

SOMMAIRE

REMERCIEMENT
SOMMAIRE	i
LISTE DES ABREVIATIONS	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
INTRODUCTION	1
PREMIÈRE PARTIE :ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES	2
CHAPITRE 1 : GENERALITES	3
I.1 Présentation du sujet	3
CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR L’HUILE DE VIDANGE	4
II.1. Définitions (1) (14) [1]	4
II.2 Origine de l’huile (1) [1]	4
II.3 Propriétés de l’huile (1) (11) (13) (15) (16) (17) (19)	5
II.4 Effets sur la santé et l’environnement (1) (19) [6]	12
II.5 Caractéristique des huiles de vidange	13
CHAPITRE 3 : DIFFERENTS PROCEDES DE VALORISATION DES HUILES USAGEES	15
III.1 Procédés de conversion des huiles de vidange en combustible (3) (4)	15
III. 2 Procédé de traitement des huiles usagées en acide/terre (15) (19)	18
III.3 Procédé de Distillation sous vide (4) (15) (19) [7]	19
CHAPITRE 4 : CARACTERISTIQUE DE LA GRAISSE	23
IV.1 Généralités sur la graisse (6) (7) [1] [7] [8]	23
IV.2 Propriétés caractéristiques et classification des huiles de graissages (6) (7) (8) (10) [1] [7] [8]	25
PARTIE II : ETUDES EXPERIMENTALES	29
CHAPITRE 1 : ETUDE DU COMPORTEMENT DES HUILES USAGEES	30
I.1 But et démarche des études expérimentales	30
I.2 Origine des échantillons	30
I.3 Etudes des échantillons des huiles usagées	30
CHAPITRE 2 : ETUDE DE REGENERATION DES HUILES USAGEES	32
II.1 Choix de la méthode adoptée pour la régénération des huiles	32
II.2 Description du procédé du traitement acide/terre	32
II.3 Description détaillée du traitement des huiles	34
III.4 Résumé et interprétation du traitement	45

CHAPITRE 4 : ETUDES DE FABRICATION DE GRAISSE A PARTIR D'HUILE REGENEREE	48
IV.1 But de notre étude	48
IV.2 Composition d'huile de graissage	48
IV.3 Etudes de fabrication de graisse	48
PARTIE III :ETUDES ÉCONOMIQUES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	51
CHAPITRE I: ETUDES ECONOMIQUES	52
I.1 Généralités sur le projet	52
I.2 Conduite du projet	54
I.3 Etude financière	60
CHAPITRE 2 : ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	74
II.1 L'étude d'impact environnemental	74
II.2 Objectifs	74
II.3 Détermination des impacts	74
II. 4 Mesures d'atténuation et correction de recommandation	75
CONCLUSION GENERALE	77
BIBLIOGRAPHIE	78
WEBOGRAPHIE	80
ANNEXES	81
ANNEXE 1 : METHODE D'ANALYSE	82
ANNEXES 2 : FORMULE CHIMIQUE DES ADDITIFS	85
ANNEXE 3 : PROCEDE D'ACTIVATION CHARBON	88
TABLE DES MATIERES	89

LISTE DES ABREVIATIONS

- **PCB** : Biphényles Polychlorés
- **TGAP** : Taxe Générale sur les Activités Polluantes
- **ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
- **°C** : Degré Celsius
- **Téb** : Température d'ébullition
- **TDA** : Thermal Deasphalting
- **NLGI** : National Lubrication Grease Institute
- **ASTM** : American Society for Testing and Materials
- **ml** : Millilitre
- **g** : Gramme
- **h** : Heure
- **hp** : Huile purifiée
- **Kg** : Kilogramme
- **m** : Mètre
- **Ar** : Ariary
- **a** : Annuité
- **V_o** : Valeur d'origine
- **t** : Taux d'amortissement
- **FRI** : Fond de Roulement Initial
- **VAN** : Valeurs Actuelles Nettes
- **IP** : Indice de Profitabilité
- **SR** : Seuil de rentabilité
- **DRCI** : Délai de Récupération des Capitaux Investit
- **TRI** : Taux de Rentabilité Interne
- **EIE** : Etude d'Impact Environnementale
- **MECIE** : Mise en Comptabilité des Investissements avec l'Environnement
- **EPI** : Equipement de protection individuel

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : huiles générant des huiles usagées claires	6
Tableau 2 : Huiles générant des huiles usagées noires.....	7
Tableau 3 : teneur en hydrocarbure aromatiques	8
Tableau 4: Eléments venants des additifs.....	11
Tableau 5 : Métaux d'usure et pollution externe.....	11
Tableau 6: Aspects et textures des graisses.....	25
Tableau 7: Point de goutte des savons usuels.....	26
Tableau 8 : Propriétés, caractéristiques et utilisations des principales graisses à base d'huile minérale	28
Tableau 9: Résultats de l'analyse de l'huile usagée	31
Tableau 10: Résultats de la décantation d'huile usagée	35
Tableau 11: Résultat de la distillation sous pression atmosphérique	36
Tableau 12: Résultats du raffinage à l'acide sulfurique d'huile usagée	39
Tableau 13: Résultat du raffinage d'huile usagée	40
Tableau 14: Résultat de la neutralisation.....	43
Tableau 15: Résultats de la purification d'huile.....	44
Tableau 16: Résultats de la déshydratation de l'huile	45
Tableau 17: Résumé du rendement du traitement d'huile.....	46
Tableau 18: Résultats de mesure de pénétration du cône sur les graisses	49
Tableau 19: Liste et prix des matériels de bureau et informatique.....	63
Tableau 20: Prix de la décantation	64
Tableau 21: Prix de la distillation sous pression atmosphérique.....	64
Tableau 22: Prix du raffinage à l'acide sulfurique	65
Tableau 23: Prix de la neutralisation	65
Tableau 24: Prix du traitement aux absorbants	65
Tableau 25: Récapitulation du frais d'étude.....	66
Tableau 26: Estimation des rémunérations des personnels	66
Tableau 27: Récapitulation des investissements	67
Tableau 28: récapitulation aux investissements	68
Tableau 29: Détermination de fond de roulement.....	68
Tableau 30: Récapitulation générale des investissements.....	69
Tableau 31: Plan de remboursement des investissements.....	69
Tableau 32: Charge pris en compte par l'entreprise.....	70
Tableau 33: Compte de résultat.....	70
Tableau 34: Détermination MBA actualisée	71
Tableau 35: Détermination de TRI.....	72
Tableau 36: Détermination de DRCI.....	73
Tableau 37: Liste des impacts sur la réalisation du projet.....	75
Tableau 38: Résultats de la mesure densité.....	82
Tableau 39: Résultats mesure viscosité.....	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme de processus de traitement des huiles usagées en acide/terre.....	19
Figure 2 : Diagramme de la technologie BERC ou NIPER	21
Figure 3 : Diagramme de la technologie Viscolube	22
Figure 4: composant de graisse	23
Figure 5: Diagramme de régénération acide/terre adoptée.....	33
Figure 6: Photo décantation huile usagée (Laboratoire Vontovorona).....	34
Figure 7: Photo installation de distillation huile usagée (Laboratoire Vontovorona)	36
Figure 8 : Rendement du raffinage à l'acide sulfurique	39
Figure 9: Photo d'huile acidifiée (Laboratoire vontovorona).....	40
Figure 10 : Photo de l'huile neutralisée avec la chaud (Laboratoire Vontovorona).....	42
Figure 11 : Variation de la viscosité de la graisse en fonction du pourcentage du savon	50
Figure 12 : Schéma de principe du procédé	58
Figure 13 : Plan de l'unité de production	62
Figure 14 : Photo viscosimètre	83

INTRODUCTION

Le pétrole reste toujours très indispensable non seulement en tant que source d'énergie mais aussi comme matière première de la chimie (pétrochimie). Plus de cinq cent produits sont obtenus par raffinage du pétrole brut comme : l'essence, le gasoil, les lubrifiants, le bitume, le kérosène, le gaz, la vaseline, le paraffine, l'encre, des différents solvants etc. ...

La quantité des déchets pétroliers tend de plus en plus à être non négligeable à Madagascar. Ces déchets sont, soit rejetés dans la nature soit déversés dans les égouts pour polluer enfin de compte les fleuves ou rivières. La majorité de ces déchets sont non biodégradables et constituent des produits polluants.

En particulier, en ce qui concerne les huiles de vidange nos enquêtes auprès des stations de service à Antananarivo ont permis d'évaluer que ces stations peuvent collecter au minimum 400 litres d'huiles usées par jour.

Actuellement la technologie de valorisation des déchets connaît un essor considérable. En particulier la valorisation des huiles de vidange nous permet de contribuer non seulement à la protection de l'environnement, mais aussi et surtout à la réutilisation des huiles usées.

Le projet de recyclage d'huile usée permettra à Madagascar de ne pas être en retard par rapport à l'avancée technologique tout en préservant l'environnement. Si on parle de recyclage des huiles usées, seule l'île Maurice dispose d'une unité de recyclage dans l'océan Indien.

Dans ce domaine plusieurs procédés de valorisation des huiles de vidange sont connus, alors que la mise en œuvre de ces procédés n'est qu'au stade de démarrage dans notre pays. C'est pour cela que nous avons choisi le thème « **CONCEPTION D'UNE UNITE DE PRODUCTION DE GRAISSE A PARTIR DES HUILES DE VIDANGE** » pour ce mémoire.

Cet ouvrage présente les grandes étapes qui peuvent être groupées en trois parties :

- La première consiste en les études bibliographiques sur les huiles de vidange et sur les différents procédés de valorisation pour qu'on puisse bien cerner le sujet.
- Dans la deuxième partie, nous allons rapporter les recherches personnelles et les travaux expérimentaux que nous avons réalisés.
- Enfin, la dernière partie traite de l'évaluation économique et des impacts environnementaux du projet.

Rapport-Gratuit.com

PREMIÈRE PARTIE :
ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1 : GENERALITES

I.1 Présentation du sujet

I.1.1 Objectifs du sujet

L'évolution de la technologie permet de trouver plusieurs méthodes pour la régénération des déchets dangereux afin d'avoir un nouveau produit. Le but de cette étude est de concevoir une unité de production de l'huile de graissage à partir des huiles de vidange.

I.1.2 Résultats attendus

Le résultat de cette étude est d'arriver à fabriquer une huile de graisse de bonne qualité à partir de l'huile de vidange avec une unité de fabrication de conception locale.

I.1.3 Méthodologie

Dans ce cas nous allons adopter les études et méthodes suivantes :

- Faire des études bibliographiques pour bien connaître les différentes caractéristiques et constituants des huiles usées.
- Faire une collecte d'huiles usagées d'origines différentes.
- Effectuer des essais de traitement au laboratoire.
- Enfin faire les études économiques sur la rentabilité du projet ainsi que les études des impacts environnementaux.

I.1.4 Approche du sujet

I.1.4.1 Définition [1]

- **La valorisation** consiste au recyclage, réemploi ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie "
- **La valorisation énergétique** consiste à utiliser les calories contenues dans les déchets, en les brûlant et en récupérant l'énergie ainsi produite pour, par exemple, chauffer des immeubles ou produire de l'électricité. C'est l'exploitation du gisement d'énergie que contiennent les déchets.
- **La régénération** consiste en un procédé physique ou chimique qui redonne à un déchet les caractéristiques permettant de l'utiliser en remplacement d'une matière première neuve. C'est le cas, par exemple, de la régénération des huiles usées ou des solvants.

CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR L'HUILE DE VIDANGE

II.1. Définitions (1) (14) [1]

Les huiles de vidanges ce sont des huiles moteur usagées générées lors des opérations de vidanges et d'entretien des véhicules.

Les huiles usagées sont générées par l'utilisation de lubrifiants« moteurs », hydrauliques ou la préparation de métaux.

Les lubrifiants dits« industriels », utilisés dans des secteurs d'activités très divers (industrie, agriculture, transports, BTP et services techniques des collectivités) ont cinq applications principales :

- le circuit hydraulique,
- la turbine,
- l'isolation,
- la trempe des métaux,
- les fluides caloporteurs.

Deux catégories principales d'huiles usagées peuvent être distinguées :

- **Les huiles noires**, qui comprennent les huiles moteurs usagées et certaines huiles industrielles utilisées pour la trempe des métaux par exemple ou encore comme fluides caloporteurs. Ce type d'huile est fortement dégradé et/ou contaminé ;

- **Les huiles claires** sont issues de l'utilisation de certaines catégories de lubrifiants. Ces huiles sont généralement peu chargées en impuretés et en éléments polluants et peuvent donc être valorisées facilement sous forme matière.

II.2 Origine de l'huile (1)[1]

Une huile de vidange provient d'une huile usagée qui, après utilisation, devient contaminée. Ses propriétés altérées, elle ne peut continuer à remplir sa tâche convenablement. Cette catégorie de matières comprend les lubrifiants à moteur, les liquides hydrauliques, les liquides servant à travailler le métal, les fluides isolants et les liquides de refroidissement. Les huiles usagées conduisent à trois formes de résidus :

- l'huile usagée elle-même;
- le filtre à l'huile, contenant un résidu d'huile usagée et des dépôts agglutinés;
- le contenant dans lequel l'huile a été mise en marché et le restant d'huile vierge demeuré au fond du contenant.

Avant emploi, les huiles moteur sont constituées d'une huile de graissage de base

(mélange complexe d'hydrocarbures, 80 à 90% par volume) et d'additifs destinés à améliorer la performance (10 à 20% par volume). Les huiles motrices sont altérées durant l'utilisation en raison de la dégradation des additifs, de la contamination par les produits de combustion et de l'addition de métaux provenant de l'usure du moteur.

II.3 Propriétés de l'huile (1)(11) (13) (15) (16) (17) (19)

La composition des huiles moteur usées est variable et difficile à définir. Néanmoins, les huiles moteur usées sont généralement constituées d'alcanes aliphatiques à chaîne droite et ramifiée, d'alcanes cycliques et d'hydrocarbures aromatiques mono- et polycycliques comme le phénol, le naphthalène, le Benz [a]anthracène, le benzo [def] chrysène et le fluoranthène. D'autres composés organiques comprennent le toluène, le benzène, les xylènes et l'éthylbenzène. Il y a également des composés organiques et inorganiques de chlore, de soufre, de phosphore, de brome, d'azote, et des métaux, comme le zinc, le magnésium, le baryum et le plomb.

Durant la collecte, les huiles moteur usées sont souvent mélangées à d'autres huiles usagées, comme les huiles de graissage industrielles, les huiles hydrauliques, les huiles pour le travail des métaux et les huiles de coupe, les huiles caloporteuses, les fonds de réservoirs de stockage de pétrole et les mélanges huile/eau de diverses sources. Il faut donc élargir la définition des huiles moteur usées pour inclure d'autres huiles usagées dont les huiles moteur usées constituent la majeure partie. De mauvaises pratiques de séparation lors de la collecte et du transport des huiles moteur usées peuvent introduire des contaminants comme des organochlorés, des solvants épuisés et des biphényles polychlorés.

Il est difficile de caractériser la composition des huiles motrices usées en des termes chimiques ou autres qui serviraient à évaluer l'impact potentiel de ces substances dans l'environnement. Il est reconnu que les principales composantes consistent en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques. On relève également la présence de composés organiques et inorganiques de chlore, de soufre, de phosphore, de brome, d'azote et de métaux, comme le zinc, le magnésium, le baryum et le plomb issus d'additifs et de la contamination en cours d'utilisation ou d'élimination.

II.3.1 Détenteurs du déchet (15) [1] [5]

Les huiles motrices usées sont produites par les secteurs suivants :

- les garages, concessionnaires, stations de vidange, stations-services,
- les transports routiers, fluviaux, aériens, ferroviaires, de personnes et marchandises,
- les usines, ateliers, entreprises industrielles,

- le milieu agricole y compris les garages spécialisés dans le machinisme agricole,
- les collectivités, leurs services techniques, les établissements d'enseignement,
- les entreprises autres qu'industrielles (travaux publics, de services),
- les entreprises traitant des déchets renfermant de l'huile usagée (cas de la démolition automobile, du traitement de filtres à huiles, d'emballages souillés par des huiles).

On distingue deux types d'huile usagée

Les huiles usagées claires : d'origine industrielle et légèrement détériorées l'usage, sont facilement récupérables par simple purification (filtration, centrifugation,...). les catégories de lubrifiants générant des huiles usagées claires retenues jusqu'à présent par l'ADEME sont:

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

Tableau 1 : huiles générant des huiles usagées claires

Les huiles usagées noires : provenant principalement de la lubrification d'automobile, on subit des traitements thermiques et mécaniques sévères qui les ont fortement chargées en métaux, résidus de combustion,...etc.

Les catégories de lubrifiants générant des huiles usagées noires retenues jusqu'à présent par l'ADEME sont:

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'aires, à gaz ... - Huiles pour engrenages industriels - Huiles pour moteurs non comprises dans les autres huiles «D»
Aviation	<ul style="list-style-type: none"> - Huiles pour moteurs d'avions

Tableau 2 : Huiles générant des huiles usagées noires

II.3.2 Composition moyenne d'une huile (1) (2)

Vu sa structure difficile, la composition moyenne d'une huile usagée est la suivante :

- 2 à 15 % d'hydrocarbures légers
- Moins de 80 % d'hydrocarbures lourds
- Eau
- 0 à 10 % de combustion polluants
- 0 à 10 % d'additifs, métaux sédiments

Les huiles minérales qui, après utilisation, deviennent des huiles usées, sont constituées de bases lubrifiantes et d'additifs spécifiquement développés pour la lubrification et qui donnent à l'huile des caractéristiques particulières. Les bases lubrifiantes sont majoritairement des hydrocarbures, et les additifs (15 à 20% du total de l'huile) contiennent des composés organiques dérivés du soufre, de l'azote ; ces additifs renferment également des métaux

II.3.3 Les principaux contaminants (2)(5)(18) [7]

Après l'utilisation de l'huile, lorsque celle-ci est considérée comme de l'huile usée, ses constituants polluants peuvent être

➤ PCB

Les biphényles polychlorés, ou PCB, sont des composés synthétiques formés de deux noyaux « benzéniques » joints par un de leurs sommets et dont les dix atomes d'hydrogène peuvent être substitués par autant d'atomes de chlore. Ils sont caractérisés par une grande stabilité thermique, chimique et biologique. Les biphényles polychlorés sont peu solubles dans l'eau, mais hautement solubles dans les graisses, les huiles et les liquides non polaires.

Les biphényles polychlorés (BPC) étaient utilisés comme plastifiants, dans les fluides hydrauliques, les lubrifiants et les composés de scellement, et aussi comme isolants dans les transformateurs et condensateurs électriques. Un de leur principal usage fut comme fluide diélectrique dans les transformateurs et les condensateurs. Parmi les articles communs qui contiennent des BPC, il y a les plastiques, les papiers d'emballage, les papiers carbonés, les encres d'imprimerie, les peintures et les pneumatiques.

Selon les Règlements sur les matières dangereuses, la concentration maximale en biphényles polychlorés dans une huile usée utilisée à des fins énergétiques, dans des chaudières ou fours industriels ne doit pas excéder 50 mg/kg et 3 mg/kg pour toute autre installation.

Polluants	Exemples	Sources
Hydrocarbures aromatiques	polynucléaires	Pétrole – base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques mononucléaires	Alkylbenzènes	Pétrole – base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques di-nucléaires	Naphtalènes	Pétrole – base lubrifiante

Tableau 3 : teneur en hydrocarbure aromatiques

➤ Les halogènes

Les halogènes font partie d'une famille d'éléments comprenant le fluor, le chlore, le brome, l'iode et l'astate, le chlore, le brome et le fluor étant largement utilisés dans la synthèse de produits organiques. Les composés organiques halogénés sont employés dans presque tous les secteurs de l'industrie et le soufre se retrouve dans les produits dérivés du pétrole.

Les halogènes et le soufre sont parmi les contaminants ciblés par les Règlements sur les matières dangereuses, car en brûlant les produits pétroliers, il y a dégagement d'acides (HCl ou HBr) et d'oxydes de soufre qui, lorsque oxydés, risquent de former de l'acide sulfurique.

Selon les Règlements sur les matières dangereuses, la concentration maximale en halogènes totaux dans les huiles usées utilisées à des fins énergétiques dans les équipements de combustion dont la puissance est supérieure à 10 MW ne doit pas excéder 1 500 mg/kg et la concentration maximale dans les autres équipements de combustion ne doit pas excéder 1 000 mg/kg.

Également, les Règlements interdisent d'utiliser à des fins énergétiques les huiles usées dont la teneur en soufre excède 1,5 % (masse/masse) en poids ou une matière dangereuse résiduelle autre que des huiles usées dont la teneur en soufre excède 2,0 % (masse/masse) en poids.

➤ **Les métaux**

Les principales émissions dans l'environnement de métaux proviennent de l'industrie minière et métallurgique. L'ingestion des métaux par l'homme peut être à l'origine d'empoisonnements aigus ou chroniques. La voie gastro-intestinale, le système nerveux, le système cardio-vasculaire, l'appareil respiratoire et la peau sont les principaux systèmes affectés par l'exposition chronique de certains métaux.

La présence de métaux sur les particules contenues dans l'air peut être liée à l'industrialisation. Les principales sources de métaux dans l'environnement sont les émissions de l'industrie sidérurgique et des industries connexes, des émissions d'automobiles et des usines produisant de l'énergie à partir de la combustion du charbon. L'ingestion d'une grande quantité des métaux tels le cadmium, chrome, cobalt, cuivre, fer, magnésium, manganèse, nickel, plomb, vanadium et zinc peut provoquer des troubles du système nerveux, du système respiratoire et du système sanguin et peut même être mortelle pour certains animaux.

Dans les tableaux suivants, on cite les différents contaminants et leurs origines :

Eléments	Concentrations habituelles totales ppm	Composés d'origines	Additifs d'origine
Al	5 à 30	Stéarates ou hydroxystéarates	Graisse
Ca	2000 à 3000	sulfonâtes, phénates, salicylates, savons de calcium,	Additifs détergents et antioxydants Inhibiteurs de corrosion, graisse
Cl	300 à 600	Paraffines chlorées, PCB	Agents antiusure, fluides hydrauliques isolants, caloporteurs, huiles extrêmes pression
B	75 à 100	Borax ou esters, borates, acide borique	Additifs antiusure, extrême pression, antioxydant dispersant, réducteur de frottement
Cu	25 à 40	Dithiophosphates, naphthénates	Additifs antioxydants, antiusure
Mg	100 à 300	Sulfonâtes, phénates, salicylates	Additifs détergents, inhibiteurs
N	700 à 900	Succinimides, amines, polyurée	Additifs dispersants, antioxydants, graisse
Na	50 à 100	Sulfonâtes, stéarates	Additifs antirouille, savon de graisse
P	800 à 1200	Phosphates, phosphonates, phosphites, Dithiophosphates	Additifs antiusure, antioxydants, anticorrosion
Pb		Dithiophosphates, naphthénates	Additifs extrême pression, savon de graisse
S%	0.7 à 0.9	Phénates sulfure, sulfonâtes, Dithiophosphates thiophosphonates, dithiocarbamates,	Additifs détergents, antiusure, Additifs extrême pression, antioxydants

		polysulfures	
Si	30 à 120	Silicones	Huiles de base et additifs antimousse
Zn	1000 à 1200	Dithiophosphates, dithiocarbamates,	Additifs antiusure, antioxydant, inhibiteur de corrosion
Mo	5 à 20	Sulfure de molybdène, dithiocarbamates et phosphates	Additifs antiusure, extrême pression

Tableau 4: Eléments venants des additifs

Eléments	ppm	provenance
Al		Usure piston et coussinets Al-Sb
Ca		Poussières atmosphériques, eau dure du circuit de refroidissement
Fe	10 à 100	Usure et corrosion des aciers et des fontes
B		Inhibiteurs de corrosion provenant de l'eau de refroidissement
Cu		Usure et corrosion des coussinets et des métaux cuivreux
Mg		Usures et corrosion des alliages légers au Mg
Ni	3à5	Usure et corrosion de certaines fontes et aciers alliés
Na		Présence sous forme NaCl
P		Usure et corrosion des fontes à chemises et à segments
Pb		Dilution par le carburant, usure et corrosion de revêtements de coussinets
Si		Poussières atmosphériques, usure et corrosion des aciers sillicités, anticorrosifs de l'eau de refroidissement.

Tableau 5 : Métaux d'usure et pollution externe

➤ L'eau

L'eau doit théoriquement être absente de l'huile usagée. L'eau favorise l'oxydation et la corrosion et peut générer des risques d'émulsion. Sa présence peut signifier :

- L'existence d'un phénomène de condensation qui peut être dû à un prélèvement réalisé à froid, ou sur un moteur ayant subi un arrêt prolongé.
- Il est à relever que dans le cas d'une infiltration de liquide de refroidissement, il y a évaporation de l'eau due à la température de fonctionnement.

II.4 Effets sur la santé et l'environnement (1) (19) [6]

D'une manière générale, les huiles usagées sont peu biodégradables. Elles ont une densité plus faible que l'eau. C'est pourquoi 1 litre d'huile usagée peut couvrir une surface importante d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu. Les conséquences d'un rejet direct de l'huile usagée dans le milieu naturel sont donc évidentes.

Par ailleurs, bien que son pouvoir calorifique puisse être estimé à environ 90 % du fuel lourd et fasse donc de l'huile un combustible intéressant, l'impact lié à sa combustion dans de mauvaises conditions peut également être important.

La teneur en composés aromatiques peut entraîner, pour des températures de combustion trop faibles, la formation d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) dont le pouvoir cancérigène a été démontré.

La présence de chlore peut entraîner la formation de gaz chlorhydrique acide qui sera dégagé en totalité dans l'atmosphère s'il n'y a pas de neutralisation des fumées. Par ailleurs, le chlore est susceptible de former avec les composés aromatiques une multitude de composés parmi lesquels des PCB et des dioxines (surtout en présence de phénols).

La décomposition des phtalates à trop basse température conduit à la formation d'anhydride phtalique et d'HAP (éléments toxiques et mutagènes).

Voici les principaux effets directs des huiles sur la santé :

- Irritations du tissu respiratoire dues à la présence de gaz renfermant des aldéhydes, des cétones, des composés aromatiques, etc.
- La présence d'éléments chimiques tel le Cl (Chlore), le NO₂ (dioxyde d'Azote), le H₂S (hydrogène sulfuré), le Sb (antimoine), le Cr (Chrome), le Ni (Nickel), le Cd (Cadmium), et le Cu (Cuivre), affectent les voies respiratoires supérieures et les tissus pulmonaires.
- Production d'effets asphyxiants empêchant le transport d'oxygène, dû à la présence de monoxyde de carbone, de solvants halogénés, d'hydrogène sulfuré, etc.

- Effets cancérigènes sur la prostate et les poumons, dû à la présence de métaux comme le plomb, le cadmium, le manganèse, etc.

Voici les principaux effets directs sur l'environnement :

- Pollution des terres, des fleuves et des océans due à une faible biodégradabilité.
- En contact avec l'eau, production d'une pellicule empêchant la circulation de l'oxygène.
- La combustion non-contrôlée peut entraîner l'émission dans l'atmosphère de gaz contenant du chlore, du plomb, et d'autres éléments, aux effets correspondants.

II.5 Caractéristique des huiles de vidange

II.5.1 Collecte des huiles usagées(9) [1] [2] [3]

L'activité de regroupement, de collecte ou de transport de lots d'huiles usagées issus de plus d'un détenteur est assurée par ramasseurs d'huiles usagées. Les Etats Européens ont mis en place des systèmes de collecte performants qui sont contrôlés et financés suivant des règles propres à chaque pays.

En France 81% des huiles potentiellement récupérables sont collectés. Les principaux détenteurs d'huiles usagées sont les garages (48%), les industriels (16%), les transporteurs (9%), les déchetteries (8%).

La France compte 52 entreprises de ramassage agréées devant procéder, dans un délai de 15 jours, et gratuitement, à un enlèvement de tout le lot d'huiles usagées supérieur à 600 Litres. En 2002, les ramasseurs sont indemnisés en partie par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) au niveau de 74 € / tonne. Le financement est assuré indirectement par une taxe sur les lubrifiants. Cette taxe (TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes) est actuellement de 38 €/tonne.

II.5.2 Stockage(9) [1] [7]

Que nous soyons particuliers, entreprises ou collectivités locales, il est essentiel de ne pas mélanger les huiles usagées avec d'autres déchets liquides (eau, huiles solubles, huiles de friture, pyralène et autres produits contenant des PCB...), mais également de ne pas mélanger les différentes catégories d'huiles usagées entre elles.

Les ramasseurs assurent un enlèvement gratuit lorsque les huiles usagées ne sont pas mélangées à d'autres déchets liquides.

Il convient en outre de disposer d'installations étanches, accessibles aux véhicules assurant le ramassage, permettant la conservation de leurs huiles usagées jusqu'à leur ramassage ou leur élimination.

Les huiles usagées doivent être stockées dans un conteneur étanche, à l'abri des intempéries pour éviter tout mélange avec les eaux de pluie et sur rétention afin d'éviter toute pollution du milieu en cas de défaut sur le contenant.

II.5.3 Les différents types de valorisations de l'huile de vidange [1] [4] [7]

II.5.3.1 La valorisation matière

La régénération des huiles noires, grâce à un nouveau raffinage, offre la possibilité de fabriquer deux litres d'huiles de base régénérées à partir de trois litres d'huiles usagées.

Après un traitement physique simple (décantation, filtration ou centrifugation), les huiles claires peuvent être réemployées pour des applications industrielles comme le dégraissage, le décoffrage ou le démoulage des pièces.

II.5.3.2 La valorisation énergétique

L'huile usagée est un bon combustible grâce à un pouvoir calorifique équivalent à 90 % de celui du fioul.

Ce type d'utilisation doit cependant être exécuté dans des installations à même de capter tous les éléments polluants émis lors de sa combustion.

L'impact lié à la combustion des huiles usagées dans de mauvaises conditions peut être très important.

Ainsi la teneur en composés aromatiques peut entraîner, pour des températures de combustion trop faibles, la formation d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) dont le pouvoir cancérigène a été démontré.

CHAPITRE 3 : DIFFERENTS PROCEDES DE VALORISATION DES HUILES USAGEES

Cette section décrit différents procédés de valorisation des huiles usagées, qui en raison de leur utilisation après les différents traitements effectués.

III.1 Procédés de conversion des huiles de vidange en combustible (3) (4)

Cette section décrit les traitements des huiles usées qui, en raison de leur pouvoir calorifique, sont traitées en vue de produire une matière principalement utilisée comme combustible.

Les huiles usées utilisées comme combustible ont une valeur économique. Il existe un certain nombre d'applications de brûlage des huiles usées, différenciables par la température à laquelle elles brûlent et la technologie de contrôle utilisée pour réduire les impacts sur l'environnement. Avant d'être utilisées comme combustible, ces huiles doivent faire l'objet de plusieurs traitements de nettoyage ou de transformation.

Ces traitements et procédés sont principalement appliqués en vue d'obtenir, à partir des déchets, une matière qui sera utilisée comme combustible, ou afin de modifier ses propriétés physico-chimiques pour une meilleure récupération de son pouvoir calorifique.

Les techniques à employer pour convertir les huiles usagées en combustible se présentent comme suit:

III.1.1 Les traitements primaires

La première étape, fortement recommandée, consiste à éliminer les composés volatils (Eau, essence, solvants).

On entend par traitement primaires :

- la décantation qui a pour but de séparer une partie de l'eau et des sédiments,
- la filtration
- l'étêtage.

III.1.2 Les procédés d'élimination des polluants

La deuxième étape consiste à extraire les métaux et les métalloïdes qui se traduisent par les additifs, l'essence, ou l'usure du moteur et qui restent en suspension dans l'huile.

III.1.2.1 L'ultrafiltration

Le développement de la technique de séparation par membranes a encouragé les chercheurs à élargir le champ d'applications à la séparation en milieu organique, comme la

purification des huiles usagées. Il est utile de rappeler que la filtration, ou même la microfiltration, ne permettent pas la séparation des macromolécules présentes dans l'huile, et de masse moléculaire comprise entre 103 kg / mol et 106kg / mol.

Cette technique exige un fiable diamètre de pores du milieu filtrant, de quelques dizaines à quelques centaines d'angströms.

Les exigences croissantes de pureté dans l'utilisation des produits en aval nécessitent une attention particulière dans l'optimisation de cette technique. L'objectif est d'obtenir un carburant propre, car, à l'étape finale, le niveau de pureté exigée est élevé.

Le degré de pureté doit être de l'ordre de 95% en poids pour la production d'un carburant propre.

III.1.2.2 Centrifugation

La centrifugation consiste à substituer au champ de pesanteur vertical un champ centrifuge radial pouvant être plusieurs milliers de fois supérieur au premier. Les produits à séparer sont placés dans un récipient appelé bol, qui est soumis à une grande vitesse de rotation.

L'application de la relation fondamentale de la dynamique ($F = m\Gamma$) permet d'exprimer la force d'exprimer sur toutes particule de masse m (et/ou sur tout volume élémentaire liquide) et qui accélère la séparation de la phase clarifiée. Dans le cas présent, Γ est l'accélération centrale (ou radiale) d'un mouvement circulaire uniforme et de module V^2/R , expression dans laquelle V est la vitesse tangentielle de la particule et R sa distance par rapport à l'axe de rotation. Par ailleurs la vitesse tangentielle étant égale au produit de la vitesse angulaire ω par le rayon R , Γ devient égal à $\omega^2 R$ (et la force égale à $m \omega^2 R$).

III.1.2.3 Désasphaltage (extraction liquide / liquide)

Le principe de base du processus de désasphaltage consiste à ajouter 3-10 volumes de solvant (propane, butane, pentane) au produit pour qu'il soit extrait.

Il est obtenu avec une phase huileuse contenant la majeure partie du solvant et une phase concentrée d'asphalte contenant une petite fraction du solvant. Plus le solvant soit léger, plus la pureté de l'huile extraite soit grande.

Le processus de désasphaltage comporte trois opérations :

- (A) Floculation et précipitation de l'asphalte;
- (B) le réglage de l'asphalte;
- (C) Lavage de l'asphalte.

L'addition d'une paraffine légère (C3 ou C4) rompt l'équilibre entre les différentes familles des hydrocarbures (huile, résine, asphalte) et provoque le phénomène A, accéléré par

une température proche du point critique du solvant.

Le phénomène B implique que la vitesse du liquide ascendant dans l'extracteur est inférieure à la vitesse de chute des matières précipitées. Le phénomène C est obtenu en réalisant les conditions hydrodynamiques qui permettront au solvant de déplacer l'environnement huile/solvant autour des particules précipitées.

III.1.2.4 Flocculation

Dans le procédé de flocculation on met l'huile en contact avec :

- Une phase contenant un agent chimique qui, dans des conditions relativement douces de température, déstabilise les particules dispersées et réagit sur les éléments métalliques pour former des sels qui précipitent :
- Une phase organique constituée par un mélange approprié de solvants polaires d'extraction de l'huile, ce qui a pour conséquence de précipiter les composés polaires, les particules en suspension, les matières oxydées etc...

III.1.2.5 Le craquage thermique

C'est une opération effectuée à haute température au cours de laquelle les molécules d'hydrocarbures à longue chaîne sont brisées au niveau d'une ou plusieurs liaisons C- C pour produire des molécules plus courtes et permet ainsi de générer des combustibles liquides plus légers. De cette manière, les molécules plus grosses des hydrocarbures plus visqueux et moins précieux sont converties en combustibles liquides moins visqueux et plus précieux.

III.1.2.6 Hydrotraitement

Depuis des années, l'hydrorafinage ou l'hydrogénation catalytique est considérée comme un traitement moderne et efficace du point de vue du rendement et la qualité des produits finis.

Le procédé consiste à faire contacter une fraction d'huile avec un catalyseur solide en présence de l'hydrogène sous pression. La flexibilité de la méthode permet de l'appliquer à une très large gamme de produits, des composés les plus légers au plus lourds, en choisissant les catalyseurs et les conditions d'exploitation. Ces conditions peuvent varier largement en fonction des réactions nécessaires et de la nature de l'huile à hydrotraiter.

III.1.2.7 Démétallisation par sels fondus

Les sels fondus sont utilisés comme agents caloporteurs dans de nombreux domaines de la chimie et de l'industrie pour chauffer les réacteurs et les autoclaves. Ils jouent un rôle important dans les synthèses chimiques à haute température.

Le domaine d'application des sels fondus se situe dans une plage de température comprise de 200 à 550 °C. Les sels fondus constituent des fluides caloporteurs idéals à partir

d'une température de 400 °C.

III. 2 Procédé de traitement des huiles usagées en acide/terre (15) (19)

Dans de nombreux pays en voie de développement, le procédé de régénération de l'huile usagée à l'acide sulfurique est appliqué. Les technologies acide/terres sont basées sur le traitement du substrat avec de l'acide sulfurique, ce qui élimine les éléments polluants, et sur un traitement postérieur avec des terres, ce qui neutralise le produit obtenu. Ainsi, le traitement des terres permet d'obtenir la couleur et l'odeur désirée.

Les étapes élémentaires de ce procédé se présentent comme suit

- 1) *Distillation* : c'est une phase d'élimination d'eau et d'hydrocarbures légers.
- 2) *Traitement acide* : ce qui permet d'éliminer certaines impuretés telles qu'additifs de viscosité et agent tensio-actif.
- 3) *Traitement en terre* : ce qui améliore la couleur et les odeurs des huiles obtenues.
- 4) *Filtration* : c'est une séparation de terre et d'huile.
- 5) *Distillation sous vide* : ce qui permet d'obtenir différentes fractions réutilisables en tant qu'huile régénérée.

Le diagramme ci-dessous les présente :

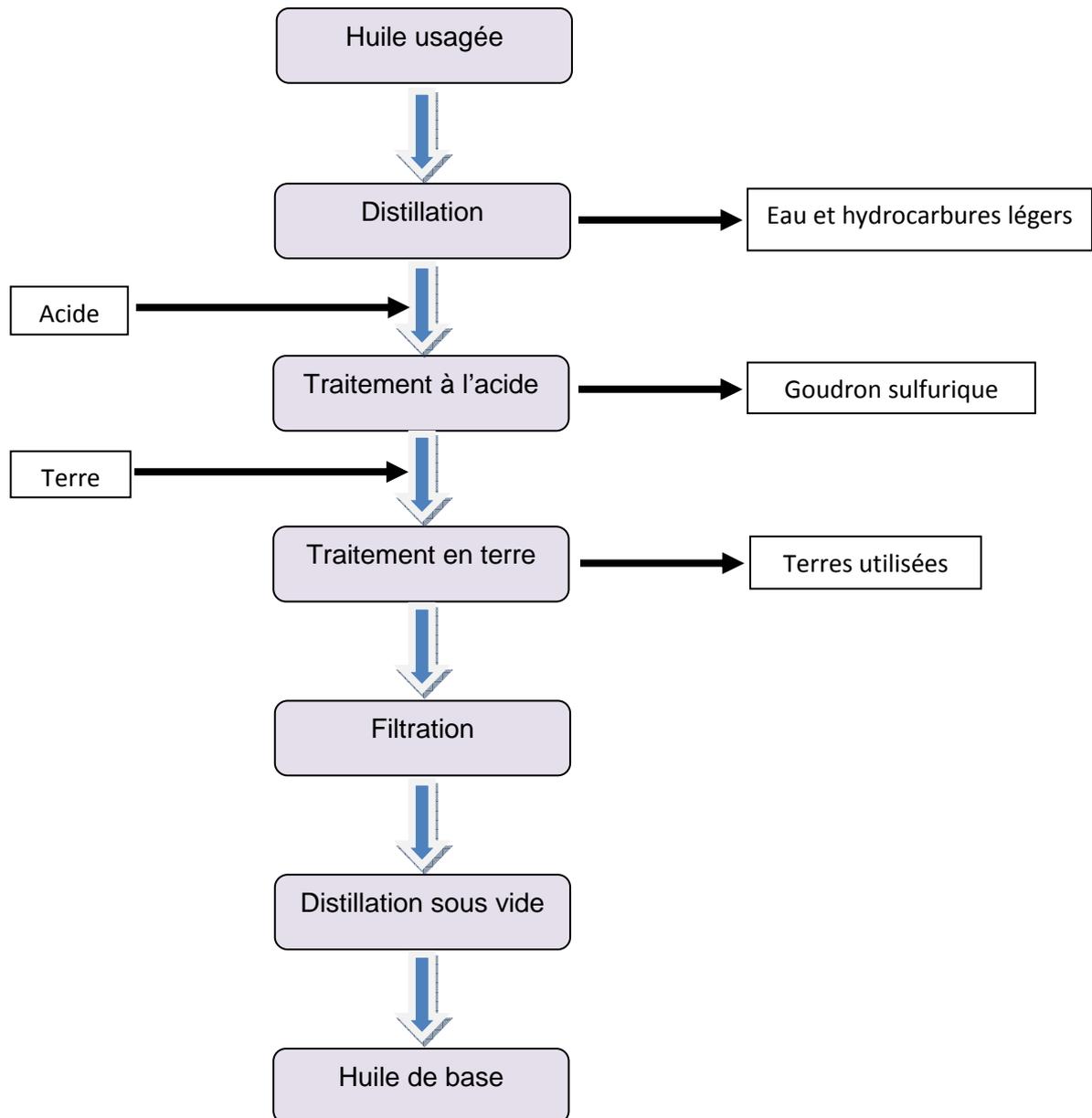


Figure 1 : Diagramme de processus de traitement des huiles usagées en acide/terre

III.3 Procédé de Distillation sous vide (4) (15) (19) [7]

La distillation est tellement utilisée dans la séparation des produits que les principes de base méritent d'être rappelés. Celle-ci est basée sur le transfert de matière entre un liquide et sa vapeur sans la mise en jeu, en général, de réactions chimiques. Ces transferts se font avec un déplacement des produits les plus lourds vers le bas, et les produits les plus légers vers le haut.

La distillation est une méthode permettant de séparer les différents constituants d'un mélange en fonction de leur température d'ébullition. Cette technique est également utilisée pour extraire un produit ou pour déplacer un équilibre au cours d'une réaction.

La distillation peut être effectuée à pression atmosphérique ou sous vide en utilisant une trompe à eau. L'avantage d'une distillation sous vide est de pouvoir réaliser la distillation à des températures plus basses, notamment pour des liquides peu volatils ($T_{éb}=180^{\circ}\text{C}$) ou pour des liquides qui risquent de se dégrader au cours du chauffage.

III.3.1 But de la distillation sous vide

- Pour distiller des composés qui se dégradent avant de bouillir, à la pression atmosphérique normale, ou qui s'oxydent à l'air à cette température ;
- Pour distiller des composés dont le point d'ébullition est élevé à la pression atmosphérique normale et pour lesquels l'apport énergétique nécessaire est trop important par rapport au moyen de chauffage du laboratoire.

III.3.2 Technique de la distillation sous vide

On apporte au montage de distillation simple sous pression atmosphérique quelques modifications; des équipements supplémentaires sont nécessaires. Le problème est de créer un vide dans toute l'installation. On relie celle-ci à un dispositif d'aspiration.

Le point " stratégique " de l'installation est l'allonge coudée ; elle devra d'une part, assurer une étanchéité sur le pot de recette (verrerie rodée et graissée) et permettre le raccordement au système de création du vide partiel (tubulure latérale supplémentaire). Parmi les dispositifs qui permettent de travailler sous une pression inférieure à la pression atmosphérique, il existe les différentes pompes à vide et la trompe à eau qui est le dispositif utilisé au laboratoire de chimie organique.

Un ballon est placé sur un réchauffeur électrique. Compte tenu des températures désirées, des précautions sont prises pour minimiser les déperditions thermiques. Ce ballon est relié à une simple colonne. Les vapeurs sont condensés et recueillies dans une éprouvette graduée. Afin de diminuer les pressions partielles des produits volatiles et d'assurer un bon mélange du liquide, un petit débit d'azote ou de vapeur d'eau est maintenu dans le ballon. Une précaution est prise pour prévenir l'introduction de l'air dans l'appareil, pour éviter l'oxydation de l'huile. Les températures au sommet de la colonne et dans le ballon sont notées. Les conditions de distillation sont ajustées de telle sorte que, à la fin d'un temps de réaction donné, et à la température appropriée, une phase aqueuse et une phase d'hydrocarbure composée d'essence et des composés lourds sont obtenues.

III.3.3 Différents types de technique de distillation sous vide (15) (19)

Nous constatons que plusieurs méthodes peuvent accompagner la distillation sous vide. Parmi les différentes techniques on peut citer les deux techniques suivantes en expliquant par des diagrammes.

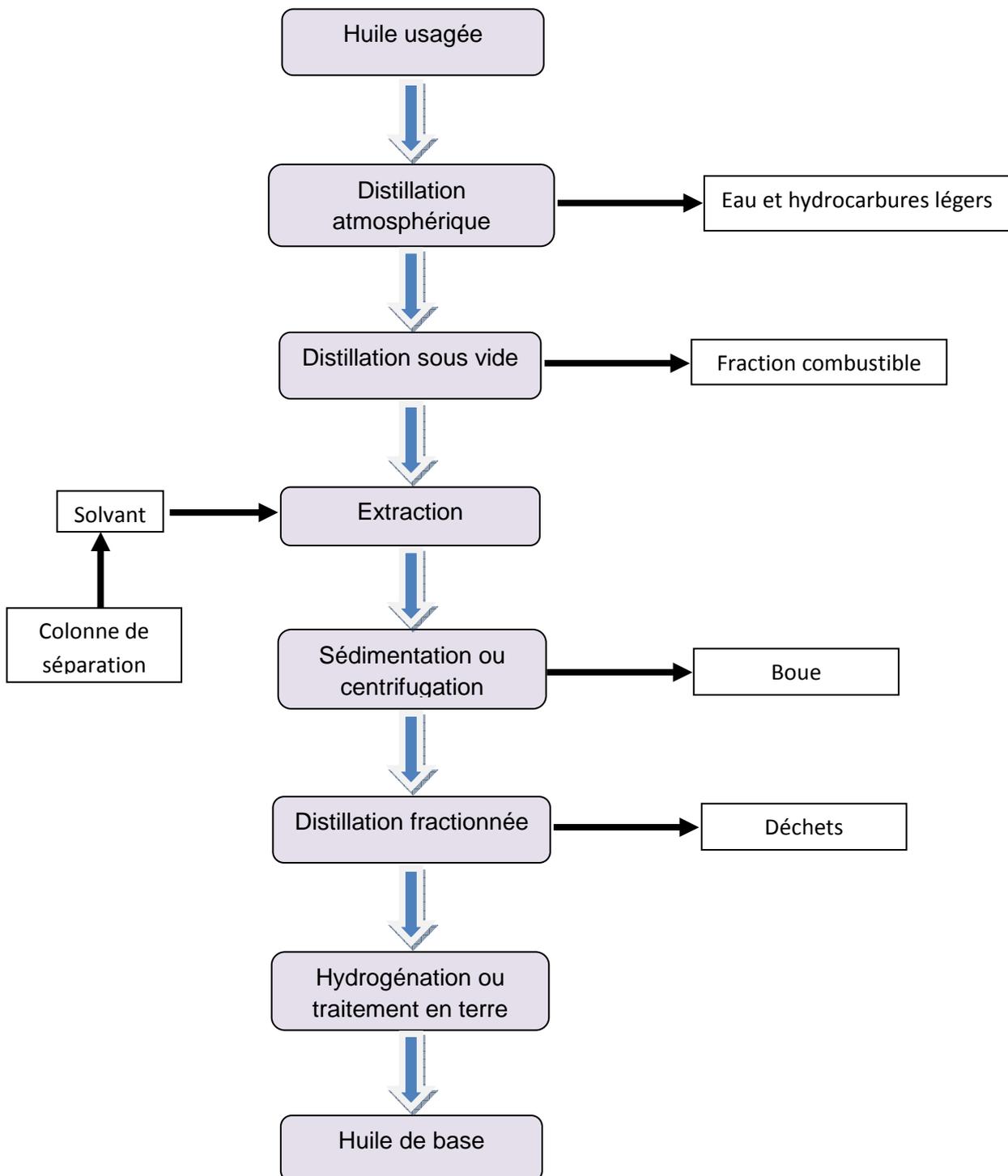


Figure 2 : Diagramme de la technologie BERC ou NIPER

La technologie Viscolube, également connue sous le nom de TDA (Thermal Deasphalting) est basée sur l'utilisation de propane, suivie d'une distillation sous vide et d'un traitement final en terres. Les étapes élémentaires de ce procédé se présentent comme suit :

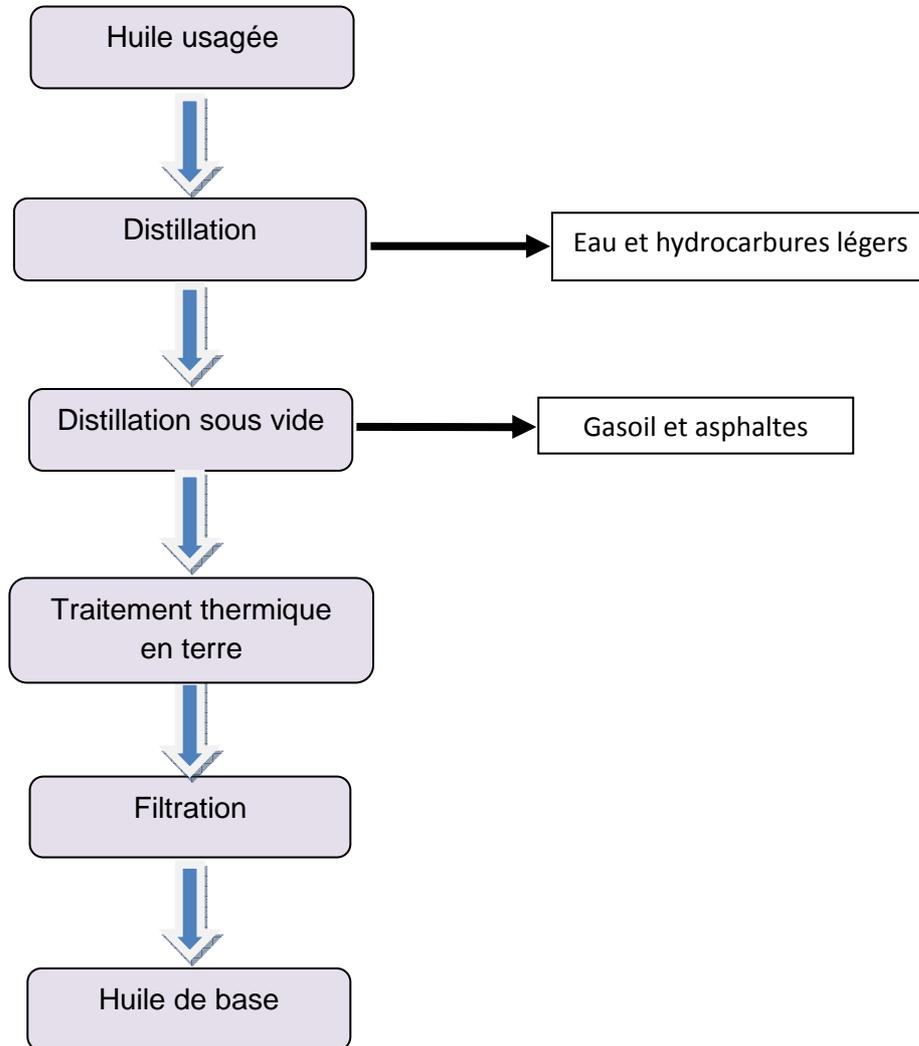


Figure 3 : Diagramme de la technologie Viscolube

CHAPITRE 4 : CARACTERISTIQUE DE LA GRAISSE

IV.1 Généralités sur la graisse(6) (7) [1] [7] [8]

IV.1.1 Définition

Les graisses sont des matières semi-solides qui se comportent comme des solides. C'est à dire qu'elles s'opposent à tout moment relatif, jusqu'à un seuil critique de cisaillement, τ_{Cr} , au-delà duquel elles se comportent comme un liquide.

IV.1.2 Utilisation

On utilise une graisse lorsque :

- On veut maintenir un lubrifiant liquide en place : c'est le rôle de la composante solide de la graisse.
- On veut la substituer à un lubrifiant liquide (composante liquide de la graisse) soit parce qu'il est difficile d'effectuer souvent la lubrification, soit parce qu'une lubrification fréquente est injustifiée.
- On veut qu'elle serve de joint étanche à l'intrusion de contaminants solides.

Comme les poudres sèches, les graisses présentent l'inconvénient de ne pas contribuer au refroidissement des surfaces qu'elles lubrifient, étant donné qu'elles ne circulent pas. Pour la même raison, elles peuvent accumuler les contaminants et devenir abrasives.

IV.1.3 Composition d'huile graisse(6) (7) (12) [1] [7] [8] [9]

Les graisses sont composées d'un agent épaississant, d'un fluide lubrifiant et d'additifs.

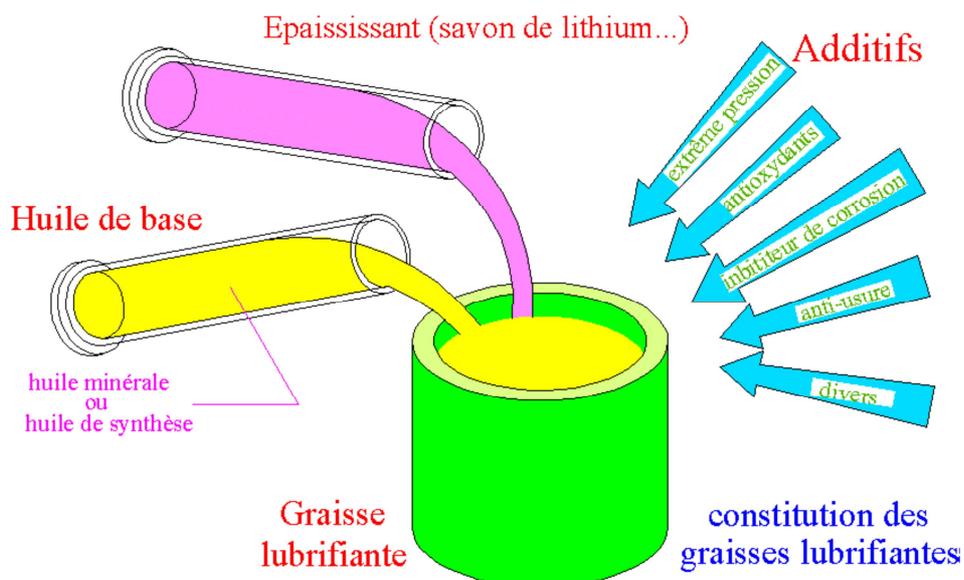


Figure 4: composant de graisse

IV.1.3.1 Agent épaississant

L'épaississant est constitué d'un réseau ou pelotes de fibres de savon dont les espaces sont remplis d'huile comme les pores d'une éponge pleine d'eau. Il constitue la phase solide et dispersée de la graisse et lui donne sa consistance. Plus la concentration en épaississant est élevée, plus le réseau est dense et plus la graisse est dure.

IV.1.3.2 Huile lubrifiante

Les fluides lubrifiants sont des huiles minérales ou synthétiques qui représentent de 80 à 90 % du volume de la graisse. La viscosité de l'huile à partir de laquelle on fabrique la graisse et la quantité d'agent épaississant sont les deux facteurs dont dépend la consistance de la graisse.

La nature de la base a une influence sur la plage de température d'utilisation, la résistance à l'oxydation et peut, selon son pouvoir solvant, influencer la texture de la graisse.

IV.1.3.3 Les additifs

Les additifs sont des composés chimiques, organiques ou non, destinés à améliorer les propriétés lubrifiantes et protectrices du fluide lubrifiant. Ils sont soit sous forme solide en suspension dans la graisse, soit solubles dans l'huile de base.

Les additifs les plus utilisés sont :

IV.1.3.3.1 Agents antioxydants

Ils s'opposent à la formation des peroxydes et des acides organiques (ou ils les neutralisent), qui épaississent l'huile et attaquent les surfaces métalliques.

IV.1.3.3.2 Agents antirouille

Ils adhèrent aux surfaces métalliques et les protègent de la rouille.

IV.1.3.3.3 Agents anti-usure

Ce sont des agents qui forment un film dont la résistance au cisaillement est faible, ce qui diminue la valeur du coefficient de frottement lors des démarrages ou lorsqu'il y a surcharge.

IV.1.3.3.4 Agents désactiveurs

Qui annulent l'effet catalyseur de certains métaux activant la réaction oxydante de l'huile.

IV.2 Propriétés caractéristiques et classification des huiles de graissages(6) (7) (8) (10) [1] [7] [8]

IV.2.1 Aspect et texture des graisses

Aspect	<ul style="list-style-type: none"> - Rugueux: lorsqu'elles présentent de nombreuses aspérités. - Lisse: lorsqu'elles ne présentent pas d'aspérités. - granuleux: aspect hétérogène dû à la présence de grumeaux. - Craquelé: lorsque des craquelures apparaissent à leur surface.
Texture	<ul style="list-style-type: none"> - Butyreuse: aspect du beurre. Lorsqu'elles sont étirées entre deux doigts, elles se séparent sans formation de fibres. - Filante: lorsqu'elles se décomposent en un enchevêtrement de fils fins. - Fibreuse: lorsqu'elles se séparent en formant des fibres de longueurs inégales

Tableau 6: Aspects et textures des graisses

IV.2.2 Classifications des graisses

On caractérise d'abord les graisses en fonction de leur type d'agent épaississant. Dans chacune de ces catégories, on les classe ensuite selon leur consistance, définie comme étant la résistance à la déformation sous l'action d'une force. La consistance d'une graisse est donc une mesure de sa dureté relative, qui indique sa tendance à s'écouler et à se disperser.

Le test de consistance est normalisé par l'American Society for Testing and Materials: norme ASTM D217, « Cone Penetration of Lubricating Grease ». Pour réaliser ce test, on laisse pénétrer dans la graisse un cône normalisé, sous son poids, pendant cinq secondes. On mesure alors la profondeur de pénétration, et cette mesure est appelée « pénétration ».

Le National Lubrication Grease Institute (NLGI) a établi une échelle de classification des graisses à partir de ces mesures de la pénétration plus le nombre NLGI est élevé, plus la pénétration est faible, c'est à dire que la graisse est plus dure et qu'elle a donc moins tendance à s'écouler et à se disperser.

IV.2.3 Autres caractéristiques des graisses

À froid, les graisses durcissent, à chaud, elles ramollissent. À très basse température, elles sont inutilisables car figées (même comportement que le beurre). À très haute température, elles se liquéfient et coulent, le lubrifiant s'oxyde et forme des boues.

IV.2.3.1 Consistance

C'est l'une des propriétés principales, elle exprime la résistance à la déformation de la graisse et elle est étroitement liée à l'adhérence et à l'onctuosité. Elle diminue lorsque la température augmente.

IV.2.3.2 Point de goutte

Le point de goutte est la température à laquelle la graisse chauffée laisse échapper la première goutte d'huile. Il caractérise la tenue de la graisse à la chaleur en précisant la température de début de liquéfaction.

Il est à noter que la température maximale d'utilisation d'une graisse est liée à la notion de durée de vie du produit et n'a pas de rapport direct avec le point de goutte.

Le point de goutte dépend essentiellement du savon utilisé, quels qu'en soient le pourcentage dans la graisse ou le grade NLGI de celle-ci.

Savon	Calcium	Aluminium	Lithium	Sodium	Polyurée	Calcium complexe	Lithium complexe	Argile
Point de goutte	95°C	110°C	180° C	190° C	250°C	260°C	260°C	Infusible

Tableau 7: Point de goutte des savons usuels

IV.2.3.3 Point de solidification

Le point de solidification indique la température de début de solidification de la graisse.

IV.2.3.4 Miscibilité

Il ne faut jamais mélanger des graisses ayant des épaississants différents (ou incompatibles). Par exemple une graisse au lithium de grade NGLI 2, mélangée avec une graisse au sodium de grade NGLI 3, donne une graisse plus molle de grade NGLI 1. De plus la température maximale d'utilisation et la capacité de charge sont réduites.

IV.2.3.5 Influence de l'eau

L'eau est le polluant le plus courant des graisses. Selon la nature du savon utilisé, la quantité d'eau absorbable peut varier dans de grandes proportions. Cependant, au-delà de 10%, la lubrification devient incorrecte.

L'eau a également une action corrosive sur un grand nombre de métaux. Les qualités antirouille de la graisse permettront donc une certaine correction.

En quantité trop importante, l'eau entraîne la graisse et la "délave". Plus une graisse sera dure et mieux elle résistera au délavage. La viscosité de l'huile de base et la nature du savon ont aussi une influence.

IV.2.3.6 Pompabilité

La pompabilité est une propriété importante, notamment dans les systèmes de distribution ou de graissage centralisé. Il est important que la graisse soit parfaitement véhiculée jusqu'à l'équipement à lubrifier à travers le réseau de canalisations. Cette propriété dépend de la consistance de la graisse, du type d'épaississant et de la viscosité de l'huile de base.

Le tableau suivant présente les propriétés des graisses les plus courantes sur le marché ainsi que leurs domaines d'utilisation. Ce tableau peut permettre de chercher une graisse pour une utilisation particulière.

Graisses	Propriétés et caractéristiques								Utilisations
	Température limite (agent épaississant) (°C)	Texture maximale (graisse) (°C)	Texture	Stabilité en service	Résistance à l'oxydation	Protection (usure)	Résistance à l'eau	Types d'usure	
Calcium	70	-20 à 50	Lisse	MàB	M	BàE	BàE	S	Châssis de véhicules ; pompes à eau ; avionnerie
Sodium	90 à 120	-20 à 100	Fibreuse	BàE	E	BàE	aucune	S	Roulements ; joints universels, haute temp. en avionnerie
Lithium	150 à 180	-20 à 130	Lisse	E	MàB	BàE	BàE	G	Générales
Aluminium	70	-20 à 70	Lisse	B	B	B	M	S	Convoyeurs ; châssis
Baryum	190	-20 à 150	Lisse à Fibreuse	M	--	--	BàE	G	Générales dans l'industrie
Calcium Complexe	Aucune	-20 à 150	Lisse	BàE	MàB	BàE	BàE	G	Générales à hautes températures ; avionnerie
Produit inorganique	Aucune	***	Lisse	BàE	BàE	BàE	BàE	S	Hautes températures ; spéciales en avionnerie

Tableau 8 : Propriétés, caractéristiques et utilisations des principales graisses à base d'huile minérale

* M : médiocre ; B : bon ; E : excellent ; ** S : spécialisé ; G ; général ; *** Dépend de l'huile de base

PARTIE II : ETUDES EXPERIMENTALES

CHAPITRE 1 : ETUDE DU COMPORTEMENT DES HUILES USAGEES

I.1 But et démarche des études expérimentales

L'objectif principal de notre étude expérimentale est de pouvoir fabriquer des huiles de graissage en utilisant comme matière première l'huile de vidange. Dans ce cas plusieurs procédés sont disponibles, mais on choisit celui qui est le plus facile à mettre en œuvre au laboratoire. Pour cela, nous allons poursuivre les étapes suivantes :

- En premier lieu, nous allons faire des analyses des ces huiles afin de savoir leurs propriétés ainsi que leurs caractéristiques physicochimiques.
- En second lieu, nous allons essayer de fabriquer à partir des huiles usagées des huiles de base par un ou plusieurs procédés de valorisation.
- Enfin, nous allons interpréter les résultats obtenus et essayer de fabriquer des huiles de graissage à partir de cette huile régénérée.

I.2 Origine des échantillons

Pour notre étude, nous avons choisi comme échantillons les huiles de vidange de la station de service Shell Anosibe. Comme les échantillons proviennent de différents types de véhicules, nous ne pouvons pas également déterminer s'il s'agit d'une huile provenant d'un moteur à essence ou d'un moteur diesel, donc nous avons généralisé la régénération des huiles de vidange quel que soit leur huile neuve origine et leur classe.

I.3 Etudes des échantillons des huiles usagées

I.3.1 Paramètres utilisés pour l'analyse

Parmi les paramètres caractéristiques des huiles, on peut citer entre autres :

- l'indice de viscosité,
- la densité,

Les analyses sont faites dans le laboratoire de l'OMNIS, dans ce cas nous avons utilisé plusieurs appareils et méthodes pour les déterminer les paramètres dont les détails sont présentés dans l'ANNEX I.

I.3.2 Résultats des analyses

Le tableau suivant représente les résultats des que nous avons obtenu pendant l'expérience.

Test	Résultats
Densité	0,893
Couleur	Noir
Viscosité cinématique à 40°C ($m^3.s^{-1}$)	104,052
Viscosité cinématique à 100°C ($m^3.s^{-1}$)	15,971

Tableau 9: Résultats de l'analyse de l'huile usagée

I.3.3 Interprétation relative à l'échantillon d'huile usagée

I.3.3.1 Densité

La densité est le rapport de la masse d'un certain volume de l'huile à la masse du même volume d'eau distillée, les températures de l'eau et du produit étant spécifiées. Pour ce faire nous avons utilisé l'appareil pycnomètre.

I.3.3.2 Viscosité

La viscosité d'un liquide est la résistance qu'oppose ses molécules à une force tendant à les déplacer les unes par rapport aux autres, elle mesure le frottement interne. La viscosité décroît lorsque la température augmente.

La détermination de la viscosité cinématique consiste à mesurer le temps mis par un volume déterminé pour s'écouler à travers un capillaire sous une charge et température contrôlée, le coefficient du tube viscosimétrique permet d'en déduire la viscosité cinématique.

La valeur de viscosité que nous avons obtenue après mesure est de 104,052 à 40°C et 15,971 celle qui est à 100°C.

CHAPITRE 2 : ETUDE DE REGENERATION DES HUILES USAGEES

II.1 Choix de la méthode adoptée pour la régénération des huiles

Après comparaison des différents types de procédés de régénération que nous avons exposés dans la première partie de notre ouvrage, nous avons opté pour la technologie basée sur le traitement acide/terre, car non seulement cette méthode est plus facile à mettre en œuvre, vu l'insuffisance des équipements dans notre laboratoire, mais aussi elle présente les avantages suivants :

- plus pratiqué dans le monde ;
- coût d'exploitation moindre ;
- disponibilité des produits de base et des matériels.

Pendant ce traitement, nous lancer une nouvelle recherche en remplaçant la terre qui est un agent absorbant en charbon.

II.2 Description du procédé du traitement acide/terre

II.2.1 Diagramme du procédé

Pour ce procédé, les huiles doivent passer par les étapes suivantes qui se résument dans le diagramme suivant :

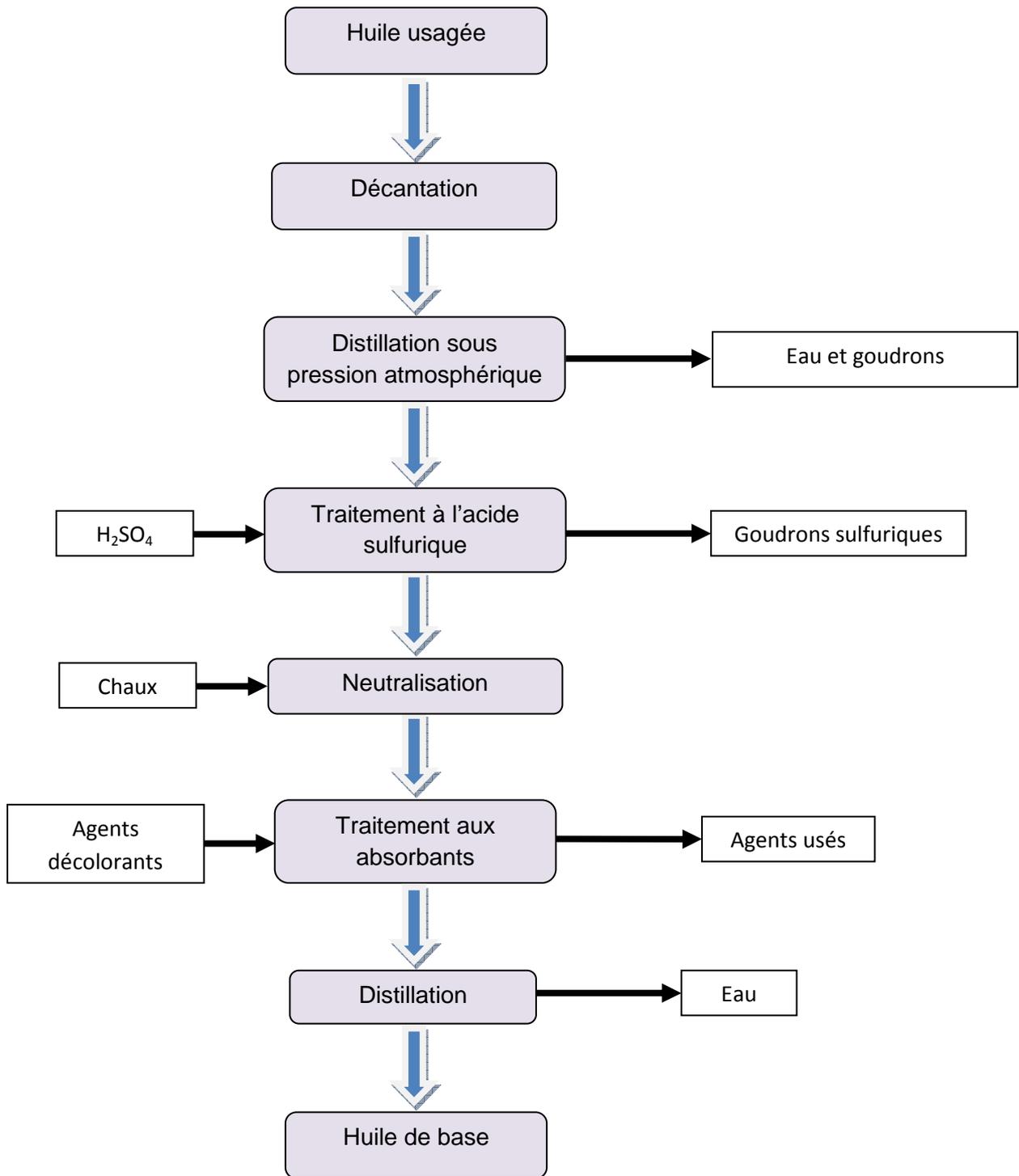


Figure 5: Diagramme de régénération acide/terre adoptée

II.3 Description détaillée du traitement des huiles

III.3.1 Décantation

Il est à rappeler que la décantation a pour but de séparer une partie de l'eau et des sédiments, étant entendu que l'on a une rétention d'eau résiduelle de l'ordre de 3 à 4% dans les bacs décanteurs, due à l'action dispersive des additifs. L'eau résiduelle n'est éliminée que dans l'étape de déshydratation. Par contre les particules finement dispersées par les additifs (poussières, métaux d'usure, ...) ne sont séparables qu'au prix de la mise en œuvre du procédé de raffinage.

III.3.1.1 Matériels et réactifs

- Huiles usagées 500 ml pesant 440,5g
- Appareil de décantation
- □ Etuve
- Balance de précision de laboratoire
- Bécher 600ml

III.3.1.2 Mode opératoire

- D'abord on pèse 500ml d'huile
- On met l'huile dans une étuve et on laisse son contenu se décanter pendant 24 heures à une température 75°C afin de réduire la viscosité ;
- La couche supérieure d'huile est écumée et la couche d'eau est soutirée.
- On retire l'eau qui se décante au fond du décanteur ;



Figure 6: Photo décantation huile usagée (Laboratoire Vontovorona)

Les résultats de ce procédé décantation est dans le tableau suivant :

Masse de la charge initiale	Masse d'huile récupérée	Masse d'eau et sédiment décantés
440.5 g	433.5 g	5.5 g

Tableau 10: Résultats de la décantation d'huile usagée

II.3.2 Distillation sous pression atmosphérique

Pour la suite du traitement de l'huile, nous avons utilisé la méthode de distillation sous pression atmosphérique pour séparer l'eau résiduelle et certaines fractions d'hydrocarbures légères comme l'essence.

III.3.2.1 Matériels et réactifs

- Huile obtenue après décantation
- Balance de précision
- Thermomètre
- Billes de verre
- Ballon à fond rond de 1000 ml
- Equipement de distillation
- Chauffe ballon

III.3.2.2 Mode opératoire

Nous avons réalisé cette opération dans un appareil de distillation sous pression atmosphérique. Il est constitué par un ballon de 1000 ml, une colonne de distillation et un réfrigérant à contre-courant.

Avant le chauffage, nous avons introduit quelques billes de verre pour stabiliser la température de l'ébullition. Il est important de bien vérifier si l'eau de refroidissement circule normalement.

Il faut éviter une augmentation brusque la température de chauffage pour ne pas modifier la constitution de l'huile.

Après environ 90 minutes de chauffage, la température de l'huile à la tête de colonne monte de 50°C à 65°C, et la première goutte de distillat apparaît.

Lorsqu'on atteint la température 100°C à 110°C à la tête de colonne on maintient cette température jusqu'à la dernière goutte de distillat qui apparaît au bout de 270 minutes de chauffage à une température 115 °C.

A la fin de la distillation nous constatons des goudrons qui restent au fond du ballon.



Figure 7: Photo installation de distillation huile usagée (Laboratoire Vontovorona)

Le tableau suivant représente les résultats obtenus après la distillation de l'huile :

Masse d'huile à distiller	Masse d'huile récupérée	Masse du distillat	Masse de résidu (goudron)
433.5 g	347.7 g	12 g	73.8 g

Tableau 11: Résultat de la distillation sous pression atmosphérique

III.3.3 Raffinage à l'acide sulfurique

Après avoir traité l'huile par la méthode de distillation sous pression atmosphérique nous allons passer par le raffinage à l'acide sulfurique. Cette méthode consiste à séparer les différents métaux contenus dans l'échantillon traité.

Le raffinage comprend le désasphaltage et l'élimination des résidus asphaltiques : métaux lourds, polymères, additifs, et autres composés de dégradation. Pour cela, les additifs, les polymères, les produits d'oxydation et de dégradation sont éliminés au contact de l'acide sulfurique ou sont précipités sous forme de sulfates.

Le raffinage à l'acide sulfurique se fait à une température de l'ordre de 30 à 35 °C. Les molécules d'hydrocarbures contenues dans l'huile usagée ont en effet la propriété de résister à l'acide sulfurique concentré, même à chaud, lorsqu'elles ne sont pas oxydées ; mais, dans le cas contraire, elles sont attaquées et se combinent à l'acide pour donner des produits pâteux de forte densité, appelés goudrons sulfuriques. Ce traitement conduit à leur décantation en fond de cuve.

Dans cette étape de nos travaux de recherche, nous avons réalisé deux expériences dont la première consiste à utiliser l'huile qui est traitée par l'étape de distillation, par contre le second essai est le traitement de l'huile brute.

II.3.3.1 Premier essai

Pour ce raffinage nous avons varié la quantité d'acide sulfurique utilisé afin de savoir la quantité optimale pour ce traitement. Ainsi nous avons utilisé 50g de mélange (huile + acide) pour notre essai.

II.3.3.2 Matériels et réactifs

- Becher 200 ml
- Huile débarrassée de la phase aqueuse
- Balance de précision
- Acide sulfurique concentré à 98 %
- Décanteur
- Agitateur magnétique

II.3.3.3 Mode opératoire

D'abord on prépare plusieurs échantillons de l'huile récupérée après distillation et l'on y ajoute des quantités variées d' H_2SO_4 dans le but de déterminer la quantité d' H_2SO_4 optimale à utiliser.

Puis on agite la solution pendant 30 minutes en la maintenant à une température de l'ordre de 35°C à 40°C.

Enfin on laisse décanter la solution afin de séparer les deux phases qui sont l'huile raffinée et les goudrons sulfuriques.

Dans cette solution, on a une attaque entre l' H_2SO_4 concentré et les débris des métaux en suspension dans la solution (Cu, Fe, Pb, Al, Cr, et d'autres métaux divers) conduisant à la

formation des produits pâteux de forte densité, appelés goudrons sulfuriques. Ces attaques sont traduites par les réactions chimiques suivantes :

Couple	Fe ²⁺ /Fe	Cu ²⁺ /Cu	Pb ²⁺ /Pb	Cr ²⁺ /Cr	Al ³⁺ /Al	H ⁺ /H
E ⁰ (V)	-0,41	0,34	-0,126	-0,91	-1,662	0,00



Le résultat du raffinage à l'H₂SO₄ est donné dans le tableau suivant :

Charge initiale		Résultat après raffinage			
Huile usagée (g)	H ₂ SO ₄ (g)	Durée de décantation (h)	Huile raffinée (g)	Goudrons sulfurique (g)	Rendements (%)
47,5	2,55 (5%)	24	3,7	46,35	7,4
		48	4,2	45,85	8,39
		72	5	40,05	10
45	5,10 (10%)	24	17	30,6	38,92
		48	22	28,1	43,91
		72	24	26,6	46,90
42,5	7,65 (15%)	24	32,8	17,35	65,40
		48	33,2	16,95	66,20
		72	33,2	16,95	66,20
40	10,20 (20%)	24	33,4	16,8	65,53
		48	35	15,2	69,72

		72	35	15,2	69,72
--	--	----	----	------	-------

Tableau 12: Résultats du raffinage à l'acide sulfurique d'huile usagée

Le rendement du raffinage à l'acide sulfurique en fonction du temps de décantation est aussi présenté dans la figure suivante :

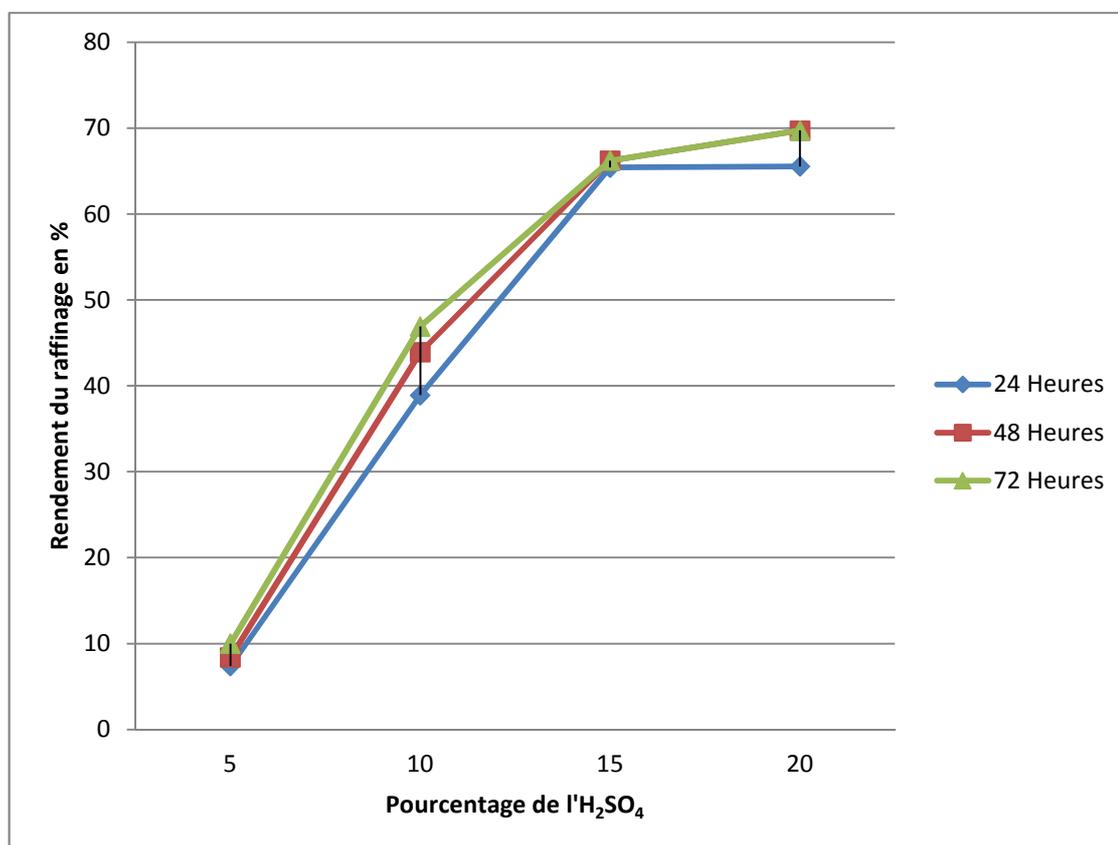


Figure 8 : Rendement du raffinage à l'acide sulfurique

D'après les résultats de l'essai du raffinage à l'acide sulfurique, nous pouvons constater qu'à partir de 7,65g d'acide sulfurique soit 15% de la charge initiale, le rendement du raffinage ne varie pratiquement plus quels que soient la quantité d'acide utilisé et la durée de décantation.

Ce résultat est d'ailleurs confirmé par les données bibliographiques qui avancent la valeur de 14% d'acide sulfurique.

II.3.3.4 Deuxième essai

Dans cet essai le procédé reste identique au précédent, aux différences près :

- l'échantillon étudié est de l'huile usagée brute qui n'a subi aucun traitement préalable.
- la quantité d'acide sulfurique utilisé est de 14% de la charge initiale

- la durée de traitement est de 24 heures

Pour ce faire la charge utilisée est de 200g d'huile usagée.

Les résultats obtenus au cours de ce second essai sont présentés dans le tableau suivant :

Charge initiale		Résultat après raffinage	
Huile à distiller	H ₂ SO ₄ à 98%	Goudrons sulfurique	Huile raffinée
200g	34 g	84,6g	144,8g

Tableau 13: Résultat du raffinage d'huile usagée

Dans ce traitement nous avons obtenu 144,8g d'huile acidifiée dans 200g d'huile usagée brute c'est-à-dire que le rendement est de l'ordre de 61,88% de la charge initiale (acide + huile) donc pour 433,5 g mélangé à 72g masse d'acide sulfurique nous pouvons obtenir 312,8g d'huile acidifiée.

Il est à noter que les molécules d'hydrocarbure résistent à l'acide sulfurique même à chaud lorsqu'elles ne sont pas oxydées.



Figure 9: Photo d'huile acidifiée (Laboratoire vontovorona)

La comparaison des résultats des deux essais, raffinage à l'acide sulfurique de l'huile prétraitée et de l'huile brute permet de conclure que malgré une légère différence de

rendement 61,88% contre 65,40%, il est plus intéressant d'utiliser de l'huile brute car cette dernière permet d'éviter des opérations nécessitant du temps et des investissements coûteux.

III.3.4 Neutralisation par la chaux

Après le traitement à l'acide sulfurique, l'huile raffinée contient encore des excès d'acide qu'il est indispensable d'éliminer. L'opération de neutralisation est donc une étape primordiale du traitement. Il s'agit d'obtenir un pH neutre en utilisant du carbonate de chaux ou de la soude.

III.3.4.1 première essai Neutralisation par la soude

III.3.4.1.1 Matériels et réactifs

- Huile obtenue après traitement à l'acide sulfurique
- pH-mètre
- agitateur magnétique
- bêcher
- balance de précision
- solution soude à 2N

III.3.4.1.2 Mode opératoire

- Mesurer le pH de l'huile acidifiée à l'aide papier pH. La mesure donne une valeur comprise entre 2 et 3
- Préparer ensuite la solution de soude à 2N,
- Ajouter goutte à goutte de soude dans l'huile jusqu'à l'obtention de pH égal à 7

Au cours de cet essai nous avons utilisé 20g d'huile acidifiée que nous avons pu neutraliser avec 4,5ml de soude 2N.

D'où pour neutraliser 366,59g d'huile résultats après raffinage de 440,5g d'huile brute, nous avons besoin 82,48ml.

La réaction sur cette neutralisation est la suivante :



III.3.4.2 Deuxième essai : Neutralisation par le carbonate de chaux

En ce qui concerne la neutralisation par la chaux, nous avons choisi comme échantillon la chaux calcinée à 900°C.

III.3.4.2.1 Matériels et réactifs

- Huile obtenue après traitement à l'acide sulfurique
- papier pH
- agitateur magnétique
- bêcher
- balance de précision
- Chaux calciné à 900°C
- Indicateur coloré (phénolphtaléine)

III.3.4.2.2 Mode opératoire

- Mesurer le pH de l'huile acidifiée
- Peser 100g d'huile acidifiée ;
- Ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré dans l'huile ;
- Ajouter peu à peu de la chaux tout en agitant le mélange jusqu'à l'apparition d'une coloration rose ;
- Laisser reposer pendant 24 heures qui est le temps de séparation deux phases.



Figure 10 : Photo de l'huile neutralisée avec la chaux (Laboratoire Vontovorona)

La réaction chimique qui se présente pendant la neutralisation est la suivante :



A la fin de la neutralisation nous avons ici obtenir les résultats suivants :

Charge initiale		Résultats	
Huile acidifiée	Ca(OH) ₂	CaSO ₄	Huile purifiée
100g	9,7g	15g	94,7g

Tableau 14: Résultat de la neutralisation

Pour notre expérience nous avons trouvé que pour neutraliser 100g d'huile acidifiée la quantité de chaux utilisée est 9,7g, soit 30,34g de chaux pour neutraliser 312,8g d'huile avec comme résultats 47g de sulfate de calcium et 296,2 d'huile purifiée

Pour les deux expériences réalisées nous pouvons conclure que la neutralisation avec la chaux est la plus intéressante car non seulement la chaux est moins chère et plus accessible sur le marché, mais aussi sa manipulation est plus facile. De plus il est possible de séparer les deux phases après la neutralisation.

III.3.5 Traitements aux absorbants

Le nettoyage final de l'huile vise à donner à notre produit des spécifications particulières. Le finissage peut se faire par plusieurs méthodes. Parmi ces différentes méthodes nous utilisons les suivantes :

- Traitement au charbon ordinaire
- Traitement au charbon actif

III.3.5.1 Première essai : Traitement au charbon ordinaire

III.3.5.1.1 Matériels et réactifs

- Huile neutralisée
- Charbon
- Balance de précision
- Bêcher
- Filtre
- Agitateur magnétique

III.3.5.1.2 Mode opératoire

- Mettre 100g d'huile neutralisée dans un bêcher en le mélangeant avec du charbon
- Agiter pendant 30 minutes
- Enfin pour les séparer, il suffit de filtrer à l'aide d'un papier filtre.

III.3.5.2 Deuxième essai : Traitement au charbon actif

Dans ce traitement les travaux à faire sont les même à celui du premier essai, par contre l'absorbant utilisé est du charbon actif.

A l'issu de ces deux essais, on a constaté que les résultats sont sensiblement identiques, à savoir même coloration, même odeur. Il est donc plus intéressant d'utiliser du charbon ordinaire.

A la fin de la purification de l'huile nous avons pu obtenir les résultats suivants :

Charge initiale		Résultats	
Neutralisé	Charbon	Charbon + gâteau de filtration	Huile purifiée
100g	10g	12,9g	97,1g

Tableau 15: Résultats de la purification d'huile

Avec ces résultats, nous pouvons conclure que pour purifiée 296,2g d'huile neutralisée nous avons 287,61 g de l'huile purifiée. La masse du charbon n'est pas très important car dans notre expérience nous avons utilisé une quantité qui pourrait suffire pour la filtrer.

III.3.6 Déshydratation de l'huile

L'huile régénérée contient encore de l'eau issu de la réaction de la neutralisation, il est donc important d'éliminer cette phase aqueuse. Pour ce faire nous devons procéder à l'étape de déshydratation.

III.3.6.1 Matériels est réactifs

- Huile de régénérée 97,1g
- Balance de précision
- Bêcher
- Plaque chauffante

III.3.6.1 Mode opératoire

- Mettre l'huile dans un bêcher
- La chauffer à une température environ 110°C jusqu'à ce que il n'y ait plus d'eau.
- Laisser l'huile se refroidir avant son utilisation.

Après déshydratation de l'huile nous avons ici comme résultat dans le tableau suivant :

Charge initiale	Eau	Huile purifiée
97,1g	2,3g	94,8g

Tableau 16: Résultats de la déshydratation de l'huile

D'après le tableau précédent, nous pouvons prendre comme conclusion que la masse d'eau dans 287,61g d'huile purifiée est de 6,8g avec une masse d'huile régénérée 280,81g.

III.4 Résumé et interprétation du traitement

III.4.1 Résumé du traitement

D'après les résultats que nous avons obtenus pendant nos travaux expérimentaux nous pouvons conclure que le procédé de traitement peut se résumer comme suit :

III.4.1.1 Décantation

La décantation est une opération primordiale pour notre procédé de traitement car aucun traitement ne peut remplacer cette étape.

III.4.1.2 Raffinage à l'acide sulfurique

Le raffinage à l'acide sulfurique fait aussi partie du traitement de purification pour éliminer les différents métaux présents dans l'huile ainsi les autres impuretés comme les additifs qui ont des réactions avec l'acide sulfurique.

III.4.1.3 Neutralisation

Cette étape est nécessaire pour éliminer l'excès d'acide. La neutralisation à la chaux est la moins coûteuse et de plus les deux phases sont plus faciles à séparer.

III.4.1.4 Traitement aux absorbants

Cette étape a pour but d'améliorer la qualité de l'huile de base obtenue. En qualité d'absorbant on a utilisé du charbon ordinaire.

III.4.1.5 Déshydratation

La déshydratation constitue la dernière étape de purification de l'huile. Elle a pour but d'éliminer la fraction aqueuse dans l'huile due à la neutralisation de cette dernière.

III.4.2 Résultats

On a pris 500mL d'huile usagée, de masse 440,5g. Après ces différents traitements faits avec l'huile, nous avons pu obtenir les rendements suivants :

Traitement	Décantation	Raffinage à l'acide sulfurique	Neutralisation	Purification
Rendement	433,5 g	312,8g	296,14g	280,81g

Tableau 17: Résumé du rendement du traitement d'huile

Ainsi ce traitement a besoin des produits suivants :

- Pour le raffiner nous avons besoin de 72g d'acide sulfurique
- Pour la neutralisation nous avons besoin de 24,735g de chaux
- Masse du charbon utilisé est de 20g pour la décoloration.

Puis à la fin du traitement nous avons aussi obtenue des sous-produits ou résidus suivants :

- Eau + sédiment : 5,5g
- Boue sulfurique : 182,8 g
- De l'eau après déshydratation : 6,8g

III.4.3 Interprétation des résultats

III.4.3.1 Décantation

Elimination d'une partie de l'eau et du sédiment contenue dans l'huile, ce traitement se réalise à une température de 70°C pendant 24 heures dont le résidu est de 1,59% de la charge initiale.

III.4.3.2 Raffinage à l'acide sulfurique

Dans la solution on a une réaction entre l'acide sulfurique concentré et les débris des métaux en suspension dans la solution (Cu, Fe, Pb, Al, Cr, et d'autres métaux divers) conduisant à la formation des produits pâteux de forte densité, appelés goudrons sulfuriques.

Le temps de réaction est de 24 heures avec un taux d'acide sulfurique environ 14% de la charge initiale.

Les goudrons sont éliminés par simple décantation et l'huile raffinée est récupérée.

III.4.3.3 Neutralisation

Nous avons utilisé la chaux pour neutraliser l'huile acidifiée de pH égale environ 3 à 4. Après la neutralisation, nous constatons que nous avons besoin 9,7g de chaux pour neutraliser 100g d'huile acidifiée qui a une valeur environ 10% de la charge initiale.

III.4.3.4 Traitements aux absorbants

Le traitement aux charbons a pour but la décoloration par élimination des substances en suspension colloïdale, des produits d'oxydation des composés et impuretés colorés responsables de la coloration rouge-brun des fractions lubrifiantes.

III.4.3.5 Distillation d'huile

Après 24 heures de chauffage avec une température environ 110°C, nous pouvons obtenir une huile bien purifiée appelée huile de base qui est comme matière première pour la fabrication de lubrifiant moteur et de la graisse.

III.4.4 Rendement du traitement

Durant, tous ces étapes de purification d'huile nous avons obtenu comme rendement 280,81g d'huile de base à partir 440,5g c'est-à-dire 63,75%. En effet, dans l'étude bibliographique nous savons que le lubrifiant moteur est constitué de 80% d'huile de base et 20% d'additif donc nous pouvons en déduire que le projet est intéressant au niveau de rendement.

CHAPITRE 4 : ETUDES DE FABRICATION DE GRAISSE A PARTIR D'HUILE REGENEREE

IV.1 But de notre étude

Dans cette étape de travail, nous essayons de fabriquer de l'huile de graissage en utilisant l'huile de base obtenu après les différentes étapes de régénération d'huile usagée. Pour ce faire nous devons utiliser quelques additifs.

IV.2 Composition d'huile de graissage

Comme dans la première partie qui est l'étude bibliographique, nous constatons que l'huile de graissage est constituée d'huile de base, d'agent épaississant qui est un savon et de quelques additifs pour améliorer la qualité.

IV.3 Etudes de fabrication de graisse

Dans ce travail, les paramètres à considérer sont les qualités de l'huile et la viscosité. Dans ce cas nous avons pris plusieurs échantillons dans le but de déterminer la quantité optimale de savon à utiliser dans l'huile car le paramètre important à prendre en considération est la viscosité.

Pour ce faire, nous avons préparé plusieurs échantillons de 20g de mélange (huile + savon).

Dans la fabrication d'huile de graisse, nous avons utilisé le savon de sodium. Le traitement se fait à une température de l'ordre de 100 à 110°C avec une quantité de savon d'environ 10 à 15% de la charge initiale.

IV.3.1 Matériels et réactifs

- Huile de base régénérée
- Savon de sodium
- Bêcher de 250mL
- Balance de précision
- Plaque chauffante
- Un agitateur

IV.3.2 Mode opératoire

- Peser l'huile à traiter ainsi que la masse de savon correspondante
- Mettre le mélange dans un bêcher de 250mL
- Chauffer le mélange sur une plaque chauffante en l'agitant jusqu'à l'obtention du masse homogène
- Laisser le mélange refroidir

IV.3.3 Analyse de la graisse obtenue

Pour l'analyse de l'huile obtenue, nous avons fabriqué un appareil qui nous permet de connaître la viscosité de la graisse cet appareil est une tige en fer rond de longueur 12,3 cm avec un diamètre 4mm et pèse 24,3g. Dans ce cas nous avons pris les différents échantillons que nous avons fabriqués. Ensuite nous avons posé la tige dans chaque échantillon, et on laisse cette tige se pénétrer dans l'huile.

Il est à noter que nous avons pris comme référence des graisses existant sur le marché. Les résultats de la mesure de pénétration sont représentés dans le chapitre suivant.

IV.3.4 Résultats et interprétations des différents études

Les résultats des différents essais sont représentés dans le tableau suivant :

Essai	Masse d'huile	Masse du savon	Pourcentage du savon	Pénétration en mm
E1	19,5g	0,5g	2.5%	109
E2	19g	1g	5%	75
E3	18,5g	1,5g	7,5%	52
E4	18g	2g	10%	29
E5	17,5g	2,5g	12,5%	13
E6	17g	3g	15%	5

Tableau 18: Résultats de mesure de pénétration du cône sur les graisses

La pénétration de la tige avec la graisse que nous avons prise comme référence est de 32 mm.

Vu les résultats sur les expériences faites, nous constatons que la quantité du savon utilisé pour avoir une huile de graissage normale est environ 10% de la charge initiale. Car la pénétration du cône est de 29mm or celle de la graisse prise comme référence est de 32mm.

Nous pouvons voir sur le graphe suivant la variation de la pénétration de la tige en fonction du pourcentage du savon.

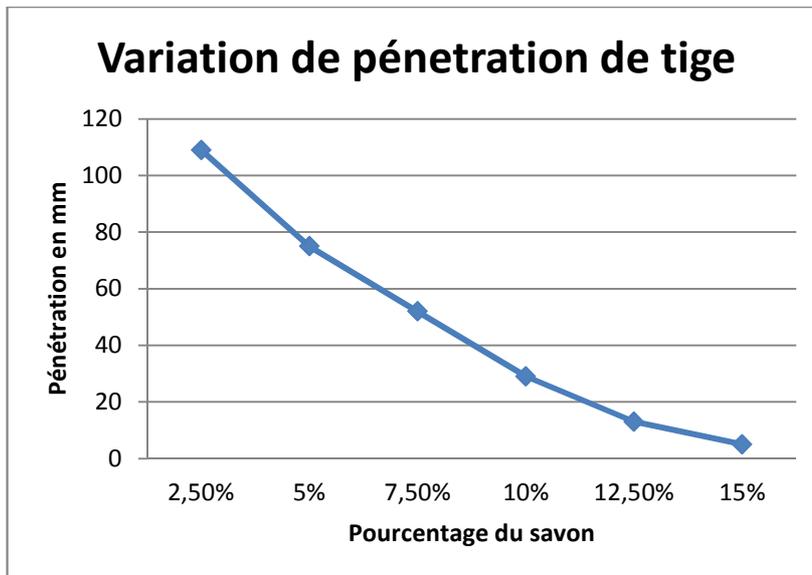


Figure 11 : Variation de la viscosité de la graisse en fonction du pourcentage du savon

D'après cette courbe, nous remarquons que la viscosité de la graisse augmente inversement proportionnelle à la quantité du savon utilisé.

PARTIE III :
ETUDES ÉCONOMIQUES ET
IMPACTS
ENVIRONNEMENTAUX

CHAPITRE I: ETUDES ECONOMIQUES

Généralement, les lubrifiants sont nécessaires au bon fonctionnement des systèmes mécaniques ou hydrauliques. Sur le plan financier, le poste « entretien et lubrification » reste minime par rapport aux autres affectations budgétaires. Toutefois, l'impact de la mauvaise utilisation de ces huiles peut affecter le mécanisme ou le système mécanique et ainsi freiner le développement d'une exploitation donnée à cause des pannes. Par la suite, la mauvaise gestion de ces huiles, en termes de déversement, peut aussi modifier l'environnement.

I.1 Généralités sur le projet

I.1.1 Contexte du projet

Le présent projet a pour but de créer une unité de traitement d'huile usagée pour produire de l'huile de base qui sera traitée ensuite pour fabriquer des huiles de graissage. En effet, l'huile usagée collectée subira un processus qui éliminera les impuretés contenues dans l'huile durant son utilisation afin d'obtenir de l'huile de base qui est un produit semi-fini pour la fabrication d'huile de graissage. Notre travail consiste donc à collecter les huiles usagées et de les recycler.

I.1.2 Justification du projet

Le présent projet constitue un projet d'innovation pour Madagascar. Non seulement protecteur de l'environnement, mais aussi une création des nouveaux emplois pour les citoyens, le présent projet génèrera des centaines d'emplois indirects qui favoriseront le décollage de l'économie Malagasy.

Le projet de recyclage ou traitement des huiles usagées est encore un marché émergeant dans la grande île.

Par ailleurs, les huiles usagées constituent une matière première abondante, à bon marché, facile à trouver dans tout Madagascar.

I.1.3 Caractéristiques du projet

Cette section nous permet de voir de plus près l'unité de recyclage d'huiles usagées. Nous allons donner un aperçu, une image de la future unité de recyclage. Comme on connaît que dans le second chapitre de la deuxième partie le procédé de traitement des huiles usagées qu'on a choisi passe par plusieurs étapes dont avec cela qu'on puisse créer notre unité de fabrication.

I.1.4 Objectif principal

L'objet de la société est la création d'une unité clé en main de collecte et de recyclage d'huiles usagées. Le produit fini sera vendu sur place.

Le volume des matières est :

Huile usagée collectée par jour : plus de 400 litres soit environ 350 kilogrammes

Huile de graissage à fabriquer par jour : 200kilogrammes ;

I.1.5 Etude de marché

L'étude de marché consiste à définir l'offre et la demande d'un produit ou d'une prestation. Concrètement, l'étude doit permettre au créateur de vérifier qu'il existe bien une clientèle pour son produit et que la demande est suffisamment importante pour qu'il puisse y répondre compte tenu de sa concurrence. L'étude de marché a pour principal objectif de réduire les risques d'échec, en permettant au chef d'entreprise de prendre les mesures adéquates pour s'insérer durablement sur son marché et, à plus long terme, de mieux cerner les forces en présence.

Ainsi, pour ce chapitre, nous allons procéder à l'étude du marché du présent projet en analysant la demande, l'offre et la concurrence sur le marché pour nous conduire à la définition des stratégies et politiques à prendre pour la commercialisation des produits.

I.1.5.1 Description du marché

En partant de la définition et l'identification des caractéristiques du marché des huiles de base, nous aurions une description du marché de la filière et ainsi d'entamer l'étude du marché du projet.

I.1.5.1.1 Définition du marché

Le terme marché peut être défini comme : Le lieu de confrontation de l'offre et de la demande, c'est-à-dire le vendeur et l'acheteur qui se mettent en accord afin de réaliser un échange de services, de produits ou de capitaux.

I.1.5.1.2 Analyse de la demande

La demande est exprimée sous forme de recherche du produit par les canaux habituels. Cette demande se faire localement.

La demande est exprimée par les utilisateurs. Mais l'huile de base est quasi inconnue par les utilisateurs car elle nécessite encore un processus de transformation et de conditionnement avant mise sur le marché. C'est pour cela que nous allons transformer cette huile de base en graisse pour qu'on puisse le vendre localement.

I.1.5.1.3 Analyse de l'offre

L'offre est identifiée par la manifestation des usines qui produisent de la graisse. Lors de notre étude, plusieurs petites entreprises locales ont été identifiées mais elles n'arrivent pas à répondre la demande des utilisateurs.

I.1.6 Politiques et stratégies marketing

I.1.6.1. Produit

Le produit huile de graissage que l'unité pourra atteindre sans difficulté car ce sont les installations qui détermineront le produit fini. Toutefois, la graisse fournie par l'entreprise aura une qualité imprenable du fait de l'utilisation de technologie moderne et de l'effort de chacun. La satisfaction du client est un but premier de la société.

I.1.6.2. Étude de prix

Le prix est basé sur le coût de la production du produit, ce coût se base non seulement sur le prix de la matière première utilisé et tous le frais de fabrication mais aussi le coût de l'installation de l'usine et les différents taxes à payer ainsi la comparaison avec le prix de la graisse sur le marché.

Ainsi nous avons vendu, notre produit à prix usine c'est-à-dire prix inférieur à celui sur le marché. D'après notre enquête le prix de 150g de graisse sur le marché est de 1500 Ar. Dans ce cas nous avons choisi de vendre notre produit à 1000Ar la boîte de 150g.

I.2 Conduite du projet

La conduite du projet nous permet de connaître les mécanismes qui font tourner l'usine de recyclage d'huiles usagées. Avant d'obtenir l'huile de graissage à vendre, plusieurs processus ont été appliqués à la matière première qui est l'huile de vidange. Une fois les processus sont clairs et mis en place, nous pourrions définir le volume d'huile à produire c'est-à-dire la capacité envisagée. Etant donné que l'usine est dotée d'une technologie de pointe, le besoin en ressource humaine est inévitable pour assurer la production. C'est ainsi que nous aborderons dans ce chapitre l'étude sur les ressources humaines de l'entreprise.

I.2.1 Techniques de production

La technologie proposée par le fournisseur est une technologie clé en main qui comprend :

Les solutions en amont telles que la technique de collecte, l'organisation des centres de production ainsi que l'analyse et la fixation des prix des huiles usagées collectées ;

Les solutions en aval telles que les emballages et conditionnement des produits à vendre, et les assurances tous risques ;

Les solutions technologiques qui comprennent : l'usine, la formation, l'assistance technique, la maintenance et le financement des investissements ;

Le processus de recyclage d'huiles usagées se base sur trois points :

- La collecte ;
- Le traitement proprement dite ;
- Le conditionnement et la vente.

I.2.1.1 La collecte des huiles usagées

D'après les études menées auprès de plusieurs stations de service, nous avons pu constater qu'ils peuvent collecter de 20 à 50 litres d'huile de vidange par jour. Ces huiles sont stockées sur place. A part ces stations de service, nombreux sont ceux qui font la vidange de leurs voitures à domicile en faisant appel à un simple technicien ou garagiste pour assistance à la maintenance.

On peut donc tout simplement procéder au ramassage des huiles collectées par les stations de service. D'après notre enquête les quelques 20 stations de service sises à Antananarivo pourraient nous procurer au minimum 400 litres d'huiles usagées par jour.

I.2.1.2 Les variantes de traitement existantes

Plusieurs types de procédés sont actuellement disponibles pour le traitement des huiles usées. Nous avons choisi un traitement plus facile qui se base sur le traitement avec de l'acide sulfurique, de la chaux et des charbons.

I.2.1.2.1 Description et schéma du procédé

Pour la fabrication des huiles de base le procédé de traitement des huiles usagées comporte les étapes suivantes:

- La décantation : qui a pour but d'éliminer une partie des sédiments
- Le raffinage à l'acide sulfurique pour séparer l'huile et les différents métaux existant ;
- La neutralisation avec de la chaux
- Le traitement aux adsorbants qui est le charbon pour améliorer la couleur et l'odeur de l'huile de base obtenue ;
- Le filtrage pour séparer le mélange huile et charbon
- La déshydratation dans le but d'éliminer toute la fraction d'eau dans l'huile

Après l'obtention de l'huile de base par ce traitement cité ci-dessus, nous passons à l'étape suivante qui est la fabrication de la graisse à partir de l'huile de base obtenue qui est le but de notre projet. Ce traitement se fait en deux étapes telles que l'ajout de l'agent épaississant et l'ajout des additifs pour l'amélioration de la qualité de notre graisse.

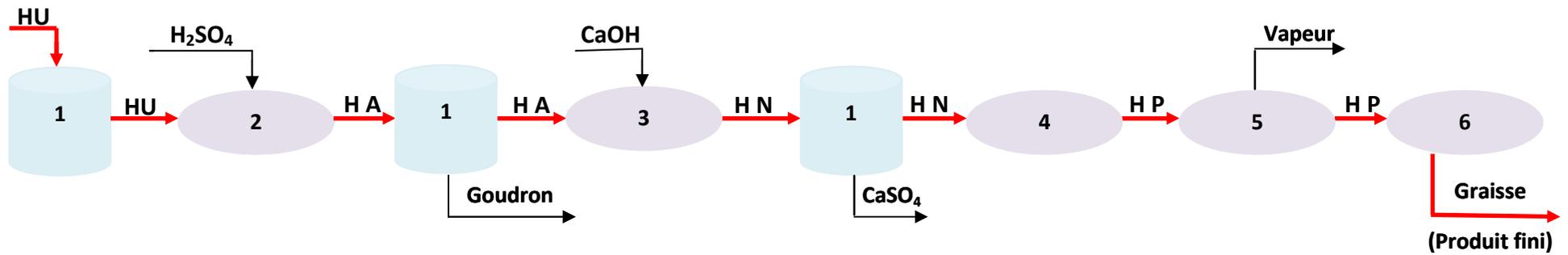


Figure 12 : Schéma de principe du procédé

Légende

- Opérations fondamentales
- Opérations secondaires
- Courant principal
- Courant secondaire

1 : Décantation	2 : Acidification	3 : Neutralisation
4 : Filtration	5 : Déshydratation	6 : Fabrication de graisse

Les huiles usées collectées après décantation passent dans le réacteur d'acidification (2). Elles subissent une nouvelle décantation pour séparer les goudrons. Elles passent ensuite dans le réacteur de neutralisation (3) où l'excès d'acide sulfurique est neutralisé par la chaux (CaOH). Il se forme alors du sulfate de calcium solide que l'on sépare de l'huile à la suite d'une nouvelle décantation. L'huile neutralisée traverse ensuite l'unité de filtration pour être séparée des impuretés et traitée par des absorbants pour améliorer ses qualités telles que la couleur et l'odeur. Ensuite elle est séparée de la phase aqueuse par chauffage. Enfin l'huile régénérée est mélangée avec du savon et des additifs pour sa transformation en graisse.

I.2.1.2.2 Equipementset matériels

Les équipements et matériels nécessaires à la réalisation de l'unité de production proposés sont les suivants :

- un réservoir de stockage d'huile de vidange de 1m³
- un bac de 200 litres en matériau anti acide pour le raffinage à l'acide sulfurique
- deux bacs de décantation en matériau anti acide pour décanter l'huile raffinée
- un réservoir de 200 litres muni d'un mélangeur pour la neutralisation d'huile acidifiée
- deux bacs de décantation pour décanter l'huile neutralisée
- une colonne de filtration
- un réservoir pour la déshydratation
- un réservoir de 100 L muni d'un mélangeur pour la fabrication de graisse
- deux bacs de stockage pour stocker les résidus qui sont les boues sulfurique et la chaux.
- un bac de stockage d'huile de base
- un bac de stockage d'huile de graisse
- trois bacs de stockage des résidus du traitement
- un système de chauffage

I.2.2 Capacité envisagée

Outre le fait que le projet contribue à la protection de l'environnement, il permet également de créer de nouvelles valeurs ajoutées et de retombées économiques à partir de la production d'huile de base et de la valorisation des déchets ainsi obtenus tels que le goudron.

Pendant le traitement des huiles usagées, environ 63,75% des huiles collectées sont recyclées en huiles de base et les 35% peuvent être utilisés à d'autres fins comme la fabrication du goudron à partir des goudrons sulfurique obtenu.

L'unité compte recycler au moins 400 litres d'huiles par jour. La production optimale envisagée sera donc de l'ordre de 200 Kg de graisse par jour.

I.2.3 Etude organisationnelle

Pour gérer une entreprise, il faut l'organiser et diviser les tâches, coordonner le travail, répartir les responsabilités et les pouvoirs. La structure d'une entreprise doit être une aide pour toutes ces activités. La structure d'une entreprise permet l'organisation de ses activités. Toute structure qui décompose une entreprise en parties et sous-parties doit permettre de mieux cerner les tâches, de faciliter le travail de chaque acteur et de préciser le type de relation entre chaque service. Une bonne gestion ou organisation détermine la capacité de l'entreprise à faire face à son environnement capricieux et évolutive.

Les différents postes à créer sont :

- un gérant propriétaire,
- un secrétaire comptable,
- Un agent de production,
- Un agent collecteur d'huile
- Un chauffeur
- Un magasinier,
- Une femme de ménage,
- 2 agents de sécurité,
- 2 manœuvres

Les personnels doivent être présents 5 jours par semaine. Des systèmes d'alarmes sont à installer à différents points de contrôle. En effet, en cas d'urgence, un agent de maintenance sera prévenu. Les employés touchent le 13^{ème} mois. Les charges patronales de l'ordre de 42,5% portent sur les rémunérations et primes.

I.3 Etude financière

L'étude ou l'analyse financière consiste à rechercher dans quelle mesure l'entreprise est assurée de maintenir son équilibre financier à court, moyen et long terme, et donc de porter un jugement sur la situation financière.

Cette partie traitera l'analyse financière du projet où l'on pourrait identifier les investissements nécessaires et les différents outils pour mener une analyse de rentabilité du projet afin d'émettre un jugement sur la situation financière de l'entreprise.

I.3.1 Les investissements

I.3.1.1 Nature et coûts des investissements

Cette section indiquera la nature et les coûts des immobilisations à mettre en place pour le projet. Les immobilisations sont des éléments incorporels ou corporels destinés à servir de façon durable à l'activité de l'entreprise. La plupart des immobilisations sont tous importés de l'extérieur avec leur taxe.

- Les principaux investissements sont :
- Le terrain
- La construction
- L'installation technique
- Equipement de production
- Les matériels roulants
- Les matériels de bureau et informatique
- Frais d'études

I.3.1.1.1 Le terrain

La construction doit se faire sur un terrain de 586 m² au minimum. Il est important d'implanter l'usine dans une zone industrielle en dehors qui est plus facile d'accès aux voitures et pas faite en eau. La valeur estimée pour le prix du terrain est de 20.000.000 Ar

I.3.1.1.2 La construction

La construction est composée de :

- Une cabine de sécurité (3m x 3m)
- Une salle pour l'administration (4m x 3m)
- D'une zone de fabrication (15m x 10m)
- Une salle pour la maintenance (7m x 3m)
- D'un magasin de stockage et d'emballage (8m x 6m)
- D'un toilette et douche (2m x 4m)
- D'un portail d'entrée et de sortie (5m)

La somme total de cette construction varie jusqu'à 186.288.000 Ar. Ainsi le plan de l'unité est représenté dans la figure suivante :

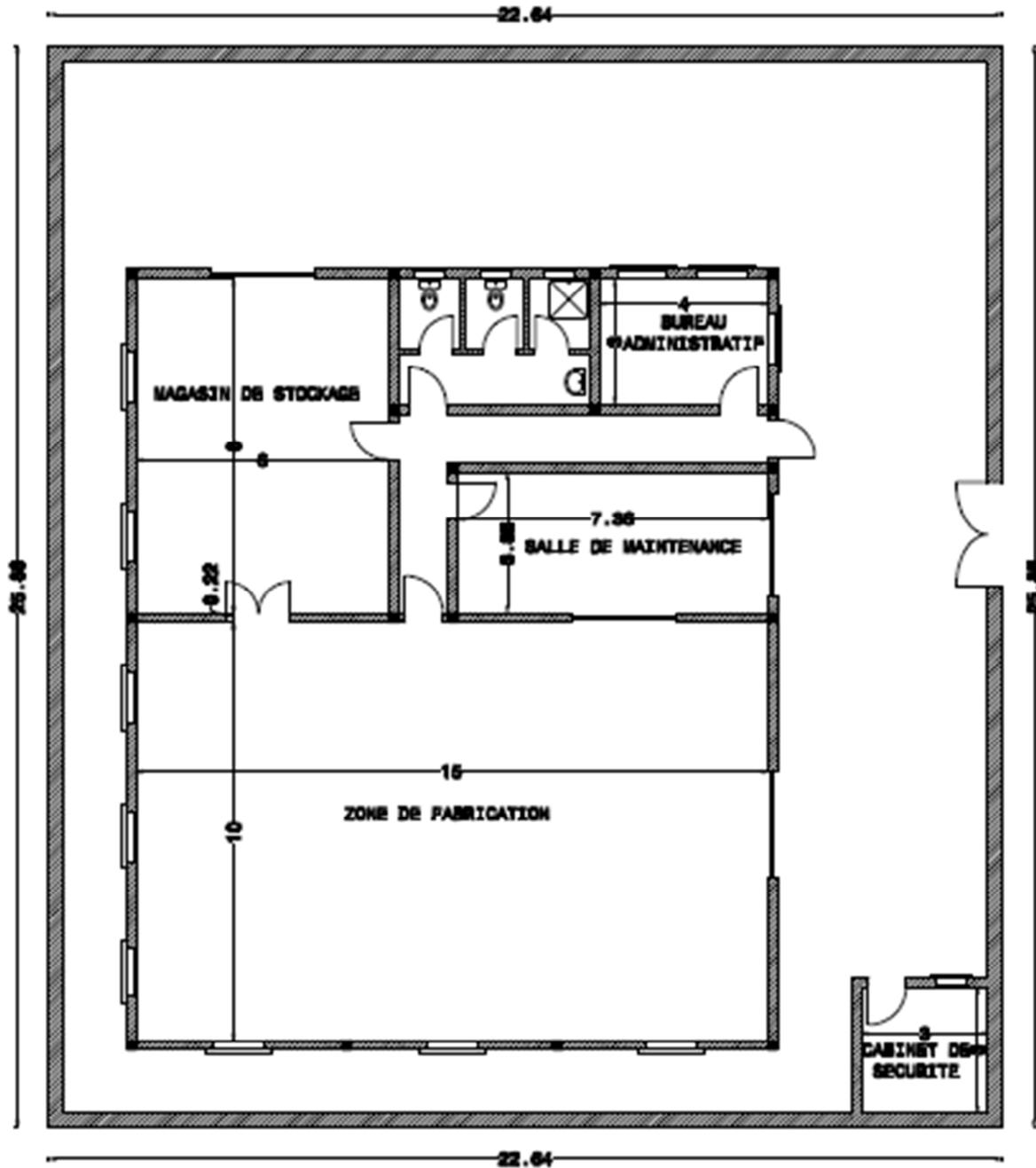


Figure 13 : Plan de l'unité de production

I.3.1.1.3 Les équipements de production

Les équipements de production comprennent :

- un réservoir de stockage d'huile de vidange de 1m^3
- un back de 200L pour le raffinage à l'acide sulfurique avec un mélangeur
- deux back de décantation pour décanter l'huile raffiné
- un réservoir de 200L avec un mélangeur pour la neutralisation d'huile acidifiée
- deux back de décantation pour séparer l'huile purifiée et la chaud
- une unité de filtration

- un réservoir de 100 L avec un mélangeur pour la fabrication de graisse
- back de stockage de d'huile de base
- deux back de stockage pour stocker les résidus qui sont les boues sulfurique et la sulfate de calcium.
- un back de stockage d'huile de graisse

La somme total sur le prix production est estimé à 260.000.000 Ar

I.3.1.1.4 L'installation technique

L'installation technique des équipements est estimée à 15.000.000

I.3.1.1.5 Les matériels de bureau et informatiques

Les matériels de bureau et informatiques envisagés sont :

- Deux systèmes ordinateurs
- Une imprimante
- Trois tables de bureau
- 8 chaises

Désignation	Prix unitaire (Ar)	Nombre	Montant (Ar)
Système ordinateur	600.000	2	1.200.000
Imprimante	200.000	1	200.000
Tables de bureau	40.000	3	120.000
chaise	10.000	8	80.000
TOTAL			1.600.000

Tableau 19: Liste et prix des matériels de bureau et informatique

I.3.1.1.6 Le matériel roulant

Au départ, nous utilisons une camionnette pour livrer les produits et ainsi pour collecter les matières premières utilisés qui sont les huiles et les différents additifs avec un montant de 25.000.000 Ar

I.3.1.1.7 Le frais d'étude

Le frais d'étude est le coût total durant les travaux pratiques réalisés dans le laboratoire pour la réalisation de ce mémoire. Dans ce cas nous allons calculer toutes les valeurs de prix dans chaque étape de réalisation.

➤ *Pour la décantation*

Pour cette étape, le prix de la matière première est négligeable car on utilise que des huiles usagées venant des stations de service. Dans ce cas la seule dépense dans cette partie est l'énergie consommée par la cuve qui dure 30 minutes :

Appareil utilisé	Temps d'utilisation	Puissance consommée	Prix en Ar
Agitateur magnétique	30 minutes	$1,3 \times 0,5 = 31,2$ kWh	9672

Tableau 20: Prix de la décantation

➤ *Distillation sous pression atmosphérique*

Les différentes dépenses dans cette étape de traitement sont les énergies consommées par l'appareil de distillation et l'eau qui sert à refroidir les distillats avec un débit fixe de 2L par minute et le prix est 1Ar le litre. Cette étape nécessite les matières premières suivantes.

Appareil utilisé	Temps d'utilisation	Puissance consommée	Eau de refroidissement	Prix en Ar
Appareil de distillation	24 heures	$1,5 \times 24 = 36$ kWh		11160
Appareil réfrigérant	24 heures		$2 \times 24 \times 60 = 2880$ L	2880
TOTAL				14040

Tableau 21: Prix de la distillation sous pression atmosphérique

➤ *Raffinage à l'acide sulfurique*

Pour ce traitement notre dépense comprend sur la consommation d' H_2SO_4 concentré dont le prix est de 1908Ar le Kg et l'énergie consommée par l'agitateur magnétique pour chauffer la solution de l'acide sulfurique et l'huile usagée. Pendant les deux essais réalisés la masse totale d'acide sulfurique utilisé est de 110,26g.

Réactif utilisé ou appareil	Masse du réactif (g)	Temps d'utilisation	Puissance consommée	Prix en Ar
H ₂ SO ₄	139,26			265,71
Agitateur magnétique		24 heures	1,3 × 24 = 0,65 kWh	201,5
TOTAL				467,21

Tableau 22: Prix du raffinage à l'acide sulfurique

➤ *Neutralisation*

Pendant la recherche sur neutralisation d'huile acidifiée nous avons réalisé aussi deux essais utilisés dont la première a besoin de l'eau distillée et de la soude, par contre la deuxième nous avons utilisé de la chaux calcinée à 900°C de masse

Réactif utilisé ou appareil	Masse ou volume du réactif	Energie consommée	Prix en Ar
Soude	8,33g		16,66
Eau distillée	100mL		100
Chaux	9,7g		9,7
Agitateur magnétique		1,3 × 0,5 = 31,2 kWh	9672
TOTAL			9798,36

Tableau 23: Prix de la neutralisation

➤ *Traitement aux absorbants*

Pendant le traitement aux absorbants, nous avons aussi réalisé deux essais, dont la première consiste à utiliser des charbons ordinaire, par contre dans la deuxième nous avons fabriqué des charbons actifs pour les absorbants. Pour l'activation du charbon nous avons utilisé de l'acide sulfurique et de four.

Réactif ou appareil utilisé	Masse ou volume du réactif	Energie consommée	Montant en Ar
Charbon			200 Ar
H ₂ SO ₄	100g		190 Ar
Four		5×22=110	34100
TOTAL			34490

Tableau 24: Prix du traitement aux absorbants

Récapitulation du frais d'étude

Traitement	Montant en Ar
Décantation	9672
Distillation sous pression atmosphérique	14040
Raffinage à l' H ₂ SO ₄	467,21
Neutralisation	9798,36
Traitement aux adsorbants	34490
TOTAL	68467,57

Tableau 25: Récapitulation du frais d'étude

I.3.1.2 Salaires des personnels

- un gérant propriétaire,
- unsecrétaire comptable,
- Un agent de production,
- Un magasinier,
- Un agent collecteur
- Un chauffeur
- Une femme de ménage,
- 2 agents de sécurité,
- 2 manœuvres

Personnels	Nombre	Salaire mensuel	Total annuel	Charge patronale
Gérant propriétaire	1	900.000	7.800.000	4.972.500
agent de production	1	350.000	3.900.000	1.910.417
Secrétaire comptable	1	300.000	2.600.000	165.7500
Magasinier	1	160.000	1.950.000	884.000
Agent collecteur	1	200.000	2.600.000	1.105.000
Chauffeur	1	200.000	1.950.000	1.105.000
Femme de ménage	1	150.000	1.300.000	783.750
Agent de sécurité	2	300.000	3.900.000	1.637.500
manœuvres	2	200.000	2.600.000	1.105.000
TOTAL			28.600.000	15.160.667

Tableau 26: Estimation des rémunérations des personnels

I.3.1.3 Récapitulation des investissements

Nature des investissements	Montant (Ar)
Le terrain	20.000.000
La construction	186.288.000
Les équipements de production	260.000.000
L'installation technique	15.000.000
Les matériels de bureau et informatiques	1.600.000
Les matières roulantes	25.000.000
Frais d'étude	68.467,57
TOTAL	507.956.468

Tableau 27: Récapitulation des investissements

I.3.1.4 Amortissement des investissements

L'amortissement correspond à la consommation des avantages économiques liés à un actif corporel ou incorporel. En effet, c'est la constatation comptable de l'amoindrissement de la valeur d'un élément d'actif résultant de l'usage, du temps, du changement technologique et de la dépréciation comptable au cours de l'exercice. C'est une charge non décaissable mais imputable à l'exercice.

Il existe deux types d'amortissement qui sont l'amortissement linéaire et l'amortissement dégressif. La formule est la suivante :

$$a = V_o \times t \quad (1)$$

Avec :

a : Annuité

V_o : Valeur d'origine

t : Taux d'amortissement avec $t = \frac{100}{duréedevieoud'uneunité} \quad (1.1)$

Récapitulation des amortissements

	V_o	Durée de vie	Taux en %	Année1	Année2	Année3	Année4	Année5
Terrain	20.000.000			0	0	0	0	0
La construction	186.288.000	5	20	37.257.600	37.257.600	37.257.600	37.257.600	37.257.600
Les équipements de production	260.000.000	5	20	52.000.000	52.000.000	52.000.000	52.000.000	52.000.000
L'installation technique	15.000.000	5	20	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
Les matériels de bureau et informatiques	1.600.000	5	20	320.000	320.000	320.000	320.000	320.000
Les matières roulantes	25.000.000	5	20	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000
Frais d'étude	68.467,57		0	0	0	0	0	0
TOTAL	487.956.468	97.577.60 0	97.577.6 00	97.577.600	97.577.600	97.577.600	97.577.600	97.577.600

Tableau 28: récapitulation aux investissements

I.3.1.5 Le Fond de Roulement Initial (FRI)

Le FRI représente la somme d'argent que l'entreprise met à sa disposition ou à sa trésorerie pour couvrir les charges indispensables au début de l'activité de l'entreprise jusqu'à la première vente. Ce fond prendra en compte toutes les dépenses consommées par l'entreprise pendant les deux premiers mois.

Les données sont représentées dans le tableau suivant :

Désignation	Montant en 2 mois mensuel
Achat d'additif	2.860.000
Salaires	4.400.000
Energie consommée	440.000
Carburant	10791.600
Achat emballage	29.334.800
Communication	300.000
TOTAL	48.126.400

Tableau 29: Détermination de fond de roulement

I.3.1.6 Total à l'investissement

L'investissement global de notre projet est présenté dans le tableau suivant :

Rubrique	Montant
Investissements	507.956.468
FRI	48.126.400
TOTAL	556.082.868

Tableau 30: Récapitulation générale des investissements

I.3.2 Etude de faisabilité

Dans notre projet le taux d'intérêt de l'emprunt estimé à 400.000.000 Ar est de 20%, pour un délai de remboursement 5 ans. Le capital propre à la charge de la Société est de 156.082.868Ar

Le tableau suivant représente le plan de remboursement des investissements empruntés :

Année	Capital début	Taux	Amortissement	Intérêts	Annuité	Capital restant
1	400.000.000	20%	80.000.000	80.000.000	160.000.000	320.000.000
2	320.000.000	20%	80.000.000	64.000.000	144.000.000	240.000.000
3	260.000.000	20%	80.000.000	52.000.000	132.000.000	160.000.000
4	160.000.000	20%	80.000.000	32.000.000	112.000.000	80.000.000
5	80.000.000	20%	80.000.000	16.000.000	96.000.000	0
TOTAL			400.000.000	244.000.000	644.000.000	

Tableau 31: Plan de remboursement des investissements

I.3.3 Analyse de rentabilité

La rentabilité est l'une des préoccupations majeures des investisseurs. Ainsi, l'analyse de rentabilité a pour but de voir si les opérations réalisées au cours d'une période donnée ont générées du profit, autrement dit si les capitaux investis ont apportés des résultats positifs à l'entreprise.

I.3.3.1 Compte de charge

Les éléments des charges prises en comptes par le projet sont présentés dans le tableau suivant :

RUBRIQUE	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Achat matière première	34.320.000	34.320.000	34.320.000	34.320.000	34.320.000
Achat du savon	52.800.000	52.800.000	52.800.000	52.800.000	52.800.000
Achat emballage	25.900.000	25.900.000	25.900.000	25.900.000	25.900.000
Energie consommée	12.528.000	12.528.000	12.528.000	12.528.000	12.528.000
Déplacement	12.000.000	12.000.000	12.000.000	12.000.000	12.000.000
Communication	1.800.000	1.800.000	1.800.000	1.800.000	1.800.000
Prime d'assurance	26.000.000	26.000.000	26.000.000	26.000.000	26.000.000
Maintenance	15.500.000	15.500.000	15.500.000	155.00.000	15.500.000
Salaires	43.760.667	43.760.667	43.760.667	43.760.667	43.760.667
Dotation aux amortissements	97.577.600	97.577.600	97.577.600	97.577.600	97.577.600
Charge financière	80.000.000	64.000.000	52.000.000	32.000.000	16.000.000
TOTAL	402.186.267	386186267	374.186.267	354.186.267	338.186.267

Tableau 32: Charge pris en compte par l'entreprise

I.3.3.2 Compte de résultat prévisionnel

Le compte de résultat prévisionnel de l'entreprise s'obtient par la différence des produits et charges au cours de son exploitation. En d'autres termes, Le compte de résultat est un état récapitulatif des charges supportées et des produits réalisés par une entreprise durant une période considérée.

Année	Produits des activités (Ariary)	Charge des activités (Ariary)	Résultat net des activités (Ariary)
1	518.000.000	402.186.267	115.813.733
2	518.000.000	386.186.267	131.813.733
3	518.000.000	374.186.267	143.813.733
4	518.000.000	354.186.267	163.813.733
5	518.000.000	338.186.267	179813733

Tableau 33: Compte de résultat

Le tableau du compte de résultat ci-dessus nous montre que dès la première année d'exploitation, l'entreprise elle commence à générer des profits d'un montant important qui

montre sa performance financière. A la cinquième année, elle a comme résultat 187.482.000 Ariary.

I.3.4 Evaluation du projet

Ce dernier chapitre va étudier l'évaluation du projet sur le plan économique, financier et social. Ce chapitre nous permettra également, d'après les valeurs pratiquées réelles calculées à partir des différentes données, de déterminer le degré de la rentabilité du projet.

I.3.4.1 Evaluation financière

Nous utilisons les outils suivants : les valeurs actuelles nettes (VAN), le taux de rentabilité interne, l'indice de profitabilité (IP), la Seuil de rentabilité (SR) et en fin le délai de récupération des capitaux investit (DRCI)

I.3.4.1.1 VAN

Le calcul de VAN se fait par la formule suivante :

$$VAN = \sum MBA * (1 + i)^{-n} - C_o \quad (2)$$

Dont : MBA = Résultat net + Amortissement

i : taux d'actualisation est égal aux taux d'intérêt d'emprunt soit 20%.

C₀ : Montant de l'investissement initial est égal à 507.956.468 Ariary

Année	Résultat net	Amortissement	MBA (1)	Facteur d'actualisation (2)	MBA: (1)×(2)
1	115813733	97577600	213391333	0,833333333	177826111
2	131813733	97577600	229391333	0,694444444	159299537
3	143813733	97577600	241391333	0,578703704	139694059
4	163813733	97577600	261391333	0,482253086	126056777
5	179813733	97577600	277391333	0,401877572	111477356
TOTAL					714.353.839

Tableau 34: Détermination MBA actualisée

$$VAN = 714.353.839 - 507.956.468 = 206.397.371 \text{ Ariary}$$

Pour notre projet, la VAN est 206.397.371 Ariary qui est largement positive ce qui veut dire que l'investissement est positive. Le projet a réussi et a dégagé du profit. Il est rentable.

I.3.4.1.2 Le taux de rentabilité interne TRI

Le TRI est le taux i pour lequel le montant de la VAN égale la valeur de l'investissement.

Ce taux est très important pour les organismes financiers pour déterminer la performance des activités du projet et il devrait être supérieur au taux d'intérêt de l'emprunt.

(3)

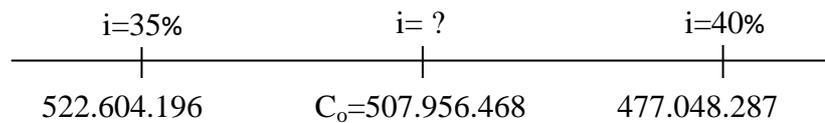
$$\text{TRI} \begin{matrix} \swarrow \\ \searrow \end{matrix} \text{ (3)}$$

Année	MBA (1)	Facteur d'actualisation (2)	MBA actualisé (35%)	Facteur d'actualisation (2)	MBA Actualisé (40%)
1	213391333	0,740740741	158067654	0,714285714	152422381
2	229391333	0,548696845	125866301	0,510204082	117036395
3	241391333	0,406442107	98111602	0,364431487	87970603
4	261391333	0,301068228	78696626	0,260308205	68042309
5	277391333	0,223013502	61862013	0,185934432	51576600
		TOTAL	522.604.196		477.048.287

Tableau 35: Détermination de TRI

C'est pour un taux compris entre 35% et 40% que le signe de la VAN s'inverse Et devient négatif, cela veut dire que le TRI est compris entre ces deux bornes.

Par extrapolation, on a :



$$\frac{i - 35\%}{507.956.468 - 522.604.196} = \frac{40\% - 35\%}{477.048.287 - 519.075.937}$$

On a TRI = 36,74%

Marge de sécurité = TRI – Taux d'emprunt

Marge de sécurité = 36,74% - 20%

Marge de sécurité= 16,74%

D'après notre calcul, nous pouvons constater que le taux de rentabilité interne est strictement supérieur au taux d'intérêt d'emprunt de 20%. Or, d'après la théorie, si un TRI est supérieur au taux d'emprunt et dégage une marge de sécurité (ce qui est notre cas avec une marge de 19,19%) qui permet à l'entreprise de s'endetter d'avantage, le projet est rentable.

I.3.4.1.3 L'indice de profitabilité

L'IP est le rapport entre la somme des MBA actualisée et la somme des capitaux investis

$$\frac{714.353.839}{507.956.468} = 1,41$$

D'après la théorie, le projet est rentable si son IP est supérieur à 1. Dans notre cas, l'IP est de 1,40 ce qui est supérieur à 1 et qui veut dire qu'un Ariary de capital investi génère 0,41Ariary de profit. Nous pouvons donc confirmer que notre projet est rentable.

I.3.4.1.4 Le délai de récupération des capitaux investis (DRCI)

On entend par DRCI le temps nécessaire au bout duquel le projet pourra récupérer le fond de départ. C'est la date à laquelle le capital investi est couvert entièrement par la cumulative des MBA actualisée.

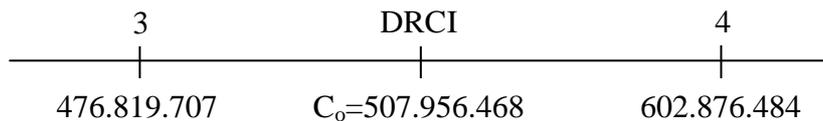
Il se détermine en appliquant la formule suivante :

$$\sum_{i=1}^n MBA_i (1 + t)^{-i} = C_o \quad (4)$$

	Année1	Année2	Année3	Année4	Année5
MBA	177826111	159299537	139694059	126056777	111477356
MBA cumulé	177826111	337125648	476.819.707	602.876.484	714353839

Tableau 36: Détermination de DRCI

D'après ce tableau, les capitaux investis seront récupérés entre la troisième et la quatrième année d'exploitation.



DRCI = 3,276 c'est-à dire la DRCI est 3 ans 3 mois donc les capitaux investis seront donc récupérés après 3 ans 2mois.

CHAPITRE 2 : ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

On sait que les huiles usagées sont non biodégradables. Elles ont une densité plus faible que l'eau. C'est pourquoi 1 litre d'huile usagée peut couvrir une surface importante d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu. Les conséquences d'un rejet direct de l'huile usagée dans le milieu naturel sont donc évidentes.

II.1 L'étude d'impact environnemental

L'étude d'impact environnemental consiste en l'examen des impacts potentiels prévisibles d'une activité donnée sur l'environnement. En effet, la loi N°99-033 du 21 Décembre 1990, modifiée et complétée par la loi N°97-012 du 06 Juin 1997 portant **Charte de l'environnement malgache** stipule que les projets d'investissements publics ou privés, qu'ils soient soumis ou non à approbation d'une autorité administrative, s'ils sont susceptible de porter atteinte à l'environnement doivent faire l'objet d'une étude d'impact environnementale (EIE). Le décret N°99-954 du 15 Décembre 1999, modifié par le décret N°2004-167 du 03 Février 2004 relatif à la **Mise en Comptabilité des Investissements avec l'Environnement (MECIE)** fixe les règles et procédures à suivre en vue de la mise en comptabilité des investissements avec l'environnement et précise la nature, les attributions respectives et le degré d'autorité des institutions ou organismes habilités à cet effet.

II.2 Objectifs

A l'heure actuelle, à cause de la trop grande vitesse de dégradation de l'environnement, tous les Etats se penchent sur sa préservation. Pour ce faire, nous allons porter notre intérêt sur la récupération des huiles usagées. En effet, la régénération des huiles usagées engendre des avantages et des inconvénients sur l'environnement. La récupération et la valorisation des huiles usagées est une alternative pour la protection de l'environnement.

Nous allons étudier à chaque fois les sources de ces différents impacts afin de pouvoir apporter une mesure d'atténuation des impacts négatifs du non recyclage des huiles usagées.

II.3 Détermination des impacts

Nous voici à l'évaluation environnementale du projet qui est l'une des plus importantes du projet. Nous savons que la préservation de l'environnement n'est plus une préoccupation nationale mais plutôt internationale. Par la mise en place de ce projet, la

revalorisation des huiles usagées prend place non seulement sur la protection environnementale, mais aussi sur la vie économique et sociale de notre pays.

Les principaux impacts de notre projet sont résumés dans le tableau suivant :

Domaine	Impacts positifs	Impacts négatifs
Sols	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution de la pollution - Protection de la nappe phréatique - Réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère 	
Sociale et humain	<ul style="list-style-type: none"> - Création des nouveaux emplois - Facilité d'avoir des huiles de graisse moins chère 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise odeur ; - Santé des employés <ul style="list-style-type: none"> - Accident ; - Sécurité
Economique	<ul style="list-style-type: none"> - Bienfait économique <ul style="list-style-type: none"> - Réduction d'importation des huiles de base pour la fabrication 	<ul style="list-style-type: none"> - Nouvel concurrent pour les petite entreprise

Tableau 37: Liste des impacts sur la réalisation du projet

II. 4 Mesures d'atténuation et correction de recommandation

Le dépôt a des dispositifs de sécurité et des moyens mis en place pour prévoir toutes sortes de dangers.

Toutefois, pour améliorer les conditions d'exploitation du dépôt et promouvoir un meilleur rendement dans une gestion rationnelle de l'environnement, nous suggérons après analyse du cadre physique du site et après observation de quelques pratiques les recommandations suivantes :

- Pour les émulsions de vapeur pendant la saison chaude, il est préférable d'effectuer les opérations de stockage et de chargement des produits très tôt dans la matinée ou dans la soirée pour réduire l'émission de vapeurs combustibles ;
- Prévoir un système de rotation des employés et éviter l'exposition prolongée du même ouvrier sur le même poste.
- Surveillance médicale et suivi des dossiers cliniques des travailleurs ;
- Mesure de contrôle des travaux et équipements du personnel ;
- Amélioration des mesures d'hygiène (dans le magasin des lubrifiants)
- équiper le dépôt d'un explosimètre qui mesure les émissions de vapeurs d'hydrocarbures ;
- vérifier périodiquement l'existence et l'état des tuyaux utilisés en cas d'incendie.
- Le personnel doit être équipé d'EPI (Equipement de protection individuel)

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire avait comme objectif de concevoir une unité de production de graisse à partir des huiles de vidange.

Actuellement Madagascar fait partie des pays qui protègent l'environnement contre les différents rejets de matières non biodégradables sur la nature. Vu que les huiles de vidanges sont des déchets dangereux pour l'environnement il est donc très important de mettre en place dans notre pays une unité qui traite ces déchets.

Sur la du progrès technique de valorisation des déchets, nous avons proposé une méthode plus simple et réalisable, pour résoudre ces problèmes. Nous avons fait des études bibliographiques pour avoir les caractéristiques de la matière première utilisé, qui est l'huile de vidange et du produit que nous voulons fabriquer, et ce pour avoir une idée du type de procédé que nous allons appliquer.

Les différents travaux de recherche réalisés au laboratoire nous ont permis de choisir le procédé de valorisation d'huile de vidange le plus simple qui est le traitement basé sur la méthode acide/terre.

L'évaluation économique montre que le projet est rentable avec un taux de rentabilité de 39,19%. De plus les impacts sur l'environnement et la population sont pris en compte par la société en considérant les dangers provoqués par le projet.

Les solutions de valorisation des huiles de vidange peuvent être multiples et intéressantes, mais nous avons proposé une de ces solutions qui a ces avantages particuliers. Beaucoup de travaux restent encore à faire, comme l'étude de caractérisation et valorisation des charbons, des bitumes, des goudrons acides.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) - Lemieux P.M. 1998. Polychlorinated Dioxins and Furans: Sources, Emissions, Formation and Control. Presented at UNEP Regional Awareness Raising Workshop on POPs, Puerto Iguazu, Argentina, 1–3 April 1998.
- (2) - ADEME (2) (1998) Etude des filières de recyclage et de valorisation énergétique des huiles usagées.
- (3) - ADEME (2000) Recyclage et valorisation énergétique des huiles usagées. Atouts et faiblesses. Agence de l'environnement et de la Maitrise de l'énergie. Etude ECOBILAN 2000. (Waste oil recycling and energy recovery - advantages and drawbacks.)
- (4) - Siham BOUKHERROUBA « Étude, Caractérisation et Mise au point d'un combustible Innovant à base des huiles de vidange » Option Management des Projets Énergétique Ecole des Mines de Nantes
- (5) - COMMISSION EUROPÉENNE « Traitement des déchets Document de référence sur les meilleures techniques disponibles » Août 2006
- (6) - ABC du Graisse « Structure, utilisation et propriétés des lubrifiants » Castrol (Switzerland) AG
- (7) - Les Graisses et les huiles « les différents types de graisse et huile » chapitre 6
- (8) - S. CAILLERE – S. HENN – M. – RAUTUREAU, « Les argiles ». Editions SEPTIMA, Paris, 1989.
- (9) - M. Decherf « Le recyclage des huiles » 5^{ème} Année Science des Matériaux
- (10) FICHE TECHNIQUE GRAISSE : LUB UNIVERSAL, Edition Janvier 2010
- (11) - J. AYEL – M. GANIER, « Le lubrifiant véritable matériau de construction ». 1992.
- (12) - P.JOHO, « Les lubrifiants les graisses », 2009
- (13) - RAMINOSOA. E, « Contribution à l'étude physico-chimique d'un pétrole brut et de sa fraction gasoil. Etude comparative de la fraction gasoil et des gasoils commercialisés à Madagascar ». Mémoire de DEA en chimie, Option Chimie Physique, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo, Septembre 2003.
- (14) - Encarta 2004.
- (15) - LEMENA. D, « Valorisation des huiles usagées ». Mémoire d'Ingénieur en Génie Chimique, Ecole Supérieure Polytechnique, Université d'Antananarivo, 2005.
- (16) - RAZAFINDRAVAO. S « Contribution à l'étude physico- chimique d'échantillons des huiles neuves et d'huiles usagées – Essais de valorisation des huiles usagées ». Mémoire de DEA en Chimie, Option Chimie Physique, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo,

janvier 2007.

(17) - RALAIVAO A. G, « Contribution à l'étude comparative physico-chimique des lubrifiants neufs et usagés ». Mémoire de DEA en Chimie, Option Chimie Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Mars 2007.

(18) - Fnsa « panorama des techniques de traitement des déchets d'assainissement » 2009

(19) - NIRINAHARISOA Heritiana Vahatraina « Récupération des huiles de base et valorisation des sous-produits à partir de régénération des huiles usagées (moteur) » DEA en Chimie Appliquée à l'Industrie et à l'Environnement Université d'Antananarivo, Septembre 2008.

WEBOGRAPHIE

- [1] - www.ademe.fr
- [2] - http://www.ademe.fr/hdocs/actualite/operation_vidange_propre/index.html
- [3] - www.soghu.com
- [4] - www.usedoilrecycling.com
- [5] - <http://muck.jeanclaude.free.fr>
- [6] - <http://environnement.wallonie.be>
- [7] - <http://www.quick-fds.com/>
- [8] - www.quick-fds.com
- [9] - <http://joho.monsite.orange.fr/>
- [10] - <http://www10.finances.gouv.fr>
- [11] - <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca>
- [12] - <http://membres.lycos.fr>
- [13] - <http://www.cema-sa.org>
- [14] - <http://www.total.com>
- [15] - <http://pedagogie.ac-montpellier.fr>
- [16] - <http://www.free.patentsonline.com>
- [17] - <http://www.auto123.com>
- [18] - <http://fr.wikipedia.org>
- [19] - <http://www.afnor.org>
- [20] - <http://www.ineris.fr>
- [21] - <http://www.flat4ever.com>
- [22] - <http://www.naftpro.com>
- [23] - <http://www.lubrifiants.elf.fr>
- [24] - http://calibra_classic.org
- [25] - <http://www.espritsaab.org>
- [26] - <http://environnement.wallonie.be>
- [27] - <http://www.mediaf.org>

ANNEXES

ANNEXE 1 : METHODE D'ANALYSE

1. Mesure densité

1.1 Principe

La méthode a pour objet de détermination de l'huile à 20°C soient en Kg/m³, g/cm³ ou g/ml. Pour mesurer cette densité nous avons utilisé un densimètre appelé pycnomètre.

1.2 Matériel et réactif

- Pycnomètre
- Huile usagée
- Balance de précision
- Eau distillée

1.3 Mode opératoire

- Peser le pycnomètre sans liquide
- Remplir de l'eau dans le pycnomètre et le peser
- Peser le pycnomètre rempli d'huile à déterminer sa densité
- Enfin il suffit de calculer la densité de l'huile à l'aide de la formule suivante $\frac{m+A}{m'+A} * \rho$ dont :

m : la masse de l'huile à essayer contenue dans le pycnomètre

m' : la masse de l'eau à essayer contenue dans le pycnomètre

A : la correction en grammes due à la poussée de l'air sur l'huile contenue dans le pycnomètre avec $A = 0,0012 \text{g/ml}$

ρ : masse volumique de l'eau

Les résultats de la mesure sont représentés dans le tableau suivant :

Masse de l'eau	Masse d'huile usagée	Masse huile de régénérée	Densité de l'Huile usagée	Densité huile de régénérée
24.674g	22,040g	21,484	0,893	0,871

Tableau 38: Résultats de la mesure densité

2. Mesure de la viscosité

Nous avons utilisé le viscosimètre CANNON-FENSKE ROUTINE à écoulement inverse pour les liquides opaques pour les liquides opaques où il est prévu dans la norme NFT 60-100

L'appareil est constitué par cinq tubes, le viscosimètre que nous avons utilisé de série 500 avec le N° 131 (tube en U) dont les caractéristiques sont les suivants :

- $C_1 = 8,004$: constante de viscosité cinématique à 40°C
- $C_2 = 7,971$: constante de viscosité cinématique à 100°C



Figure 14 : Photo viscosimètre

2.1 Matériel et réactif utilisés

- Viscosimètre
- Huile à mesurer
- Eau distillée
- Plaque chauffante
- Thermomètre avec régulateur température
- Réservoir avec un agitateur

2.2 Mode opératoire

- Injecter l'huile à mesurer dans le viscosimètre
- Immerger l'ensemble dans le bain thermostaté, on maintient verticalement l'appareil jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint
- Ouvrir le viscosimètre et laisser le liquide se monter
- Enfin mesurer le temps de remonté du liquide

La viscosité cinématique de l'huile se calcule par l'expression suivante :

$$V = C * t$$

Dont : V : Viscosité cinématique de l'huile

C : constante de la viscosité cinématique

t : temps d'écoulement en secondes

Les résultats de mesure sont représentés dans le tableau suivant :

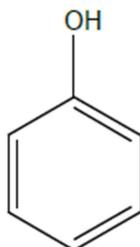
Huile	Température	Temps d'écoulement	Viscosité
Huile usagée	40	13	104,052
	100	2	15,971
Huile régénérées	40	6	48,024
	100	1	7,971

Tableau 39: Résultats mesure viscosité

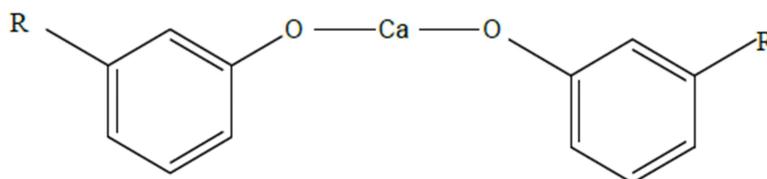
ANNEXES 2 : FORMULE CHIMIQUE DES ADDITIFS

I. ANTI - OXYDANT : Exemple: Ditertiaire Butyle Para Crésol (D B P C)

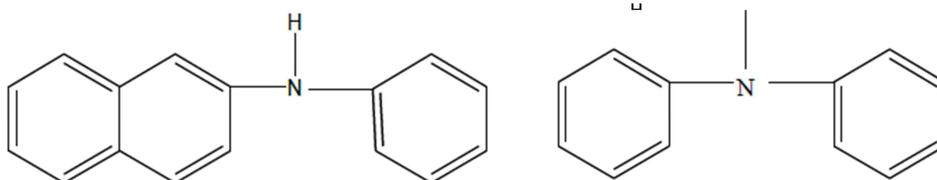
- Phénol:



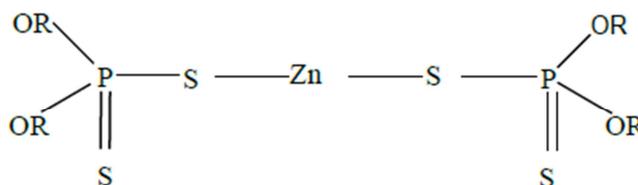
- Phénate:



- Amines:



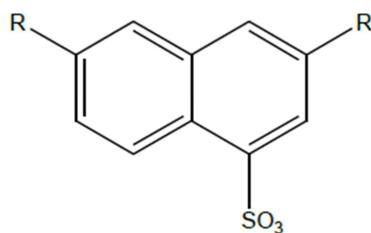
- Dithiophosphates



II. ANTI - ROUILLE:

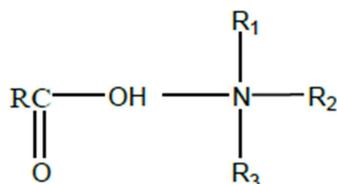
Ester gras

- Sulfonâtes



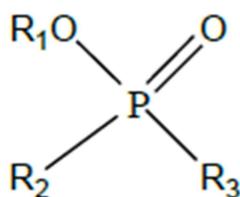
Na⁺ ou NH₄⁺

- Savon d'amine

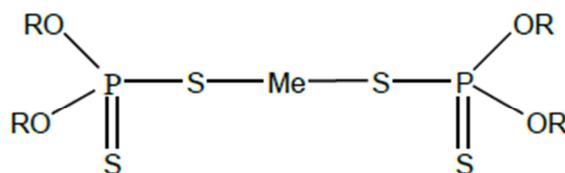


III. ANTI - USURES

- Tri ou di (aryle - alkyl) phosphates:



- Dithiophosphate

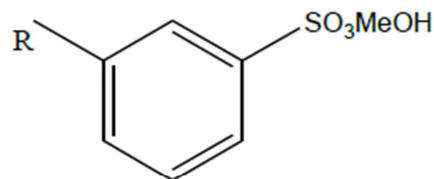
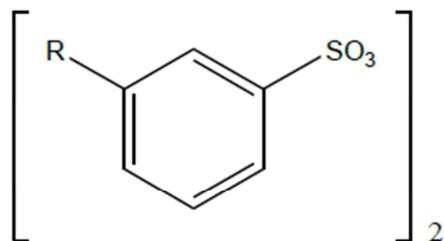


R : alkyl ou aryle Me : Zn, Ni, Ag, Pb, Sb, Sn

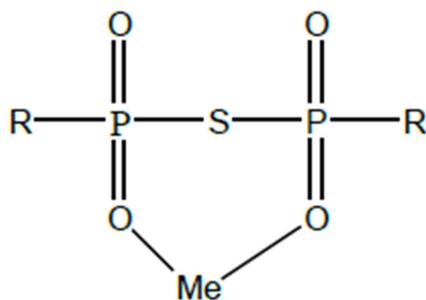
IV. Détergent et Dispersants

Détergents :

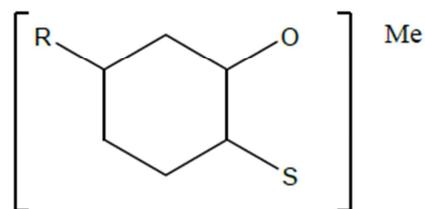
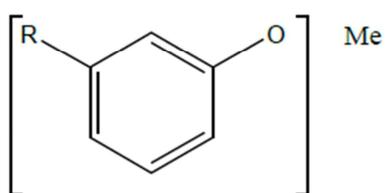
- Sulfonâtes



- Thiophosphate

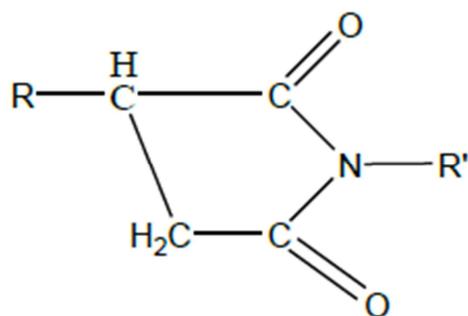


- Phénates



Dispersants

- Succinimide



R': Chaîne carbonée avec fonction amide
R: Chaîne poly butène

ANNEXE 3 : PROCEDE D'ACTIVATION CHARBON

III.1 Préparation du charbon

Le charbon tout venant sec doit subir quelques traitements avant d'être activé. Le charbon est d'abord concassé, puis broyé ; le broyage du charbon permet la division du charbon en morceaux de dimension réduite, ce qui facilite les opérations purement physiques (mélange et imprégnation). De plus, la taille réduite des grains du charbon favorise les réactions chimiques ou physico-chimiques de l'agent activant sur des surfaces exposées plus grandes.

Ensuite, le charbon ainsi broyé est tamisé afin d'obtenir des granulés de dimension comprise entre 0,5 et 2,5 mm.

III.2 Activation du charbon

Après le prétraitement, nous passons à l'activation du charbon. Les grains de charbon sont imprégnés dans des solutions aqueuses d'acide sulfurique, de concentrations massiques respectives 30% et 50% de H₂SO₄, à un rapport massique égal à 1g d'acide H₂SO₄/g de charbon. L'imprégnation est réalisée à température ambiante et dure pendant un temps fixés à 3 ou 22 heures.

Le solide imprégné, après avoir été séparé de la solution acide par filtration simple, est directement dans four électrique permettant le contrôle et la régulation de la température de celui-ci. L'étape thermique est menée en deux paliers : le premier est à 300°C pendant 30 minutes, la seconde est à une température élevée égale à 750°C et dure une heure.

Après refroidissement, le charbon actif produit est lessivé à plusieurs reprises avec de l'eau déminéralisée pour éliminer les sulfates résiduels jusqu'à stabilisation du pH de la solution d'épuisement à une valeur neutre. Finalement, le charbon actif est séché au même four ayant servi à l'activation à 300°C pendant 2 heures.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	
SOMMAIRE	i
LISTE DES ABREVIATIONS	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
INTRODUCTION	1
PREMIÈRE PARTIE :ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES	2
CHAPITRE 1 : GENERALITES	3
I.1 Présentation du sujet	3
I.1.1 Objectifs du sujet	3
I.1.2 Résultats attendus	3
I.1.3 Méthodologie	3
I.1.4 Approche du sujet	3
I.1.4.1 Définition	3
CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR L’HUILE DE VIDANGE	4
II.1. Définitions	4
II.2 Origine de l’huile	4
II.3 Propriétés de l’huile	5
II.3.1 Détenteurs du déchet	5
II.3.2 Composition moyenne d’une huile	7
II.3.3 Les principaux contaminants	8
II.4 Effets sur la santé et l’environnement	12
II.5 Caractéristique des huiles de vidange	13
II.5.1 Collecte des huiles usagées	13
II.5.2 Stockage	13
II.5.3 Les différents types de valorisations de l’huile de vidange	14
II.5.3.1 La valorisation matière	14
II.5.3.2 La valorisation énergétique	14
CHAPITRE 3 : DIFFERENTS PROCEDES DE VALORISATION DES HUILES USAGEES	15
III.1 Procédés de conversion des huiles de vidange en combustible (3) (4)	15
III.1.1 Les traitements primaires	15
III.1.2 Les procédés d’élimination des polluants	15
III. 2 Procédé de traitement des huiles usagées en acide/terre	18

III.3 Procédé de Distillation sous vide	19
III.3.1 But de la distillation sous vide	20
III.3.2 Technique de la distillation sous vide	20
III.3.3 Différents types de technique de distillation sous vide	21
CHAPITRE 4 : CARACTERISTIQUE DE LA GRAISSE	23
IV.1 Généralités sur la graisse	23
IV.1.1 Définition	23
IV.1.2 Utilisation	23
IV.1.3 Composition d'huile graisse	23
IV.1.3.1 Agent épaississant	24
IV.1.3.2 Huile lubrifiante	24
IV.1.3.3 Les additifs	24
IV.1.3.3.1 Agents antioxydants	24
IV.1.3.3.2 Agents antirouille	24
IV.1.3.3.3 Agents anti-usure	24
IV.1.3.3.4 Agents désactiveurs	24
IV.2 Propriétés caractéristiques et classification des huiles de graissages	25
IV.2.1 Aspect et texture des graisses	25
IV.2.2 Classifications des graisses	25
IV.2.3 Autres caractéristiques des graisses	25
IV.2.3.1 Consistance	26
IV.2.3.2 Point de goutte	26
IV.2.3.3 Point de solidification	26
IV.2.3.4 Miscibilité	26
IV.2.3.5 Influence de l'eau	26
IV.2.3.6 Pompabilité	27
PARTIE II : ETUDES EXPERIMENTALES	29
CHAPITRE 1 : ETUDE DU COMPORTEMENT DES HUILES USAGEES	30
I.1 But et démarche des études expérimentales	30
I.2 Origine des échantillons	30
I.3 Etudes des échantillons des huiles usagées	30
I.3.1 Paramètres utilisés pour l'analyse	30
I.3.2 Résultats des analyses	31
I.3.3 Interprétation relative à l'échantillon d'huile usagée	31

I.3.3.1 Densité	31
I.3.3.2 Viscosité	31
CHAPITRE 2 : ETUDES DE REGENERATION DES HUILES USAGEES	32
II.1 Choix de la méthode adoptée pour la régénération des huiles	32
II.2 Description du procédé du traitement acide/terre	32
II.2.1 Diagramme du procédé	32
II.3 Description détaillée du traitement des huiles	34
III.3.1 Décantation	34
III.3.1.1 Matériels et réactifs	34
III.3.1.2 Mode opératoire	34
III.3.2 Distillation sous pression atmosphérique	35
III.3.2.1 Matériels et réactifs	35
III.3.2.2 Mode opératoire	35
III.3.3 Raffinage à l'acide sulfurique	36
III.3.3.1 Premier essai	37
III.3.3.2 Matériels et réactifs	37
III.3.3.3 Mode opératoire	37
III.3.3.4 Deuxième essai	39
III.3.4 Neutralisation	41
III.3.4.1 première essai Neutralisation par la soude	41
III.3.4.1.1 Matériels et réactifs	41
III.3.4.1.2 Mode opératoire	41
III.3.4.2 Deuxième essai : Neutralisation par le carbonate de chaux	41
III.3.4.2.1 Matériels et réactifs	42
III.3.4.2.2 Mode opératoire	42
III.3.5 Traitements aux absorbants	43
III.3.5.1 Première essai : Traitement au charbon ordinaire	43
III.3.5.1.1 Matériels et réactifs	43
III.3.5.2 Deuxième essai : Traitement au charbon actif	44
III.3.6 Déshydratation de l'huile	44
III.3.6.1 Matériels est réactifs	44
III.3.6.1 Mode opératoire	45
III.4 Résumé et interprétation du traitement	45
III.4.1 Résumé du traitement	45

III.4.1.1 Décantation	45
III.4.1.2 Raffinage à l'acide sulfurique.....	45
III.4.1.3 Neutralisation	45
III.4.1.4 Traitement aux absorbants.....	45
III.4.1.5 Déshydratation	46
III.4.2 Résultats.....	46
III.4.3 Interprétation des résultats	46
III.4.3.1 Décantation	46
III.4.3.2 Raffinage à l'acide sulfurique.....	46
III.4.3.3 Neutralisation	47
III.4.3.4 Traitements aux absorbants	47
III.4.3.5 Distillation d'huile	47
III.4.4 Rendement du traitement.....	47
CHAPITRE 4 : ETUDES DE FABRICATION DE GRAISSE A PARTIR D'HUILE REGENEREES.....	48
IV.1 But de notre étude.....	48
IV.2 Composition d'huile de graissage.....	48
IV.3 Etudes de fabrication de graisse	48
IV.3.1 Matériels et réactifs	48
IV.3.2 Mode opératoire	49
IV.3.3 Analyse de la graisse obtenue.....	49
IV.3.4 Résultats et interprétations des différents études	49
PARIE III :ETUDES ÉCONOMIQUES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	51
CHAPITRE I: ETUDE ECONOMIQUE.....	52
I.1 Généralités sur le projet.....	52
I.1.1 Contexte du projet	52
I.1.2 Justification du projet.....	52
I.1.3 Caractéristiques du projet	52
I.1.4 Objectif principal.....	53
I.1.5 Etude de marché	53
I.1.5.1 Description du marché	53
I.1.5.1.1 Définition du marché.....	53
I.1.5.1.2 Analyse de la demande	53
I.1.5.1.3 Analyse de l'offre	54
I.1.6 Politiques et stratégies marketing.....	54

I.1.6.1. Produit	54
I.1.6.2. Étude de prix	54
I.2 Conduite du projet	54
I.2.1 Techniques de production	54
I.2.1.1 La collecte des huiles usagées	55
I.2.1.2 Les variantes de traitement existantes	55
I.2.1.2.1 Description et schéma du procédé	55
I.2.2 Capacité envisagée	59
I.2.3 Etude organisationnelle	60
I.3 Etude financière	60
I.3.1 Les investissements	61
I.3.1.1 Nature et coûts des investissements	61
I.3.1.1.1 Le terrain	61
I.3.1.1.2 La construction	61
I.3.1.1.3 Les équipements de production	62
I.3.1.1.4 L'installation technique	63
I.3.1.1.5 Les matériels de bureau et informatiques	63
I.3.1.1.6 Le matériel roulant	63
I.3.1.1.7 Le frais d'étude	63
I.3.1.2 Salaires des personnels	66
I.3.1.3 Récapitulation des investissements	67
I.3.1.4 Amortissement des investissements	67
I.3.1.5 Le Fond de Roulement Initial (FRI)	68
I.3.1.6 Total à l'investissement	69
I.3.2 Etude de faisabilité	69
I.3.3 Analyse de rentabilité	69
I.3.3.1 Compte de charge	70
I.3.3.2 Compte de résultat prévisionnel	70
I.3.4 Evaluation du projet	71
I.3.4.1 Evaluation financière	71
I.3.4.1.1 VAN	71
I.3.4.1.2 Le taux de rentabilité interne TRI	72
I.3.4.1.3 L'indice de profitabilité	73
I.3.4.1.4 Le délai de récupération des capitaux investis (DRCI)	73

CHAPITRE 2 : ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	74
II.1 L'étude d'impact environnemental	74
II.2 Objectifs	74
II.3 Détermination des impacts	74
II. 4 Mesures d'atténuation et correction de recommandation	75
CONCLUSION GENERALE	77
BIBLIOGRAPHIE	78
WEBOGRAPHIE	80
ANNEXES	81
ANNEXE 1 : METHODE D'ANALYSE	82
ANNEXES 2 : FORMULE CHIMIQUE DES ADDITIFS	85
ANNEXE 3 : PROCEDE D'ACTIVATION CHARBON	88
TABLE DES MATIERES	89

Auteur :RAMILISON Sty Rosine

Titre :« *CONCEPTION D'UNE UNITE DE PRODUCTION DE GRAISSE A PARTIR DES HUILES DE VIDANGE* »

Contact :(+261)33 07 180 56 / (+261)34 31 776 16

Email :styrosine@gmail.com

Nombre de pages : 77

Nombre de figures : 14

Nombre de tableaux : 39



RESUME

Actuellement la préservation de l'environnement contre le rejet des déchets non biodégradables est une préoccupation non seulement sur le plan national, mais international.

Ainsi ce thème « **CONTRIBUTION A LAVALORISATION D'HUILE USAGEES EN VUE DE CREER UNE UNITE DE PRODUCTION DE GRAISSE CONSISTANTE** » est une méthode qui peut contribuer à la résolution de ces problèmes.

Le présent mémoire consiste à la régénération d'huile moteur usagée qui sont les huiles de vidange. En effet, plusieurs techniques sont possibles pour régénérer une huile usagée, mais nous avons utilisé la technique basée sur le traitement avec l'acide sulfurique et la chaux en raison de leur prix.

Durant ce travail, nous avons passé par plusieurs étapes, dont la première consiste en les études bibliographiques pour mieux comprendre le sujet, suivie des recherches expérimentales afin d'en déduire un procédé de valorisation plus facile et rentable dont le rendement est de l'ordre de 63,75%, et finalement, des études économiques et environnementales pour connaître la rentabilité de projet ainsi que ses impacts sur sa réalisation.

Mots clés : huile de vidange, valorisation, additif, huile de base, graisse

ABSTRACT

Currently the safeguarding of the environment against the rejection of nonbiodegradable waste is an occupation not only on the national, but international level. Thus, this topic "CONTRIBUTION OF THE VALORISATION OF USED OILS IN ORDER TO CREATE A CONSISTENT FAT PRODUCTION UNIT" is a method which can contribute to the resolution of these problems.

The present report consists to the worn oil reclaiming engines which are oils of draining. Indeed, several techniques are possible for regenerating worn oil, but we used the technique based on the treatment with the sulphuric acid and lime because of their price.

During this work, we passed by several stages, whose first consists of the bibliographical studies for better including/understanding the subject, followed experimental research in order to deduce from it process of an easier and profitable valorization whose output is about 63,75%, and finally, of the economic and environmental surveys to know the profitability of project like its impacts on its realization.

. **Key words**: oil of draining, valorization, additive, basic oil, grease

Rapporteur:Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre