sédimentation est constituée d'eau alors que la troisième – de l'huile purifiée.



Figure II.1 : Centrifugation des huiles usagées.

III. Filtration d'huile

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 contenant un papier filtre et relié à une pompe à vide pour absorber l'air et accélérer le processus de filtration de l'huile.

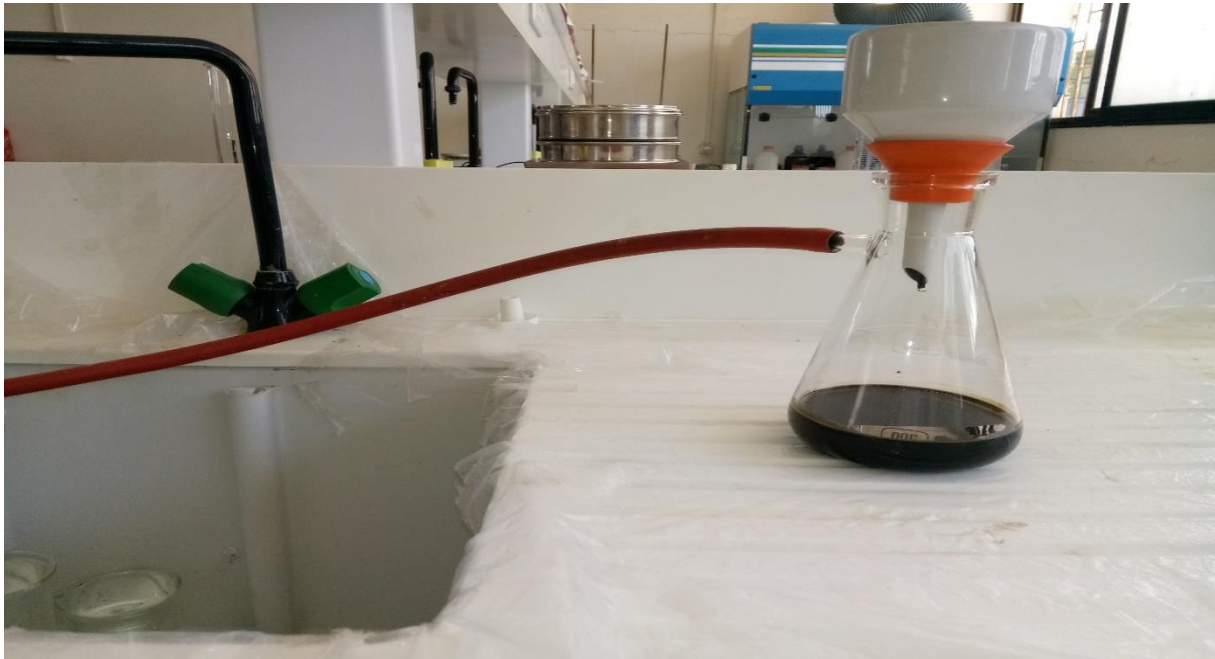


Figure II.2 : Filtration des huiles usagées.

IV. Distillation du carburant

La distillation du carburant est appliquée lors du traitement des huiles de moteurs à combustion interne. Il est impossible d'obtenir l'huile à la viscosité nécessaire et au point d'éclair requis sans la distillation du carburant. La différence entre la température d'ébullition de l'huile et du carburant est critique pour la distillation du carburant. Lorsqu'on chauffe du matériel usagée le carburant commence à s'évaporer suivi de l'huile. Lorsque les fractions d'huile commencent à s'évaporer on arrête le chauffage.

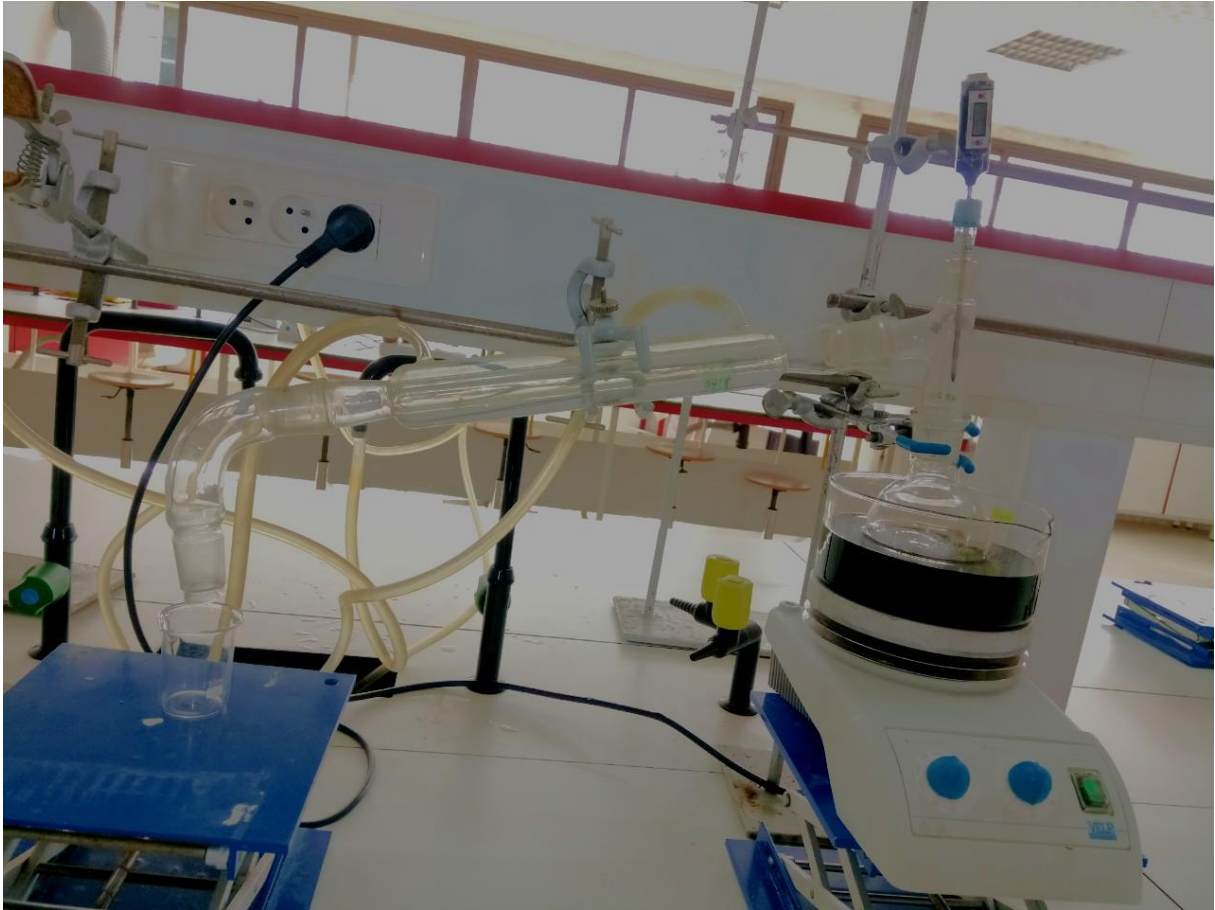


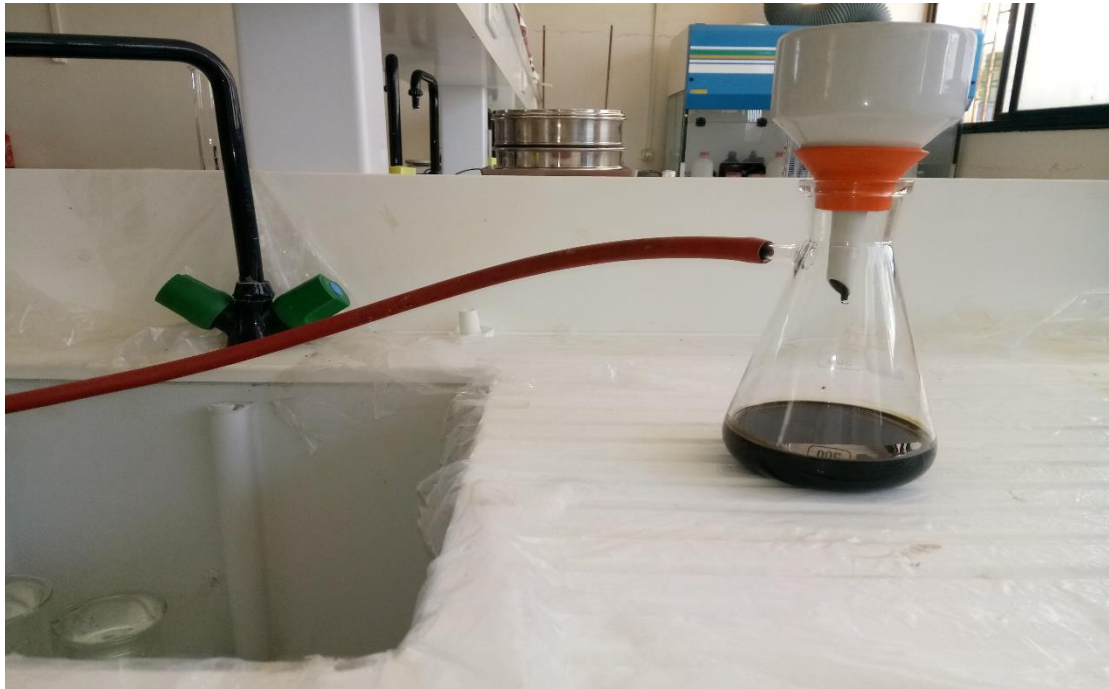
Figure II.3 : Distillation d'huile usagée.

V. Régénération par acide

V. 1. La filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide

L'huile est filtrée pour éliminer les impuretés telles que les copeaux métalliques, sable, poussière, particules et micro-impuretés. Ceci est réalisé à l'aide d'un Buchner muni d'un papier filtre est branché à une pompe à vide pour absorber l'air et accélérer le processus de filtration de l'huile usagée.



FigureII.4 : Filtration des huiles usagées.

V. 2 . Traitement par l'acide sulfurique

Traitement à l'acide sulfurique est une formation de deux phases, l'huile prétraitée en haut et la boue en bas. La boue se compose de tous les polluants qui, initialement présents dans l'huile usagée, sont entraînés dans la phase aqueuse lors de ce lavage.

Pour réaliser ces expériences, nous avons chauffé 300 ml d'huile usagée entre 40 et 50 °C sur une plaque chauffante. D'autre part on prélève 30 ml d'acide sulfurique et on le met dans une burette graduée, ce dernier va être versé progressivement dans le bécher d'huile en maintenant l'agitation pendant 10 min.

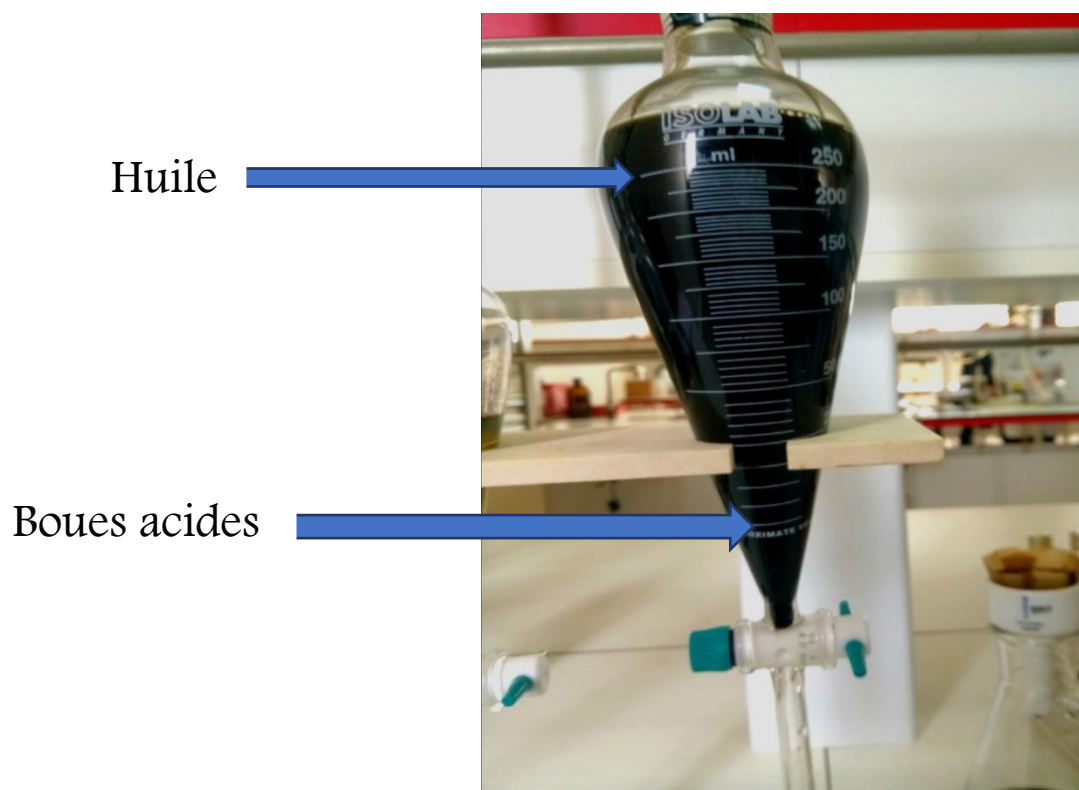


Figure II.5 : Décantation après traitement à l'acide de l'huile usagée.

V. 3. Traitement au gypse

Après la décantation, on mesure la masse d'huile récupérée puis on ajoute 9% en poids de gypse et on agite le mélange pendant 10 minutes.

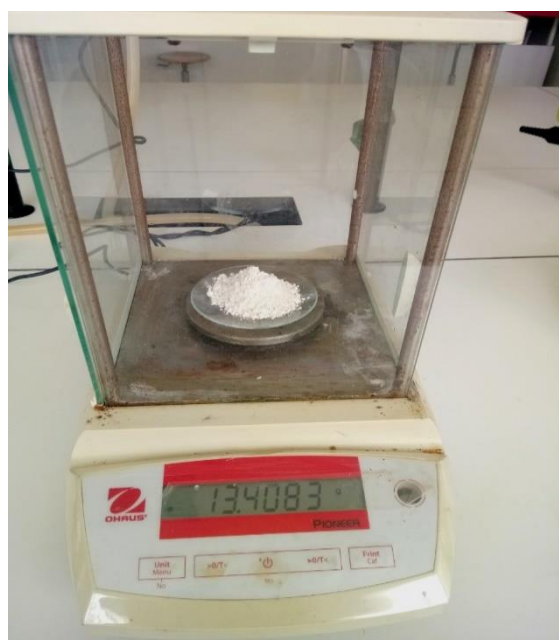


Figure II.6 : Mesure de gypse ajouté.

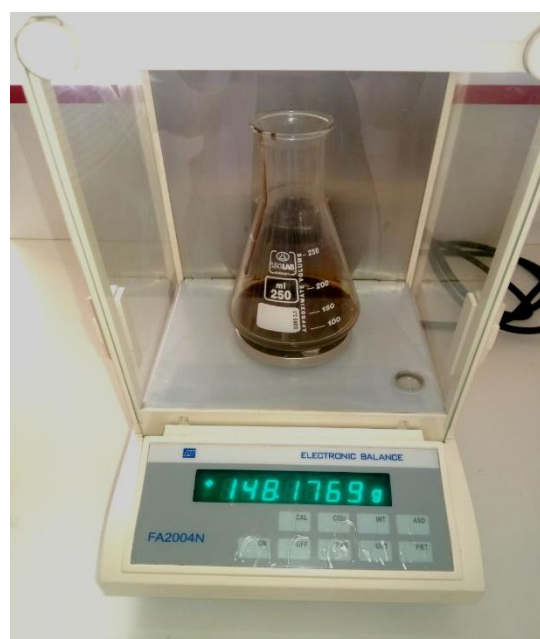


Figure II.7 : Mesure de la masse d'huile.

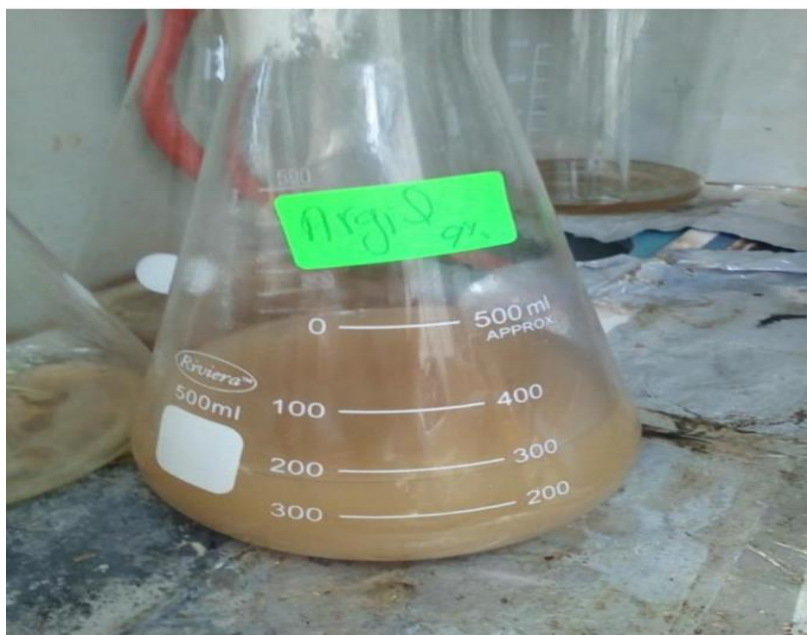


Figure II.8 : Blanchiment au gypse.

V. 4. Neutralisation

Après le traitement par l'acide sulfurique on ajoute l'hydroxyde de sodium pour la neutralisation de l'acide restant dans l'huile usagée.

Le mélange est décanté et neutralisé avec une solution de NaOH (0,1 N). Le mélange est ensuite laissé pendant 24 heures et décanté à nouveau pour récupérer l'huile.

La phase alcaline qui est formée à la partie inférieure de l'ampoule est enlevée.



Figure II.9 : Décantation après la neutralisation.

V. 5. Lavage avec l'eau distillée chaude

Pour éliminer les résidus de l'acide sulfurique et le NaOH et s'assurer de l'absence de réactifs, on procède au lavage par l'eau chaude.

On lave l'huile avec 15ml d'eau chaude 03 fois, et chaque fois on laisse le mélange décanté pendant 10 min avant de retirer la couche inférieure.



Figure II.10: Lavage par l'eau chaude.

V. 6. Centrifugation

La centrifugation est un procédé de séparation des composés d'un mélange en fonction de leur différence de densité en les soumettant à une force centrifuge. Le mélange à séparer peut-être constituer soit de deux phases liquides (émulsion), soit de particules solides en suspension dans un fluide.

Pour mieux séparé l'huile, on remplit le tube à essais pour centrifuger à 3000tr/5min, après la centrifugation on élimine la couche inférieure et on récupère l'huile traitée.



Figure II.11 : Centrifugation des huiles usagées.

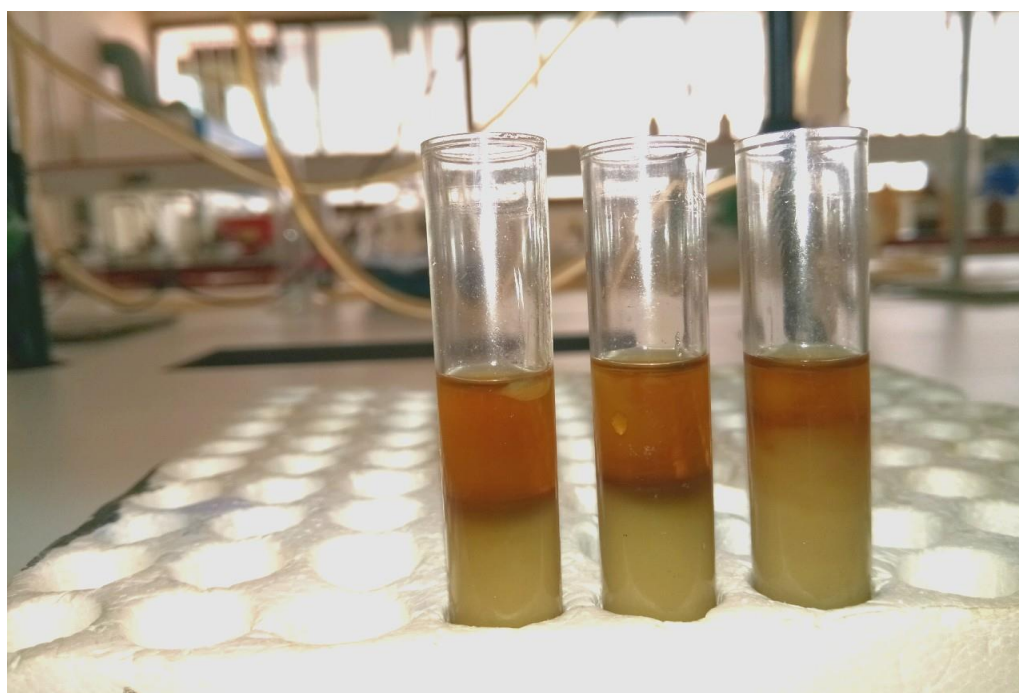


Figure II.12 : Huile après centrifugation.



FigureII.13 : Huile traitée à l'acide.

VI. Filtration sur sable

La filtration est une séparation solide / liquide qui permet d'éliminer les particules résiduelles aux traitements préalables.

La méthode consiste à faire passer l'huile contenant des matières solides par des couches de matériau inerte comme par exemple : du sable. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques.

Le sable doit être lavé, séché et tamisé.



FigureII.14 : Filtration d'huile usagée sur sable.

VII. Lavage avec des solutions de silicate de sodium

Le silicate de sodium est une substance chimique de formule Na_2SiO_3 , inodore et très soluble dans l'eau. Il est utilisé sous forme de solution visqueuse et incolore à transparente. C'est une base forte formant des solutions très alcalines et corrosives. Nous avons utilisé dans cette étude trois grades différents de silicates sur base du rapport R entre Si et Na dans le composé. Les caractéristiques des trois grades R1, R2 et R3 sont groupées dans les trois tableaux ci-dessous

Silicate de sodium solution (R=2,1)

Tableau II.1 : Caractéristiques physiques de silicate de sodium (R 2 ,1).

Couleur	Claire légèrement turbide
Odeur	Néant
Masse Volumique à 20°C	1,511

Tableau II.2 : Composition chimique de silicate de sodium (R 2 ,1).

Paramètre d'analyse	
Na_2O %	14,29
SiO_2 %	29,92
$\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ Ratio	2,01
% Concentration (TDS)	44,36
Fe (ppm)	<40
Viscosité à 20°C	>400 Cp

Silicate de sodium solution (R=2,4)

Tableau II.3 : Caractéristiques physiques des silicates de sodium (R 2,4).

Couleur	Claire légèrement turbide
Odeur	Néant
Masse Volumique à 20°C	1,493

Tableau II.4 : Composition chimique des silicates de sodium (R 2 ,4).

Paramètre d'analyse	
Na ₂ O %	12,95
SiO ₂ %	30,12
SiO ₂ / Na ₂ O Ratio	2,33
% Concentration (TDS)	43,07
Fe (ppm)	<40
Viscosité à 20°C	<200 Cp

Silicate de sodium solution (R=3,1)

Tableau II.5 : Caractéristiques physiques des silicates de sodium (R 3,1).

Couleur	Claire légèrement turbide
Odeur	Néant
Masse Volumique à 20°C	1,360

Composition chimique**Tableau II.6** : Composition chimique des silicates de sodium (R 3,1).

Paramètre d'analyse	
Na ₂ O %	8,49
SiO ₂ %	25,08
SiO ₂ / Na ₂ O Ratio	2,95
% Concentration (TDS)	33,57
Fe (ppm)	<40
Viscosité à 20°C	>200 Cp

Mode opératoire

Pour réaliser ces expériences, nous avons préparé 40 ml d'huile usagée dans un bécher. D'autre part, on prélève 100 ml de solution de silicate de sodium (R=2, R=2,4 ou R=3) qui va être versé dans le bécher d'huile en maintenant l'agitation pendant une heure ou 24 heures.

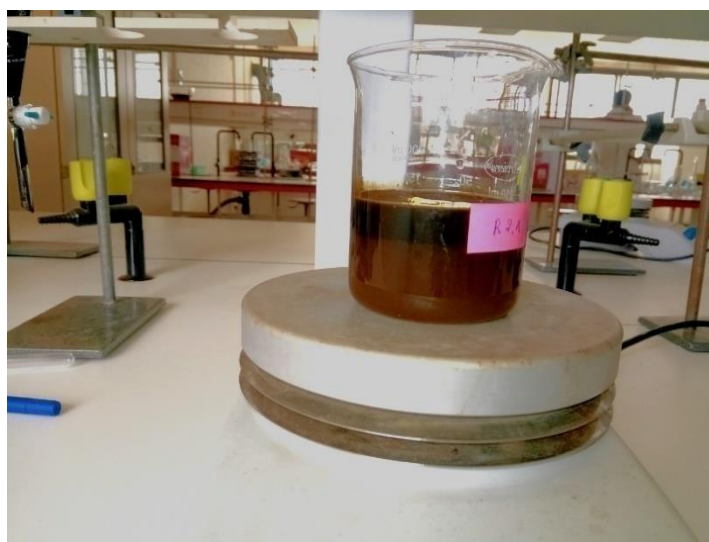
**Figure II.15** : Aspect de la solution avec les silicates de sodium R2,1.



Figure II.16: Aspect de la solution avec les silicates de sodium R 2,4.

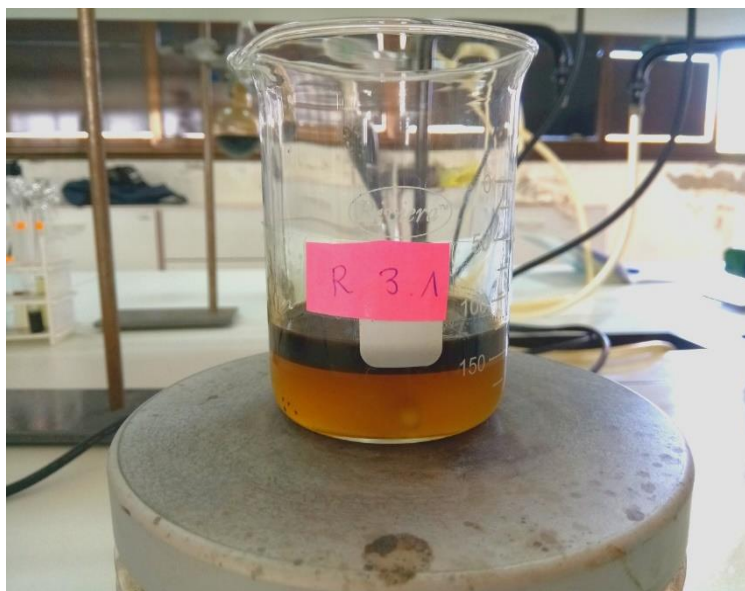


Figure II.17: Aspect de la solution avec les silicates de sodium R 3,1.

On transvase les mélanges dans des ampoules à décanter et on les laisse au repos pour bien se séparer.

Après cette période, le mélange est correctement sédimenté. Le contenu de l'ampoule est décanté est l'huile est bien séparée de la phase aqueuse.

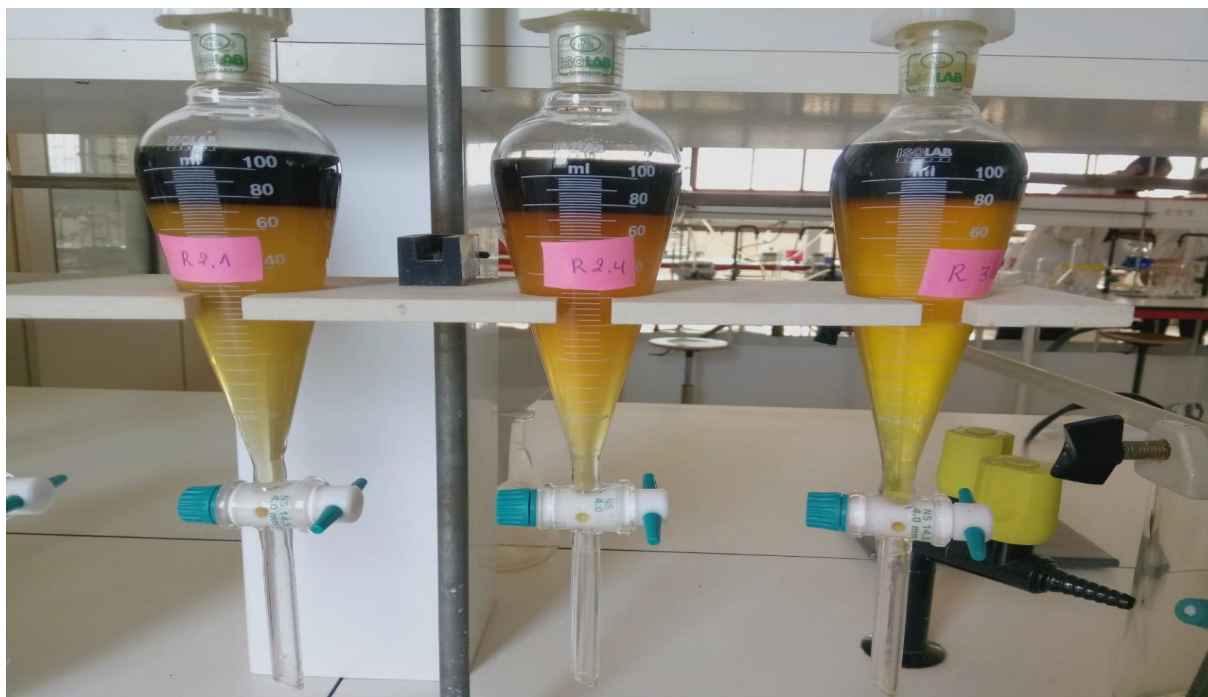


Figure II.18 : Séparation de l'huile de la phase aqueuse.

VIII. Lavage à l'eau distillée

On a effectué des lavages avec de l'eau distillée chaude et froide avec agitation soutenue pendant des périodes de temps variées.

À la fin de cette étape, on transvase le mélange huile-acide dans une ampoule à décanter et on le laisse se reposer, puis on sépare l'huile de la phase aqueuse.



Figure II.19 : Décantation après lavage à l'eau distillée.

IX . Adsorption sur charbon actif

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des molécules se fixent sur la surface de l'adsorbant par des liaisons faibles : forces de van der Waals, interactions électrostatiques, liaisons hydrogène.

Un charbon actif présente en général une surface spécifique élevée qui lui confère un fort pouvoir adsorbant.

L'huile filtré qu'on vient de récupérer va être mélangée avec 2% ,5% et 50% en poids de charbon actif. On agite pendant 1 ou 24Heures et on les laisse naturellement reposer avant filtration.



Figure II.20 : Adsorption sur charbon actif sous agitation.

Chapitre III

Résultats et discussions

I. Les analyses physico-chimiques

Les analyses effectuées sur les huiles de moteur vierge, usagée et traitées sont les suivantes :

I. A. La densité

La densité de l'huile est définie comme le rapport de la masse volumique de l'huile sur celle de l'eau ou bien le rapport de la masse d'huile sur celle de l'eau dans un volume déterminé à une température donnée.

Pour déterminer ce paramètre, on mesure le rapport entre la masse d'un volume d'huile et la masse du même volume d'une matière de référence, cette dernière étant généralement l'eau.

Le principe est basé sur la mesure de la masse, à la température demandée, d'un volume de corps gras contenu dans un pycnomètre préalablement étalonné à la même température par rapport à l'eau.

I. B. Indice de réfraction

C'est un nombre qui exprime le rapport entre la vitesse de la lumière d'une longueur spécifique dans l'air et le produit à examiner. Il est obtenu par un nombre résultant de la division du sinus de l'angle incident sur le sinus de l'angle réfléchi de la lumière passant dans l'air et le milieu à analyser. La détermination de l'indice de réfraction est un moyen de mesure de la pureté du produit.

Mode opératoire

- Allumer l'appareil.
- Nettoyer soigneusement les faces des prismes avec le papier JOSEPH.
- Déposer quelques gouttes de l'huile étudiée dans la zone du prisme inférieure.
- Rabattre doucement le prisme supérieur et observer dans l'oculaire inférieur.
- Regarder dans l'oculaire et tourner le bouton de réglage de l'indice de réfraction pour amener les zones sombres et éclairées au centre du réticule.
- Si nécessaire, ajuster les prismes compensateurs pour obtenir une ligne nette entre les deux zones.
- Noter la valeur de l'indice de réfraction d'après le point de rencontre du trait vertical avec l'échelle supérieure.



Figure III.1 : Réfractomètre de type (Abbe)

I. C. La spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier (IRTF) :

Principe :

La Spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier a été utilisée pour détecter l'apparition de groupements indiquant un phénomène d'oxydation ou toute autre réaction générant de nouveaux groupements de la chaîne hydrocarbonée.

Cette technique est utilisée pour l'étude des caractérisations des structures chimiques des molécules d'une solution. C'est une méthode physique d'analyse qualitative et quantitative basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé provoquant des vibrations caractéristiques de liaisons chimiques spécifiques. Le domaine infrarouge utilisé se situe entre 400 et 4000 cm^{-1}

Mode opératoire

La technique de la pastille KBr est probablement la plus couramment utilisée pour la préparation d'échantillons pour des analyses IR.

Dans un premier temps, l'échantillon est mélangé uniformément avec de la poudre KBr et broyé en fines particules.

Il est déposé dans un moule puis soumis à une forte pression dans une presse hydraulique. Il est ensuite extrait du moule sous la forme d'une pastille.

II. Résultat et discussions

II. 1. La mesure de la densité

Les résultats concernant la mesure de la densité illustrée par la figure III.3.

La densité de l'huile de lubrification usagée est légèrement différente d'une huile neuve et de celle d'une huile traitée. Les résultats pour l'huile lubrifiante neuve et usagée sont 0.875 et 0.895 respectivement ; et de 0,878 pour l'huile régénérée comme indiqué dans la figure III.3.

La différence dans la densité vient de la différence en poids entre les trois huiles, dont l'huile usagée contient des sédiments.

L'huile contaminée peut avoir une densité inférieure ou supérieure à celle de l'huile neuve, selon le type et la nature du contaminant. Si l'huile de lubrification utilisée a été contaminée par la combustion du carburant dans le moteur, ou a été diluée par le carburant en raison de l'humidité ou d'une contamination accidentelle par la pluie, elle aura une densité inférieure à celle de l'huile fraîche ou régénérée.

La densité est liée à l'origine du pétrole brut, à la composition chimique de l'huile de base, au procédé de traitement de ces huiles et aux additifs ajoutés

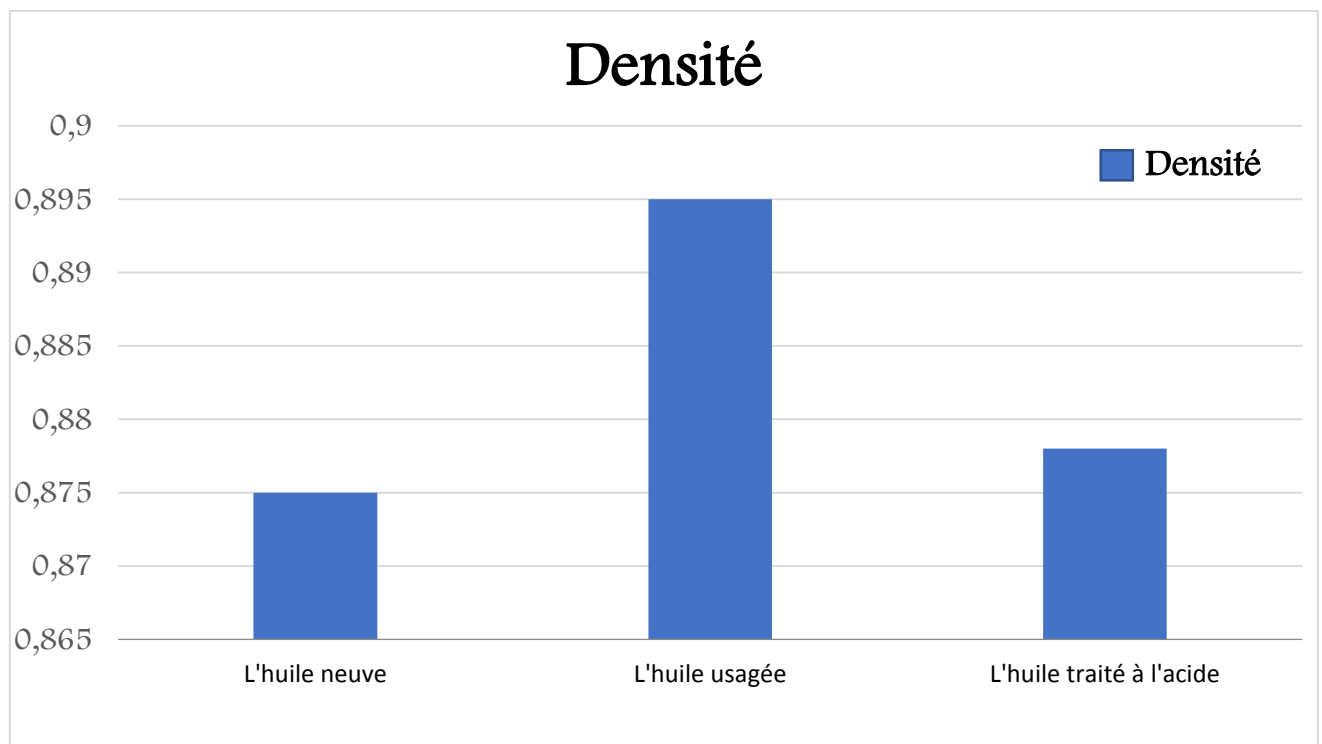


Figure III.3 : Effet du traitement à l'acide sur la densité.

II. 2. La mesure de l'indice de réfraction

Les résultats concernant la mesure de l'indice de réfraction regroupés dans le **tableau III.1** et illustrés par la figure **III.4**.

Tableau III.1 : L'indice de réfraction des différentes huiles

Etat de l'huile	Indice de réfraction
Huile vierge	1,4722
Huile usagée	1,4823
Huile traité	1,4734

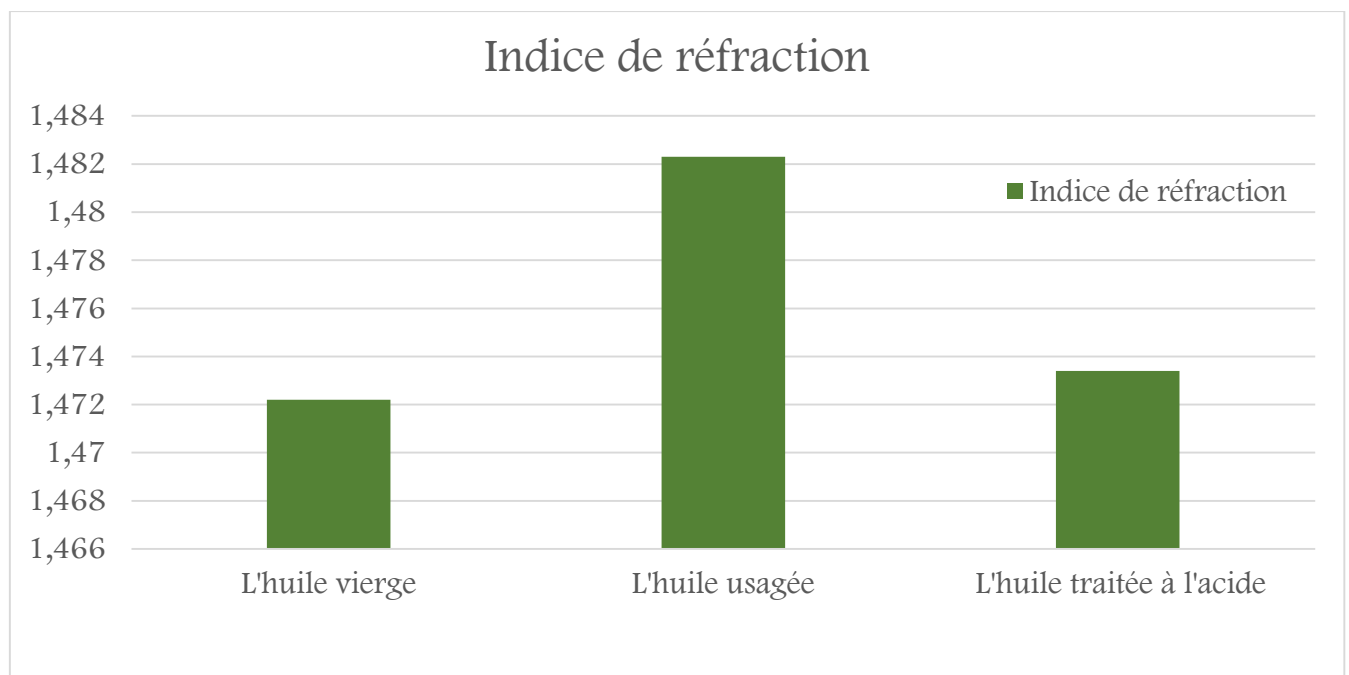


Figure III.4 : Effet du traitement à l'acide sur l'indice de réfraction.

L'indice de réfraction de l'huile a été mesuré à une température de 22 °C. Les indices de réfraction de l'huile lubrifiante neuve, de l'huile usagée et de l'huile traitée sont 1,4722, 1,4823, et 1,4734, respectivement. Il faut remarquer qu'il y a une bonne corrélation entre le degré de contamination et l'indice de réfraction. L'indice de réfraction de l'huile usagée est supérieur à celui de l'huile vierge ce qui implique une présence significative de polluants

qui altère là le chemin de la lumière. En traitant l'huile l'indice de réfraction a de nouveau diminué ce qui confirme la dépollution de cette huile.

On peut penser que la qualité de traitement est traduite par la mesure de l'indice de réfraction qui diminue quand les charges de dégradation sont éliminées.

II. 3. Effet du traitement au charbon actif sur l'indice de réfraction de l'huile

La figure III.5 illustre l'indice de réfraction de l'huile usagée traitée au charbon actif. On constate qu'on fonction de la quantité de charbon actif utilisé un traitement à 2% en poids de charbon en contact avec l'huile pendant 24 h est mieux que les deux autres pourcentages 5 et 50 % quel que soit le temps de contact laissé 1 ou 24 heures. Il est possible aussi qu'une quantité plus petite que 2 % soit suffisante pour apporter le même niveau d'élimination des contaminants ou mieux.

En d'autres termes, il y a un pourcentage critique suffisant pour adsorber toutes les particules présentes.

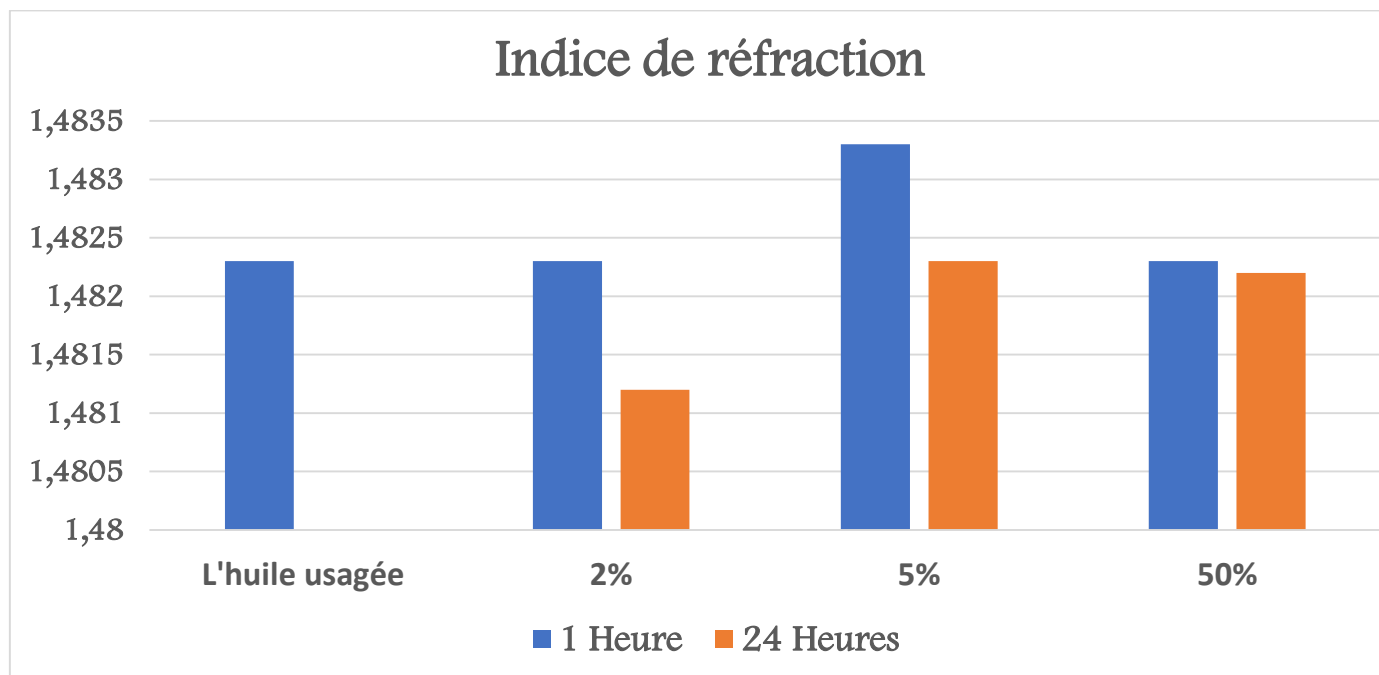


Figure III.5 :3.Effet du traitement au charbon actif sur l'indice de réfraction de l'huile

II. 4. Effet du traitement aux silicates de sodium sur l'indice de réfraction

Les résultats concernant la mesure de l'indice de réfraction pour les solutions de silicate de sodium après avoir traité l'huile sont illustrés dans la figure III.6.

L'indice de réfraction de l'huile a été mesuré à une température de 23°C. Les indices de réfraction des huiles traitées individuellement avec chacune des trois grades de silicates sont reportés sur la figure III.6. On observe que plus le rapport Si/Na est élevée plus l'effet sur l'indice de réfraction est significatif. A titre d'exemple quand le rapport R passe de 2 à 3 l'indice de réfraction chute de 1,4822 à 1,4800 ce qui n'est pas négligeable.

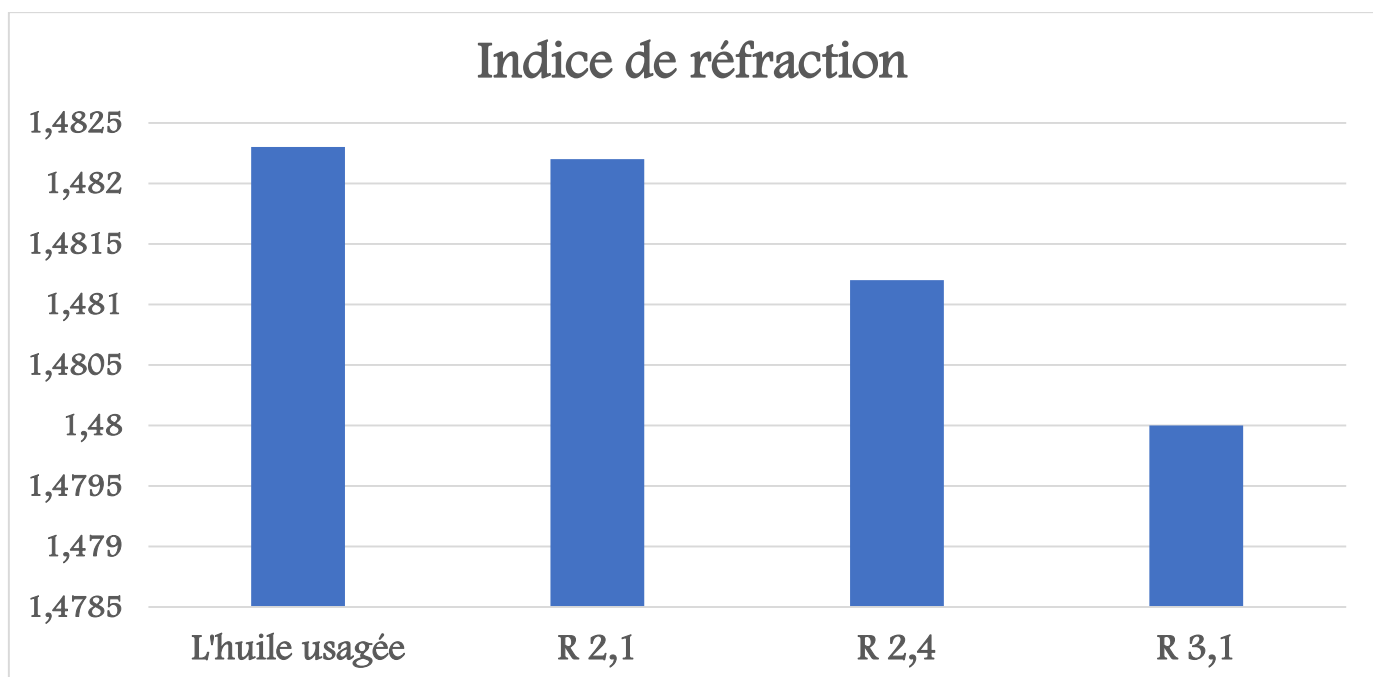


Figure III.6 : Comparaison entre l'indice de réfraction pour les huiles traitées avec des solutions de silicate de sodium.

II. 5. Effet du traitement sur la conductivité

Les conductivités des solutions aqueuses de silicate de sodium avant et après traitement de l'huile sont regroupées dans le **tableau III.2** et illustrés dans la figure **III.7** sous forme d'histogrammes.

Les résultats obtenus montrent que la conductivité augmente pour les trois différents types de solution de silicate de sodium.

Tableau III.2 : La conductivité des différentes solutions de silicate de sodium.

La conductivité (ms /cm)	Solution de Na_2SiO_3 pure	Solution de Na_2SiO_3 après avoir traité l'huile
R 2,1	70,7	81,8
R 2,4	92,4	111,1
R 3,1	135,9	171,6

Cette tendance indique clairement que le silicate de sodium a piégé des charges ioniques de l'huile usagée.

On remarque que le R 3,1 dont le rapport R (Si/Na) a capté plus de charges que R 2,1 et R 2,4.

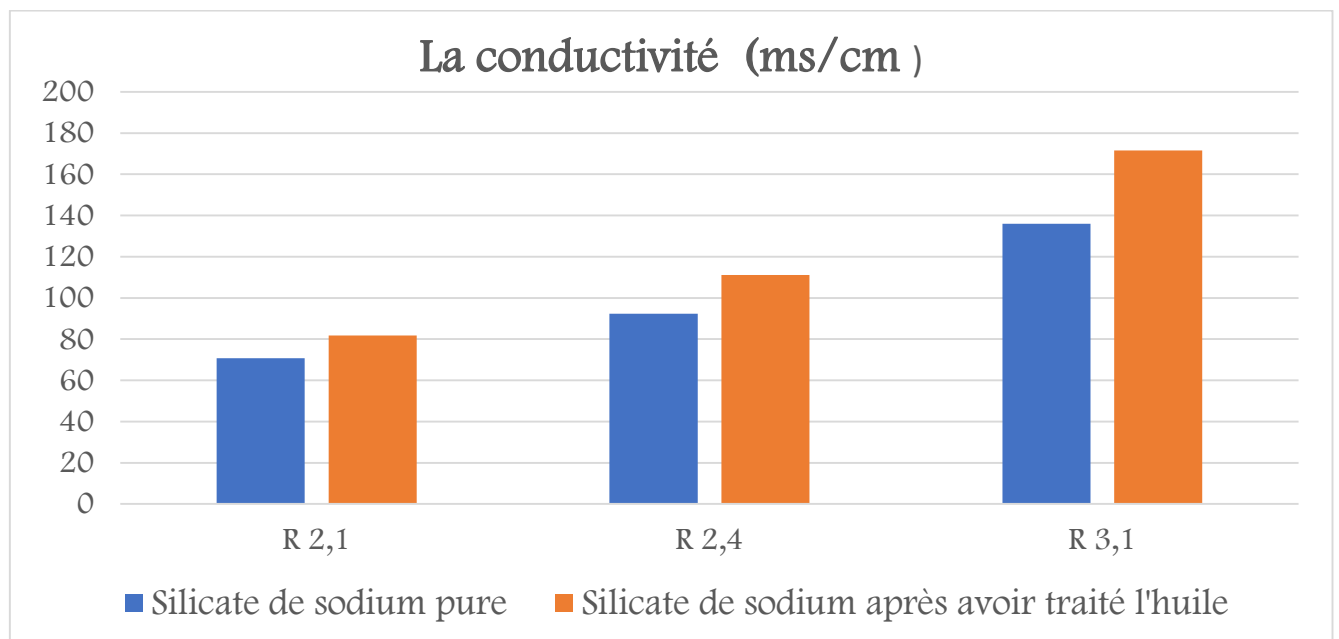


Figure III.7 : Comparaison de la conductivité des solutions de silicate de sodium.

II.6. Analyse FTIR des différentes huiles

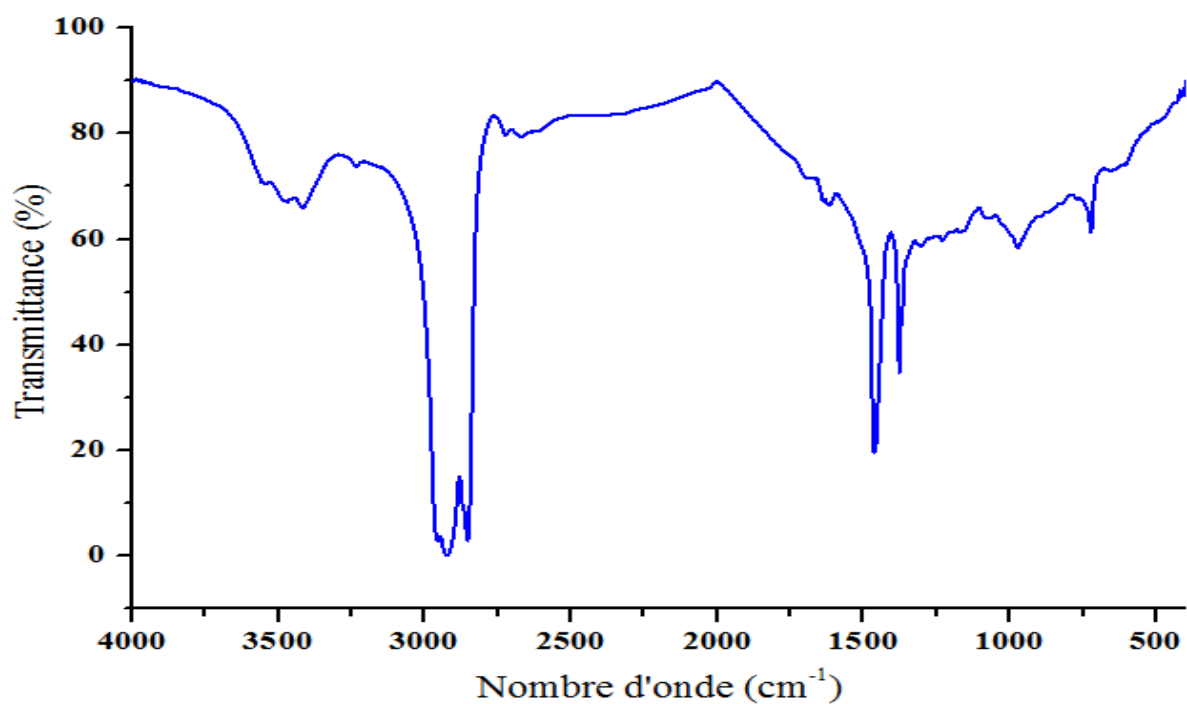


Figure III.8: Spectre IR d'huile neuve.

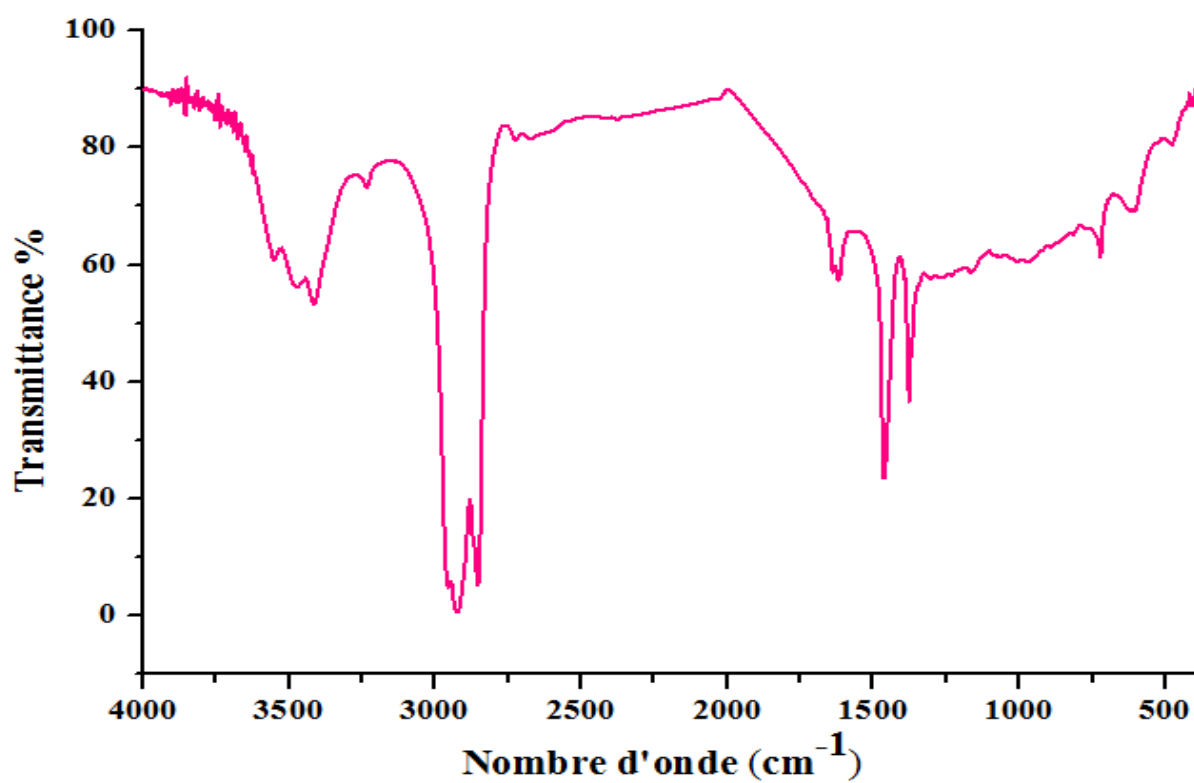


Figure III.9 : Spectre IR d'huile usagée.

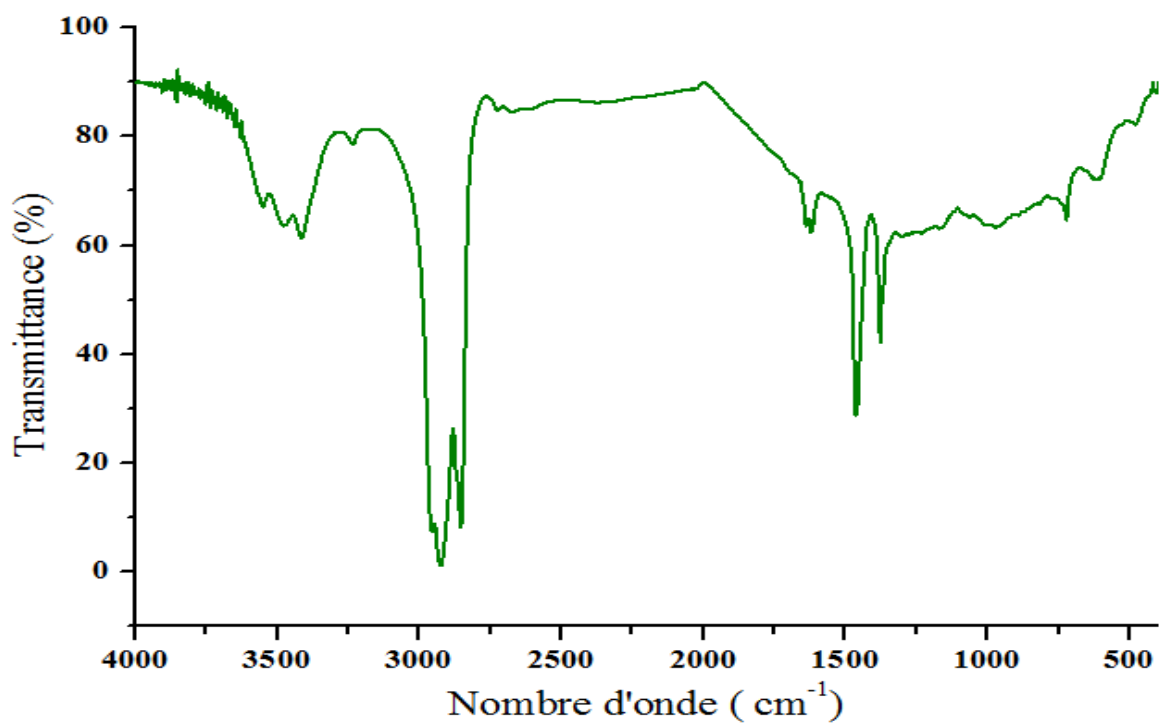


Figure III.10 : Spectre IR d'huile filtré avec du sable.

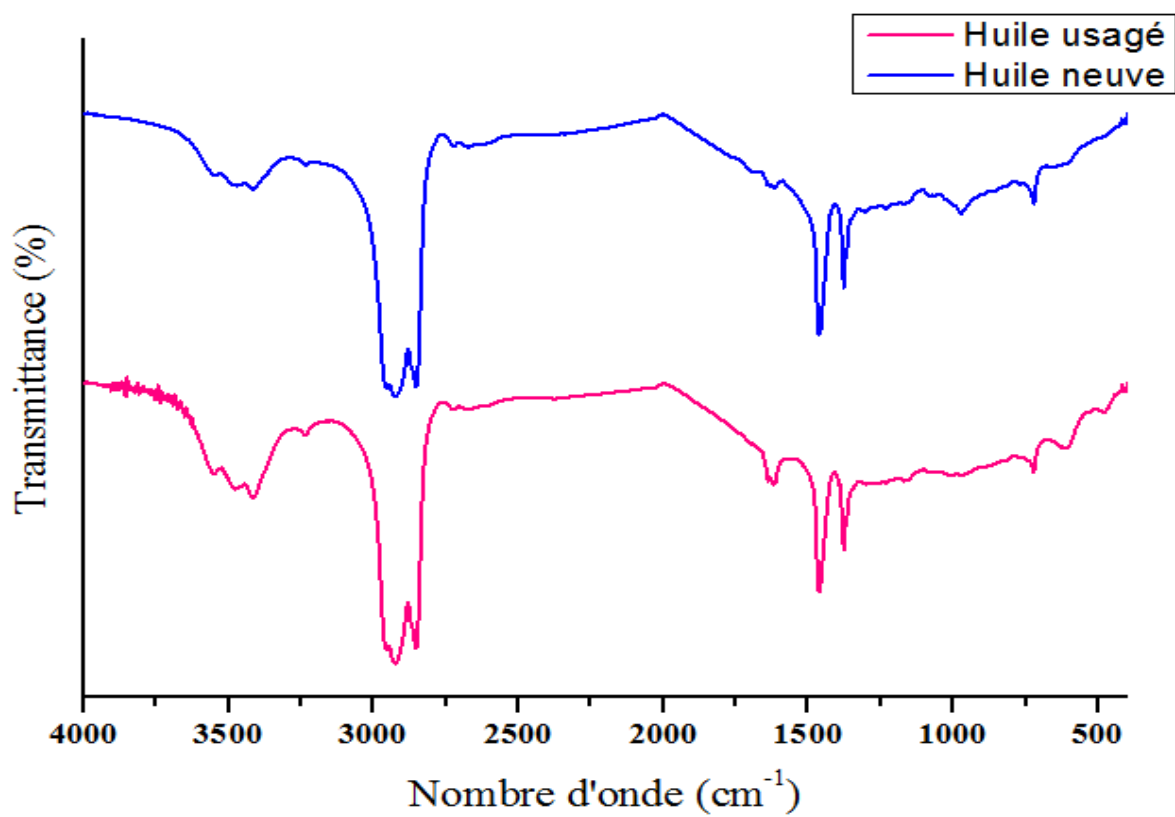


Figure III.2: Comparaison des spectres IR des huiles.

L'analyse de l'huile neuve et usagée par spectroscopie IR, a permis d'obtenir les spectres présentés sur la figure III.2. L'attribution des bandes IR a été réalisée en se servant des tables de fréquences des vibrations de valence caractéristique en IR.

- De **2800-3074 cm^{-1}** une forte bande de vibration d'élongation et de déformation dans le plan, des liaisons **C-H** du groupe méthylène, attribuées aux hydrocarbures d'additifs alkyles.

- De **3248-3624 cm^{-1}** une bande moyenne qui diminue au cours du traitement, correspond aux vibrations d'élongations des liaisons **O-H**, qui sont attribuées aux hydroxyles libres, qui peuvent être de l'eau pure.

- Une bande d'adsorption de **2919-2800 cm^{-1}** qui correspond à la vibration d'élongation avec intensité forte des liaisons **C-H** du groupe (**C-H₃**) des familles des alcanes.

- Une bande d'absorption de **1710-1700 cm^{-1}** qui correspond à la vibration d'élongation des liaisons **C=O**.

- De **1600-1500 cm^{-1}** : cette bande d'intensité plus faible correspond à la vibration d'élongation des liaisons **C=C**, attribuée aux hydrocarbures aromatiques.

- Une bande d'adsorption de **1470-1450 cm^{-1}** qui correspond à la vibration de déformation avec intensité forte des liaisons **C-H** du groupe (**C-H₄**) des familles des alcanes.

- Une bande d'adsorption de **1385 cm^{-1}** provient des vibrations de déformation avec intensité forte des liaisons **C-H** du groupe **C-H₃** des familles des alcanes.

- Une bande d'absorption très peu intense apparaît à **956 cm^{-1}** pour l'huile vierge, et disparaît progressivement pour les huiles usagées ; correspond aux liaisons **P-O-C** attribuées au DTPZn, d'additifs d'anti-usure (DTPZn Dialkyldithiophosphate de zinc)

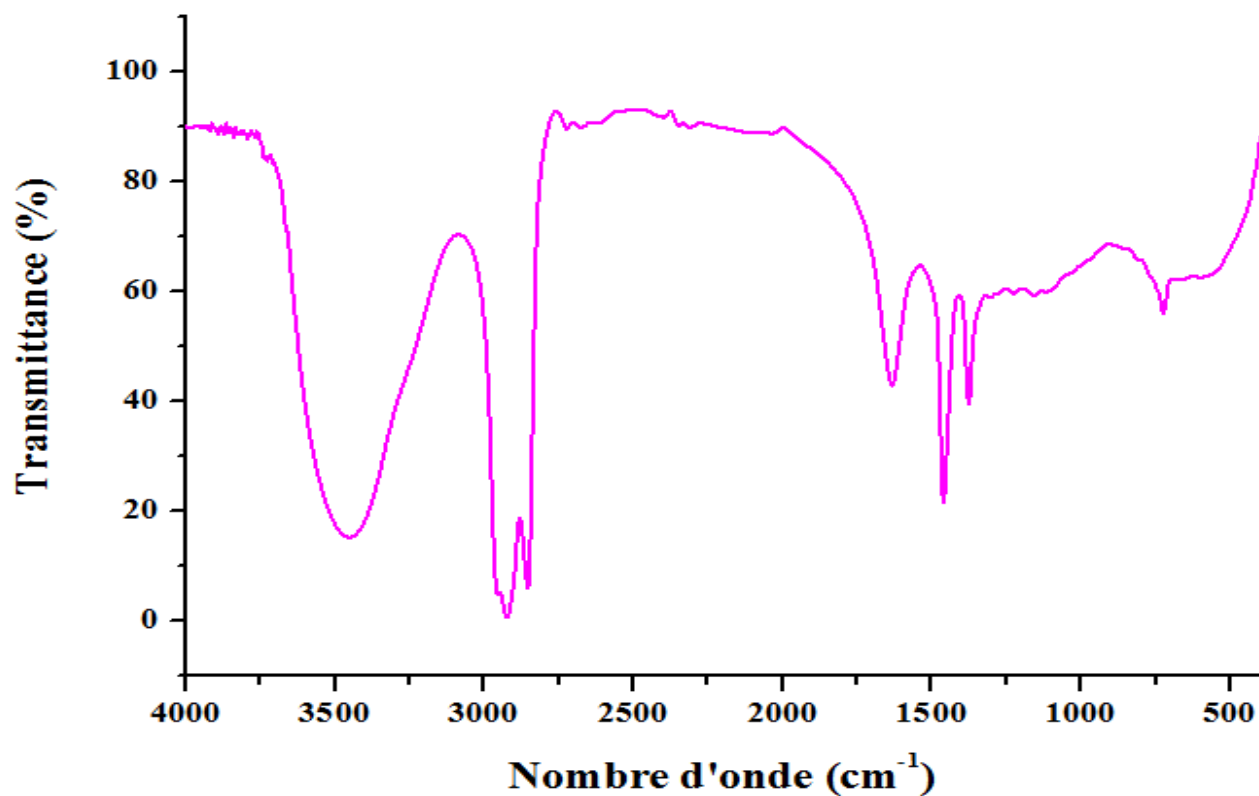


Figure III.12 : Huile traitée par une solution de silicate de sodium (R 2,1).

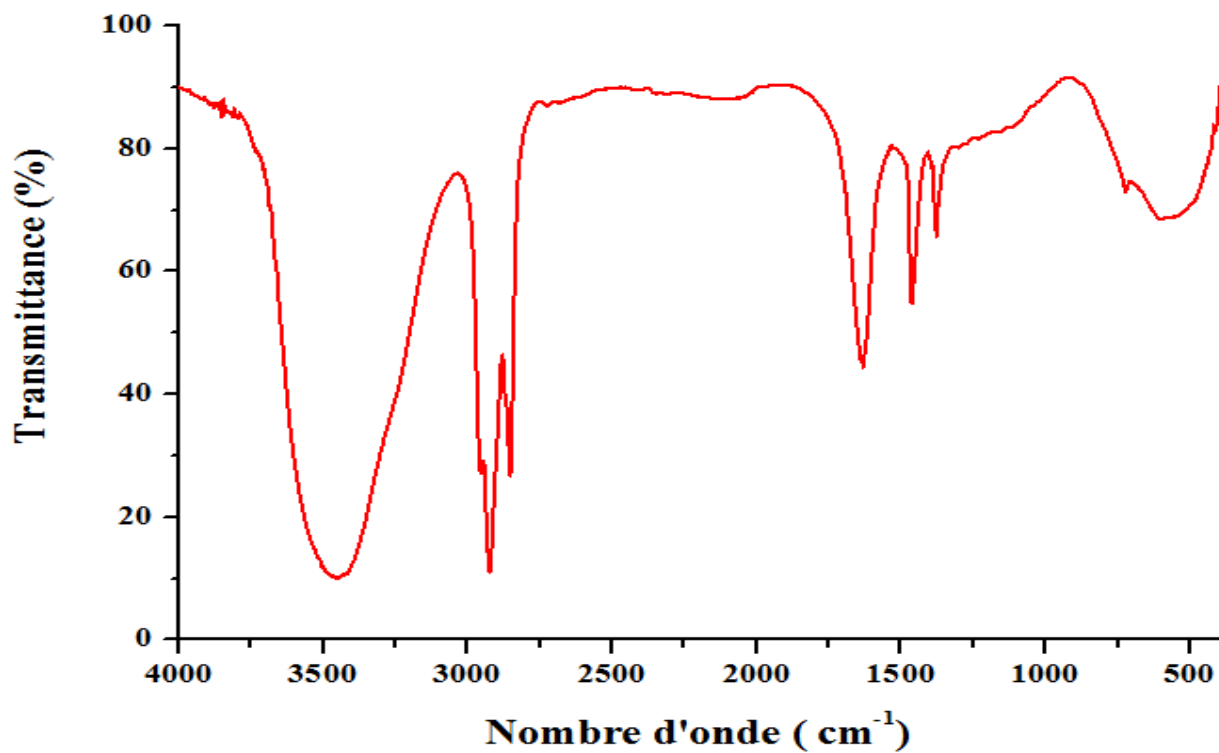


Figure III.13 : Huile traitée epar une solution de silicate de sodium (R 2,4).

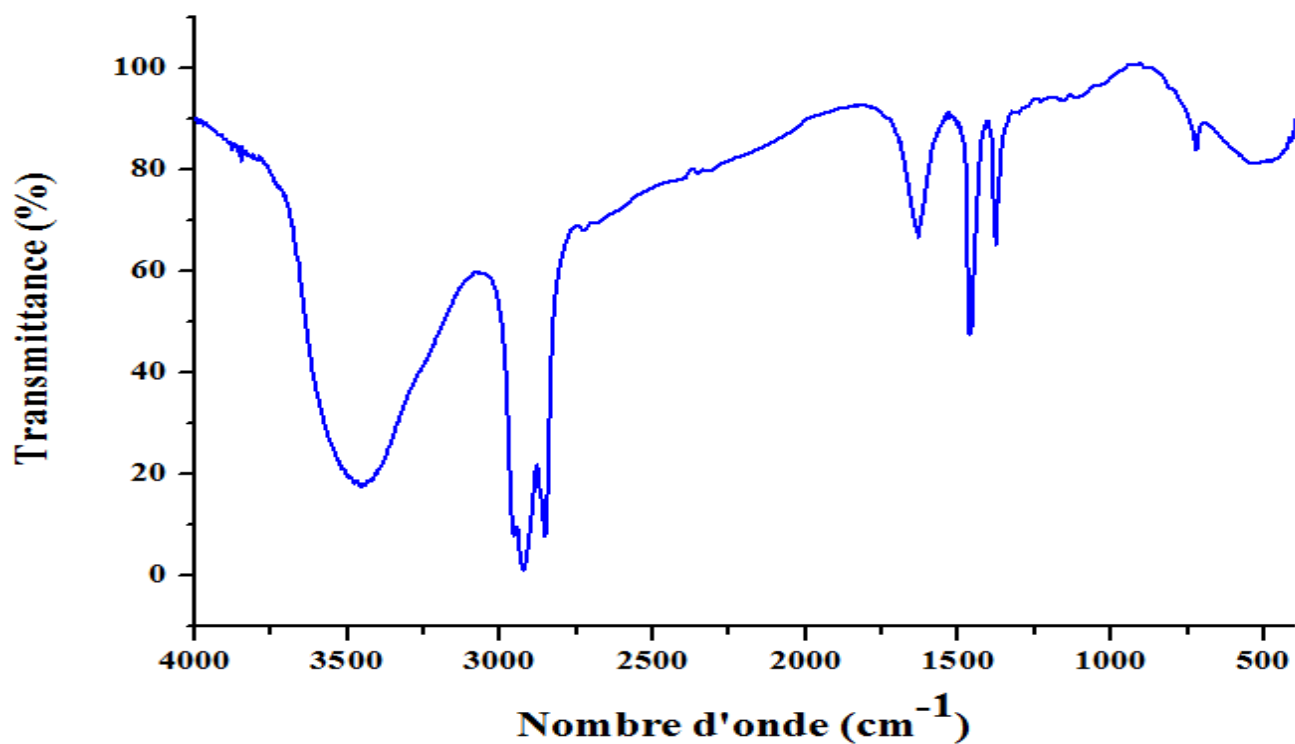


Figure III.14 : Huile traitée par une solution de silicate de sodium (R 3,1)

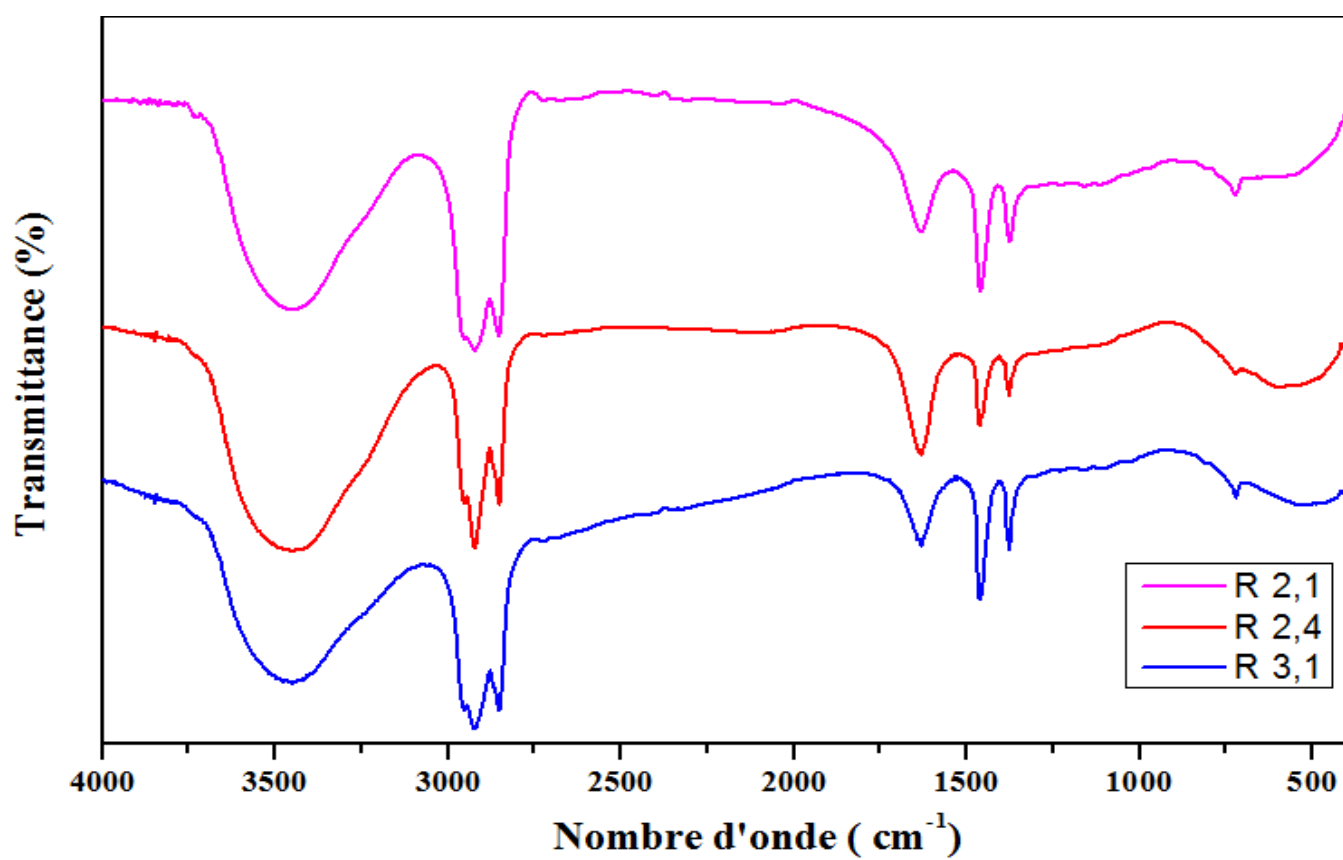


Figure III.14 : Comparaison des spectres IR des huiles traitées par des solutions de silicate de sodium.

- De **2800-3074 cm^{-1}** une forte bande de vibration d'élongation et de déformation dans le plan, des liaisons **C—H** du groupe méthylène, attribuées aux hydrocarbures d'additifs alkyles.
- Une bande d'absorption forte apparaitre à **3500 cm^{-1}** pour l'huile traité par solution de silicate de sodium R 2,4 qui deviennent moins intense pour l'huile traité par R 2,1 et R 3,1, correspond aux vibrations d'élongations des liaisons **O—H**, qui sont attribuées aux hydroxyles libres, qui peuvent êtres de l'eau pure.
- Une bande d'absorption très peut intense apparaitre à **1380 cm^{-1}** , dû aux vibrations d'élongation et de déformation dans le plan, des liaisons **C—H** attribuées aux poly butène d'additifs de viscosité intermédiaire ; Ou du groupe méthylène d'additifs alkylés.
- Une bande d'absorption très peut intense apparaitre à **956 cm^{-1}** pour l'huile vierge, et disparaitre progressivement pour les huiles usagées ; correspond aux liaisons **P—O—C** attribuées au DTPZn, d'additifs d'anti-usure.

Conclusion Générale

Le travail présenté, et dont les résultats ont été discutés dans ce mémoire, revêt un caractère multidisciplinaire où nous avons proposé et implémenté des méthodes que nous avons estimé simples et ne nécessitant pas de moyens lourds tant en matériel qu'en produits chimiques pour traiter les huiles de lubrification usagées pour moteur à combustion. Nous avons focalisé principalement sur la filtration et le lavage chimique.

Le but ultime de cette recherche de méthodes efficaces de purification d'huile usagée était et reste la création d'une start-up dans ce créneau qui n'est pas exploité en Algérie.

Notre protocole de traitement de l'huile usagée repose sur des techniques faisables et moins coûteuses que la distillation qui est pratiquée dans ce secteur d'activité dans le monde. Il est évident que la distillation requiert des installations lourdes et par conséquent un investissement onéreux, qui n'est pas à la portée d'une initiative de création d'entreprise à l'échelle de start-up.

Nous avons traité l'huile usagée de moteur automobile récupérée d'une station de vidange par filtration sur sable, lavage à l'eau, à l'acide, à la soude caustique, au gypse, aux silicates de différents grades et sur un lit de charbon actif. L'analyse de la densité, de l'indice de réfraction et de la conductivité ionique des huiles ou des solutions aqueuses porteuses de charges polluantes extraites montrent que nous avons réussi à extraire beaucoup de ces charges et que l'huile traitée a recouvert une bonne partie des propriétés de l'huile vierge.

Ces résultats encourageants et prometteurs sont loin d'être complets et par conséquent requiert un travail de consolidation sur un projet de recherche pouvant s'étaler sur deux ou trois ans et pouvant faire l'objet d'une thèse de doctorat.

Références

- 1 :OUARET,S. CHELAGHA ,S .Caractérisation physico-chimique d'une huile moteur usagée et possibilité de récupération.Bejaia :Université A.MIRA.
- 2 : F. Audibert. Les huiles usagées : reraffinage et valorisation énergétique. Paris : Technip, 2003.
- 3:SIFI,M. DARDOUR,O. BELHUT,M.(2021)Recyclage et valorisation des huiles de vidange .El Oued :Université Echahid Hamma Lakhdar de El Oued.
- 4 :RABHI.Z ,MAMOUNI.K, (2019)Etude de la possibilité du régénération des huiles de moteur usagée par processus de traitement à l'acide . Adrar.Université Ahmed Draia .
- 5 : Ministère de l'économie des finances et de l'industrie,. Lubrifiant et produits connexes pour l'automobile : Direction des affaires juridiques, 2000.
- 6 : Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP). Possibilités de recyclage et d'utilisation des huiles usées. 2000.
- 7 : CASTROL. ABC du graissage-Structure, Utilisation et propriétés des lubrifiants. switzerland :HC-04/2006.
- 8 : R. Mazouzi , B. Khelidj, A. Karas et A. Kellaci 'Régénération des huiles lubrifiantes usagées par processus de traitement à l'acide ' Revue des Energie Renouvelables Vol. 17 N°4 (2014) 631 – 637.
- 10 : J. DENIS, J. BRIANT, J-C. HIPEAUX. Physico-Chimie des lubrifiants: analyses et essais. Paris : Edition Technip, 1997.
- 11 : Rapport Eni en France, Spécifications et caractéristiques des lubrifiants
- 12 : J.L.Ligier. Lubrification des palier moteur. Paris : Technip, 1997.
- 13 : ADEME, (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie). Recyclage et valorisation energitiques des huiles usagées, Atouts et faiblesses. Paris 2000.
- 14 : M.Born J.Ayel. lubrifications et fluides pour l'automobile. Paris : Technip, 1998.
- 15 : Extrait du portail Algérien des ENERGIES RENOUVLABLES. Le recyclage des huiles industrielles usagées : Une activité inexploitée en Algérie. Mai 2015

16 :TOURI ,TALEB .S(2019). Régénération d'huile Askarel .M'SILA.Université Mohamed Boudiaf

17 : N. H. Vahatraina ' recuperation des huiles de base et valorisation des sous produits a partir de regeneration des huiles usagees« moteur » ' universite d'antananarivo ecole superieure polytechnique departement genie chimique 2008