

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE



EPOPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE
KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées
Département de génie des procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : industriels pétrochimiques

Spécialité : Génie de raffinage

Présenté par :

NACER Mouatassem

BAHI Ilyas

Thème :

**Recyclage des huiles usées par extraction liquide
liquide.**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury compose de :

Dr Bouziane khadidja

Dr Benabid Bilal

Dr Hidaya Izza

President

Examineur

Encadreur

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

Je remercie tout d'abord (الله) le tout puissant qui me donne la sante, le courage et la patience pour mener modeste travail.

Je remercie également le jury d'avoir accepté d'examiner mon travail, nous remercions également toutes l'équipe pédagogique et les enseignants du département de génie des procédés qui ont permis d'accéder à ce niveau de connaissances scientifiques, je tiens à remercier toutes les personne qui m'ont aidé durant ce travail, notamment l'équipe de travail du laboratoire de l'université des génies des procédés pour leur patience et leur efficacité, de l'université de Ouargla.

Je remercier également Dr **HIDAYA IZZA** de nous avoir guide dans la réalisation de notre mémoire de fin d'études.

Je remercie finalement tous ceux qui en contribuent de près ou de loin l'élaboration de ce modeste travail.

Merci à tout pour tout.



Dédicace

JE Dédie ce projet à mes chers **parents**, pour leur soutien indéfectible tout au long de ce parcours académique.

A' mes **amis** pour leur présence et leurs encouragements.

A mes grands et petits frères et sœurs et mes nièces.

À mes **professeurs**, pour leur enseignement précieux et leurs conseils avisés.

Au staff technique de «**HAOUD BERKAOUI** »
« pour m'aider pendant la période de formation.

Au binôme **NACER MOUATASSEM** pour son entente et sa sympathie dans ce travail

Ce travail est le fruit de vos efforts combinés, et je vous en suis profondément reconnaissant

BAHI ILYAS



Dédicace

JE Dédie ce projet à mes chers parents et mes frères, pour leur soutien indéfectible tout au long de ce parcours académique.

A' mes amis pour leur présence et leurs encouragements.

À mes professeurs, pour leur enseignement précieux et leurs conseils avisés.

*Au binôme **BABI ILYAS** pour son entente et sa sympathie dans ce travail.*

Ce travail est le fruit de vos efforts combinés, et je vous en suis profondément reconnaissant

NACER MOUATASSEM

Résumé :

L'accumulation des huiles lubrifiantes usées dans notre pays a augmenté en raison de l'essor des activités automobiles et industrielles. La gestion responsable de ces huiles usées est cruciale pour réduire les dommages environnementaux. Des essais en laboratoire ont été menés pour concevoir un processus de recyclage efficace d'huile collectée. Cela impliquant des étapes de traitement telles que choix de solvant, l'extraction, la distillation pour la récupération du solvant et l'adsorption de la bentonite, aboutissant à une récupération réussie de l'huile de base. L'huile de base traitée a été caractérisée et comparée à l'huile vierge. Cette étude souligne la nécessité vitale de pratiques durables dans la gestion des huiles lubrifiantes usées pour répondre aux préoccupations environnementales et s'adapter aux volumes croissants des secteurs automobile et industriel. Les procédés de recyclage innovants offrent une solution prometteuse pour réduire la pollution et préserver des ressources précieuses.

Mots-clés: huile recyclage solvant bentonite extraction (liqu-liqu)

ملخص

لقد زاد تراكم زيوت التشحيم المستعملة في بلدنا بسبب ازدهار صناعة السيارات والأنشطة الصناعية. تعد إدارة المسؤولة لزيوت النفايات هذه أمراً بالغ الأهمية للحد من الأضرار البيئية. تم إجراء الاختبارات المعملية لتصميم عملية إعادة تدوير فعالة للزيت المجمع. يتضمن ذلك خطوات المعالجة مثل اختيار المذيبات، والاستخلاص، والتقطير لاستعادة المذيبات وامتزاز البنتونيت، مما يؤدي إلى استعادة ناجحة للزيت الأساسي. تم تشخيص الزيت القاعدي المعالج ومقارنته بالزيت البكر. تسلط هذه الدراسة الضوء على الحاجة الحيوية لممارسات مستدامة في إدارة زيوت التشحيم المستخدمة لمعالجة المخاوف البيئية والتكيف مع الكميات المتزايدة في قطاعي السيارات والصناعة. توفر عمليات إعادة التدوير المبتكرة حلاً واعداً للحد من التلوث والحفاظ على الموارد القيمة.

الكلمات المفتاحية : إعادة تدوير الزيت مذيب بينتونيت استخلاص (سائل – سائل)

Abstract :

The accumulation of used lubricating oils in our country has increased due to the boom in automobile and industrial activities. Responsible management of these waste oils is crucial to reducing environmental damage. Laboratory tests were carried out to design an efficient recycling process for collected oil. This involves processing steps such as solvent selection, extraction, distillation for solvent recovery and bentonite adsorption, resulting in successful recovery of the base oil. The treated base oil was characterized and compared to the virgin oil. This study highlights the vital need for sustainable practices in the management of used lubricating oils to address environmental concerns and adapt to increasing volumes in the automotive and industrial sectors. Innovative recycling processes offer a promising solution to reduce pollution and conserve valuable resources.

Keywords : oil recycling solvent bentonite extraction (liqu-liqu)

Sommaire :

Table des matières

<i>Remerciement</i>	i
<i>Dedicace</i>	ii
Liste des tableaux :.....	v
Liste des figures :.....	vi
Introduction :.....	vi

CHAPITRE I : généralité sur les huiles

I.1 Définition sur l'huile lubrifiante :	1
I.2Types d'huiles lubrifiantes :.....	1
I.2.1L'huile minérale :	1
I.2.2 L'huile lubrifiante synthétique :.....	1
I.2.3Semi-synthétique :	1
I.3Origine des lubrifiants :	1
I.4Principe de raffinage des huiles lubrifiantes :.....	2
I.4Chaine de production :.....	2
I.4.1Desasphaltages au propane :.....	2
I.4.2Extraction des aromatique :.....	3
I.4.3 Déparaffinage :	4
I.5 Propriétés des huiles lubrifiantes :.....	4
I.6 Huile lubrifiante automobile :	6
I.7Additifs :	6
I.8 Définition de l'huile usée :.....	8
I.9 Sources d'huiles lubrifiantes usagées :	8
I.10 Effet de l'huile usagée :.....	10
I.10.1 Effets sur la santé humaine :	10
I.10.2 Effets écotoxiques :	11
I.11 Caractéristiques de l'huile usagée :.....	11
I.10.1Propriétés chimiques :	11
I.10.2 Contaminants :	13
I.12 Les avantages de la réutilisation et du recyclage de l'huile usagée :.....	14
I.13 Systèmes de gestion des huiles usagées :	14
I.13.1Brûler pour récupérer de l'énergie :	14
I.13.2Re-raffinage :	15
I.13.3 Retraitement :	16
I.14 Technologies de traitement :.....	18

I.14.1 Argile – acide :	18
I.14.2 Procédés de distillation sous vide et d'hydrogénation :	18
I.14.3 Procédé KTI :	19

CHAPITRE II : partie expérimental

II.1 Objective	20
II.2 Matériaux et équipements :	20
II.3 Les étapes de traitements.....	22
II.3. 1 Extraction par solvant sélectif	22
II.3. 1.1 Choix du solvant binaire	22
II.3.1.2 Préparation d'une fraction d'essence à [30-115°C] :	23
II.3. 1.3 Conditions expérimentales utilisées dans le traitement :	23
II.3.2 Récupération du solvant :	24
II.3.4 traitement D'huile à la bentonite :	24
II.3.5 Filtration :	25
II.4.1 Mesure de Viscosité à 40 et 100 °C :	25
II.4.2 Appareillage :	26
II.4.4 Mode opératoire :	27
II.5 Mesure de Point d'écoulement et point de trouble :	29
II.5.1 Point d'écoulement :	29
II.5.2 Appareillage :	29
II.5.3 Description :	29
II.5.4 Mode opératoire :	30

CHAPITRE III : résultats et discussions

III.1 Rendement de l'échantillon.....	32
III.2 La densité relative selon l'ASTM- D 1217-93.....	33
III.3 Point d'éclair	33
III.4 la viscosité à 40 °C:	33
III.5 Le point d'écoulement et le point de trouble :	34
Conclusion :	35
Bibliographie	36

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux :

Tableau 1: Performance des additifs	8
Tableau 2: Comparaison des propriétés chimiques de l'huile usagée et de l'huile vierge	12
Tableau 3 : Problèmes clés liés aux contaminants courants des huiles usées	14
Tableau 4 : Comparaison des techniques de gestion des huiles usées	18
Tableau 5 : Rapport d'ajout de solvant et biosolvant	24
Tableau 6 : Rendement de chaque échantillon	32

LISTE DES FIGURES

Liste des figures :

Figure 1 : schéma de production d'huile lubrifiant	2
Figure 2: Schéma simplifié du des asphaltages au propane	3
Figure 3: Schéma simplifié de l'extraction des aromatique	4
Figure 4: Schéma simplifié du déparaffinage	4
Figure 5: Les sources et le pourcentage d'apport des huiles usagées	9
Figure 6: Schéma de procède Argile – acide	18
Figure 7: Schéma de Procédés de distillation sous vide et d'hydrogénation	19
Figure 8: Schéma de la technologie KTI	19
Figure 9: matériaux et équipement	21
Figure 10 : Les étapes de recyclage de l'huile par solvant	22
Figure 11 : distillation simple	23
Figure 12 : Récupération du solvant	24
Figure 13 : traitement à la bentonite	25
Figure 14 : agitateur mécanique	25
Figure 15 : les différents modèles de viscosimètres.	26
Figure 16 : Les différents bains utilisent	27
Figure 17 : position de viscosimètre dans un bain d'huile et bain d'eau.	28
Figure 18 : Mesure du temps d'écoulement d'un volume donné de produit à température fixée à travers un tube capillaire.	28
Figure 19 : Appareille de point d'écoulement.	30
Figure 20 : Emplacement de thermomètre pour le point d'écoulement.	30
Figure 21 : Le refroidissement et chauffage.	31
Figure 22 : tube congelé avec le chronomètre.	31
Figure 23 : Les résultats d'huiles traitées	32
Figure 24 : L'effet du solvant sur le rendement d'huile traitée	33

Introduction :

Les huiles lubrifiantes sont obtenues par traitement du pétrole brut. Les lubrifiants usagés sont des sous-produits de l'utilisation d'huiles dans les véhicules et les machines. Ils doivent être remplacés régulièrement dans tous les équipements en service en raison d'une contamination par de la saleté, de l'eau, des sels, des métaux, des produits de combustion incomplète ou d'autres substances. Les additifs lubrifiants peuvent également se décomposer pendant l'utilisation et ainsi ajouter une contamination supplémentaire. Sans accès à un traitement approprié, les huiles usées ont tendance à être exposées d'une manière qui peut conduire à une dégradation de l'environnement. L'huile usée peut être déversée illégalement dans les cours d'eau ou déversée sur le sol ou dans des décharges, où elle peut entraîner une contamination des eaux souterraines.

Le recyclage des huiles permet de réduire les problèmes environnementaux causés par les huiles usagées.

Les lubrifiants usagés peuvent être recyclés en les traitants avec un solvant organique. Le recyclage des huiles nous aide à préserver l'environnement et peut constituer l'une des solutions d'un point de vue économique qui peuvent bénéficier positivement au pays.

Malgré son importance, le recyclage des huiles lubrifiantes est confronté à des défis, notamment des contraintes technologiques, la conformité réglementaire et la sensibilisation du public. Néanmoins, les efforts de recherche et développement en cours visent à surmonter ces défis et à améliorer les pratiques de recyclage. L'avenir du recyclage des huiles lubrifiantes est prometteur de solutions innovantes et d'une durabilité accrue dans les applications industrielles et automobiles.

En conclusion, le recyclage des huiles lubrifiantes est vital pour la gestion de l'environnement, la conservation des ressources et l'efficacité économique. En adoptant des pratiques de recyclage, les industries peuvent contribuer à un avenir plus propre et plus durable tout en répondant aux exigences réglementaires et aux attentes sociétales.

Ce travail a été divisé en trois chapitres :

- ✓ le premier chapitre comprend une étude bibliographique sur les huiles usagées.
- ✓ Le deuxième chapitre décrit les matériels et les méthodes

- ✓ Le troisième chapitre regroupe les résultats de l'expérience qui sont également discutés.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LES HUILES

I.1 Définition sur l'huile lubrifiante :

L'huile lubrifiante est une catégorie d'huiles employée afin de diminuer la friction, la chaleur et l'usure entre les éléments mécaniques qui entrent en contact. On utilise de l'huile lubrifiante dans les véhicules motorisés, où elle est plus communément appelée huile moteur et liquide de transmission.

I.2 Types d'huiles lubrifiantes :

Les huiles lubrifiantes peuvent être divisées en trois types :

I.2.1 L'huile minérale :

L'huile minérale provient de la distillation du pétrole brut. Elle ne coûte pas cher et affiche des performances "moyennes". L'huile minérale et particulièrement les huiles minérales naphthéniques ont une faible viscosité comparée aux autres huiles isolantes pour transformateurs ceci permet une bonne évacuation de la chaleur et un démarrage à froid correct .mais aussi une bonne imprégnation des isolants celluloseux [1]

I.2.2 L'huile lubrifiante synthétique :

L'huile lubrifiante synthétique est fabriquée en modifiant chimiquement le pétrole afin d'obtenir une consistance plus lisse et plus utilisable. C'est le lubrifiant idéal pour les entreprises qui ont besoin d'assurer le bon fonctionnement des pièces sur de longues périodes. Il est également idéal pour une utilisation dans des conditions environnementales difficiles, car sa structure chimique peut être utilisée à des températures extrêmes, aux deux extrémités de l'échelle. L'huile lubrifiante synthétique est souvent utilisée par les compagnies aériennes dans leurs avions.[2]

I.2.3 Semi-synthétique :

Les lubrifiants semi-synthétiques sont plus couramment utilisés que les lubrifiants purement synthétiques, car ils constituent une option beaucoup moins coûteuse. Les huiles semi-synthétiques sont généralement composées d'environ 70 % d'huile minérale et de 30 % de fluide synthétique. C'est un excellent lubrificateur et est souvent utilisé dans les générateurs et sur les engrenages pour assurer le bon fonctionnement.[2]

I.3 Origine des lubrifiants :

Les premiers lubrifiants utilisés par l'homme furent, exclusivement, des huiles d'origine animale ou végétale. Actuellement, sont des huiles minérales dérivées du pétrole qui constituent la majeure partie des huiles lubrifiantes

I.4 Principe de raffinage des huiles lubrifiantes :

Le pétrole brut est le produit de base pour tous les lubrifiants, indépendamment du fait qu'ils soient à base d'huile minérale ou synthétique. La fabrication de lubrifiant industriels nécessite plusieurs traitements de raffinage.

La première étape comprend la distillation atmosphérique du pétrole brut à la température de 350°C. Celle-ci produit un résidu atmosphérique constitué de produits lourds qui serviront en partie, à la récupération des huiles lubrifiantes après une distillation sous-vide. D'autres opérations de raffinage sont également nécessaires pour pouvoir séparer les différentes fractions de résidus.

Le craquage catalytique est le premier traitement thermique subi par le résidu pour obtenir des molécules d'hydrocarbures de courtes chaînes et par conséquent des produits légers.

Le deuxième traitement des huiles consiste en une extraction partielle des structures aromatiques par solvataion. Le produit subit une troisième opération de raffinage qui est un déparaffinage par solvant en utilisant le MEC. La dernière opération de traitement est un hydrotraitement qui permet d'éliminer environ 90% des contaminants, y compris l'azote, le soufre, les métaux et les hydrocarbures non saturés.[3]

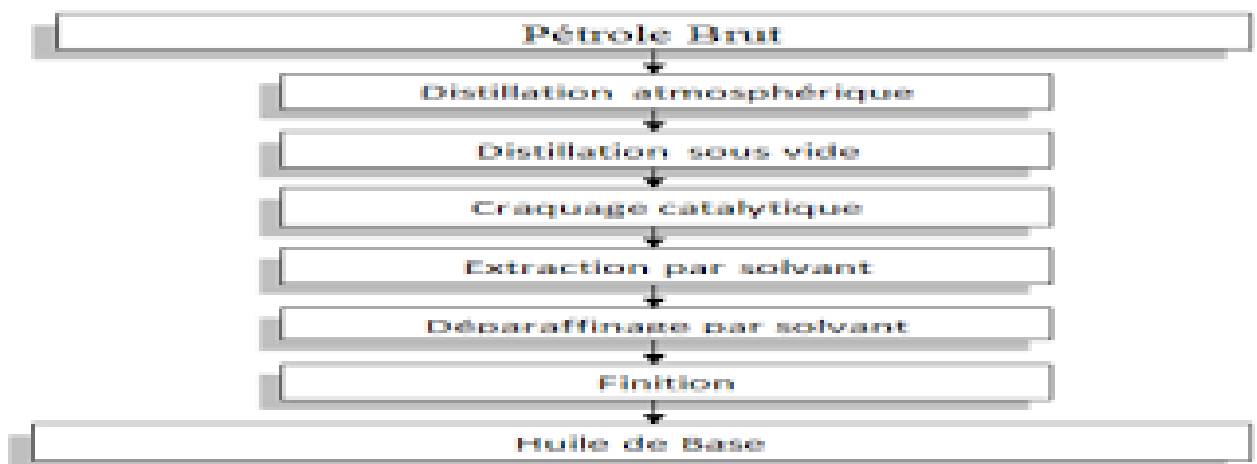


Figure 1 : schéma de production d'huile lubrifiant

I.4 Chaîne de production :

I.4.1 Desasphaltages au propane :

Le désalphaltage est un procédé d'extraction réalisé par raffinage au solvant. Le désalphaltage au propane est parmi les procédés les plus utilisés.

Dans une colonne à disques rotatifs, cette opération est conduite à contrecourant d'un flux de

Résidu sous vide et flux de propane. La phase huileuse appelée souvent « DAO » ; soluble

Dans le propane est séparée d'un mélange résines-asphalté qui décante au fond de la colonne.[4]

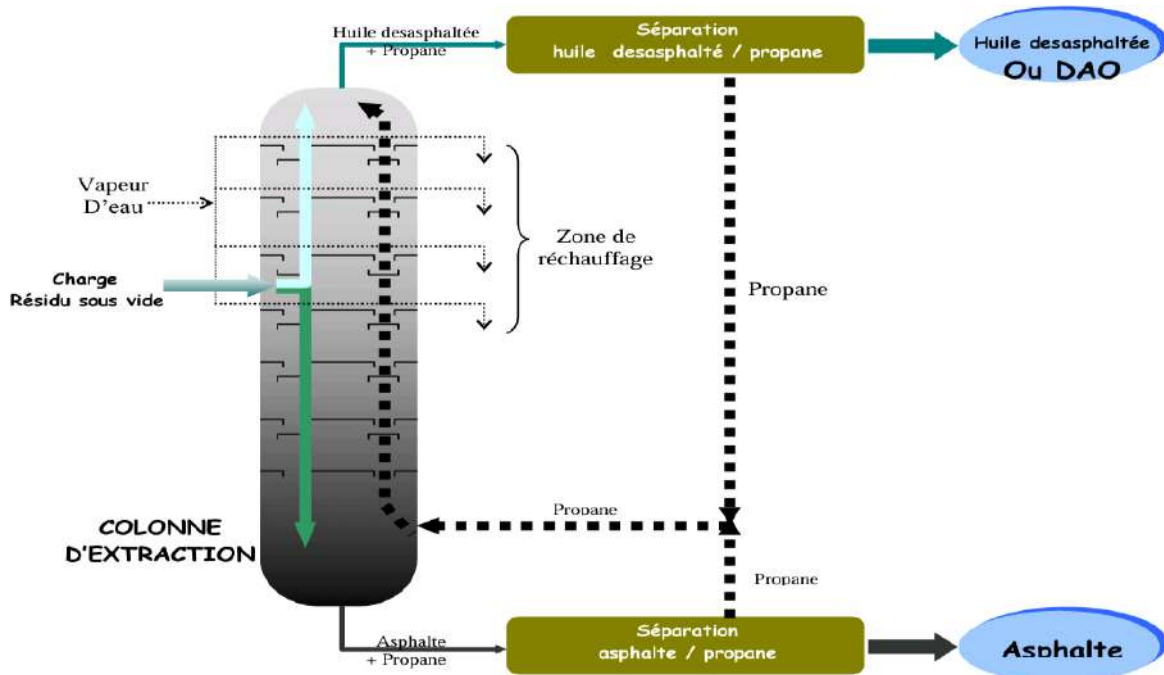


Figure 2: Schéma simplifié du des asphaltages au propane

I.4.2Extraction des aromatique :

Le but de cette opération est l'amélioration de l'indice de viscosité, en se débarrassant des composés instables à l'oxygène.

Le principe utilisé est l'élimination des constituants aromatiques des distillats et est réalisé par l'emploi d'un solvant sélectif tel que le furfural qui possède une solubilité préférentielle.[4]

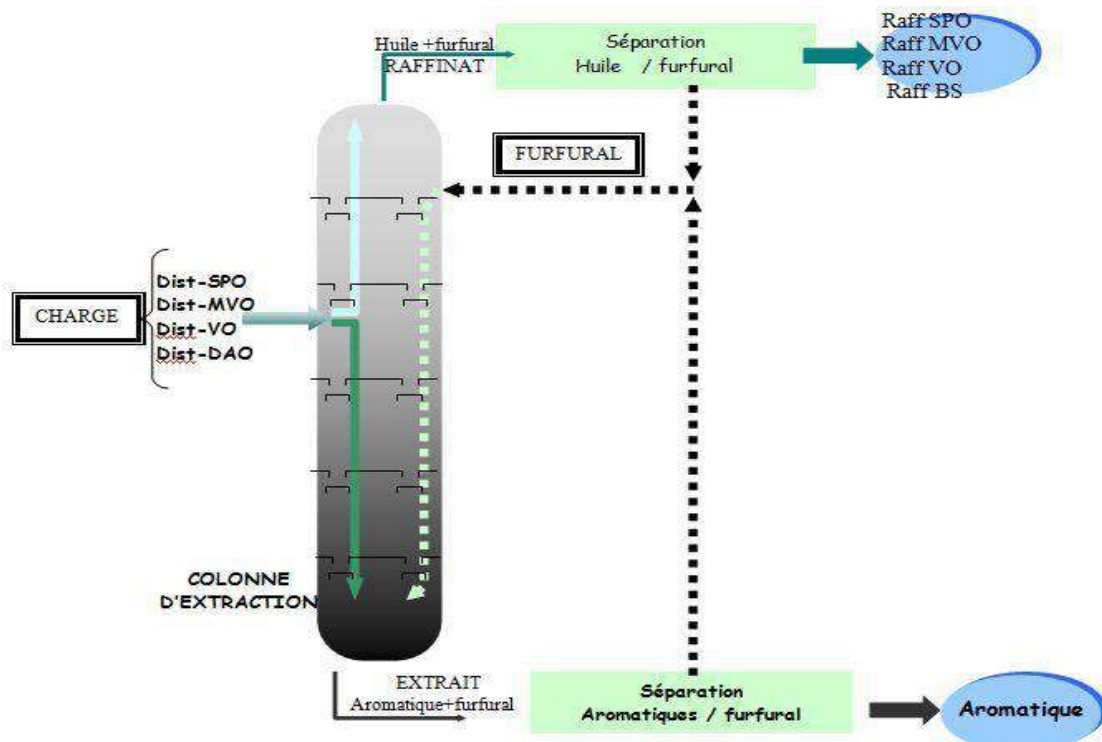


Figure 3: Schéma simplifié de l'extraction des aromatique

I.4.3 Déparaffinage :

Le rôle du déparaffinage est de produire des huiles de base à bas point d'écoulement et des paraffines dures à basses teneurs en huile. C'est une opération réalisée grâce à un mélange de solvants (MEC- toluène) qui ont pour but de solubiliser l'huile de base en facilitant la cristallisation à froid des paraffines.[4]

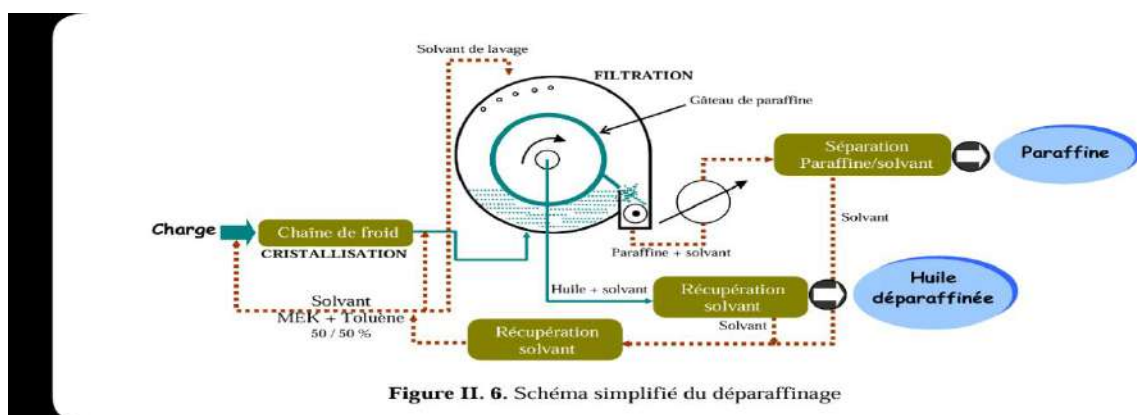


Figure II. 6. Schéma simplifié du déparaffinage

Figure 4: Schéma simplifié du déparaffinage

I.5 Propriétés des huiles lubrifiantes :

Densité : La densité est le rapport entre la masse d'une substance et son volume. [5]

Densité spécifique : est le rapport entre la densité d'une substance et la densité de l'eau, déterminé à la même température. Le niveau d'impuretés dans l'huile usagée est indiqué par la

densité et gravité spécifique. La densité augmente avec l'augmentation de la teneur aromatique de l'huile. L'huile moteur usagée a une densité et une densité spécifiques plus élevées en raison de la présence de contaminants.[5]

Viscosité : La viscosité est la résistance offerte à l'écoulement du fluide. Test de viscosité de l'huile indique la présence de contaminants. La viscosité de l'huile lubrifiante diminue en raison de l'ajout de carburant, d'eau et d'autres contaminants qui y sont ajoutés pendant son séjour à l'intérieur du moteur la viscosité de l'huile joue un rôle cardinal dans la réduction de la friction et elle doit être élevée.[5]

Indice de viscosité : l'indice de viscosité est un nombre qui indique le changement de viscosité à températures différentes. Si l'indice de viscosité est élevé, le changement de viscosité avec la température est moins. Cela signifie que l'huile a une plus grande stabilité thermique et offre une bonne protection du moteur.[5]

Point d'éclair : Le point d'éclair est la température minimale à laquelle la vapeur produite par chauffer l'huile produit une flamme momentanée lorsqu'elle est introduite dans une source d'inflammation. Une valeur faible du point d'éclair indique l'ajout de produits volatils à l'huile lubrifiante et la présence de polluants.[5]

Point d'incendie : Le point d'incendie est la température minimale à laquelle la vapeur produite par chauffer l'huile continue de brûler lorsqu'elle est introduite dans une source d'inflammation. Le point de feu du pétrole indique la température maximale jusqu'à laquelle l'huile lubrifiante est efficace. Avec le l'utilisation continue de l'huile dans le moteur, l'huile est contaminée par les impuretés et conduit à une diminution du point de feu. Ceci n'est pas souhaitable et l'huile doit être remplacée lorsque le point d'incendie la température atteint une valeur la plus basse.[5]

Point d'écoulement : Le point d'écoulement est la température minimale à laquelle l'huile peut s'écouler librement. À l'intérieur du moteur. L'huile lubrifiante contient des cires et des paraffines, ce qui fait que l'huile se solidifier à des températures plus basses. L'huile doit avoir un point d'écoulement plus élevé, sinon le flux d'huile dans la pompe à huile et les différentes pièces du moteur sont affectées par les basses températures.[5]

Point de trouble : La température du point de trouble indique la présence de cire dans le lubrifiant huile, qui forme un aspect trouble. La présence d'un volume élevé de cire bloque le flux d'huile à l'intérieur du moteur et bloque les injecteurs de carburant à basse température. Le point trouble La température est déterminé en refroidissant l'échantillon d'huile et en notant la température à laquelle un aspect trouble se forme.[5]

Point d'aniline : Le point d'aniline fait référence à une température à laquelle une quantité égale d'aniline et l'huile lubrifiante se mélange complètement. Le point d'aniline est une mesure du contenu aromatique présent dans l'huile.[5]

Indice d'acide total : L'indice d'acide total (TAN) indique la quantité d'acide contenu présent dans l'huile. Le TAN est la quantité d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser l'acide présent dans un gramme d'huile. L'huile moteur subit une oxydation à des températures élevées produisant des produits carbonylés et de l'acide carboxylique. Un TAN plus élevé indique que le teneur en acide et l'huile doit être remplacée.[5]

I.6 Huile lubrifiante automobile :

Pour des exigences de performance particulières, les lubrifiants automobiles possèdent des propriétés uniques différentes de celles des lubrifiants industriels. La tâche la plus importante des lubrifiants automobiles consiste à former une couche entre les surfaces métalliques des différentes pièces du moteur afin de minimiser la friction et l'usure. Il agit également comme un produit d'étanchéité, remplissant les minuscules rainures et vallées des surfaces métalliques, augmentant ainsi l'efficacité du moteur.

L'huile lubrifiante est également utilisée comme liquide de refroidissement pour les transmissions automatiques et les moteurs. Il aide à dissiper la chaleur générée par la combustion du carburant et la friction. De plus, il peut être utilisé comme agent de nettoyage pour éliminer la saleté ou d'autres débris susceptibles d'endommager les roulements ou d'autres pièces fonctionnant dans des tolérances serrées. La saleté est éliminée par le filtre à huile moteur ou le filtre de transmission. Les additifs de nettoyage contenus dans les lubrifiants automobiles neutralisent les sous-produits de la combustion. La combustion d'essence ou de diesel produit de l'acide, de l'humidité, de la soude, des cendres et d'autres polluants.[6]

I.7 Additifs :

Sont des composés chimiques ajoutés aux huiles lubrifiantes pour conférer des propriétés spécifiques aux huiles finies. Certains additifs confèrent au lubrifiant des propriétés nouvelles et utiles ; certains améliorent les propriétés déjà présentes, tandis que d'autres agissent pour réduire la vitesse à laquelle des changements indésirables se produisent dans le produit au cours de sa durée de vie. Les additifs, en améliorant les caractéristiques de performance des huiles lubrifiantes, ont contribué de manière significative au développement de moteurs d'entraînement et de machines industrielles améliorés. Les moteurs modernes de voitures

particulières, les transmissions automatiques, les engrenages hypoïdes, les moteurs diesel ferroviaires et marins, les turbines à gaz et à vapeur à grande vitesse et les machines de traitement industriel, ainsi que de nombreux autres types d'équipements, auraient été considérablement retardés dans leur développement sans additifs et les avantages en termes de performances qu'ils procurent. Les additifs pour huiles lubrifiantes ont été utilisés pour la première fois dans les années 1920, et leur utilisation a depuis considérablement augmenté. Aujourd'hui, pratiquement tous les types d'huiles lubrifiantes contiennent au moins un additif, et certaines huiles contiennent des additifs de plusieurs types différents. La quantité d'additif utilisée varie de quelques centièmes de pour cent à 30 % ou plus. Au fil des années, des additifs pour huile ont été identifiés et ont résolu divers problèmes de moteur : inhibition de la corrosion, capacité à maintenir les particules telles que la suie dispersées, capacité à empêcher les produits de combustion acides de se déposer sous forme de vernis sur les surfaces du moteur et capacité à minimiser l'usure en déposant un film chimique sur les surfaces fortement sollicitées. En outre, l'huile moteur s'est spécialisée, de sorte que les exigences relatives aux huiles pour moteurs diesel ont commencé à diverger de celles applicables aux moteurs à essence, car une capacité de dispersion améliorée était nécessaire pour empêcher la suie de s'agglutiner dans l'huile des moteurs diesel. Les additifs les plus couramment utilisés sont abordés dans les sections suivantes. Bien que certains soient multifonctionnels, comme dans le cas de certains améliorants d'indice de viscosité qui fonctionne également comme abaisseurs ou dispersants du point d'écoulement ou comme agents anti-usure qui fonctionnent également comme inhibiteurs d'oxydation, ils sont discutés uniquement en termes de leur fonction principale.[7]

Additives	Performance
Abaisseurs de point d'écoulement	ce sont des additifs qui réduisent le point d'écoulement du lubrifiant, c'est-à-dire que le lubrifiant reste à l'état liquide et maintient sa fluidité à des températures plus basses que sans ces additifs.[8]
Améliorateurs d'indice de viscosité	sont des additifs qui empêchent l'huile de perdre sa viscosité à haute température, tendance naturelle de tout liquide.[8]
Agent anti-usure	Les additives anti-usures sont des additifs qui empêchent l'usure à deux corps des surfaces métalliques.[8]
Antioxydants	empêcher l'oxydation des composants de l'huile de base en augmentant la durée de vie du lubrifiant.[8]
Antimousses	empêcher le lubrifiant de former une mousse et accélérer l'effondrement de la mousse si elle se forme.[8]
Modificateurs de	utilisé pour modifier le coefficient de frottement qui serait ressenti

friction	entre les pièces coulissantes lorsque seule l'huile de base est présente.[8]
Détergents	Les détergents maintiennent les surfaces exemptes de dépôts et neutralisent les acides corrosifs formés par l'oxydation.[8]
Dispersants	Les dispersants sont principalement utilisés dans l'huile moteur avec des détergents pour maintenir les surfaces des moteurs propres et exemptes de dépôts.[8]
Inhibiteur de corrosion et de rouille	réduire ou éliminer la rouille (corrosion du fer et de l'acier) et la corrosion en neutralisant les acides et en formant un film protecteur.[8]
Additifs extrême pression (EP)	Des additives extrêmes pressions sont nécessaires pour réduire la friction et contrôler l'usure.[8]

Tableau 1: Performance des additifs

I.8 Définition de l'huile usée :

L'EPA définit l'huile usée comme toute huile raffinée à partir de pétrole brut ou de toute huile synthétique qui a été utilisée et qui, à la suite d'une telle utilisation, est contaminée par des impuretés physiques ou chimiques. En termes simples, l'huile usagée est exactement ce que son nom l'indique : toute huile à base de pétrole ou synthétique qui a été utilisée.[9]

I.9 Sources d'huiles lubrifiantes usagées :

Machines industrielles : les usines et les usines de fabrication utilisent souvent de grandes quantités d'huiles lubrifiantes dans les machines des processus de production. Au fil du temps, ces huiles sont contaminées par de la saleté, des particules métalliques et d'autres impuretés, ce qui les rend inefficaces pour une utilisation ultérieure.[10]

Secteur automobile : Les huiles moteur usagées provenant des voitures, camions et autres véhicules constituent une source importante d'huiles lubrifiantes usagées. Lorsque les véhicules subissent une vidange d'huile, l'ancienne huile est généralement éliminée et, si elle n'est pas correctement gérée, elle peut contribuer à la pollution de l'environnement.[10]

Industrie maritime : Les navires et les bateaux ont également besoin d'huiles lubrifiantes pour leurs moteurs et leurs machines. L'élimination des lubrifiants marins usagés, si elle n'est pas manipulée correctement, peut entraîner une pollution marine, affectant les écosystèmes aquatiques.[10]

Entretien des avions : les moteurs d'avion nécessitent une lubrification pour des performances optimales. Les huiles lubrifiantes usagées provenant des activités de maintenance des aéronefs contribuent au volume global des huiles usagées générées.[10]

Moteurs et générateurs stationnaires : les moteurs utilisés dans des applications stationnaires telles que les générateurs électriques, les pompes et les compresseurs nécessitent également une lubrification. Au fur et à mesure que ces moteurs fonctionnent, l'huile lubrifiante se dégrade et devient contaminée, nécessitant un remplacement et une élimination appropriée.[10]

Équipement lourd et machines de construction : les équipements utilisés dans la construction, les mines et autres industries lourdes dépendent des huiles lubrifiantes pour réduire la friction et la chaleur dans les pièces mobiles. Les huiles usagées provenant des activités de maintenance et de réparation de ces machines s'ajoutent au flux de lubrifiants usagés.[10]

Utilisation domestique : Bien qu'à plus petite échelle, les ménages génèrent également des huiles lubrifiantes usées provenant d'activités telles que l'entretien des tondeuses à gazon, la lubrification des tronçonneuses et d'autres équipements pour petits moteurs.[10]

L'élimination et le recyclage appropriés des huiles lubrifiantes usagées sont essentiels pour atténuer la pollution de l'environnement et conserver les ressources. Les technologies de recyclage peuvent retraiter les huiles usées en huiles de base ou en d'autres produits, réduisant ainsi le besoin de production d'huile vierge et minimisant les impacts environnementaux.[10]

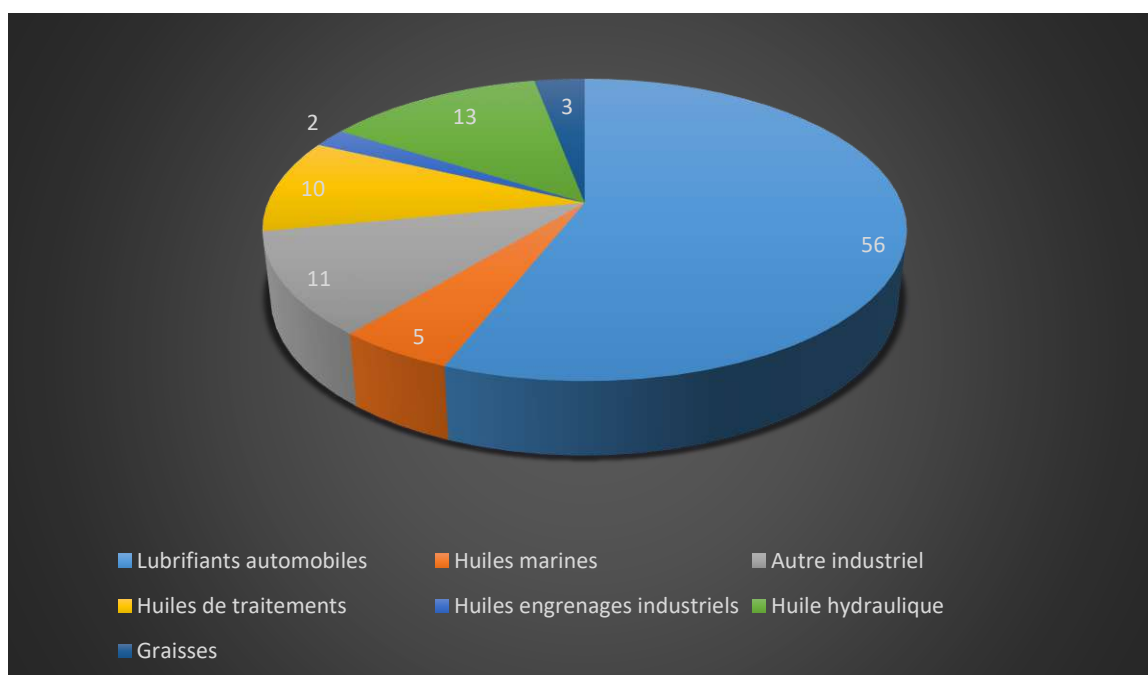


Figure 5: Les sources et le pourcentage d'apport des huiles usagées

I.10 Effet de l'huile usagée :

Les huiles minérales usagées sont classées selon la réglementation européenne en vigueur comme dangereuses déchets en raison des effets qu'ils peuvent avoir à la fois sur la santé et sur l'environnement.

I.10.1 Effets sur la santé humaine :

Les contaminants contenus dans l'huile usée peuvent provoquer diverses maladies chez les humains et d'autres mammifères par inhalation, ingestion ou contact cutané. Les effets observés comprennent une pneumonie lipidique, un granulome lipidique dans les poumons, une dermatite eczémateuse et de contact, une folliculite, une acné grasse et une mélanose. L'huile usagée peut provoquer des cancers, principalement des cancers épidermoïdes de la peau et du scrotum, de la vessie et du foie. Ces effets peuvent être attribués en grande partie à la présence de HAP dans les huiles usées ; le benzène, le toluène et les solvants chlorés peuvent également contribuer à cette toxicité. Les HAP se forment par combustion incomplète de matières organiques, comme les huiles. Sept HAP ont été classés comme cancérigènes probables pour l'homme. Les HAP sont généralement rapidement absorbés par inhalation, ingestion ou exposition cutanée. Les métaux lourds ont tendance à se concentrer dans l'environnement (par exemple dans les plantes, les animaux et les espèces aquatiques) et les humains peuvent entrer en contact avec eux, provoquant ainsi un large éventail de maladies telles que le cancer, l'anémie, les ulcérations cutanées et les maladies cardiovasculaires. Les inquiétudes considérables concernant les effets du plomb sur la santé, qui était présent en quantités inquiétantes dans certaines parties de l'environnement indien, ont conduit à son retrait progressif du pétrole en 1996. À mesure que les niveaux de plomb dans l'essence ont diminué jusqu'à atteindre des quantités infimes, les quantités ont également diminué. On le trouve généralement dans l'huile lubrifiante usagée. Métaux particulièrement nocifs qui subsistent, à des degrés divers ; Les huiles usées contiennent de l'arsenic, du cadmium et du chrome. Les particules produites par la combustion des huiles usées peuvent aggraver et provoquer des problèmes respiratoires, et entraîner une perte de la fonction pulmonaire, une perte de capacité à résister aux infections et la mort. Le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote sont également produits par la combustion des huiles usées et peuvent avoir de graves effets respiratoires néfastes. La combustion de combustibles contenant du carbone et du chlore peut produire une large gamme de composés organochlorés. Ceux-ci peuvent inclure les dioxines et les furanes, qui présentent un risque pour la santé humaine et environnementale. Les réponses toxiques comprennent la toxicité cutanée, l'immunité toxique, la cancérigénicité et les effets indésirables sur la reproduction, le développement et les

fonctions endocriniennes. Les biphénylpolychlorés (PCB) se trouvent principalement dans les huiles de transformateur usagées, mais on estime qu'il reste désormais de très faibles niveaux de PCB dans les huiles. Bien que l'incidence des PCB dans les huiles usées soit faible, les effets sur la santé liés à une exposition sont très graves. Les PCB sont très persistants et peuvent s'accumuler à des niveaux élevés dans les tissus humains. Cela peut avoir des effets graves sur la santé, notamment des lésions hépatiques, des problèmes respiratoires, la promotion du cancer, des perturbations endocriniennes et une neurotoxique.[11]

I.10.2 Effets écotoxiques :

Les animaux et la vie aquatique subiront certains des effets de la pollution par les huiles usées sur la santé humaine. Les effets observés comprennent une toxicité aiguë pour la vie aquatique due à un empoisonnement à l'arsenic, au cadmium, au chrome et au zinc ; toxicité aiguë pour les poissons et tumeurs provoquée par des mélanges d'hydrocarbures aromatiques polycycliques ; et une série d'effets sur la santé reproductive, reproductive et reproductive causés par les biphénylpolychlorés et les dioxines. Maladies de la reproduction, du système immunitaire et de la croissance. Pour certaines substances contenues dans les huiles usées, comme le mercure, les biphénylpolychlorés et les chlores d'organes, lorsqu'elles sont rejetées dans l'environnement, la principale préoccupation n'est pas leurs effets toxiques à court terme, mais leur risque de bioaccumulation dans les organismes et la possibilité secondaire d'empoisonnement Les contaminants pétroliers ont également de nombreux effets toxiques sur les plantes. Il a été démontré que les métaux lourds tels que le cadmium, l'arsenic et le chrome ont des effets toxiques directs sur les plantes. L'étouffement physique dû au dioxyde d'azote et au dioxyde de soufre ainsi qu'aux particules provenant du pétrole ou de la combustion du pétrole peut entraîner une détérioration du feuillage et de la croissance des plantes. Le pétrole flottant à la surface de l'eau empêche l'oxygène de pénétrer dans l'eau, affectant ainsi négativement la vie aquatique.[11]

I.11 Caractéristiques de l'huile usagée :

I.10.1 Propriétés chimiques :

L'application mécanique et thermique de lubrifiants entraîne une dégradation de l'huile de base Additifs utilisés pour améliorer les performances. Les propriétés chimiques varient en fonction du type d'huile et de la durée de son utilisation et diffèrent de son homologue d'huile vierge. Ces changements rendent l'huile inutilisable, comme une diminution de la viscosité et

du point d'éclair. Une fois cette détérioration survenue, l'huile usagée doit être remplacée par de l'huile vierge pour maintenir les performances du moteur.[12]

Il n'existe pas de spécification internationale standard pour les caractéristiques des huiles usées, leurs propriétés étant variables. D'un pays à l'autre en fonction des principales sources sectorielles et du type de système de collecte et de stockage adopté Cela crée des complications pour le traitement des huiles usées, car les produits finaux doivent répondre à des critères stricts de contrôle de qualité du produit final. Si les huiles récupérées sont brûlées, les propriétés chimiques détermineront la chaleur et les émissions générées. Si les huiles de base récupérées sont utilisées pour fabriquer de nouveaux lubrifiants huilent, leurs propriétés doivent être identiques à celles des huiles de base vierges pour permettre la commercialisation Les propriétés moyennes des huiles usées sont présentées dans le tableau, avec une comparaison avec les moyennes des moteurs vierges huile. [12]

Propriété ou test	Huiles moteur usagées	Huile moteur vierge
Viscosité, at 40°C, cSt	15 – 180	Up to 210
Densité spécifique à 15,6°C	0.87 – 0.94	0.85 – 0.92
Eau, % en vol	0.2 – 33.8	Traces
Sédiments de fond et eau % vol	0.1 – 42	néant
Dilution de l'essence, % en vol	2.0 – 9.7	néant
Point d'éclair, °C	79 – 220	>200
Cendres sulfatées %en wt	0.03 – 6.43	0.78 – 1.0
Suie de carbone, % wt	1.82 – 4.43	néant
Huile grasse, % wt	0 – 60	néant
Chlore, % wt	0.17 – 0.47	néant
Soufre, % wt	0.17 – 1.09	>0.03
Zinc, ppm	260 – 1,787	néant
Calcium, ppm	211 – 2,291	Néant
Baryum, ppm	9 – 3,906	Néant
Phosphore, ppm	319 – 1,550	Néant
Plomb, ppm	85 – 21,676	Néant
Aluminium, ppm	<0.5 –758	Néant
Fer, ppm	97 – 2,401	Néant

Tableau 2: Comparaison des propriétés chimiques de l'huile usagée et de l'huile vierge

. [12]

I.10.2 Contaminants :

Le vieillissement de l’huile crée des impuretés qui doivent être éliminées lors du traitement. Ces polluants peuvent présenter toute une série de risques pour la santé humaine et l’environnement. En raison des dangers de pollution par les huiles usées, ils sont inclus dans la classification des déchets dangereux de la Convention de Bâle (catégories Y8 et Y9).[12]

La contamination provient généralement de :

- Intrusion extérieure pendant le fonctionnement du moteur (par exemple poussière, eau ou carburant non brûlé) ;
- Génération ou dégradation interne de substances (par exemple additifs dénaturants, fragments métalliques ou suie)
- Mélange inapproprié ou contamination de l'environnement lors de la collecte, de la manipulation et du stockage des huiles usées.

Le type et la quantité de certains contaminants dépendent grandement de la source des huiles usées et de l'environnement.

Types de collecte et de stockage. Les contaminants courants et leurs effets sur l'environnement ou les performances du moteur sont répertoriés [12]

Contamination	Source	Problèmes
Huile végétale	Huiles de colza, huiles de tournesol, huiles de cuisson et esters mal mélangés avec les produits utilisés Huile	<ul style="list-style-type: none"> • Craquage du carburant et diminution efficacité du moteur • Encrassement • Émissions de gaz de combustion
Solvants	Blanchisseries et solvants usés de manière incorrecte mélangé à de l'huile usagée	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion
Eau	Sous-produit de combustion, pénétration dans ventilateurs du moteur ou mauvaise manipulation ou stockage d'huile usagée	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des coûts énergétiques pour Séparation • Eaux usées provenant de la séparation nécessiter un traitement
Métaux	Usure mécanique du moteur ou additifs utilisé pour augmenter les performances de l'huile	<ul style="list-style-type: none"> • Frottements et usures • Polluants de métaux lourds
Aromatique polycyclique	hydrocarbures (HAP) Combustion incomplète et vidange longue intervalle	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicité
Polychlorobiphényles (PCB)	Additif pour huile de transformateur	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicité

Silice	Additif utilisé dans les antigels industriels huiles et liquide de frein	<ul style="list-style-type: none"> • Empoisonnement du catalyseur
Chlore	Contamination des solvants chlorés et additifs pour huiles lubrifiantes	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion • Dioxines générées lors de la combustion
Cires et paraffines	Élimination des résidus de carburant	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise opacité du lubrifiant
Soufre	Fuite d'additifs et de carburant du moteur	<ul style="list-style-type: none"> • Oxydes de soufre générés sur la combustion • Corrosion • Augmentation des coûts énergétiques pour Séparé
Suie de carbone	Combustion incomplète du moteur	<ul style="list-style-type: none"> • Encrassement • Diminution de l'efficacité de la séparation

Tableau 3 : Problèmes clés liés aux contaminants courants des huiles usées

I.12 Les avantages de la réutilisation et du recyclage de l'huile usagée :

Le recyclage et la réutilisation de l'huile moteur usagée sont préférables à l'élimination et peuvent présenter d'énormes avantages pour l'environnement. L'huile moteur usagée recyclée peut être raffinée en huile neuve, transformée en mazout de chauffage et utilisée comme matière première pour l'industrie pétrolière.[13]

Les huiles usagées telles que l'huile de lubrification moteur, les fluides hydrauliques et les huiles pour engrenages utilisées dans les voitures, les vélos ou les tondeuses à gazon peuvent polluer l'environnement si elles ne sont pas recyclées ou éliminées correctement. L'huile usagée doit être gérée correctement par les autorités locales de gestion des déchets ou les ateliers de réparation automobile pour éviter de contaminer l'environnement. Les filtres à huile usagés posent des problèmes de déchets similaires. S'ils sont correctement vidés, ils peuvent être recyclés ou éliminés en toute sécurité.[13]

I.13 Systèmes de gestion des huiles usagées :

I.13.1 Brûler pour récupérer de l'énergie :

Brûlage pour récupération d'énergie Les huiles usées peuvent être détruites thermiquement par incinération ou brûlées pour une utilisation énergétique. En raison des avantages économiques du recyclage des huiles usées, seule une très petite quantité d'huiles usées est actuellement incinérée. Les huiles usagées incinérées contiennent souvent de fortes concentrations de contaminants toxiques, ce qui rend le recyclage peu pratique ou dangereux.

La combustion du fioul usé consiste à utiliser le pouvoir calorifique du fioul et à réduire la consommation de combustibles fossiles non renouvelables. Cependant, cela peut entraîner de graves problèmes environnementaux, en libérant dans l'atmosphère des éléments majeurs, des traces et des polluants organiques. Les fours à ciment ou les chaudières industrielles/utilitaires doivent être équipés d'un équipement approprié de contrôle de la pollution par les gaz de combustion afin de minimiser ce problème. Sinon, seules les huiles usagées qui répondent aux normes spécifiées en matière de niveaux maximaux de contaminants et de pouvoir calorifique minimum peuvent être brûlées. Tous les collecteurs d'huiles usées souhaitant revendre comme carburant doivent documenter si les déchets répondent aux normes. L'EPA doit réglementer la combustion des huiles usées car la fumée et les cendres contiennent des polluants toxiques. Les utilisateurs de stations-service, de garages de comté ou d'autres petits établissements brûlant des huiles usées n'ont pas besoin d'un permis réglementaire si toutes les conditions suivantes sont remplies [14]:

- Le radiateur est conçu pour avoir une capacité maximale ne dépassant pas 500 000 BTU par heure.
- Le radiateur brûle uniquement de l'huile usée générée par le propriétaire ou l'opérateur ou qui est reçue de bricoleurs qui ont changé leur huile à la maison.
- Absolument rien n'a été ajouté à l'huile moteur usagée, ni antigel, ni solvants et aucun autre liquide.
- Le radiateur est ventilé vers l'extérieur

I.13.2 Re-raffinage :

Le ré-raffinage est l'option de traitement la plus élevée pour les huiles usées mélangées. Ce processus recycle les huiles usagées pour générer de nouvelles huiles de base lubrifiantes, prêtes à être modifiées pour une réutilisation future. Le processus est généralement recommandé uniquement en conjonction avec les opérations de raffinage de pétrole existantes afin de réduire les coûts d'investissement élevés, d'utiliser les installations et les services publics existants, de parvenir à une récupération de sous-produits de plus grande valeur (c'est-à-dire les gazoles) et d'assurer des contrôles de pollution plus efficaces. Les produits finaux d'huile de base issus de la ré-raffinage sont presque identiques aux huiles de base vierges. En générant de nouvelles huiles lubrifiantes à partir d'huiles de base recyclées, les fabricants peuvent réduire leur dépendance aux réserves de pétrole brut tout en réalisant des économies

d'énergie globales. Un tiers des émissions sont générés par la production d'huiles lubrifiantes à partir d'huiles de base recyclées par rapport au pétrole brut.[15]

Diverses technologies de raffinage existent à tous les stades de développement, y compris les technologies industrielles à long terme

Applications aux pilotes à l'échelle du laboratoire. Certains processus de traitement courants comprennent :

- Traitement à l'argile activée ou extraction par solvant
- Distillation sous vide ou évaporation
- Hydrogénation ou ultrafiltration.

I.13.3 Retraitement :

La récupération des huiles usées (également appelée reconditionnement) est une option de traitement adaptée aux Source des huiles usagées industrielles de composition connue. Ceux-ci proviennent d'utilisateurs industriels de pétrole à grande échelle, tels que les centrales électriques.[12]

La probabilité de contamination de l'huile moteur (en raison de l'exposition environnementale pendant l'utilisation, la collecte, le stockage et le transport) signifie que la qualité des produits ne peut être garantie lors de la récupération. Processus.[12]

Les systèmes peuvent être conçus pour accepter soit un seul type d'huile industrielle (traitement spécialisé), soit une gamme de types d'huile grâce à des ajustements des paramètres du système (traitement généralisé). Les conceptions sont souvent spécialisées dans les huiles hydrauliques, les huiles de transfert de chaleur, les huiles pour turbines et les liquides de refroidissement internes des transformateurs.[12]

La remise en état implique généralement :

1. Chauffage ;
2. Filtration ou séparation centrifuge
3. Déshydratation sous vide
4. Régénération avec des additifs frais.

La récupération sur site permet de régénérer les huiles usagées pour une réutilisation directe. Cela prolonge la durée de vie des huiles usées et réduit la production de déchets. L'équipement de traitement peut être à petite échelle avec un faible capital.[12]

Investissement, bien qu'ils soient limités dans les sources d'huiles usées qu'ils peuvent accepter.

Une surveillance continue de la qualité est également nécessaire pour déterminer quand les huiles usées recyclées ne conviennent plus à la valorisation. À ce stade, une méthode de traitement différente est nécessaire pour éliminer davantage de déchets. Huile usagée contaminée.[12]

Technique	Avantage	Désavantage
Ré-raffinage	<ul style="list-style-type: none"> • Respectueux de l'environnement solution à terme. • Créer des emplois. • Réduit la quantité de huile lubrifiante importée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exiger une collection bien développée système. • L'huile lubrifiante Ré-raffinage nécessite un marché développé. • Nécessite un investissement important en capital. • L'option de ré-raffinage nécessite un entreprise de recyclage réputée pour garantir la qualité marchande du produit. • Élimination appropriée des résidus de déchets finaux sont coûteux.
Retraitement	<ul style="list-style-type: none"> • Bon substitut aux deuxièmes carburants de qualité. • Limite les effets négatifs du pratique incontrôlée brûlage des déchets. • Le contrôle qualité des ré- Le fioul traité est surveillé par l'acheteur 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite une collection bien développée système. • Nécessite un investissement important en capital. • Élimination appropriée des résidus de déchets finaux sont coûteux.
Incinération	<ul style="list-style-type: none"> • Économiquement réalisable à moindre coût volumes de traitement. • Les cimenteries sont prêtes à protéger l'huile usagée. • Moins intensif en capital que les options précédentes • Élimination des concentrés d'huiles usées à des sites limités qui peuvent être plus 	<ul style="list-style-type: none"> • Les émissions atmosphériques, bien que minimales, restent doit être adressé. • Opposition des organismes de réglementation et institutions gouvernementales.

	facilement régulé et contrôlé.	
--	--------------------------------	--

Tableau 4 : Comparaison des techniques de gestion des huiles usées

I.14 Technologies de traitement :

I.14.1 Argile – acide :

Ré-raffinage à l'argile acide est un procédé ancien et autrefois populaire, à savoir le procédé de ré-raffinage à l'argile acide, a été utilisé pour la première fois au milieu des années 1960 par de nombreuses entreprises aux États-Unis, où de grandes quantités d'acide sulfurique et d'argile étaient utilisées pour traiter huiles usagées. Même si la technologie produisait une huile de base acceptable, bien que de qualité inférieure, elle génèrait également du goudron acide, de l'argile saturée de pétrole et d'autres sous-produits de déchets dangereux. Sous la pression environnementale croissante, cette technologie a été interdite dans la plupart des pays, y compris dans de nombreux pays en développement.[16]



Figure 6: Schéma de procédé Argile – acide

I.14.2 Procédés de distillation sous vide et d'hydrogénation :

Le processus de distillation sous vide pour le ré raffinage des huiles usées comprend trois étapes. Dans un premier temps, l'eau et les particules légères sont réduites. Après cette étape l'huile déshydratée est traitée par distillation sous vide. Le rendement de l'huile de base s'est avéré être d'environ 84 %.[17]

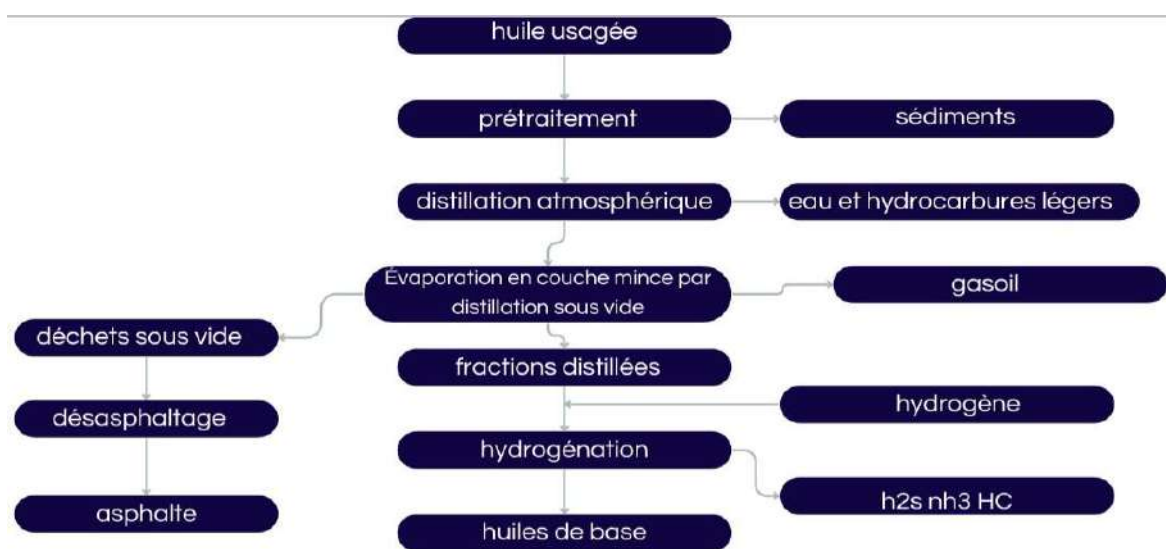


Figure 7: Schéma de Procédés de distillation sous vide et d'hydrogénation

I.14.3 Procédé KTI :

Le Procédé KTI (KineticsTechnology International), également connu sous le nom de KTI RelubeTechnology, combine distillation sous vide et traitement d'hydrogénation pour éliminer la plupart des substances polluantes présentées dans les huiles usées.[18]

La première raffinerie basée sur cette technologie a été créée en Grèce en 1992. Des usines de ce type existent également en Tunisie et en Californie.[18]



Figure 8: Schéma de la technologie KTI

CHAPITRE 2 : PARTIE EXPÉRIMENTAL

II.1 Objective

- La première partie du travail est basée sur la recherche d'un solvant moins couteux capable de réduire la concentration des dépôts noire dans les huiles usées à un taux minimum et une récupération d'huile plus élevée.
- La deuxième partie de traitement est basée sur l'adsorption par la bentonite pour produire une huile ayant des propriétés comparables à l'huile de base.

II.2 Matériaux et équipements :

les outils et les équipements utilisés sont représentés respectivement dans la figure. Un échantillon d'huile a été prélevée dans la station de vidange d'un véhicule utilitaire.

Tableau de matériaux et équipement :



Becher



Boite petri



Balance



Huile usee



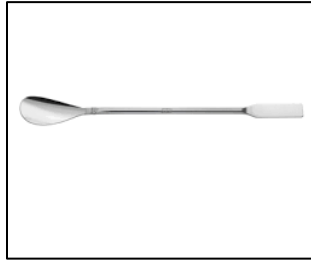
Entonnoir



Bouteille plastique



Papier filtre



Spatule



Un ballon a fond



Un erlenmeyer



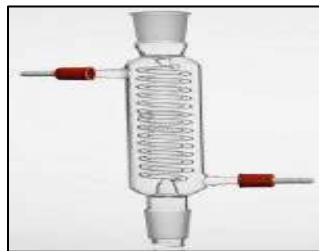
Pomp a vide



Chauffe ballon



Mixer mecanique



Condensateur



Refrigeriseur



Rotavapeur



Four



Centrifuge

Figure 9: matériaux et équipement

Après avoir prélevé l'échantillon dans les stations de vidange d'huile, l'huile usagée est traitée à travers les étapes indiquées dans l'ordre sur la figure 1, qui sont les principales étapes du processus de traitement. Nous avons utilisé de l'essence purifiée résultant du processus de séparation simple.

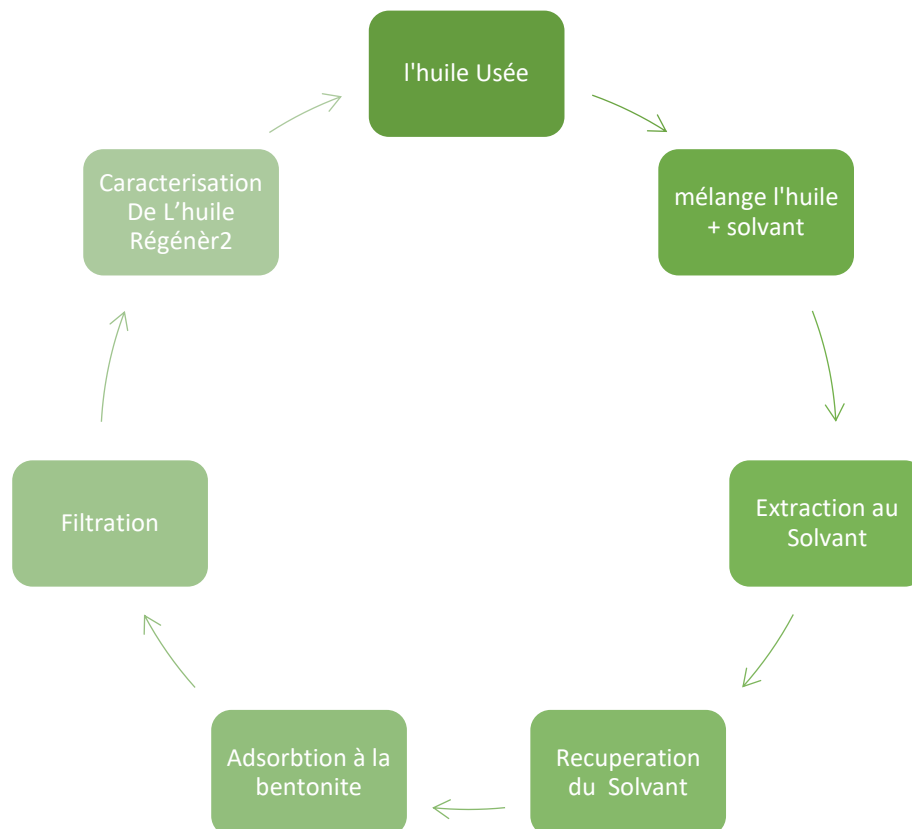


Figure 10 : Les étapes de recyclage de l'huile par solvant

II.3 Les étapes de traitements

II.3. 1 Extraction par solvant sélectif

II.3. 1.1 Choix du solvant binaire

Les alcools inférieurs tels que le propanol et le butanol sont connus par leurs bonnes solubilités en vers les huiles lubrifiantes et en même temps ils précipitent bien les goudrons noirs issus après la dégradation. Le solvant choisi est bien celui du butanol.

Comme dit précédemment, le but est de recherché un solvant sélectif et moins couteux pour cela on a opté pour un solvant binaire.

Le deuxième solvant choisi est celui de l'essence qui est le plus disponible est moins coûteux.

II.3.1.2 Préparation d'une fraction d'essence à [30-115°C] :

Avant de commencer le processus de traitement des huiles usées on a effectué un processus de distillation simple de l'essence afin d'augmenter sa pureté et avoir une nouvelle fraction de [30-115°C].



Figure 11 : distillation simple

II.3. 1.3 Conditions expérimentales utilisées dans le traitement :

Dans cette partie du travail, six (6) expériences ont été réalisées, en utilisant un solvant binaire avec différentes proportions.

Le solvant binaire tel que le mélange butanol avec essence commerciale d'une fraction de (30 – 115 °C). A chaque fois nous prenons une masse de 30 g d'huile usagée.

Les conditions sont reportées dans le tableau 5

Solvants	Solvant/bisolvant	Bio solvant/charge
Butanol/naphta	6/0	0
Butanol/naphta	5/1	1/6
Butanol/naphta	3/3	3/6
Butanol/naphta	4/2	2/6
Butanol/naphta	2/4	4/6
Butanol/naphta	0/6	6/6

Tableau 5 : Rapport d'ajout de solvant et biosolvant

Description de l'expérience

L'échantillon d'huile usée et le solvant ont été maintenus en bon contact par une agitation continue pendant 30 min à 450 tr/min à température ambiante. Après l'opération d'agitation, les phases ont été laissées décanter pendant 48 heures. Puis suivi d'une filtration avec du papier filtre.

II.3.2 Récupération du solvant :

Le solvant binaire a été récupéré en utilisant un évaporateur rotatif au bain d'huile et une pression réduite afin d'éviter la dégradation de ce dernier et permettra aussi son recyclage pour la réutilisation.



Figure 12 : Récupération du solvant

II.3.4 traitement D'huile à la bentonite :

Après extraction de l'huile traitée, nous y ajoutons le matériau de bentonite afin d'augmenter le rapport de pureté. Le mélange est soumis sous agitation mécanique pendant

30min à une température de 40 °C dans un chauffe ballon, le mélange ensuite est décanté pendant 24 heures.

Le but de cet opération est d'éliminer les impuretés, et de se débarrasser des métaux lourds et des composés organiques indésirables, d'augmenter la résistance de l'huile à l'oxydation et de prolonger sa durée de stockage, et en bref, de contribuer à l'amélioration de



Figure 13 : traitement à la bentonite

la qualité et la pureté de l'huile traitée.

II.3.5 Filtration :

Après la décantation, l'huile est filtrée afin de se débarrasser de la bentonite.



Figure 14 : agitateur mécanique

II.4 Caractérisation de l'huile traitée :

II.4.1 Mesure de Viscosité à 40 et 100 °C :

La norme ASTM en D445 : décrit une méthode de la viscosité cinématique des produits pétroliers liquides clairs et opaques.

Elle consiste à mesurer le temps mise par un volume déterminé de liquide pour s'écoule dans les conditions normalisées, par un capillaire calibré à température fixée. [16]

La viscosité cinématique est calculée à partir du temps d'écoulement par la formule :

$$\text{Viscosité cinématique (en cSt)} = C * t \dots \dots \dots \text{(II.6)}$$

C= constante du viscosimètre qui dépend de la taille du capillaire du viscosimètre utilisé.

Les différentes constantes utilisées sont représentées en annexe3.

t = temps d'écoulement en secondes.

On utilise les appareils suivants :

- Le viscosimètre Ubbelohde à niveau suspendu pour les liquides transparents.
- Le viscosimètre CannonFenske à écoulement inversé pour les liquides opaques.

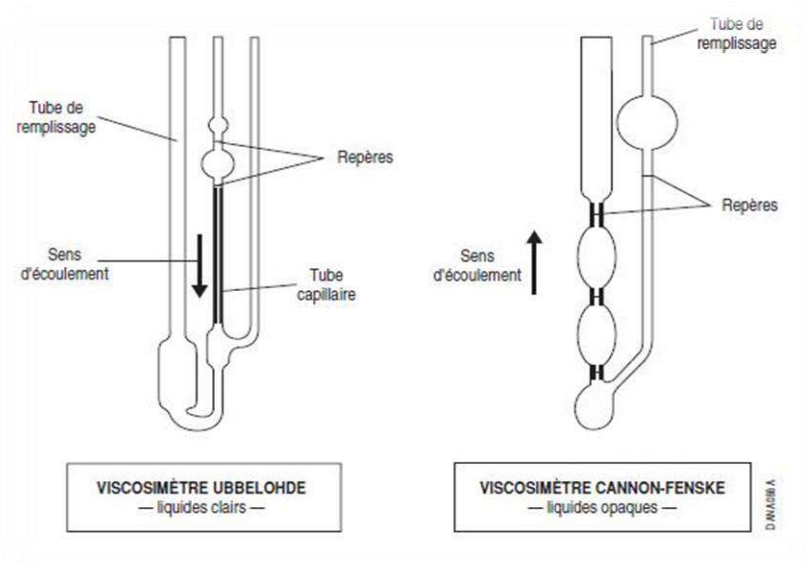


Figure 15 : les différents modèles de viscosimètres.

II.4.2Appareillage :

- Un viscosimètre d'Ubbelohde
- Un thermostat avec la pompe
- Un bain d'eau et un bain d'huile pour un viscosimètre
- Un chronomètre



Figure 16 : Les différents bains utilisés

II.4.4 Mode opératoire :

La méthode consiste à mesurer le temps nécessaire à l'écoulement par un capillaire calibré d'un volume déterminé de l'huile contenue dans le réservoir d'un viscosimètre en verre sous une charge d'huile à une température exactement contrôlée.

Avant l'essai on lave le viscosimètre avec l'essence et l'acétone, puis on sèche soigneusement.

L'échantillon à essayer doit être débarrassé de l'eau et filtré ; il faut établir et maintenir soigneusement la température nécessaire au bain d'eau (la variation ne doit pas dépasser ± 0.3 °C) à l'aide de la circulation de l'eau par la pompe de thermostat. Pour déterminer la viscosité à 100 °C on utilise le bain d'huile (de glicérine).

On Remplie le réservoir du viscosimètre choisi de 8 à 10 ml d'échantillon d'huile à essayer.

Le remplissage du viscosimètre s'effectue par l'aspiration de l'huile du petit vase fermant un tube du viscosimètre avec le doigt.

On place le viscosimètre dans le bain d'eau, en utilisant un dispositif de fixation. Le viscosimètre doit se trouver en position vertical. On aspire le liquide dans le réservoir supérieur du viscosimètre à l'aide d'une paire fermant simultanément le tube du viscosimètre avec le doigt pendant 10 minutes.

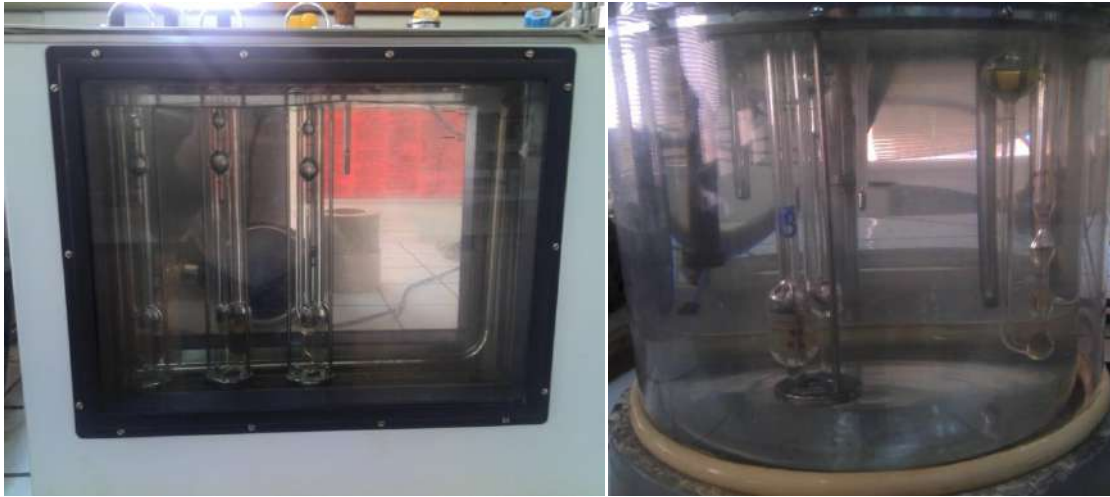


Figure 17 : position de viscosimètre dans un bain d'huile et bain d'eau.

L'huile commence à couler par gravité du réservoir supérieur à travers le capillaire dans le réservoir inférieur. Quand le niveau du liquide atteindra le repère supérieur on met en marche le chronomètre. On débranche le chronomètre quand le niveau du liquide atteindra le repère inférieur.

Après remplissage, les schémas ci-après font apparaître la situation de l'appareil Ubbelohde au déclenchement et à l'arrêt du chronomètre.

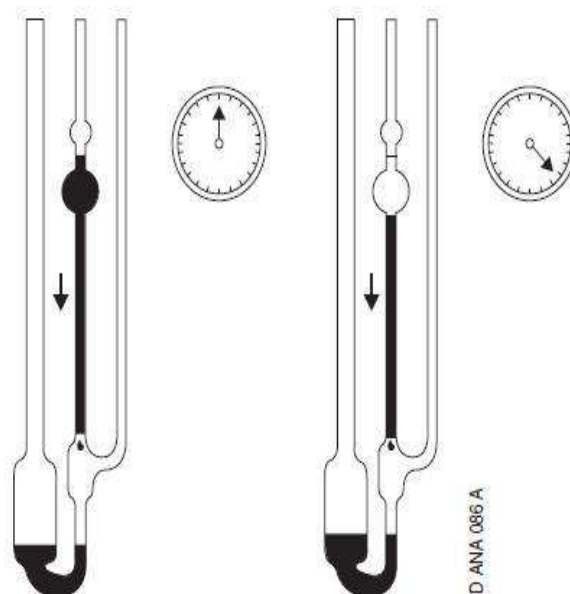


Figure 18 : Mesure du temps d'écoulement d'un volume donné de produit à température fixée à travers un tube capillaire.

II.5 Mesure de Point d'écoulement et point de trouble :

II.5.1 Point d'écoulement :

La norme ASTM en D97 : décrit une méthode de point d'écoulement des produits pétroliers. Le point d'écoulement s'est effectué dans un réfrigèrent. [16, 17,18]

II.5.2 Appareillage :

- Un tube d'essai, placé dans une jaquette formant un bain d'air ;
- Une jaquette ;
- Un bain réfrigérant ;
- Un thermomètre destiné au tube d'essai et d'un thermomètre ordinaire pour le bain réfrigérant.

II.5.3 Description :

- ✓ La fiole, cylindrique du verre claire, le fond plat de diamètre extérieur 33.2 à 34.8 mm, et 115 à 125 de hauteur. Le diamètre intérieur de la fiole peut s'étendre de 30.0 à 32.4 mm, la fiole aura une ligne pour indiquer une taille d'échantillon 54 ± 3 mm au-dessus de fond intérieure.
- ✓ Le bouchon pour adapter la fiole d'essai, et centralisé le thermomètre d'essai.
- ✓ Garniture (Gasket) pour s'adapter confortablement autour de l'extérieur de la fiole d'essai. La garniture peut être faite de caoutchouc, cuire, ou tout autre matériel qui est assez élastique pour s'accrocher dans la fiole d'essai et assez dure à la prise de sa forme. Son but est d'empêcher la fiole d'essai de toucher la veste.
- ✓ Les températures exigées de bain peuvent être obtenues par réfrigération si disponibles, autrement par les mélanges frigorifique appropriés.
- ✓ Disque, liège ou feutre, 6mm d'épaisseur pour s'adapter profondément à l'intérieur du la jacket.

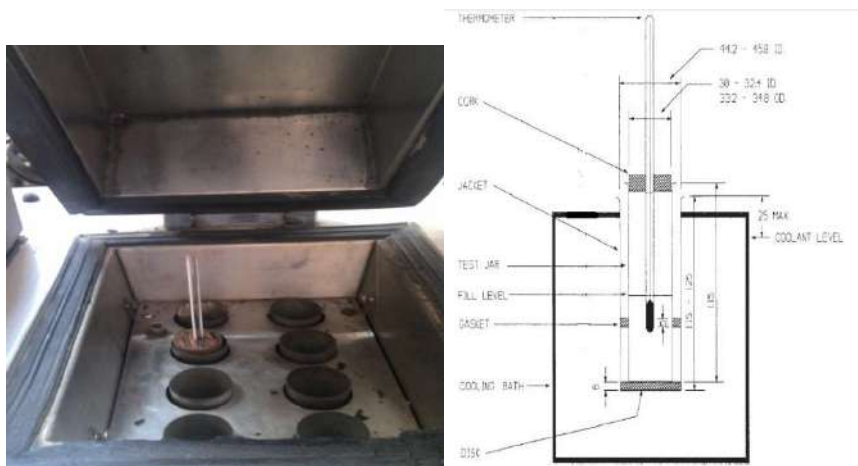


Figure 19 : Appareille de point d'écoulement.

II.5.4 Mode opératoire :

On introduit l'échantillon jusqu'au trait repère dans le tube à essai, celui-ci est fermé avec un bouchon et on positionne le thermomètre comme l'indique le schéma au-dessous.

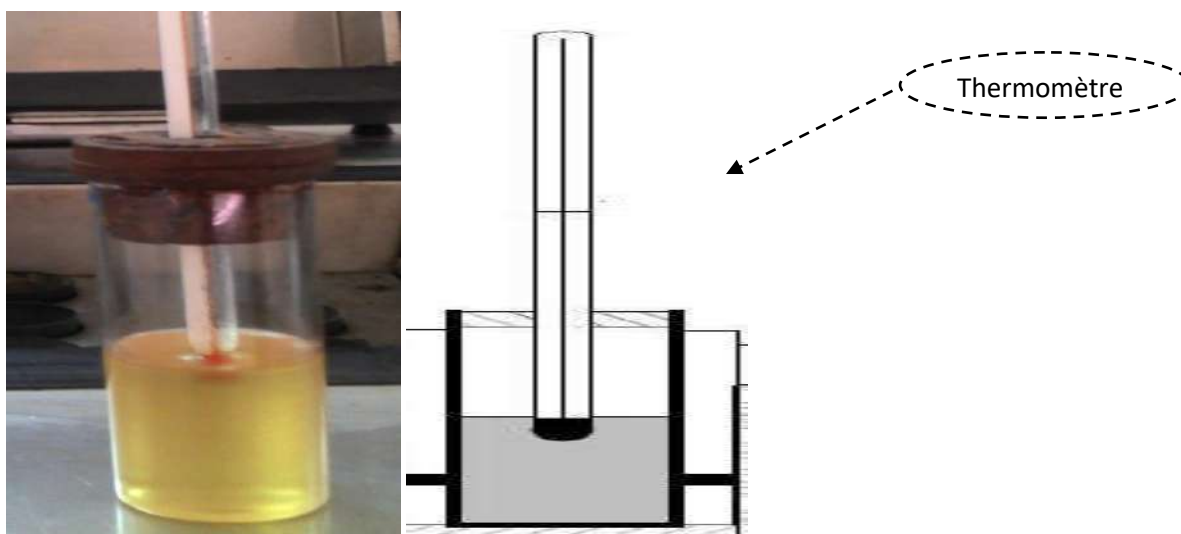


Figure 20 : Emplacement de thermomètre pour le point d'écoulement.

On réchauffe ensuite l'échantillon jusqu'à 50°C avant de le refroidir progressivement avec des bains réfrigérants de plus en plus froids.



Figure 21 : Le refroidissement et chauffage.

On commence les mesures à une température de préférence supérieure de 9°C et inférieur de 15°C point d'écoulement présumé et l'on examine le tube à essai toutes les fois que la température baisse de 3°C .

Dès que l'huile ne coule plus lorsque le tube est incliné, on maintient le tube à essai dans la position horizontale pendant 5 secondes comptée par chronomètre.



Figure 22 : tube congelé avec le chronomètre.

Le point d'écoulement est atteint si, dans ces conditions, la surface ne se déforme pas. Il est la température indiquée à ce moment par le thermomètre augmentée de 3°C .

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III.1 Rendement de l'échantillon :

Après avoir traité l'huile usagée à travers les étapes mentionnées dans la section précédente, on détermine le rendement d'huile selon la formule suivante :

$$\eta = \text{huile traitée} / \text{huile usées.}$$

$$\text{Rendement 01} : \frac{27.22}{30} = 0.90733$$

$$\text{Rendement 02} : \frac{19.5}{30} = 0.65$$

$$\text{Rendement 03} : \frac{26.40}{30} = 0.88$$

$$\text{Rendement 04} : \frac{23.43}{30} = 0.781$$

$$\text{Rendement 05} : \frac{26.10}{30} = 0.87$$

Tableau 6 : Rendement de chaque échantillon

Les échantillons	Huiles usées	Solvant/ bisolvant (ml)	M=huiles traitée(g)	M= goudron (g)	η= rendement (%)
Echantillon 01	30 g= 100%	100/20	27.22 g= 90.73%	2.78 g= 9.27%	90.7 %
Echantillon 02	30 g= 100%	80/40	19.5 g= 65%	10.5 g= 35%	65 %
Echantillon 03	30 g= 100%	120/0	26.40 g= 88%	3.6 g= 12%	88 %
Echantillon 04	30 g= 100%	60/60	23.43 g= 78.1%	6.57 g= 21.9%	78.1 %
Echantillon 05	30 g= 100%	40/80	26.10 g= 87%	3.9 g= 13%	87 %
Echantillon 06	30 g=		/	/	/



Figure 23 : Les résultats d'huiles traitées

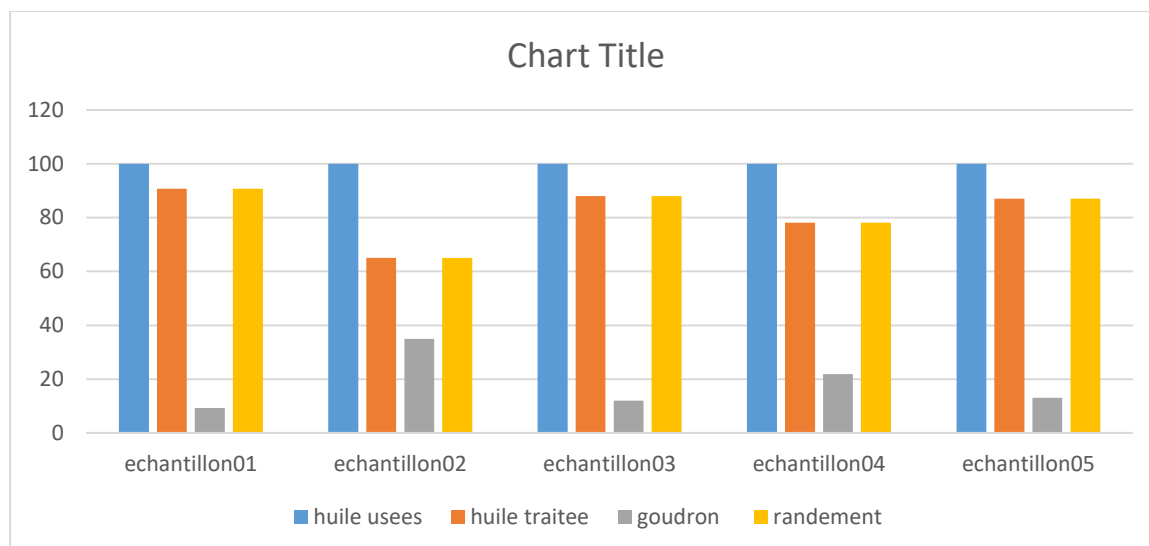


Figure 24 : L'effet du solvant sur le rendement d'huile traitée

Selon la figure ci-dessus, on observe en général une augmentation significative en rendement d'huile traitée. Le butanol dissout l'huile et précipite bien le goudron et donne un rendement élevé en huile de 90.7%. L'addition de l'essence sur le bisolvant fait décroître ce rendement, dont on constate que l'essence n'influe pas sur l'efficacité du bisolvant pour des rapports butanol/essence inférieurs à 40/80. L'essence seule dissout l'huile mais ne précipite pas le goudron

III.2 La densité relative selon l'ASTM- D 1217-93

La mesure de la densité est très utilisée dans l'industrie pétrolière, car elle donne une Indication rapide, fiable et reproductible de la qualité d'une coupe pétrolière.

L'huile traitée procède une densité de 0.86 qui parait plus faible indiquant la présence des constituants légers. Cette valeur est justifiée par la dégradation des hydrocarbures sous l'effet de la température du fonctionnement de moteur.

III.3 Point d'éclair

L'huile traitée a un point d'éclair de 50 °C, ce qui justifié l'abaissement de la densité et la présence des constituants légers

III.4 la viscosité à 40 °C:

Lla viscosité cinématique à 40°C est de 37.36 Cst, qui est une valeur très faible ce qui signifié que c'est l'huile varie significativement avec la température et par conséquence elle ne peut pas être utilisé comme l'huile lubrifiante.

III.5 Le point d'écoulement et le point de trouble :

Cet essai a pour but de caractériser soit la teneur en paraffines des huiles, soit la teneur en hydrocarbures à haute point de congélation des autres produits. Le point de trouble et le point d'écoulement permettent d'apprécier les limites de température à respecter dans la mise en œuvre des produits, en particulier, pour leur usage en hiver

Le point d'écoulement diminue avec diminution de la teneur en paraffine ou bien l'addition des additifs anti congélation.

L'huile obtenue, son point de trouble est de 12 °C tandis que son point d'écoulement est de (-24°C), cette valeur explique, que soit l'additif a préservé ces caractéristique, soit les hydrocarbures ont été dégradés suite au craquage

Conclusion :

D'après les résultats présentés dans ce travail, il est clair que la méthode de traitement utilisée permet d'enlever efficacement les contaminants de l'huile lubrifiante usagée, et d'obtenir une huile traitée avec des caractéristiques proches de celle d'une huile neuve. Dans l'ensemble, la méthode de traitement au mélange de butanol plus l'essence s'avère très efficace, puisque un traitement au bisolvant, permet de récupérer l'huile en rendement plus élevés, maximum de 90.7%. Aussi l'addition de l'essence dans le bisolvant peut réduire le cout de traitement.

L'huile récupérée désormais ne peut être réutilisée comme l'huile lubrifiante puisque elle est fortement dégradée.

Bibliographie

- [1] . S. Djendel et H. E. Djendel , «Analyse des courants associés aux streamers dans les huiles synthétique,» thèse master de université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj., Bordj Bou Arréridj., 2022.
- [2] Mark, «The classes of lubricating oil,» oil-store, 10 may 2015. [En ligne]. Available: <https://www.oil-store.co.uk/blog/the-classes-of-lubricating-oil/>.
- [3] D. Bouzidani et m. a. abadi, «régénération des huile de moteur usagées par traitement acide,» thèse de université de blida, blida, 2018.
- [4] . H. Denden , «ETUDE DE POSSIBILITE D'AUGMENTER,» Thèse de Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Mostaganem, 2020.
- [5] . K. Shri , M. Kumar Ks, S. Hussain et D. Priya Natarajan, «Studies on Reuse of Re-Refined Used Automotive Lubricating Oil,» *Research Journal of Engineering Sciences*, vol. 3(6), pp. 8-14, 2014.
- [6] «Re-refining of used lubricating oil,» *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 6, 2015.
- [7] . A. Jean , «technique de l'ingénieur,» Lubrifiants - Additifs à action chimique, 10 october 2001. [En ligne]. Available: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/lubrification-42465210/lubrifiants-bm5343/>.
- [8] A. Patnaik, T. Singh et V. Kukshal, «Lubricant and Lubricant Additives,» chez *Tribology in Materials and Manufacturing - Wear, Friction and Lubrication*, 2021.
- [9] «Managing Used Oil: Answers to Frequent Questions for Businesses,» United states environmental protection , 04 Août 2023. [En ligne]. Available: <https://www.epa.gov/hw/managing-used-oil-answers-frequent-questions-businesses>.
- [10] C. S. , R. H. et B. R. M., «Recycling and Disposal of Used Lubricating Oils: A Review,» *Journal of Environmental Engineering Science*, vol. 20, pp. 413-429, 2001.
- [11] V. KATIYAR et S. HUSAIN, «Environmental impacts of used oil,» *Material Science Research India*, vol. 7(1), pp. 245-248 , 2010.
- [12] «Used Oil Management – Technology Options Report A Submission to SPREP,» MRA Consulting Group , 2022.
- [13] «Managing, Reusing, and Recycling Used Oil,» u.s. environmental protection agency (epa), 03 août 2023. [En ligne]. Available: <https://www.epa.gov/recycle/managing-reusing-and-recycling-used-oil#:~:text=Some%20of%20the%20many%20reasons,base%20stock%20from%20crude%20oil..>

- [14 Y. Chia-Yu (Iris) , «THE FEASIBILITY STUDIES ON SONOCHEMICAL PROCESSES FOR TREATING USED OIL: TOXIN REDUCTION FOR ELIMINATING RECYCLE INTERFERENCE,» Thèse FACULTY OF THE GRADUATE SCHOOL UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA , CALIFORNIA , 2008.
- [15 H. A. Durrani, «Re-Refining Recovery Methods of Used Lubricating Oil,» *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY*, 2014.
- [16 «Étude de la possibilité de la régénération des huiles usagées type moteur au moyen d'une argile locale,» *International Journal of Environment and Sustainable Development* , vol. 2(1), pp. 1-13, 2020.
- [17 «Re-refining of used lube oil, i- by solvent extraction and vacuum distillation followed by hydrotreating,» *Petroleum and Coal* , vol. 55(3), pp. 179-187, 2013.
- [18 «SPECIFIC TECHNOLOGIES FOR WASTE OIL RECYCLING,» Green Baharan Palayesh. [En ligne].
- [19 A. Hamad et E. Al-Zubaidy, «Used Lubricating Oil Recycling Using Hydrocarbon Solvents,» *Journal of Environmental Management*, vol. 74, pp. 153-9, 2005.
- [20 M. B. Sifi , . O. Dardour et M. Belhut , «Recyclage et valorisation des huiles de vidange : Etude bibliographique.,» thèse de master de université Echahid Hamma Lakhdar El Oued , El oued, 2021.
- [21 H. M., . A. A. A. A. A. et G. A. S. , «Used lubricating oils re-refining by solvent extraction,» *American Journal of Environmental Engineering and Science*, vol. 1(3), pp. 44-50 , 2014.
- [22 H. Eslam M. , . Y. Dalia Abdelfattah , . M. M. A. et S. Hassouna, «Life cycle assessment of waste strategies for used lubricating oil,» *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 22(8), p. 1232–1240, 2017.
- [23 «Uses for recycled oil,» 10 October 2021. [En ligne]. Available: <https://www.dccew.gov.au/environment/protection/used-oil-recycling/recycling-your-oil/uses-recycled-oil#daff-page-main>.