

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix - Travail - Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
ECOLE NORMALE SUPERIEUR  
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE  
D'EBOLOWA  
DEPARTEMENT DE DE GENIE  
MECANIQUE

\*\*\*\*\*



REPUBLIC OF CAMEROUN

*Peace - Work - Fatherland*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
HIGHER TECHNICAL TEACHER  
TRAINING COLLEGE OF  
EBOLOWA  
DEPARTMENT OF OF  
MECHANICAL  
ENGINEERING

\*\*\*\*\*

**Filière  
Mécanique Automobile**

**ESSAI D'ELABORATION ET ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE  
D'UN  
BIOLUBRIFIANT POUR MOTEUR THERMIQUE A  
COMBUSTION  
INTERNE A BASE DES NOIX DE PALMISTES**

Mémoire de fin d'étude  
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement  
Technique et  
Professionnel de 2e grade (DIPET II)

Par : **NSIBATCHEU KAMTAN Ariel**  
Etudiant en 5ème Année Mécanique Automobile

Sous la direction de  
**M.MENGUE Jean Marie Bienvenu**  
Ingénieur et enseignant à l'ENSET d'Ebolowa  
**Dr KOUMI NGOH Simon**  
Chargé de cours des Universités

Année Académique : 2019 - 2020



## DEDICACE



## REMERCIEMENTS

C'est avec un réel plaisir que je m'acquitte dans la première page de ce document d'un honorable devoir. Celui de remercier sincèrement tous ceux qui de près ou de loin ont favorisé la réalisation de ce travail nous pensons ainsi à :

- Mon superviseur de mémoire Dr KOUMI NGOH Simon que j'exprime ici toute ma reconnaissance ;
- Mon encadreur de mémoire M. MENGUE Jean Marie Bienvenu pour son accueil, ses conseils, son temps, sa disponibilité et surtout son soutien sans faille ;
- Pr KANA'A Thomas chef de département du Génie Mécanique de l'ENSET d'Ebolowa pour son suivi, ses conseils, son sens de l'orientation ;
- Pr. NDJAKOMO Salomé directeur de l'ENSET qui nous assure une formation de qualité en étant à tout instant à l'écoute des étudiants et ceci malgré ses lourdes responsabilités ;
- Tout le corps administratif de l'ENSET d'Ebolowa pour le climat agréable et la disponibilité trouvera ici ma reconnaissance ;
- Tous les autres enseignants du Génie Mécanique de l'ENSET d'Ebolowa
- A mon Père M DJEUMOU Jean qui met tout en œuvre et ce bat corps et âme pour mon avenir ;
- Je n'oublierai ma mère Mme NGABACHEU Rosaline pour tout le sacrifice qu'elle fait pour moi afin que ma vie ait un sens ;
- A toute la grande famille NSIBATCHEU pour le soutien et encouragement sans oublier maman NJILE Pauline pour le soutien indescriptible a tous les niveaux ;
- A toute la grande famille YABAMO pour le soutien et assistance indescriptible sans oublier maman KWESSI Hortense Flore pour m'avoir conduit et orienté jusqu'à ce jour
- A tous mes frères et sœurs Diane laure, Ghislain, Freddy, Fabrice, Valérie, Yolande, maman louise, Marie claire, Junior qui ont toujours été à mes côtés dans les moments difficiles ;
- A mes camarades de promotion pour les moments de joie trouverons ici mes reconnaissances ;
- A tous ceux qui de près ou de loin ont participé à l'élaboration de ce document et dont les noms n'ont pas été cités, recevez l'expression de ma profonde gratitude et reconnaissance pour votre contribution en espérant qu'il en soit toujours ainsi ;

## RESUME

Le présent travail porte sur « Essai d'élaboration et analyse physico-chimique d'un biolubrifiant pour moteur thermique à combustion interne à base de la noix de palmistes ». C'est ainsi qu'à partir de la raconte des noix de palmiste à EBOLOWA plus précisément à ESSINGUILLI dans la région du sud Cameroun nous avons procédé à l'extraction de l'huile de palmistes. A partir des proportions de 27 kg de noix de palmistes, nous avons obtenus 10,95 kg d'amandes pour une production de 2,4 litres d'huile de noix de palmistes brute. Pour la production du biolubrifiant nous avons procédé par Transestérification avec comme catalyseur l'hydroxyde de potassium, cela a été possible dans les laboratoires du Département de Chimie Industriel du Lycée Technique de Nkolbisson à YAOUNDE. Après l'élaboration de l'Ester Méthylique d'Huile de palmistes, nous avons procédé à la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques afin de rester conforme à la réglementation en matière de caractéristiques et propriétés liées aux lubrifiants des moteurs à combustion interne. A cet effet, plusieurs caractéristiques du biolubrifiant ont été effectuées dans les laboratoires spécialisés de l'Ecole Normale Supérieure de YAOUNDE (ENS) de l'université de YAOUNDE I, et au laboratoire de chimie de la même structure, répondant aux normes ASTM en vigueur. Les résultats obtenus sont satisfaisants par comparaison aux caractéristiques d'huile moteur ordinaire.

**Mots clés :** biolubrifiant, caractéristiques, propriétés.

## ABSTRACT

The present work concerns the “Physico-chemical development and analysis test of a biofuel for internal combustion thermal engine based on palm nut”. This is how, starting from the story of palm kernels at EBOLOWA, more precisely in ESSINGUILLI in the region of southern Cameroon, we proceeded to extract palm oil. From the proportions of 27 kg of palm kernels, we obtained 10.95 kg of almonds for a production of 2.4 liters of crude palm nut oil. For the production of the bio lubricant we proceeded by Transesterification with potassium hydroxide as catalyst, this was possible in the laboratories of the Department of Industrial Chemistry of Government bilingual technical high school of NKOLBISSON. After the development of palm kernel oil methyl ester, we determined its physico-chemical characteristics in order to remain in compliance with the regulations in terms of characteristics and properties linked to lubricants of internal combustion engines. To this end, several characteristics of the bio lubricant have been carried out in the specialized laboratories of the high teacher training college of YAOUNDE (HTTC) of the University of YAOUNDE I. meeting the ASTM standards in force. The results obtained are satisfactory compared to the characteristics of ordinary engine oil.

**Keywords:** Biolubricant, Characteristic, Property.

## SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT .....	iv
SOMMAIRE.....	v
LISTE DES FIGURES .....	viii
LISTE DES TABLEAUX .....	x
LISTE DES ABREVIATIONS .....	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 1 : REVUE DE LA LITTERATURE .....	3
INTRODUCTION.....	3
I.1- GENERALITE SUR LES HUILES MINERALE POUR MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE.....	3
I.1.1- Les huiles minérales pour moteurs .....	3
I.1.2- Définitions .....	3
I.1.3- Fonctions d'huile minérale .....	3
I.1.4- Mode d'obtention des huiles minérales .....	4
I.1.5- Propriétés physico-chimique des huiles.....	4
I.1.6- Différents types de lubrifiants.....	11
I.1.7- Origine des huiles .....	12
I.1.8- Classification des huiles.....	13
I.1.9- Impact des huiles minérales .....	17
I.2- LES BIOLUBRIFIANTS .....	18
I.2.1- généralités sur les biolubrifiants .....	18
I.2.2- Définition .....	18
I.2.3- Fonctions des biolubrifiants .....	18
I.2.4- Atouts des biolubrifiants [10 ; 15]. .....	18
I.2.5- Nécessité des Biolubrifiants.....	19
I.2.6- Avantage des Biolubrifiants.....	19
I.2.7- Origines des biolubrifiants .....	20
I.2.8. Famille de palmier.....	20
I.3- ETAT DE L'ART .....	24
I.3.1. G. Mengata Mengounou, A. Moukengue Imano, J. C. Vardamides (2016) [26] ...	24
I.3.2. ELLA ADEBODA André, LAW A Stéphane (2010) [27] .....	27
I.3.3. BENMEHDI ELkhadem, MEBARKI Rekia (2019) [28] .....	28

I.3.4. Komla SANDA ; Kafui KPEGBA ; Bouchra BENJELLOUN MLAYAH et Michel DELMAS (1996) [29] .....	29
I.3.5. SYNTHESE .....	30
CONCLUSION .....	32
Chapitre 2 MATERIELS ET METHODES .....	33
INTRODUCTION .....	33
II.1. MATERIELS D'ELABORATION DE L'EMHP .....	33
II.1.1. Matériel végétal .....	33
II.1.2. Méthode de production .....	35
II.1.3. Matériel de caractérisation .....	42
II.1.4. Les Réactifs .....	43
II.2. METHODE D'ELABORATION DE L'EMHP ET DE LA GLYCEROL .....	44
II.2.1. Transestérification .....	44
II.2.2. Etape 1 : Chauffage de l'huile .....	45
II.2.3. Etape 2 : Mesure de la quantité de l'huile de palmiste .....	45
II.2.4. Etape 3 : Détermination de la quantité d'hydroxyde de potassium et la quantité de méthanol .....	46
II.2.5. Etape 4 : Préparation de la solution d'alcoolate .....	46
II.2.6. Etape 5 : Mixage de la solution d'alcoolate et l'huile de palmiste .....	47
II.2.7. Etape 6 : Chauffage du mélange dans un Ballon à bouillir .....	47
II.2.8. Etape 7 Décantation .....	48
II.2.9. Etape 8 recueil et Stockage .....	48
II.3. CARACTERISATION DE L'EMHP .....	49
II.3.1. Pouvoir calorifique .....	49
II.3.2. Viscosité cinématique .....	50
II.3.3. La teneur en eau et en sédiment .....	51
CONCLUSION .....	53
Chapitre 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS .....	54
INTRODUCTION .....	54
III.1. RESULTATS D'EXTRACTION D'HUILE DE PALMISTE .....	54
III.2. RESULTATS D'ELABORATION DU BIOLUBRIFIANT (TRANSESTERIFICATION) .....	55
III.3 RESULTATS DE LA CARACTERISATION DU BIOLUBRIFIANT .....	56
III.3.1. Résultat de la variation du biolubrifiant en fonction de la température .....	56
III.3.2. Résultat de la capacité calorifique .....	57
III.3.3. Résultats du pouvoir calorifique .....	57
III.3.4. Résultat de la teneur en eau et en sédiments .....	57
III.3.5. Résultat de la masse volumique et de la densité du biolubrifiant .....	58
III.3.6. Résultat de la viscosité cinématique et dynamique .....	58
III.3.7. Récapitulatif des résultats et comparaison des caractéristiques du biolubrifiant avec les autres huiles .....	58

III.4. DISCUSSION.....	59
III.4.1. Interprétation de la cueillette et de l'extraction.....	59
III.4.2. Interprétation de la teneur en eau .....	59
III.5. PERSPECTIVES .....	60
CONCLUSION GENERALE .....	61
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	62
ANNEXES .....	64
ANNEXE 1 : DESIGNATION DES SYMBOLES.....	64
ANNEXE 2 : DONNEES CALIBRAGE DE LA BOMBE CALORIMETRIQUE.....	65
ANNEXE 3 : DECHARGE DE LA LETTRE DE RECOMMANDATION POUR L'ELABORATION DU BIOLUBRIFIANT AU LYCEE TECHNIQUE DE NKOLBISSON.....	66
ANNEXE 4 : DECHARGE DE LA LETTRE DE RECOMMANDATION POUR L'ANALYSE DU BIOLUBRIFIANT A ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE L'UNIVERSITE DE YAOUNDE I .....	67



## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Procédé de fabrication d'un lubrifiant minéral .....	4
Figure 1.2 : Mesure de la viscosité cinématique . .....	6
Figure 1.3 : Viscosité cinématique et dynamique. ....	7
Figure 1.4 : Indice de viscosité .....	8
Figure 1.5 : Principe de classification à partir de la viscosité . .....	15
Figure 1.6 : Désignation selon la norme ISO-NF.....	16
Figure 1.7 : Palmiers dattiers .....	20
Figure 1.8: palmiers dattier.....	20
Figure 1.9 : Cocotier du chili.....	21
Figure 1.10 : Palmier jupon .....	21
Figure 1.11 : Palmier bleu du Mexique .....	21
Figure 1.12 : Palmier Babassu .....	22
Figure 1.13 : Palmier Buriti .....	22
Figure 1.14 : Palmier Tucuman .....	22
Figure 1.15 : Palmier à huile .....	23
Figure 1.16 : Viscosité cinématique de l'huile de palmistes et des EMHP en fonction de la température .....	26
Figure 1.17 : Détermination de la viscosité d'huile .....	28
Figure 2.1 : Récolte du régime de palme dans le champ .....	33
Figure 2.2 : Parties et types de noix de palme .....	35
Figure 2.3 : Egrappage des fruits de palme .....	36
Figure 2.4 : Procédé d'obtention des Amandes palmistes . .....	36
Figure 2.5 : Concassage des noix de palmistes .....	37
Figure 2.6 : Séparation amandes/coques . .....	37
Figure 2.7 : Palmistes posé au feu .....	38
Figure 2.8 : Huiles de palmistes .....	38
Figure 2.9 : Principe d'extraction de l'huile de palmistes .....	38
Figure 2.10 : L'Etuve de marque GX56B : Source HYDRAC Douala .....	42
Figure 2.11 : Chronomètre .....	43
Figure 2.12 : Viscosimètre Capillaire CANNON Z5850 .....	43
Figure 2.13 : Calorimétrie à Bombe Oxygène.....	43
Figure 2.14 : Méthanol .....	44

Figure 2.15 : L'hydroxyde de potassium.....	44
Figure 2.16 : Réaction générale de Transestérification .....	44
Figure 2.17 : Réaction de Transestérification des triglycérides avec l'alcool .....	44
Figure 2.18 : Chauffage de l'huile à l'état solide .....	45
Figure 2.19 : Mesure de la quantité d'huile de palmiste .....	45
Figure 2.20 : Quantification de l'hydroxyde de potassium .....	46
Figure 2.21 : Quantification du Méthanol .....	46
Figure 2.22 : Solution d'alcoolate .....	46
Figure 2.23 : Mixage du mélange .....	46
Figure 2.24 : Après apparition d'un vortex au centre de l'huile .....	47
Figure 2.25 : Le mélange de l'alcoolate dans l'huile.....	47
Figure 2.26 : Prise de Température .....	47
Figure 2.27 : Agitation du mélange dans un bain-marie .....	47
Figure 2.28 : Produit 1 <sup>er</sup> Essai .....	48
Figure 2.29 : Produit 2 <sup>ème</sup> Essai.....	48
Figure 2.30 : Recueil de l'huile.....	48
Figure 2.31 : Huile stockée.....	48
Figure 2.32 : Prise des différentes températures .....	49
Figure 2.33 : Calibrage de l'appareil.....	49
Figure 2.34 : Chronomètre électronique.....	51
Figure 2.35 : Viscosimètre capillaire de Marque CANNON Z580.....	51
Figure 2.36 : Température de séchage.....	52
Figure 2.37 : ETUVE de séchage : source HYDRAC Douala .....	52
Figure 2.38 : Filtration de l'échantillon .....	52
Figure 2.39 : Pesée du filtre après séchage.....	52
Figure 2.41 : pesée du filtre apres secharge .....	52
Figure 2.41 : Pesée de l'échantillon .....	53
Figure 2.42 : Prise de température du laboratoire .....	53
Figure 3.1 : Huile de palmiste brute obtenue après broyage et filtrage.....	54
Figure 3.2 : Produit après décantation.....	55
Figure 3.3 : Produit stocker .....	55
Figure 3.4 : Graphe du calibre de l'appareil .....	56
Figure 3.5 : Graphe du Biolubrifiant relevé .....	56

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Viscosité de l'eau et de l'huile .....	9
Tableau 1.2 : Différents type de lubrifiant .....	12
Tableau 1.3 : Classification de la viscosité selon la norme ISO-3448 .....	15
Tableau 1.4 : Désignation des symboles .....	16
Tableau 1.5 : Quelques types de palmiers .....	20
Tableau 1.6 : Détermination des propriétés physique du biolubrifiant .....	25
Tableau 1.7 : Comparaison entre les propriétés physico-chimiques des échantillons et celles des huiles homologuées .....	26
Tableau 1.8 : Comparaison des résultants du biodiesel au gazole .....	27
Tableau 1.9 : Les caractéristiques physico-chimiques de biodiesel .....	29
Tableau 1.10 : Propriétés physico-chimiques .....	30
Tableau 2.1 : Matériels de laboratoire .....	39
Tableau 2.2 : Produits chimique .....	44
Tableau 2.3 : Echantillonnage pour essai .....	45
Tableau 3.1 : Résultats de l'extraction d'huile de palmiste .....	54
Tableau 3.2 : Résultats de l'élaboration .....	55
Tableau 3.3 : Données relevées en laboratoire de la masse du bécher et de l'huile .....	57
Tableau 3.4 : Données relevées entre la masse papier à vide et celle des sédiments .....	57
Tableau 3.5 : Donnés relevées entre les masse bécher et biolubrifiant .....	58
Tableau 3.6 : Récapitulatif et comparaison des caractéristiques du biolubrifiant avec une huile moteur .....	59

## LISTE DES ABREVIATIONS

- EMHP** : Ester Méthylique d'Huile de Palmiste
- EMHV** : Ester Méthylique d'Huile Végétale
- ASTM** : Acid Standard Test Method
- ASTM** : American Society for Testing and Materials
- ENS** : Ecole Nationale Supérieur de Yaoundé
- LKN** : Lycée Technique de NKOLBISSON
- HVB** : Huile Végétale Brute
- MDP** : Mécanisme de Développement Durable
- Mpa** : Méga pascal
- Ppm vol** : Partie par million volume
- HVP** : Huile Végétale Pure
- AGS** : Acide Gras Saturé
- NPA** : National Petroleum Association
- PC** : Pouvoir Calorifique
- AG** : Acides Gras
- EM** : Eléments Majeurs
- Kg** : Kilogramme
- HV** : Huile Végétales
- IA** : Indice d'Acide
- II** : Indice d'Iode
- Pa.s** : Pascal-seconde
- d** : densité à 24°C

## **INTRODUCTION GENERALE**

D'après une étude menée par TOTAL France, le taux d'émission de carbone depuis 2000 s'est élevé de 6,7 à 8 gigatonnes de carbone par an. Une stabilisation manifeste de ce gaz et autres GES serait une option salubre pour l'espèce humaine et végétale terrestre. De plus depuis la fin des années 80 les découvertes du pétrole couvrent à peine l'augmentation de la demande mondiale. Dans l'état actuel de nos modes de consommation, l'apparition de nouvelles sources d'énergie dites renouvelables ou non est une nécessité. L'arrivée de biolubrifiant est fortement prévisible qu'il soit issu de ressources nationales ou pas [1].

Ces huiles sont produites à partir d'oléagineux (Canola, Tournesol, Buriti, Babassu, Palme...) sur des terres agricoles, en jachère ou non, en plus ou moins grandes quantités selon les sols et les contextes économiques et agricoles. Le secteur agricole et certaines collectivités territoriales leur accordent une attention de plus en plus importante et s'interrogent sur leur utilisation comme alternative partielle aux énergies d'origine fossile [2].

Dans ce contexte de forte croissance des prix du baril de pétrole et de préoccupations environnementales, certains acteurs socio-économiques, issus notamment du monde agricoles et para agricole, commencent à s'intéresser à l'utilisation des huiles végétales pures pour des usages énergétiques comme lubrifiant automobile, les moteurs fixes ( pompes, groupes électrogène , la combustion ( chauffage de bâtiments, serres...), ou certaines applications industrielles (lubrifiants, solvants non toxiques, peintures, encres...) [1].

La hausse des prix des produits pétroliers sur le marché camerounais a entraîné un déficit énergétique et un frein pour le développement durable. L'utilisation irrationnelle de cette ressource qui pourra s'épuiser à l'échelle du temps humain, avec l'augmentation du trafic routier, des parcs automobiles et des centrales thermiques dont il faut assurer une bonne fiabilité ne sont pas en reste. A cela dont s'ajoute la préoccupation sur la protection de la nature surtout en ce moment de crise écologique. Nous nous proposons de récupérer les noix de palmistes naturelles dans la forêt et les sélectionnés dans les plantations palmeraies pour produire un biolubrifiant utilisable dans les moteurs thermiques à combustion interne. La question qui nous vient à l'esprit c'est Comment élaborer un biolubrifiant à partir des noix de palmistes pour un moteur thermique à combustion interne afin d'améliorer ces caractéristiques ? Pour y parvenir nous allons dans un premier temps présenter la récupération des noix de palmistes, le séchage des noix, le mesurage puis la production de l'huile. Cette huile sera d'abord analysée dans les laboratoires, puis nous produirons un biolubrifiant qui sera également analysé au laboratoire. Pour mener à bien notre étude, nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres à savoir :

- Chapitre 1 intitulé Revue de la littérature, durant le développement de ce chapitre nous présenterons les notions nécessaires à la compréhension de la thématique traitée dans ce mémoire ainsi que les différents auteurs ayant tout au moins travaillé dans le domaine des acides gras à base des plantes oléagineuses.
- Chapitre 2 : Matériel et méthode de production du biolubrifiant, au cours de ce chapitre nous présenterons le matériel qui nous a permis de réaliser notre projet ainsi que la méthode utilisée pour le mener à bien
- Chapitre 3 : Interprétation des résultats et discussion, ce chapitre est réservé à la présentation et à l'interprétation de nos résultats suivi d'une discussion et des perspectives d'avenir.

## CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

### INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présenterons les notions nécessaires à la compréhension de la thématique traitée dans ce mémoire. Ainsi nous étudierons les huiles minérales utiles dans les moteurs thermiques à combustion interne, leur impact environnemental, socio-économique et les biolubrifiants dans toutes leurs diversités en fin nous présenterons les différents auteurs ayant tout au moins travaillé dans le domaine des acides gras à base des plantes oléagineuses.

### I.1- GENERALITE SUR LES HUILES MINERALE POUR MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE

#### I.1.1- Les huiles minérales pour moteurs

Les moteurs thermiques à combustion interne consomment de l'huile pendant leurs fonctionnements pour refroidir les organes mobiles, réduire les frottements mécaniques, dissiper une quantité importante de chaleur, assurer l'étanchéité des cylindres et évacuer des particules d'usure lors des vidanges. Ces huiles proviennent de la distillation sous vide du pétrole brut, dotée d'additifs convenablement choisis, et se caractérisent par des bonnes propriétés physico-chimiques [1].

#### I.1.2- Définitions

Une huile minérale pour moteur thermique est un lubrifiant obtenue à partir du processus de distillation du pétrole brut aux températures variant entre 350°C et 400°C [1].

#### I.1.3- Fonctions d'huile minérale

Une huile minérale pour moteur permet de lubrifier les organes mobiles pour réduire l'usure, les pertes de puissance causées par le phénomène de frottement. Aussi,

Permet d'absorber les chocs dus à l'inertie des pièces et aux sollicitations composées dans les parties supérieures et inférieures pendant le fonctionnement du moteur.

Constitue un excellent joint d'étanchéité entre les segments du piston et les parois du cylindre.

Agit comme agent nettoyant.

Protège les organes contre l'oxydation [3].

Assure le refroidissement du moteur thermique

Assure une bonne fiabilité du moteur

### I.1.4- Mode d'obtention des huiles minérales

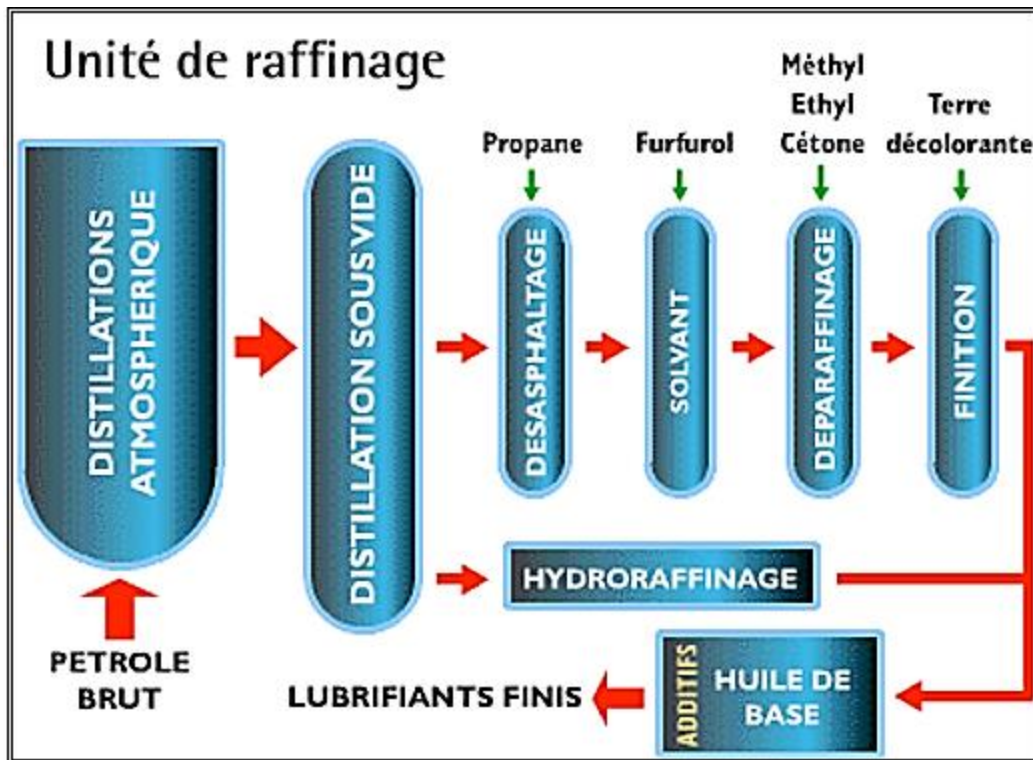


Figure 1.1 : Procédé de fabrication d'un lubrifiant minéral [4]

### I.1.5- Propriétés physico-chimique des huiles

#### A. Propriétés physique

##### a. La Densité

Elle se mesure à 15 °C par rapport à l'eau à 4 °C, à l'aide d'un densimètre plongeant dans un tube à essais. Les valeurs courantes pour les huiles de pétrole varient de 0,85 à 0,95 et dépendent de l'origine des produits. La densité diminue avec la température selon des lois complexes, mais en première approximation on peut la diminuer de 0,00062 par kelvin. Certains lubrifiants synthétiques ont des densités bien plus élevées, jusqu'à 1,5. La comparaison de la densité d'une huile usagée avec celle de l'huile neuve permet de détecter d'éventuelles pollutions [5].

##### b. Couleur

Pour les huiles de pétrole, elle varie généralement du blanc pur au rouge foncé en passant par le jaune citron et le jaune orange, on l'évalue par comparaison avec des verres étalons numérotés en colorations NPA (National Petroleum Association). La couleur foncée d'un lubrifiant usagé peut être un assez bon moyen d'apprécier son altération, de même qu'un aspect laiteux peut indiquer la présence d'eau. La présence d'additifs oblige à la prudence et cette propriété à beaucoup perdu de son intérêt aujourd'hui [5].



### c. Chaleur massique

Elle s'exprime en Joules par kilogramme x kelvin (J/kg.K). Elle augmente avec la température, d'environ 20 % pour 100 °C, et diminue avec la densité. Aux environs de 100 °C, on peut prendre comme base 2 kJ/kg.K [5].

### d. Conductivité thermique

Elle définit le flux thermique passant à travers un corps sous l'effet d'un gradient thermique (en watts par mètre par kelvin). On peut prendre comme valeur moyenne pour les huiles minérales 0,14 W/m.K [5].

### e. Viscosité

C'est une des propriétés capitales des huiles de graissage, qui conditionne leur emploi dans la majorité des cas. Plus grande est la viscosité d'un liquide, plus grande est la durée de son écoulement, par exemple. La notion de viscosité implique donc celle de mouvement. En fait, on peut dire que la viscosité est la résistance qu'oppose un fluide au glissement de ses molécules les unes sur les autres, autrement dit, sa résistance à la déformation.

En considérons deux surfaces planes parallèles d'aire  $S$ , l'une fixe, l'autre se déplaçant à la vitesse  $V$ , sous l'effet d'une force  $F$ , à la distance constante  $h$  de la première. Les deux plaques sont séparées par une lame liquide qui oppose une résistance au déplacement de ses molécules.

On distingue deux types de viscosité à savoir : La viscosité cinématique et la viscosité dynamique.

#### ➤ Viscosité cinématique ( $\nu$ )

La viscosité cinématique est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu de liquide à travers un appareil comportant un orifice (*tube calibré ou tube capillaire*) de dimensions normalisées [6].

L'unité de mesure de la viscosité cinématique, le mètre carré par seconde [ $m^2/s$ ], est définie comme étant celle d'un fluide dont la viscosité dynamique est 1 pascal x seconde et la masse volumique 1 kilogramme par mètre cube. Il s'ensuit que la viscosité cinématique est égale au rapport de la viscosité dynamique à la masse volumique, toutes deux définies à la même température [5] :

$$\boxed{\nu = \mu / \rho} \quad \left\{ \begin{array}{l} \mu : \text{viscosité dynamique } [Pa.s]. \\ \nu : \text{viscosité cinématique } [m^2/s]. \\ \rho : \text{masse volumique } [Kg/m^3]. \end{array} \right.$$

Unités :  $m^2/s$  ; Stoke ( $St$ ) ou centistoke ( $cSt$ )  $10000 St = 1 \underline{m^2 \cdot s^{-1}}$  ;  $1 cSt = 1 mm^2 \cdot s^{-1}$  ;  $106cSt = 1 m^2 \cdot s^{-1}$  [6].

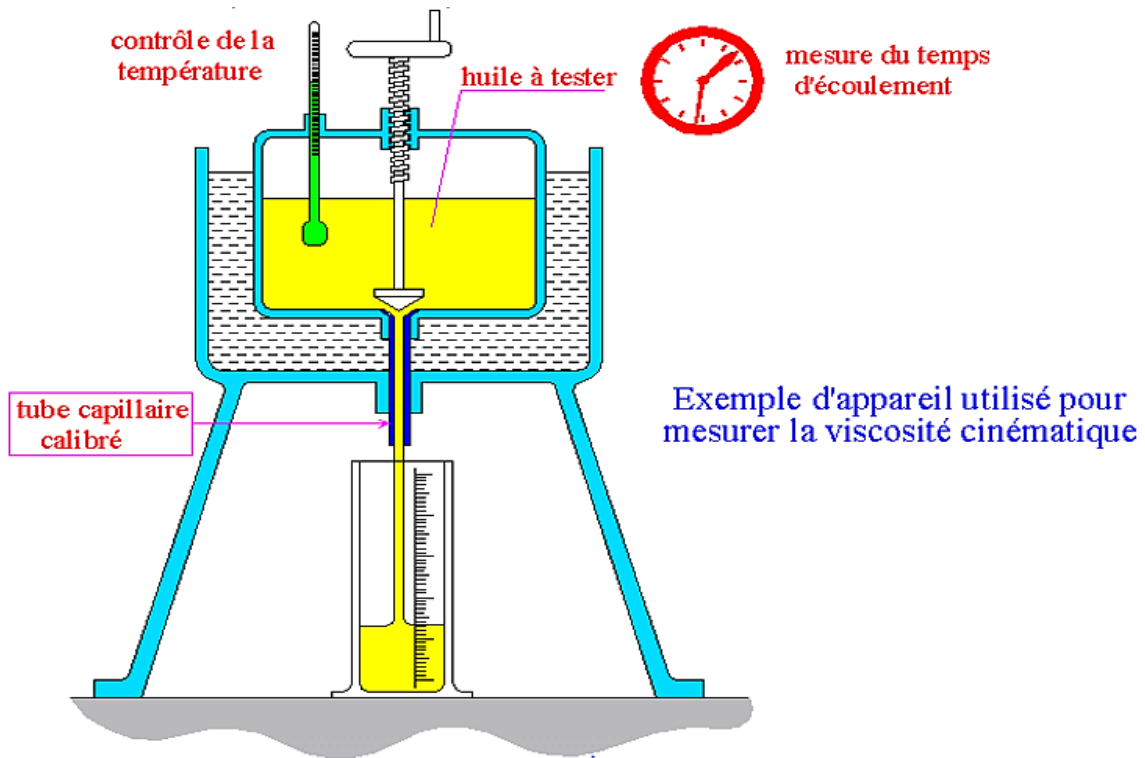


Figure 1.2 : Mesure de la viscosité cinématique [6].

Relation viscosité-température La viscosité  $\nu$  varie en fonction de la température. La fonction est du type exponentiel et les relations sont de la forme (équation de Walther) :

$$\log \log (\nu + 0,6) = a - b \log T \quad \nu$$

a et b sont des constantes positives fonction de la nature de l'huile, T la température en kelvin et la viscosité  $\nu$  en cSt. La représentation graphique est souvent réalisée en diagramme logarithmique ("papier log log") avec  $\log \log(\nu+0,6)$  en ordonnée et  $\log T$  en abscisse.

### ➤ Viscosité dynamique ( $\mu$ )

La viscosité dynamique caractérise les couches de lubrifiant à frotter ou à glisser les unes sur les autres, c'est aussi le produit de la viscosité cinématique  $\nu$  par la masse volumique du fluide  $\rho$  :

$$\mu = \rho \nu \quad \left\{ \begin{array}{l} \mu : \text{viscosité dynamique } [Pa.s]. \\ \nu : \text{viscosité cinématique } [m^2/s]. \\ \rho : \text{masse volumique } [Kg/m^3]. \end{array} \right.$$

Unités légales ( $\mu$ ) : Pa.s (pascal.seconde) ou N.s/m<sup>2</sup> ; poise (P) et centipoise (cP) 1 poise = 1 P = 0,1 Pa.s 1000 centipoises = 103 cP = 1 Pa.s



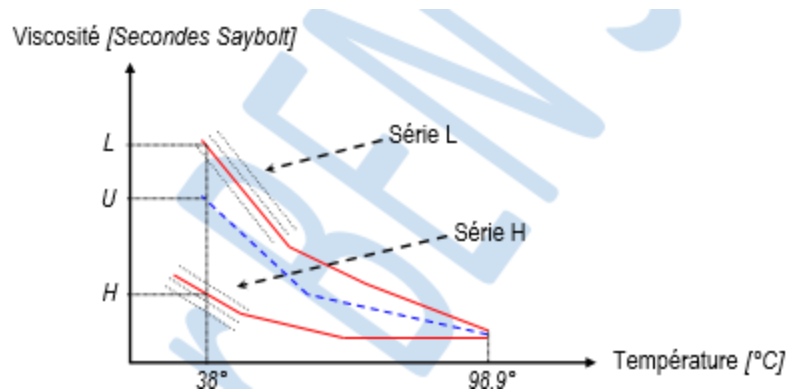


Figure 1.4 : Indice de viscosité [5]

Soit une huile quelconque dont la viscosité varie comme l'indique la courbe tracée en pointillé sur la figure 1.4, l'indice de viscosité se calcule par la formule suivante :

$$VI = 100 \times \frac{L - U}{L - H}$$

Ce procédé permet de situer une huile quelconque par rapport aux deux séries d'huile de référence. Plus l'indice de viscosité  $VI$  est grand, plus la courbe est voisine de la série  $H$  (*caractère paraffinique accentué*), par conséquent moins grande est la variation de la viscosité avec la température [5].

#### g. Compressibilité

Le module de compressibilité est de l'ordre de  $6.10^5$  en régime isotherme, par conséquent la diminution de volume est d'environ 2 % à 350 bars et 4 % à 700 bars. Les huiles sont d'autant moins compressibles que la pression est plus forte, la viscosité plus faible et la température plus basse.

#### h. Coefficient de viscosité-pression

Si la pression croît, la mobilité des molécules diminue et la viscosité augmente selon une loi exponentielle. Pour une huile minérale classique, la viscosité à 350 bars est environ deux fois plus forte qu'à la pression atmosphérique, ce qui équivaut à une baisse de température de 10 à 15 °C.

Le tableau ci-dessous donne une idée des variations relatives de viscosité de l'eau et d'une huile courante à 20 °C.

Tableau 1.1 : Viscosité de l'eau et de l'huile [5]

Pression [bar]	Viscosité de l'eau	Viscosité de l'huile
1	1	1
1000	1,08	4,5
2000	1,16	15
4000	1,36	110

### **i. Point d'écoulement**

Suffisamment refroidies, toutes les huiles minérales s'épaississent jusqu'à prendre l'apparence de solides plus ou moins rigides. Il ne s'agit pas d'une congélation, laquelle n'a de sens que pour un corps pur passant de l'état liquide à l'état solide à température constante : on le sait, les huiles de graissage sont des mélanges.

En fait, les hydrocarbures paraffiniques les plus lourds flocculent les premiers en donnant à l'huile un aspect trouble. La multiplication des cristaux se poursuivant, ces derniers finissent par s'agglomérer en un réseau enfermant les fractions encore liquides.

Une norme précise la procédure complexe qui permet de déterminer la température à laquelle une huile cesse de couler et de se laisser pomper dans un circuit de graissage. Il est difficile d'obtenir une grande précision et la norme admet un écart de reproductibilité de 6 °C. En pratique, la notion de point d'écoulement est très insuffisante pour évaluer les performances d'une huile à froid, il vaut mieux définir et mesurer la viscosité au-delà de laquelle le pompage est impossible. Le viscosimètre Brookfield mesure à cet effet le couple résistant d'une palette tournant dans l'huile.

### **j. Onctuosité**

C'est l'aptitude d'une huile à adhérer aux surfaces sous la forme d'un épilamen (fine pellicule ou couche moléculaire). Cette propriété englobe tout un ensemble de phénomènes liés à la capillarité, la tension superficielle et à des propriétés de contact avec la matière à l'échelle des épilamens moléculaires [5].

## **B. Propriétés chimiques**

### **a. Combustibilité, point d'éclair, point de feu**

À partir d'une certaine température, les constituants volatils de l'huile peuvent brûler au contact d'une flamme : c'est le point éclair.

Si on chauffe davantage, il arrive un moment où la combustion devient permanente : c'est le point de feu.

Ces deux températures sont très variables avec les paramètres locaux et en particulier avec la présence d'eau en suspension dans l'huile. Leur mesure fait l'objet de normes. À partir du point d'éclair Cleveland, il est possible de déduire le point de feu Cleveland avec une assez bonne précision. Quand une huile est portée à son point d'éclair, sa tension de vapeur est de l'ordre de 13 mbar [5].

Point d'éclair (*appareil Cleveland*) : Température à laquelle il faut chauffer un liquide combustible pour qu'il émane suffisamment de gaz pour former, avec l'air, un mélange momentanément inflammable pour qu'il prenne feu quand on en approche une petite flamme dans des conditions données (*méthode D 92 de l'ASTM*).

#### **b. Température d'auto-inflammation**

C'est la température à partir de laquelle se produit une oxydation spontanée dans l'air (*environ 400 °C*). Cette température est nettement supérieure à celle du point d'éclair.

#### **c. Détergence, dispersivité**

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

#### **d. Teneur en cendres**

On compare le résidu de la calcination de l'huile à la masse initiale. Pour une bonne huile minérale pure, on trouve en général une teneur en cendres variant de 0,001 à 0,05 %. Cette teneur peut être beaucoup plus élevée, et sa mesure devient alors compliquée, si l'huile contient des additifs organométalliques ou autres.

Une teneur en cendres élevée pose des problèmes dans les moteurs thermiques modernes car les résidus de combustion de l'huile tendent à se déposer dans les filtres à particules.

#### **e. Teneur en soufre**

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

#### **f. Teneur en eau**

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

#### **g. Capacité de rétention d'impuretés et résistance à l'oxydation**

Beaucoup de lubrifiants modernes ont la double réputation de produire facilement des boues ou des vernis et de posséder en même temps une haute résistance à l'oxydation. Pour comprendre ce paradoxe, on a introduit la notion *d'Impurity-Holding Capacity (IHC)*, que l'on peut traduire par capacité de rétention d'impuretés. Cette propriété fait référence au fait que de très petites particules, de dimension inférieure au  $\mu\text{m}$ , provenant de la dégradation des produits ou de la mise en émulsion d'autres liquides, peuvent rester jusqu'à un certain point (*dumping point*) en suspension dans le liquide, comme si elles étaient dissoutes. Au-delà de ce point, donc si leur concentration est trop forte, tout se passe comme si elles devenaient insolubles et elles précipitent alors pour former des boues et des vernis. En fait cette précipitation sous forme de dépôt ne concerne que la quantité d'impureté qui va au-delà de ce que peut supporter le lubrifiant. Elle peut se produire lorsque la capacité de rétention du lubrifiant est faible ou affaiblie, par exemple par le froid, ou encore si la production d'impureté est trop importante. Il se trouve que la capacité de rétention d'impureté baisse en général lorsque la résistance à l'oxydation augmente, et inversement. Ces deux qualités sont donc fondamentalement incompatibles. Par ailleurs, la formation de vernis est souvent due à des décharges électrostatiques qui se produisent au sein même du fluide, surtout lorsque celui-ci est très propre et très sec, par ce qu'il a justement une très basse capacité à retenir les impuretés.

#### **I.1.6- Différents types de lubrifiants**

Les différents types des lubrifiants utilisés sont [2] :

- Les huiles végétales : obtenues à partir du raffinement des végétaux.
- Les huiles minérales : obtenues à partir du raffinement du pétrole.
- Les huiles de synthèse : obtenues par réactions chimiques en laboratoires.

Nous pouvons classer ces lubrifiants en trois grandes familles à savoir :

- Les lubrifiants liquides ;

- Les lubrifiants pâteux ;
- Les lubrifiants solides.

Tableau 1.2 : Différents type de lubrifiant [4]

	LIQUIDES	PATEUX	SOLIDES
Lubrifiants Minéraux	Huiles minérales (parafine, naphte) Obtenues par distillation du pétrole	- Graisses à base d'huile de pétrole - Pâtes lubrifiantes - Lanoline	- Graphite - Bisulfure de molybdène - Biséléniures - Cires, résines
Lubrifiants de synthèse	Huiles synthétiques (polyglycols, esters...) obtenues à partir des produits simples issus de la pétrochimie	Graisses de synthèse (silicone)	- Plastiques fluorés (PTFE...) - Polyamides - Vernis de glissement

Tous les lubrifiants liquides et pâteux « mouillent » les surfaces concernées et y adhèrent fortement en constituant ainsi des épilâmes minces, ne présentant que quelques molécules d'épaisseur : cette caractéristique essentielle est qualifiée d'onctuosité [4].

### I.1.7- Origine des huiles

#### A. Les huiles d'origine minérales

- **Liquides** : huiles de houille (Charbon utilisé comme combustible), de schiste (Roche sédimentaire ou métamorphique qui se débite en feuillets), utilisables comme produits de remplacement, et surtout huiles de pétrole.
- **Pâteux** : vaseline.
- **Solides** : soufre utilisé autrefois pour sauver les paliers endommagés, talc, mica, bisulfures de molybdène et de tungstène, graphite, sulfure de plomb, oxyde de zinc [5].

#### B. Les huiles d'origine végétale

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



- **Liquides** : huiles semi siccatives (*s'épaississant par oxydation*) de coton, de colza, huiles non siccatives d'arachide, d'olive, et surtout de ricin intéressant par sa forte viscosité et la possibilité de l'utiliser dans une large gamme de températures.
- **Pâteux** : huiles de palme, de coco et de coprah, liquides aux températures tropicales mais pâteuses dans les régions froides ;
- **Solides** : résines et colophanes tirées du pin, pouvant résister à l'eau [5].

### C. Les huiles d'origine animale

Ils sont constitués essentiellement d'esters résultant de la combinaison d'acides gras avec la glycérine. Ce sont souvent des « ancêtres » mais certains entrent encore dans diverses compositions :

- **Liquides** : oléines, huiles de lard, de pied de bœuf ou de mouton, etc., très onctueuses, huiles de poisson, de baleine, de phoque, glycérine autrefois utilisée pour son point de congélation très bas.
- **Pâteux** : oléo stéarines, suifs (qui deviennent très acides par oxydation), suintines et brais résultant du traitement de la laine, lanoline très utilisée dans les produits antirouille car elle absorbe l'eau ;
- **Solides** : stéarine, dont l'usage est restreint à la formulation de graisses très dures [5]

#### I.1.8- Classification des huiles

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

- Classification selon la viscosité (fluidité).
- Classification selon le service (niveau de performance).

#### A. Classification des huiles selon la viscosité

Le premier paramètre de classification des huiles est la viscosité. Il existe dans le monde trois organismes qui s'occupent de classer les huiles selon leur viscosité :

- La SAE « *Society of Automotive Engineering* ».
- L'ISO « *International Standard Organisation* ».
- L'AGMA « *American Gear Manufacturers Association* ».

##### a. Classification SAE

Elle est essentiellement utilisée dans l'automobile et les véhicules industriels pour les moteurs et les transmissions. Elle classe aussi les huiles selon leur viscosité, mais définit des tranches ou des intervalles continus de viscosité avec un minimum et un maximum.

La classification **SAE 20, SAE 30...** Utilise la viscosité des huiles à 100°C et correspond aux huiles monogrades dites pour "hautes" températures.

La classification **SAE 0W, SAE 5W...** (Avec W = *winter*) utilise la viscosité des huiles à -18°C et correspond aux huiles monogrades dites pour "basses" températures ou "hiver".

Les huiles multigrades présentent deux viscosités caractéristiques.

Une **huile SAE 10W-40** a même viscosité qu'une huile monograde SAE 40 à 100°C et même viscosité qu'une huile monograde SAE 10W à -18°C.

Les huiles multigrades présentent un meilleur indice de viscosité que les huiles monogrades correspondantes, autrement dit, leur viscosité varie moins avec la température. De plus, elles couvrent trois classes de viscosité (contre une classe pour les monogrades) et assurent une bonne lubrification à haute et basse température [7].

#### - **Classification SAE des huiles pour moteurs**

##### **HUILE MONOGRADE**

- SAE 5W - SAE 10W - SAE 20W sont ses huiles d'hiver. (W = Winter = hiver)
- Ex : une SAE 5W est plus fluide qu'une SAE 20W.

##### **HUILE MONOGRADE**

- SAE 30 - SAE 40 - SAE 50 sont des huiles d'été.
- Ex : une SAE 50 est plus épaisse qu'une SAE 30.

##### **HUILE MULTIGRADE**

- SAE 5W50 - SAE 15W40 - SAE 20W50...sont des huiles toutes saisons. Elles sont dites à « viscosité constante ».
- Ex : une huile SAE 10W30 se comporte comme une SAE 10W (au démarrage à froid) et comme une SAE 30 (à température normale à chaud) [8].

#### **b. Classification ISO**

Applicables aux huiles industrielles, elle classe les huiles à partir de leur viscosité.

**Désignation** : lettres ISO VG suivi du nombre précisant la viscosité cinématique à 40°C en centistoke.

**Exemple** : une huile ISO-VG 22 a pour limite de viscosité 19,8 et 24,2 cSt, 22 représentant la viscosité moyenne la plus probable [9].

Tableau 1.3 : Classification de la viscosité selon la norme ISO-3448 [9].

	Classe de viscosité ISO	Viscosité du centre à 40,0°C mm <sup>2</sup> /s (cSt)	Limites de la viscosité cinématique à 40,0°C mm <sup>2</sup> /s (cSt)	
			min.	max.
L'huile de broche	ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
	ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
	ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
	ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
	ISO VG 10	10	9,00	11,00
L'huile de machine légère	ISO VG 15	15	13,5	16,5
	ISO VG 22	22	19,8	24,2
	ISO VG 32	32	28,8	35,2
L'huile de machine lourde	ISO VG 46	46	41,4	50,6
	ISO VG 68	68	61,2	74,8
	ISO VG 100	100	90,0	110
	ISO VG 150	150	135	165
L'huile à cylindre	ISO VG 220	220	198	242
	ISO VG 320	320	288	352
	ISO VG 460	460	414	506
	ISO VG 680	680	612	748
	ISO VG 1000	1000	900	1100
	ISO VG 1500	1500	1350	1650

### c. Classification AGMA

La société (AGMA) « American Gear Manufacturers Association » s'occupe des huiles des boîtes d'engrenages industrielles [9].

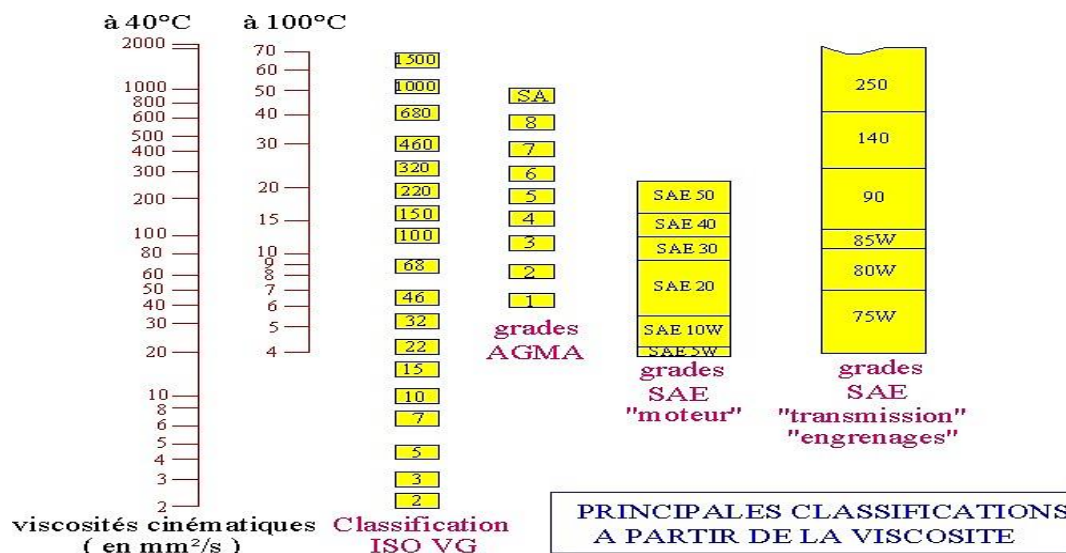


Figure 1.5 : Principe de classification à partir de la viscosité [7].

### B. Classification des huiles selon le service

La classification qui se réfère seulement à la viscosité, ne donne pas une réponse définitive au niveau qualitatif. Pour remédier à cela des grandes organisations, ont rédigé des spécifications, en fonction des prestations, qui sont exigées des huiles. Chacune de ces

prestations est un ensemble de tests faits en laboratoire qui ont été sélectionnés pour tester les qualités des lubrifiants examinés [9].

### a. Norme ACEA

En Europe, l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) propose ses propres classifications pour les véhicules européens dont les moteurs ont souvent des performances et donc des exigences spécifiques plus élevées que les moteurs américains [9].

- La classification ACEA est constituée de : ACEA Lettre Chiffre-Année  
Exemple de désignation : ACEA B 3-99
- L'année représente la date de mise en conformité du produit avec la norme.

Tableau 1.4 : Désignation des symboles [9]

Lettre (type de moteur)	
A	Classification Essence (A1, A2, A3).
B	Classification Diesel Tourisme (B1, B2, B3, B4).
C	Traitement des émissions (véhicule légers équipés de catalyseur) (C1, C2, C3, C4).
D	Classification Diesel Lourds (E1, E2, E3, E4, E5).

### b. Norme ISO-NF

Plus particulièrement destinées aux huiles dites "industrielles" monogrades. La norme ISO-NF désigne une huile par un grade et un service rendu par cette huile (ou domaine d'application). La désignation indiquée ci-après est succincte et ne donne pas toutes les caractéristiques d'une huile. La norme complète et les indications du fabricant sont donc souvent nécessaires [9].

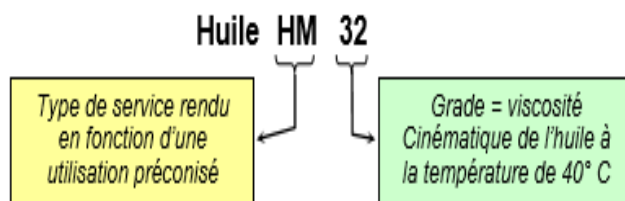


Figure 1.6 : Désignation selon la norme ISO-NF [9]

### c. Classification A.P.I. (american petroleum institute)

La désignation API permet de connaître les performances de l'huile. Pour les huiles moteur, le service API s'indique avec deux lettres, la première indique le type de carburant utilisé dans le moteur (S = essence et C = Diesel), la deuxième indique la performance.

Plus la lettre est élevée dans l'alphabet plus la performance est importante. Pour les huiles destinées aux transmissions, les deux lettres GL sont suivies d'un chiffre donnant la performance.

On peut trouver des indications supplémentaires, telles que EP = extrême pression [9].  
**Moteurs ESSENCE** : SA - SB - SC - SD (abandonné). SE - SF - SG - SH (performances croissantes).

**Moteurs DIESEL** : CA - CB (abandonné). CC - CD - CE.

**Transmissions** : GL1 - GL2 - GL3 - GL4 - GL5.

#### **d. Classification C.C.M.C. (Comité des Constructeurs du Marché Commun)**

**Moteurs ESSENCE** : G1 - G2 - G3 - G4 - G5. (Performances croissantes).

**Moteurs DIESEL** : PD1 - PD2 (véhicule de tourisme). D4 - D5 (véhicules industriels). (PD = Petit Diesel) [7].

### **I.1.9- Impact des huiles minérales**

#### **A. Impact environnemental des huiles minérales**

Les risques sont en relation avec les pertes dans le milieu naturel par les huiles perdues, les fuites accidentelles possibles et leur contact avec le sol et les eaux. Mais aussi par leur contact avec les plantes et les aliments (grains, fruits, mouûts...) et entant que produits utilisés, ils peuvent être toxiques, même pour le manipulateur qui doit se protéger du contact avec la peau, les yeux et les voies respiratoires [10].

Pour mieux comprendre les dangers encourus, il faut prendre connaissance des données suivantes [11] :

- 1 Litre d'huile minérale rend impropre à la consommation d'un Million de litres d'eau.
- 1 Milligramme d'huile minérale anéantit 60% des micro-organismes présents dans un litre d'eau.
- 5 litres d'huiles minérale usagées brûlés polluent l'air qu'une personne respire pendant trois ans [13].

De plus, lors de l'exploitation des produits pétroliers, le sol se dégrade, subit des modifications géologiques. Ces produits sont dangereux pour la santé humaine et pour la nature. Fort de ce constat il est indispensable de minimiser l'impact sur l'environnement, en cherchant à ce que les constituants du lubrifiant laissent la place à des composants inoffensifs, lorsqu'ils sont répandus dans la nature.

## **B. Impact socio-économique des huiles minérales**

Le pétrole étant une ressource fossile, sa disparition est donc programmée : son prix ne fera alors que croître jusqu'à l'épuisement. Bien que le pétrole soit l'une des principales matières premières pour l'industrie, l'huile minérale ne représente que 4 % de la consommation mondiale de cette ressource. A cela, on mentionne la gourmandise des grandes puissances sur les pays producteurs avec notamment l'instabilité politique, la menace sur les prix etc.

L'utilisation de ressources renouvelables pourrait permettre aux industries de mieux se préparer à cette échéance en développant des voies de substitution d'où l'apparitions des biolubrifiants

## **I.2- LES BIOLUBRIFIANTS**

### **I.2.1- généralités sur les biolubrifiants**

Le terme « biolubrifiant » s'applique à tous les lubrifiants qui sont à la fois rapidement biodégradables et non toxiques pour les êtres humains, la faune, la flore et les habitants aquatiques [14]. Ce terme renvoi aussi précisément aux lubrifiants fabriqués à base de plantes qui constituent une opportunité de réduire de façon importante l'impact des lubrifiants sur l'environnement, et de créer des entreprises et des emplois verts [13].

### **I.2.2- Définition**

Un biolubrifiant est une huile obtenue à base des plantes oléagineuses telle que le palmier, le canola, le colza, le tournesol, le jojoba, le jatropha, le soja, le coprah, etc. [13]

### **I.2.3- Fonctions des biolubrifiants**

- Réduire les pertes d'énergie mécanique
- Réduire l'usure des pièces en frottement
- Protège les pièces contre la corrosion
- Baisse la température de fonctionnement des machines notamment les moteurs thermiques
- Augmente l'étanchéité
- Evite d'évacuer les dépôts d'impuretés et de saletés [15].

### **I.2.4- Atouts des biolubrifiants [10 ; 15].**

#### **A. La biodégradabilité**

Est l'aptitude d'une matière organique à subir la biodégradation, qui est la décomposition de matières organiques par des microorganismes naturels comme : (bactéries, champignons, levures).

## **B. Toxicité réduite**

C'est la mesure qui démontre que le biolubrifiant n'a pas la capacité de provoquer des troubles sur l'organisme.

## **C. Respect de l'environnement**

Répond au respect de la mesure pour limiter ou supprimer l'impact négatif des activités de l'homme sur son environnement.

### **I.2.5- Nécessité des Biolubrifiants**

Certains milieux pour lesquels la préservation de l'environnement est une préoccupation permanente sont particulièrement concernés par l'utilisation des biolubrifiants. C'est essentiellement le cas en milieu aquatique, montagneux, agricole et forestier. De plus, les biolubrifiants sont à privilégier dans toutes les applications pouvant présenter un risque pour l'environnement. C'est le cas :

- Des huiles à usage perdu (les huiles de chaînes de tronçonneuses, les huiles moteurs 2 Temps et les agents de décoffrage) ;
- Des huiles sujettes à d'éventuelles fuites accidentelles (les huiles pour moteur thermiques) [15].

### **I.2.6- Avantage des Biolubrifiants**

Les avantages des biolubrifiants par rapport aux lubrifiants issus du pétrole sont les suivants :

- Meilleure sécurité du personnel employant des huiles de lubrification car celles-ci sont plus propres, non toxiques et génèrent moins de problèmes dermatologiques ;
- Plus grande sécurité du fait de leurs points d'éclair plus élevés, de viscosité constante et moins de brouillard d'huile et d'émission de vapeurs ;
- Plus faibles émissions dans l'air car les esters ont des plages de températures d'ébullition plus élevées ;
- Biodégradabilité rapide ;
- Moindres coûts sur le cycle de vie du produit en raison d'exigence moindre en matière de maintenance, de stockage et d'élimination.
- S'ils sont répandus accidentellement, les dommages à l'environnement et à la sécurité sont moindres ;
- Évaporation plus lente que pour les lubrifiants à base de pétrole ;
- Meilleure adhérence aux surfaces métalliques.

### I.2.7- Origines des biolubrifiants

Les biolubrifiants peuvent être obtenus à base :


- D'huiles végétales telles que les huiles de soja, de canola, de colza, de tournesol, de jojoba, de jatropha, de palme et de coprah [13 ; 14 ; 16].
- Les biolubrifiants peuvent également être faits d'esters synthétiques fabriqués à partir d'huiles de recyclage modifiées.

Nous avons choisi la filière palmier pour produire notre biolubrifiant au vu de son expansion sur le sol Camerounais. Cet arbre qui regroupe trois grande familles, qui pousse principale ment dans les régions tropicales, dans la forêt d'amazonien, etc.

### I.2.8. Famille de palmier




D'après une étude menée à l'IRAD à Nkolbisson, les palmiers appartiennent à la famille botanique des Arécacées ; il existe environ 2500 espèces de palmiers, la plupart sont des végétaux tropicaux, mais nous pouvons en trouver quelques-uns dans notre pays [16], regroupé dans le tableau 1.5. Cet arbre commence à produire à partir de 4 à 5 ans et selon le mode d'entretien la production accroit au fur et à mesure que l'arbre grandi et peut vivre pendant 70 à 80 ans.


Tableau 1.5 : Quelques types de palmiers ([16], adapté par nos soins)

Palmiers	Description morphologique	Image
palmier dattier	De nom scientifique ( <i>Phoenix dactylifera</i> L), à l'inverse de certaines Arécacées ne vit pas en région tropicale humide, mais en région subtropicale c'est pour cela qu'au Cameroun nous trouvons cette plante dans les régions septentrionales (Extrême-nord, Nord, Adamaoua) [16].	 <p data-bbox="1283 1659 1490 1720">Figure 1.7 : Palmiers dattiers [16]</p>



<p>Cocotier du chili</p>	<p>De nom scientifique (<i>Jubaea chilensis</i>) C'est un magnifique palmier originaire du chili avec une belle couronne de feuilles pennées, son stipe est absolument lisse. Son stipe fait jusqu'à cinq mètres de circonférence au sol et il peut s'élever allègrement jusqu'à 25 mètres. Il résiste bien au froid jusqu'à -15°C. Au Cameroun on les trouve dans la localité du Sud et dans d'autre région [16].</p>	 <p>Figure 1.9 : Cocotier du chili[16]</p>
<p>palmier jupon</p>	<p>De nom scientifique, (<i>Washingtonia robusta</i>) Originaire du sud-ouest des États-Unis et du Nord-Ouest du Mexique c'est un grand palmier à feuilles palmées dont les feuilles sèches forment une jupe sur le haut du stipe. Il est assez rapide à la pousse et s'élance à plus de 20m de hauteur. Au Cameroun ce palmier est le plus souvent employer comme fleure plantée au tour des maisons, dans des jardins et aux abords de certain axe routier [16].</p>	 <p>Figure 1.10 : Palmier jupon [16]</p>
<p>Palmier bleu du Mexique</p>	<p>De nom scientifique, (<i>Brahea armata</i>). Un beau palmier avec des feuilles gris-bleues. Inflorescences de 6 mètres de long, dépassant de 2 mètres le feuillage palmé gris-bleu. Sur les attaques de ravageurs ils produisent, par défense, une glu épaisse qui étouffe les jeunes larves. Mais ils finissent par succomber si l'attaque est trop importante [16].</p>	 <p>Figure 1.11 : Palmier bleu du Mexique[16]</p>

<p>Palmier Babassu</p>	<p>De nom scientifique, (<i>Orbygnia phalerata</i>) Ce palmier possède un stipe simple qui pousse jusqu'à 20 mètres de hauteur et dont le diamètre varie entre 20 et 25 cm. Il présente les restes des vieilles tiges tombées de son sommet. Les feuilles arquées peuvent atteindre jusqu'à 8 mètres de longueur. Les fleurs forment de longues grappes de couleur jaune-crème. Chaque palmier peut présenter jusqu'à 6 grappes qui fleurissent de janvier à avril [19].</p>	 <p>Figure 1.12 : Palmier Babassu [19]</p>
<p>Palmier Buriti</p>	<p>De nom scientifique, (<i>Mauritia flexuosa</i> L), Palmier au port élégant dont le stipe droit peut atteindre jusqu'à 35 mètres de hauteur. Les feuilles sont grandes et disposées en éventail. Les fleurs forment de longues grappes pouvant atteindre 3 mètres de long, de couleur jaune. Elles fleurissent de décembre à avril. Les fruits ellipsoïdes sont recouverts d'écailles, de couleur marron-rouge et mesurent de 5 à 6 cm de longueur et de 4 à 5 cm de diamètre. La noix ovale et dure renferme une amande comestible.</p>	 <p>Figure 1.13 : Palmier Buriti [16]</p>
<p>Palmier Tucuman</p>	<p>De nom scientifique, (<i>Astrocaryum aculeatum</i>) La plante présente un stipe unique, droit, mesurant de 10 à 25 m de hauteur et 30 cm de diamètre, garni d'épines noires, fines, longues, piquantes, disposées en anneaux de plus en plus dense sur sa moitié supérieure. Les feuilles en épis mesurent de 4 à 5 m de longueur et présentent des épines sur toute leur surface, même s'il y en a plus sur la tige. L'inflorescence dressée mesure jusqu'à 2m de longueur, avec des fleurs femelles plus concentrées à la base des pédicelles et des fleurs mâles en plus grand nombre occupant le reste de chacune d'entre elles (FAO, 1987 ;Cavalcante, 1991).</p>	 <p>Figure 1.14 : Palmier Tucuman [16]</p>

<p>Palmier à huile</p>	<p>De nom scientifique, (<i>Elaeis guineensis</i> Jac), ce palmier est une monocotylédone arborescente qui peut atteindre jusqu'à 25 à 30 mètres de hauteur. Le système racinaire est de type fascicule. Son stipe est droit, de couleur foncé et annelé à cause des cicatrices des bases petiolaires qui se détachent à partir de 15-20 ans. Les feuilles peuvent atteindre 5 à 8 mètres de longueur suivant les origines. A la base des feuilles, le pétiole est recouvert d'épines, il continue par le rachis qui porte les folioles (25 à 300, reparties de part et autre des rachis sur plusieurs plans.</p>	 <p>Figure 1.15 : Palmier à huile [16]</p>
------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

De toutes ces espèces de palmiers présentés entre autres dans le tableau 1.5, notre choix porte sur le palmier à huile de nom scientifique *Elaeis guineensis* Jac qui en Afrique Centrale principalement au Cameroun, a la particularité que, ce palmier pousse partout et produit en toute saison jusqu'à son âge maximal. De plus nous avons plusieurs plantations érigé pour leur culture qui appartient soit à l'état et/ou aux particuliers qui évoluent dans ce domaine ce qui facilite au plus haut point l'abondance de la matière première pour la réalisation d'une étude scientifique. C'est d'ailleurs l'espèce qui contient plus de matière grasse selon les variétés, et qui peut produire à toute saison, il pousse naturellement dans toute la zone tropicale et des milliers d'espèces sélectionnées se trouvent dans des champs à travers le pays.

### I.3- ETAT DE L'ART

#### I.3.1. G. Mengata Mengounou, A. Moukengue Imano, J. C. Vardamides (2016) [26]

##### A. Objectifs

Dans son Article intitulé « Analyse des propriétés physico-chimiques de l'huile de palmistes Transestérifiée », Mengata détermine les propriétés physico-chimiques de l'huile de palmistes «Menyanga» du marché Camerounais.

##### B. Matériel

La caractérisation physico-chimique du biolubrifiant obtenue à partir de l'huile de noix de palmistes dans cet article se fait par l'utilisation : d'un viscosimètre à capillaire de type Cannon Fenske 200, pour la viscosité ; une balance de type Radwag de précision 10 mg et un pycnomètre Bran Duran de 5 ml à 20°C pour détermination de la masse volumique ; le Stalagmomètre de Traube pour la détermination de la tension de surface; Thermoscientific Focus Gase Chromtography Feel équipé du logiciel chromcard data system ver 2.4, pour la détermination du profil d'acides gras (AG).

##### C. Méthode

Dans cet article l'auteur obtient les propriétés physiques suivant la méthodologie résumée dans le Tableau 6. Les propriétés chimiques permettent de déterminer la structure moléculaire et la qualité de l'huile. Les principales sont : l'indice d'acide (IA), l'indice d'iode (ID) et le profil d'acides gras (AG). L'IA et l'ID de chaque échantillon ont été déduits des équations (4) et (5) respectivement. La valeur moyenne de chacun résulte de 6 titrages. Pour des huiles isolantes neuves, IA doit être compris entre 0,01 et 9 mg KOH/g, et ID > 0,3 g I<sub>2</sub>/100g. Le profil d'AG quant a lui a été déterminé à partir du Thermoscientific Focus Gase Chromtography Feel équipé du logiciel chromcard data system version 2.4.

$I_A \left[ \frac{mgKOH}{g} \right] = \frac{V \times 56,1 \times N}{p}$ <p> <math>\left\{ \begin{array}{l} V = \text{Volume de la potasse} \\ 56,1 = \text{Masse molaire relative du KOH(4)} \\ p = \text{Poids de la prise d'essais} \end{array} \right.</math> </p>	où	$I_D \left[ \frac{gI_2}{100g} \right] = \frac{1,27(N-n)}{p}$ <p> <math>\left\{ \begin{array}{l} N = \text{Volume de thiosulfate exigé par le témoin (mL)} \\ n = \text{Volume de thiosulfate exigé par l'essai (mL)} \\ p = \text{poids de la prise d'essai} \end{array} \right. \quad (5)</math> </p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 1.6 : Détermination des propriétés physique du biolubrifiant [26]

Propriétés physiques	Principes d'obtention	Equations
Viscosité	A partir du temps d'écoulement de l'huile entre les repères du viscosimètre, la viscosité cinématique a été déduit de l'équation ci-après.	$\eta_c \left[ \frac{mm^2}{s} \right] = k(t - \theta)$ <p>où</p> $\begin{cases} k = \text{Constance du viscosimètre} \\ \theta = \text{Correction d'énergie cinétique} \\ t = \text{temps d'écoulement du liquide} \end{cases}$
masse volumique $\rho$	Après avoir déterminé la masse sur la balance et le volume sur un pycnomètre Bran Duran de 5 ml à 20°C la valeur de $\rho$ a été déduite de l'équation (2)	$\rho \left[ \frac{kg}{m^3} \right] = \frac{m}{V} \quad \text{où}$ $\begin{cases} m = \text{masse essai} \\ V = \text{Volume de l'essai} \end{cases} \quad (2)$
Tension de surface	A partir du nombre de gouttes formées lors de l'écoulement de l'huile entre les repères dudit équipement, TS a été déduit de l'équation (3).	$\gamma_1 \left[ \frac{mN}{m} \right] = \gamma_0 \times \frac{\rho}{\rho_0} \times \frac{\eta_0}{\eta} \quad \text{où}$ $\begin{cases} \rho = \text{masse volumique de l'huile} \\ \rho_0 = \text{masse volumique de l'éthanol} \\ \gamma_0 = \text{Tension surface éthanol} \end{cases}$

#### D. Résultats et discussion

La Figure 1.16 présente le comportement de la viscosité cinématique de l'huile de palmistes et des EMHP en fonction de la température. La viscosité de l'huile de palmistes à 40°C est 84 mm<sup>2</sup>/s. Cette caractéristique fait d'elle une huile de refroidissement hors standard conformément aux exigences de la norme ISO 3104 qui préconise moins de 11 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> à 40°C pour les huiles isolantes destinées aux transformateurs de distribution HTA/BA. De plus, cette viscosité décroît fortement aux températures élevées. A fortiori, le glycérol est responsable de ces mauvaises performances car, les EMHP présentent un comportement stable voir meilleur que celui des huiles minérales isolantes. Leur viscosité à 40°C est 4,46 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, valeur conforme à l'application escomptée. De même, la densité 0,864 et la tension de surface 23.6 mN/m, des EMPH sont satisfaisantes par rapport à celles de l'huile originale 0,896 et 25,6 mN/m. La Transestérification permet donc d'améliorer la rhéologie et la plasticité de l'huile de palmistes. Le point d'écoulement (PE) de l'huile de palmistes est autour de la température ambiante (23 à

25°C). Elle pourrait donc être utilisée comme graisse ou lubrifiant industrielle car elle présente la faculté d'être pâteuse à la température ambiante.

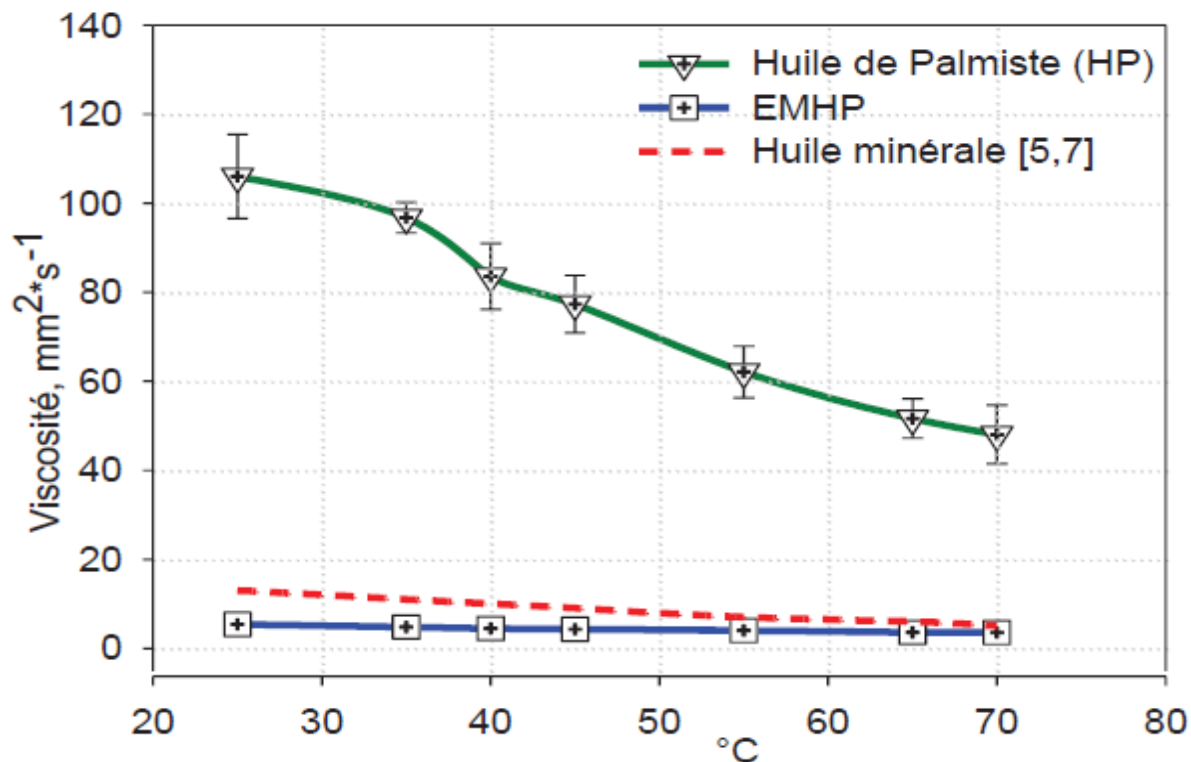


Figure 1.16 : Viscosité cinématique de l'huile de palmistes et des EMHP en fonction de la température[26]

Le tableau 1.7 ci-dessous établit une comparaison entre les propriétés physico-chimiques de nos échantillons et celles des huiles homologuées.

Tableau 1.7 : Comparaison entre les propriétés physico-chimiques des échantillons et celles des huiles homologuées [26]

Exigence huiles neuves				HP	EMHP	FR3	Rhodorsil
Propriétés physicochimiques	Normes	Unités					
Aspect	CEI 296	-	Limpide	Jaunâtre	Limpide	Clair	Limpide
Densité à 20°C	ISO 12185	-	0,83-0,89	0,896	0,864	≤ 0,96	0,960
Viscosité à 40°C	ISO 3104	mm²/s	2,3-9,8	84	4,46±0,11	≤ 50	50
Point de congélation	ISO 3016	°C	-30 - -60	22 à 23	-	≤ -10	-50
Tension de surface		mn/m	27,0-30,8	25,6±0,5	23,6±0,4	-	20,7
Indice d'Acide	ISO 660	mg KOH/g	0,01-9,13	23,4±1,6	2,4 ± 0,6	≤ 0,06	-
Indice d'iode	ISO 3961	gI2/100g	0,3 - 157	1,08±0,06	1±0,09	-	

### I.3.2. ELLA ADEBODA André, LAWAWA Stéphane (2010) [27]

#### A. Objectifs

Le mémoire présenté par Andréa et Stéphane avec pour thème « production et valorisation d'un Biodiesel à base d'huile de Neem ». Leurs objectifs étaient de produire, de caractériser et d'analyser le biodiesel afin de révéler que le biodiesel est alternatif au pétro diesel.

#### B. Matériel

La caractérisation du biodiesel obtenue à partir de l'huile de Neem se fait par l'utilisation : d'un PENSKEY-MARTENS et une bouteille de gaz connectée au bec à allumer, pour le point éclair ; d'un viscosimètre capillaire et d'un chronomètre, pour la viscosité ; d'un distillateur manuel, pour la distillation atmosphérique ; d'une centrifugeuse non chauffante, pour la teneur en sédiments ; d'un chauffe ballon, pour la teneur en eau.

#### C. Méthode

Ils utilisent la méthode ASTM (Acid Standard Test Method) pour la détermination (du point éclair, de la viscosité cinématique, de la teneur en sédiment et la teneur en eau), une application de poussé d'Archimède pour la détermination de la masse volumique, la méthode analytique pour la détermination du pouvoir calorifique.

#### D. Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats entre le biodiesel et le gazole ordinaire

Tableau 1.8 : Comparaison des résultats du biodiesel au gazole

CARACTERISTIQUES	UNITES DE MESURE	GAZOLE	METHODES	EMHN RESULTATS OBTENUS		
				EMHN	COUPE	EMHF
Masse volumique	Kg/l	0,820-0,880	ASTM D1298	0,8795	0,8862	0,8887
Indice de cétane		45-55	Calcule	47	-	44,5
Viscosité cinématique	Cst	1,6-6,0	ASTM D473	5,617395	4,86234	6,36
Viscosité dynamique à 40°C	Pa.s	≤ 9,5	Calcule	4,940498	4,86234	
Pouvoir calorifique	Kcal/kg	9865-10505	Calcule	9989,447876	9897,41303	10504,51
Teneur en eau	% vol	0,05	ASTM D95	Trace	Trace	0,05

Teneur en sédiments	% vol	0,1	ASTM D4007	0,25	0,25	< 0,1
Point éclair	°C	≥60	ASTM D93	63	67	64
Distillation atmosphérique	°C % vol	< 250°C point initial > 350°C point final	ASTM D86	Point initial<10% 97°C 75% (point final) 304°C	-	Point initial 10% à 210°C 95% (point final) 350°C

### I.3.3. BENMEHDI ELkhadem, MEBARKI Rekia (2019) [28]

#### A. Objectifs

Avec pour thème : « Valorisation des noyaux de dattes par production de bioénergie dans la région d'Adrar » à l'année académique 2018-2019, l'objectif de ELkhadem et Rekia est de produire du biodiesel à partir des huiles de noyaux des dattes de faible valeur marchande.

#### B. Matériel

La caractérisation du biodiésel obtenue à partir de l'huile de dattes se fait par l'utilisation :

- D'une Etuve ventilée à 103°C
- Un chronomètre
- Spectromètre infrarouge.
- Calorimètre
- Réfractomètre d'ABBE

#### C. Méthode

Les propriétés physiques sont obtenues suivant la méthodologie décrite dans la norme AFNOR T 60-212, à l'aide du réfractomètre d'ABBE à une température de 20°C, puis de 40°C, pour déterminer l'indice de réfraction ; grâce au viscosimètre et un chronomètre du laboratoire, on détermine la viscosité cinématique par la méthode ASTM.

Les propriétés chimiques permettent de déterminer L'indice d'acide et l'acidité (NF EN ISO 660, 1999), par un titrage acido-basique.



Figure 1.17 : Détermination de la viscosité d'huile



## D. Résultats

Le Tableau 1.9 regroupe les valeurs des indices physiques et chimiques de biodiesel obtenus à base des noyaux de dattes.

Tableau 1.9 : Les caractéristiques physico-chimiques de biodiesel [28]

PARAMETRES	VALEURS
Point d'éclair (°C)	170
Point d'écoulement (°C)	-6
Pouvoir calorifique (Mj/kg)	27,432
Viscosité (mm <sup>2</sup> /s)	21,01
Indice de réfraction	1,441
La densité (20°C)	0,8777
La densité (40°C)	0,8707

### I.3.4. Komla SANDA ; Kafui KPEGBA ; Bouchra BENJELLOUN MLAYAH et Michel DELMAS (1996) [29]

#### A. Objectifs

Dans l'Article intitulé « Composition et propriétés physico-chimiques d'huiles végétales non conventionnelles », l'objectif des auteurs est de déterminer des caractéristiques physico-chimiques des graines ou amandes oléagineuses de dix plantes et leur composition en acides gras.

#### B. Matériels

Un appareil du type Carlo-Erba CG-6000 équipé de :

- Injecteur « column »
- Détecteur à ionisation de flamme ;
- Colonne capillaire Nukol
- Plaques chromatographiques Merd: 5721, 20 cm x 20 cm

#### C. Méthodes

Les propriétés physico-chimiques sont obtenues via la méthodologie suivante : La masse volumique est déterminée selon la norme NFT60-214. Les indices d'iode, de saponification et d'acide sont déterminés respectivement selon les normes NFT60-203, NFT60-206 et NFT60-204. La teneur en matière insaponifiable est déterminée selon la norme NFT60-205. Le dosage du phosphore total est réalisé par les Laboratoires Associés de Recherches

Agricoles (LARA 75. Voie du TOEC-F-31300 TOULOUSE FRANCE). La composition en acides gras des huiles est déterminée par analyse de leurs esters méthyliques obtenus directement à partir des huiles brutes par Transestérification avec le méthanol en présence de soude. Ces esters méthyliques sont analysés en chromatographie en phase gazeuse sur un appareil du type Carlo-Erba CG-6000.

#### D. Résultats

Le tableau 1.10 présente les propriétés physico-chimiques de dix plantes oléagineuse pouvant produire du biocarburant.

Tableau 1.10 : Propriétés physico-chimiques [29]

Non de la plante	Densité de la matière grasse (D25)	Indice d'iode	Indice d'acide	IS
C. olitorius	0,9088	120	4,5	175
C. sesamoides	0,9074	119	1,2	183
J. curcas	0,9002	103	1,1	209
M.indica		45	1,3	186
H. crepicans	0,9026	135	3,4	199
A. paniculata	0,9013	87	2,0	198
I.gabonensis		4	1,8	245
C.viscosa	0,9032	132	1,9	186
C.esculensus	0,9033	82	1,0	155
S.indicum	0,9030	114	0,9	180

#### I.3.5. SYNTHÈSE

Auteurs	graines ou amandes oléagineuses	Ester Méthylique d'huile végétale	Matériel de caractérisation	Propriétés Physico-chimique
Ghislain MENGATA MENGOUNOU et A. Moukengue Imano,	Amandes de palmistes	Biolubrifiant	-Viscosimètre à capillaire - une balance -Thermoscientific - pycnomètre	- viscosité - masse volumique -Indice d'iode -Indice d'acide
ELLA ADEBODA André et LAWA Stéphane	Graines du Neem	biodiésel	- PENSKY-MARTENS - Viscosimètre à capillaire et chronomètre -centrifugeuse non chauffante	-pouvoir calorifique -Indice de réfraction -densité
BENMEHDI ELkhadem et MEBARKI Rekia	noyaux de dattes	biodiesel	-D'une Etuve ventilée -Spectromètre infrarouge. -Calorimètre -Réfractomètre d'ABBE	-pouvoir calorifique -indice de cétane -point d'éclair
Komla SANDA et Kafui KPEGBA	Graines tournesol	Biocarburant	-Calorimètre -D'une Etuve ventilée	-Point éclair -pouvoir calorifique

## CONCLUSION

Dans ce chapitre, il a été question de présenter les notions nécessaires à la compréhension de la thématique traitée dans ce mémoire. A cet effet nous avons étudié les huiles minérales utiles dans nos moteurs à combustion interne, leur impact environnemental, socio-économique et les biolubrifiants dans toutes leurs diversités suivies de la présentation de quelques espèces de la filière palmiers en fin nous avons présenté les différents auteurs ayant tout au moins travaillé dans le domaine des acides gras à base des plantes oléagineuses de cela nous notons au vu des travaux présentés par les différents auteurs et récapitulé dans le tableau de synthèse, que certains matériels de caractérisation sont similaires ainsi que certaines démarches de caractérisation tant pour le biodiesel, le biocarburant que pour le biolubrifiant.

## CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

### INTRODUCTION

Dans ce chapitre, il sera question pour nous de présenter le matériel végétal, de production et d'analyse ensuite nous donnerons les méthodes de production en fin nous analyserons notre Biolubrifiant.

#### II.1. MATERIELS D'ELABORATION DE L'EMHP

##### II.1.1. Matériel végétal

De nom scientifique *Elaeis guineensis* [17], donné par le spécialiste de la description et de la classification végétale le nommé JACQUIN en 1763 en référence à son lieu d'origine, à savoir, le golfe de Guinée [18], le palmier à huile *Elaeis guineensis* Jac est une monocotylédone monoïque de la famille des Arécacées [1].



Figure 2.1 : Récolte du régime de palme dans le champ

### **A. Description du palmier à huile**

Le palmier à huile est une plante monoïque (possède des fleurs mâles et femelles en des endroits différents d'un même pied). Les deux sexes sont présents sur chaque arbre mais séparés en inflorescences mâles et femelles qui sont émises en cycles successifs.

Cet arbre peut atteindre 20 à 25 mètres de hauteur. Le tronc est droit et rugueux ; on l'appelle stipe. Il porte un bouquet de feuilles longues et découpées. Un palmier peut donner annuellement de 5 à 15 régimes, de 15 à 25 kg chacun [19]. En moyenne le palmier commence à produire après trois ans de croissance végétative. La production augmente jusqu'à l'âge de 8 ans puis se stabilise : la palmeraie est adulte et les palmiers commencent à entrer en compétition pour les ressources nutritives. En conditions optimales, les palmeraies peuvent produire toute l'année avec une récolte tous les 10 à 15 jours et ont une durée de vie de 20 à 25 ans. Au-delà de cet âge, le rendement décline du fait de la mortalité des palmiers et de la difficulté de récolte [1].

### **B. Connaissance du palmier**

Plante pérenne d'un grand encombrement, le palmier à huile est caractérisé à l'âge adulte par :

- Un stipe (tronc) cylindrique unique,
- Un unique bourgeon végétatif situé au centre de la couronne,
- Des racines très nombreuses, fines et longues.
- Des cycles successifs d'inflorescence mâles et femelles (plante monoïques) situés à l'aisselle des feuilles.
- Des fruits, ou noix de palme, groupés en régime [20].

### **C. Types de noix de palme**

Dans les palmeraies naturelles, il est possible de rencontrer trois types de palmiers à huile. Ils se distinguent par l'épaisseur de la coque des graines. Le type le plus fréquent (environ 97 %) présente une coque épaisse, supérieure à 2 mm. Il est dénommé dura. Le type tenera, d'une fréquence de 2,5 % environ possède une coque fine, inférieure à 2 mm Enfin, le dernier type de palmier à huile, appelé pisifera est présent à moins de 0,5 %. Il se caractérise par une absence de coque [21].



Figure 2.2 : Parties et types de noix de palme [21]

#### D. Provenance des noix de palme

Le premier type de noix provient de vieilles palmeraies sub-spontanées, que nous qualifierons de noix « sauvage ». Le second type provient de palmiers situés dans les plantations industrielles et reconnus pour leur productivité car ils proviennent de palmiers à haute productivité. Les utilisateurs les appellent « palmiers sélectionnés ». En fait, ils font une grave erreur et nous qualifierons ces palmiers de « tout venant ». Enfin, le troisième type concerne les véritables palmiers issus de programmes de création et de diffusion variétale, que nous nommerons « palmiers sélectionnés » [21].

#### II.1.2. Méthode de production

##### A. Procédé d'obtention de la noix de palmistes

L'organigramme de la figure 19 ci-dessous présente les étapes à suivre pour obtenir la noix de palmistes partant du régime du fruit de palmes.

##### a. Egrappage

L'égrappage est manuel et constitue la 1<sup>ère</sup> opération après la récolte et le transport des régimes à l'endroit de transformation [23]. À partir des régimes de palme, l'égrappage permet de séparer les fruits des rafles. Il faut sectionner le régime à l'aide d'une machette et récupérer les fruits à la main [22]



Figure 2.3 : Egrappage des fruits de palme

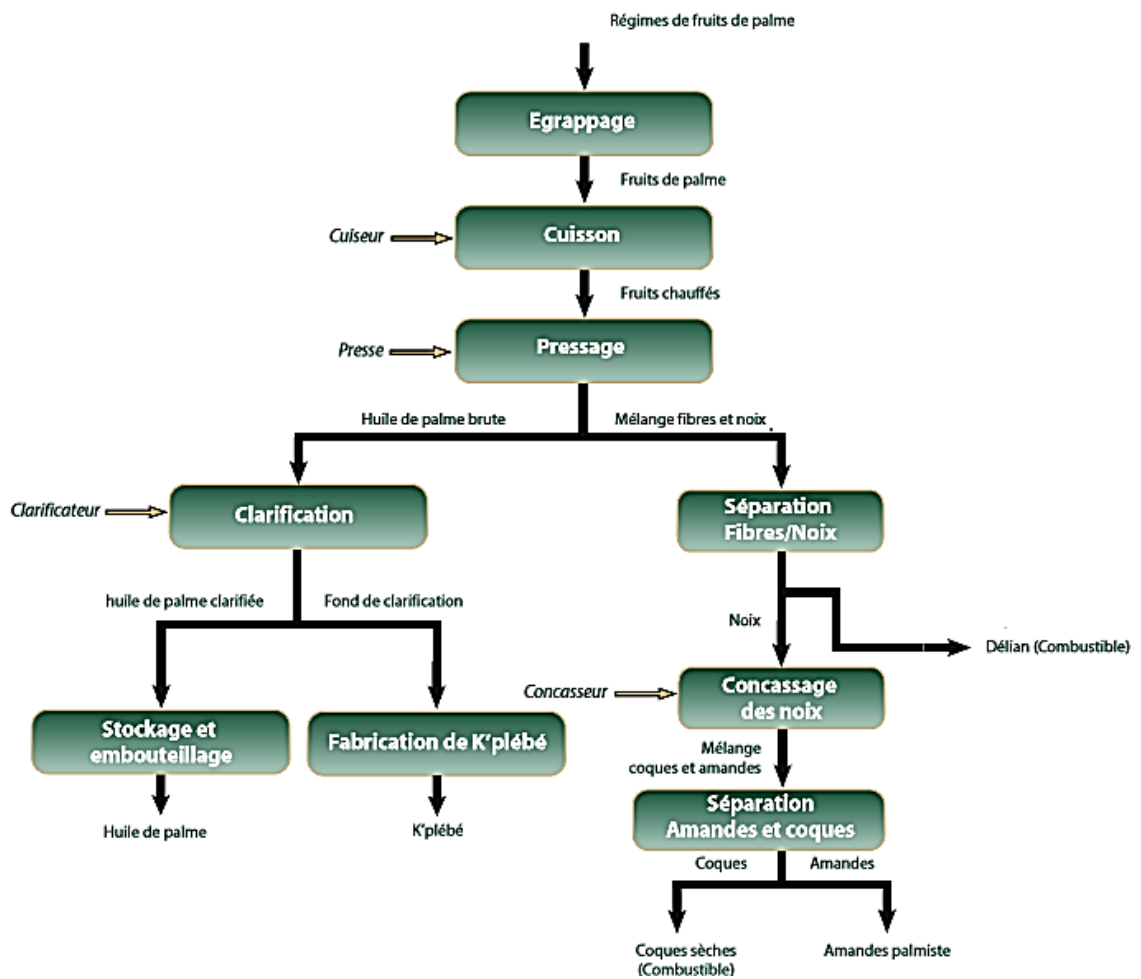


Figure 2.4 : Procédé d'obtention des Amandes palmistes [22].



### b. Séparation fibres/noix

Le mélange fibres/noix est déposé dans un bassin rempli d'eau.

- Le mélange est placé dans une trémie. Cette dernière est secouée dans l'eau, afin de récupérer les noix, plus lourdes, alors que les fibres sortent de la trémie et tombent au fond de la bassine.
- Les fibres permettent de fabriquer des boulettes, à l'aide d'une passoire. Une fois séchées, ces boulettes appelées déliant, servent de combustible pour la réalisation des repas [22].

### c. Concassage des noix de palmistes

Après le séchage des noix au soleil, elles sont introduites dans le concasseur dans lequel elles sont brisées, permettant de séparer la coque de l'amande.

### d. Séparation amandes/coques.

Dans des barils, les coques et amandes sont mélangés avec de l'eau et du sable (latérite) ou de la cendre. Les amandes, plus légères, flottent à la surface et sont récupérées. Elles serviront à produire de l'huile palmiste [22].



Figure 2.5 : Concassage des noix de palmistes [22]



Figure 2.6 : Séparation amandes/coques [22].

## B. Méthodes d'extraction de l'huiles de palmistes

Pour obtenir l'huile de palmiste, deux méthodes d'extraction sont généralement utilisées : la méthode traditionnelle et la méthode Modène.

### a. Méthode d'extraction traditionnelle

Après le concassage des noix de palmiste et le séchage, on procède par Torréfaction qui consiste à verser les amandes séchées dans une marmite portée au feu contenant une petite quantité d'huile. On tourne régulièrement les amandes dans l'huile pour éviter leur carbonisation. On entend en ce moment des sons provenant des éclatements d'amandes. Lorsque les amandes deviennent friables et prêtes à être utilisées pour la suite de l'opération, les sons d'éclatement ne se font plus entendre.

Elles sont alors recueillies grâce à un petit panier et mises en refroidissement à la température ambiante. Il reste dans la marmite une huile de couleur noire qui est aussitôt récupérée dans une bassine. Cette huile est impropre à l'alimentation [24].



Figure 2.7 : Palmistes posé au feu [24]



Figure 2.8 : Huiles de palmistes [24]

### b. Méthode extraction Modène

L'huile de palmistes brute est obtenue par trituration des amandes de palmistes (*Elaeis guineensis*) selon un procédé mécanique. L'opération consiste d'abord à sécher les noix de palmistes préalablement déulpées suite à l'extraction de l'huile de palme. Ensuite, les noix sont concassées afin de récolter les amandes de palmistes qui seront à leur tour chauffées à feu doux pendant huit (8) heures environ pour favoriser la libération de l'huile qu'elles contiennent. La machine dont le schéma de principe est illustré à la Figure 24 comporte une vis sans fin qui broie et presse les amandes afin de recueillir l'huile de palmistes [25].

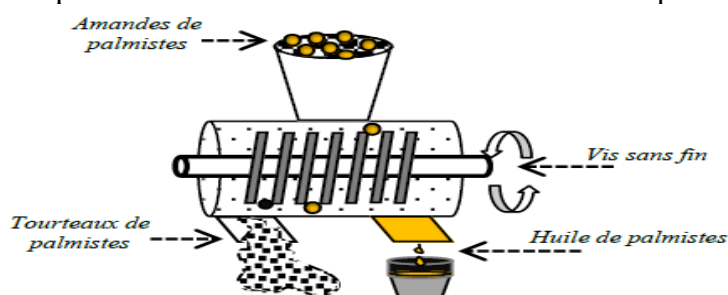









Figure 2.9 : Principe d'extraction de l'huile de palmistes [25]

### III.1.2. Matériels de laboratoire

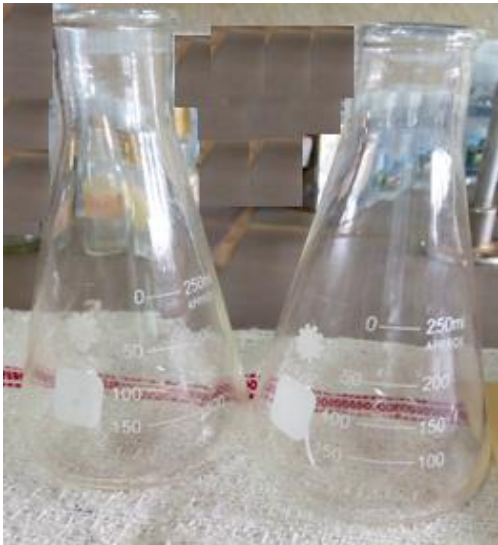
Le matériel d'élaboration varie d'un laboratoire à un autre selon qu'il soit à usage industriel ou expérimentale. Nous allons énumérer le matériel trouvé sur place dans les différents laboratoires du département de Chimie Industriel du Lycée Technique de NKOLBISSON, du département de chimie de l'Ecole Normale Supérieur de Yaoundé I et à HYDRAC CCTV

Tableau 2.1 : Matériels de laboratoire

Matériels d'élaboration	Rôles	Images
Une balance analytique	Elle permet de quantifier les différents éléments de l'échantillonnage inférieur ou égal à 200g.	
Une balance mécanique	Elle permet de quantifier les différents éléments de l'échantillonnage supérieur à 200g.	
Ballon à bouillir	Il contient le mélange lors du chauffage du mélange dans un bain marré.	

<p>papier aluminium</p>	<p>sert d'emballage ou de protection en rendant étanche les différents récipients pour éviter des fuites pendant la réaction.</p>	
<p>Becher de différents volumes</p>	<p>contiennent les produits pendant l'échantillonnage.</p>	
<p>Une spatule</p>	<p>permet de prendre ou de retirer les produits corrosifs de leur flacon.</p>	
<p>Agitateur magnétique</p>	<p>Assure le mixage du mélange pendant la préparation.</p>	

<p>Papier filtre</p>	<p>Retient les impuretés pour les tests</p>	
<p>Eprouvette</p>	<p>Permet la mesure de l'échantillonnage.</p>	
<p>Ampoule à décanter</p>	<p>permet la décantation du mélange après le chauffage de l'échantillon.</p>	
<p>Thermomètre</p>	<p>Permet la prise de la température du bain marie pendant le chauffage de l'échantillon.</p>	
<p>marmite de chauffage</p>	<p>Qui accélère la réaction pour une augmentation de la température de chauffage.</p>	

Erlen meyer	Elles contiennent les différents produits lors de l'échantillonnage sur la balance analytique.	
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

### II.1.3. Matériel de caractérisation

#### A. Détermination de la Teneur en eau et de la teneur en sédiment.

La Teneur en eau et en sédiment s'effectue respectivement selon la Norme ASTM D95 et la Norme ASTM D4007 – NF T 07020 à l'aide d'une ETUVE de séchage de Marque GX65B à 105°C représenté sur la figure 25 ci-dessous.



Figure 2.10 : L'Etuve de marque GX56B : Source HYDRAC Douala

### B. Détermination de la viscosité cinématique

La viscosité cinématique s'effectue selon la norme ASTM D473 à l'aide d'un viscosimètre capillaire de Marque CANNON et un chronomètre électronique.



Figure 2.12 : Viscosimètre Capillaire CANNON Z5850



Figure 2.11 : Chronomètre

### C. Détermination du pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique a été déterminé à l'aide d'un Calorimètre à Bombe Oxygène de Marque XRY-1A représenté sur la figure 28 ci-dessous.

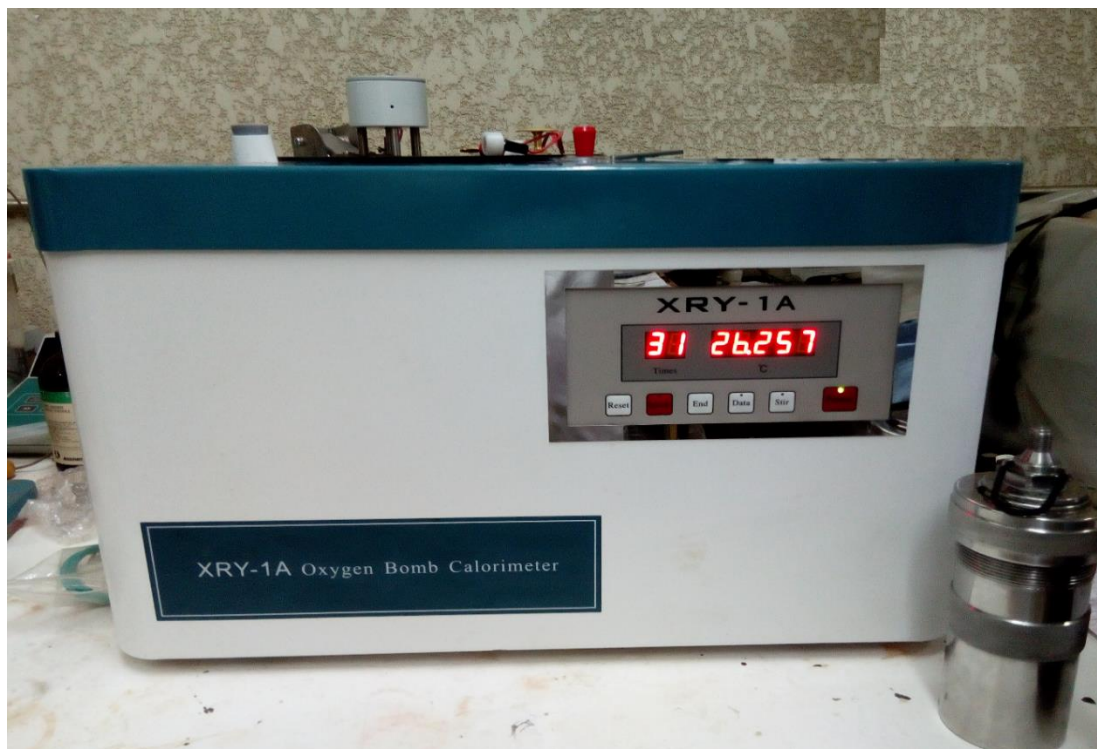
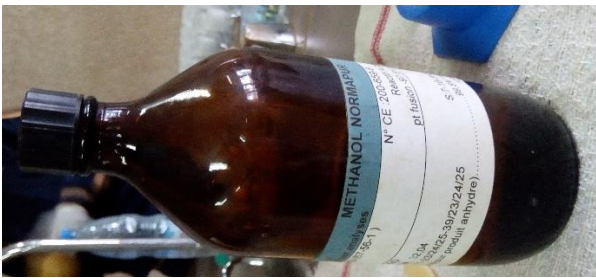



Figure 2.13 : Calorimétrie à Bombe Oxygène

#### III.1.4. Les Réactifs

Les réactifs sont ceux qui agissent avec la matière végétale à la réaction lors de la production du biolubrifiant. Ils sont constitués de :

Tableau 2.2 : Produits chimique

Méthanol	L'hydroxyde de potassium
 <p>Figure 2.14 : Méthanol</p>	 <p>Figure 2.15 : L'hydroxyde de potassium</p>

## II.2. METHODE D'ELABORATION DE L'EMHP ET DE LA GLYCEROL

Après l'obtention de l'huile de palmistes brute, nous procéderons à la production de l'Ester Méthylique d'Huile de palme et de la Glycérol.

### II.2.1. Transestérification

Nommée aussi alcoolise, c'est la réaction entre un ester et un alcool conduisant à un ester différent [26]. C'est également une technique bien connue car elle permet de séparer les esters naturels du glycérol afin d'améliorer les propriétés physicochimiques des huiles végétales [25].

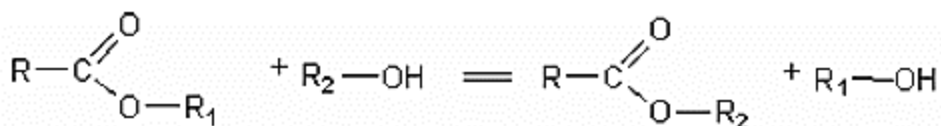


Figure 2.16 : Réaction générale de Transestérification [26]

Dans notre cas, il s'agit de la réaction entre le triglycéride contenu dans une huile de palmistes avec un alcool pour former la Glycérol et un mélange d'ester d'acide gras [27].

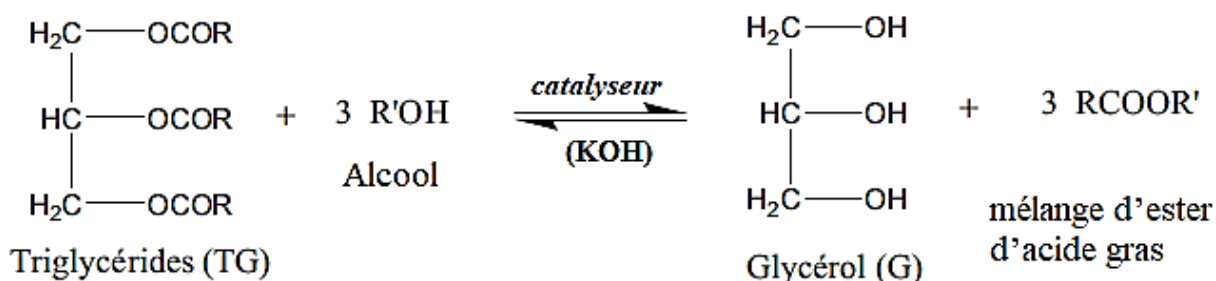


Figure 2.17 : Réaction de Transestérification des triglycérides avec l'alcool [26]

Où R est la chaîne d'un mélange d'acide gras associé à l'huile de palmiste



Dans le Tableau 2.3, les échantillonnages sont choisis en deux essais pour la production et la caractérisation de notre EMHP.

Tableau 2.3 : Echantillonnage pour essai

	1 <sup>er</sup> ESSAI	2 <sup>ème</sup> ESSAI
Masse d'huile de palmiste (g)	200	200
Masse du Potassium (g)	2,04	2,264
Masse du Méthanol (g)	43,107	52,516

### II.2.2. Etape 1 : Chauffage de l'huile

Cette étape consiste à chauffer l'huile à l'état solide (figure A) pour la rendre liquide (figure B) comme illustré ci-dessous.



Figure 2.18 : Chauffage de l'huile à l'état solide

### II.2.3. Etape 2 : Mesure de la quantité de l'huile de palmiste

La figure ci-dessous illustre la quantification de l'huile de palmiste à la balance mécanique suivant les mesures de l'échantillonnage



Figure 2.19 : Mesure de la quantité d'huile de palmiste

### II.2.4. Etape 3 : Détermination de la quantité d'hydroxyde de potassium et la quantité de méthanol

Dans un Becher déterminé respectivement la quantité de l'hydroxyde de potassium à l'aide d'une spatule et la quantité du Méthanol suivant la mesure de l'échantillonnage illustré par les figures ci-dessous.



Figure 2.20 : Quantification de l'hydroxyde de potassium



Figure 2.21 : Quantification du Méthanol

### II.2.5. Etape 4 : Préparation de la solution d'alcoolate

La solution d'alcoolate s'obtient par homogénéisation l'hydroxyde de potassium et le Méthanol par mixage à l'aide d'une spatule.



Figure 2.22 : Solution d'alcoolate



Figure 2.23 : Mixage du mélange

### II.2.6. Etape 5 : Mixage de la solution d'alcoolate et l'huile de palmiste

Sur un agitateur magnétique, le mélange se fait par ajout de la solution d'alcoolate dans de l'huile de palmiste préalablement posé sur la zone d'agitation après apparition d'un vortex au centre de l'huile en tourbillonnement tel qu'illustré sur les figures ci-dessous.



Figure 2.24 : Après apparition d'un vortex au centre de l'huile



Figure 2.25 : Le mélange de l'alcoolate dans l'huile

### II.2.7. Etape 6 : Chauffage du mélange dans un Ballon à bouillir

Le mélange obtenu est introduit dans un Ballon à bouillir puis agité à la main pendant 6 à 8h de temps dans un bain-marie sous une température de chauffage comprise entre 60 à 90°C



Figure 2.26 : Prise de Température



Figure 2.27 : Agitation du mélange dans un bain-marie

### II.2.8. Etape 7 Décantation

Une fois l'échéance du chauffage atteint, laissé refroidir le mélange, puis l'introduire dans une Ampoule à décanter et laisse le produit pendant 8h de temps environs pour identifier la formation totale du biolubrifiant en dessous et les résidus au-dessus.

Les figures 2.28 et 2.29 présentent les deux produits correspondant respectivement à nos deux essais avant la décantation totale



Figure 2.28 : Produit 1ér Essai



Figure 2.29 : Produit 2éme Essai

### II.2.9. Etape 8 recueil et Stockage

Après la décantation pendant 8heures de temps environs, nous procédons au recueil de l'EMHP et des résidus. Tel qu'illustré sur les figures ci-dessous.



Figure 2.30 : Recueil de l'huile



Figure 2.31 : Huile stockée

Après la production de l'EMHP nous devons le caractériser dans le but de déterminer ses propriétés et savoir si elles sont valides afin de l'utiliser dans les moteurs à combustion interne.

### II.3. CARACTERISATION DE L'EMHP

Afin de rester plus ou moins conformes à la réglementation, les caractéristiques ci-après ont été effectuées pour comparer le biolubrifiant au lubrifiant minéral d'origine :

- La teneur en eau ;
- La teneur en sédiment ;
- Les viscosités cinématique et dynamique ;
- Le pouvoir calorifique ;
- La masse volumique ;

#### II.3.1. Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique a été déterminé à l'aide d'un Calorimètre à Bombe Oxygène de Marque XRY-1A d'après le protocole ci-après :

- Vérifier les connexions (câble d'alimentation, agitateur, sonde de température, électrode).
- Brancher l'appareil, mettre en marche et allumer le panel de contrôle numérique.
- Appuyer « Stir » pour vérifier si l'agitateur fonctionne.
- Appuyer sur « reset » pour vérifier l'état de fonctionnement des données. Si tous les boutons fonctionnent normalement, alors l'installation est achevée.
- Remplir le compartiment extérieur avec 16 kg (16 L) d'eau distillée ou d'eau de robinet (au cas où ce compartiment ne contient pas d'eau), agiter plusieurs fois l'eau contenue dans ce compartiment.



Figure 2.32 : Prise des différentes températures



Figure 2.33 : Calibrage de l'appareil

## A. CALIBRAGE

Le calibrage est valable 3 mois. Effectuer 5 expériences de calibrage et faire la moyenne.

**NB** : La procédure de calibrage respecte celle de la mesure. A la seule différence que l'échantillon est remplacé par l'acide benzoïque.

- Peser 0,7 à 1 g d'échantillon directement dans la capsule.
- Placer la tête de la bombe sur son support, y placer la capsule contenant l'échantillon.
- Mesure 6 à 8 cm de filament placé sur les pôles des électrodes et à travers l'échantillon. Couper les bouts inutiles du filament. Le filament doit juste toucher la surface de l'échantillon sans y être immergé.
- Introduire de l'eau distillée dans la bombe 1 ml pour les échantillons liquides et 10 mL pour les échantillons solides.
- Fermer la bombe.
- Remplir la bombe avec l'oxygène (de pureté supérieure à 99,5 %) : connecter l'entrée d'oxygène sur la bombe, roter jusqu'à maintenir à 2,8 MPa (pour les liquides) et 3,0 MPa (pour les solides) pendant 30 secondes, fermer et déconnecter.

## B. Mode opératoire

- Remplir le sceau avec 3 kg d'eau de robinet.
- Introduire la bombe dans le sceau d'eau après avoir introduit l'échantillon sur la capsule et remplir avec l'oxygène.
- Connecter l'électrode sur la bombe et placer la sonde de température.
- Appuyer sur « Stir », l'instrument va enregistrer 6 à 10 températures correspondant à la période d'initialisation.
- Appuyer alors sur « ignite » et l'instrument va enregistrer automatiquement les températures chaque 30 secondes.

**NB** : si la réaction a été bien déclenchée, la température va augmenter progressivement. Après avoir enregistré 25 à 31 températures, on va observer une diminution.

### II.3.2. Viscosité cinématique

La viscosité cinématique s'effectue selon la norme ASTM D473 à l'aide d'un viscosimètre.

Le principe est de mesurer le temps d'écoulement du liquide entre les traits de jauge d'un capillaire.

### Mode opératoire

- Identifier le type de tube viscométrique à utiliser (N° de série, constante S).
- Introduire l'échantillon de l'EMHP par le grand orifice du tube jusqu'au milieu de la grande boule.
- Boucher les orifices
- Observer le temps d'écoulement à l'aide d'un chronomètre
- Aspirer le produit jusqu'au début de la boule



Figure 2.34 : Chronomètre électronique

Figure 2.35 : Viscosimètre capillaire de Marque CANNON Z580

- Laisser le produit circuler au niveau du premier trait au-dessus de la boule et noter T1.
- Laisser le produit circuler au niveau du deuxième trait en dessous de la boule et noter le temps à l'aide d'un chronomètre
- Constante « C » de la boule.  $C = 0,1071$
- Le temps de la circulation du produit serait  $T = T_2 - T_1$

#### **II.2.3. La teneur en eau et en sédiment**

La Norme ASTM-D4007- NF T 07020 décrit la méthode de détermination de la teneur en sédiment et la Norme ASTM D95 D 95 décrit la méthode de détermination de la teneur en eau grâce à la machine appelée ETUVE à 105°C.



Figure 2.37 : ETUVE de séchage : source HYDRAC Douala



Figure 2.36 : Température de séchage

#### A. Détermination de la teneur en eau

Pour déterminer la teneur en eau nous utiliserons un appareil de chauffage appelé l'Etuve de marque GX56B.

#### B. Détermination de la teneur en sédiment

Pour la détermination de la teneur en sédiment nous avons besoin d'un papier filtre à l'aide du quel nous filtrons une quantité d'échantillon d'EMHP et après filtration nous séchons le filtre dans l'ETUVE pendant 1heur a une température de 105°C.



Figure 2.38 : Filtration de l'échantillon



Figure 2.39 : Pesée du filtre après séchage



### C. Détermination de la densité

La densité de l'huile s'obtient par différence entre le poids du bécher vide et le poids du bécher contenant 20ml de lubrifiant à 24°C température du laboratoire.



Figure 2.41 : Pesée de l'échantillon



Figure 2.42 : Prise de température du laboratoire

### CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, il était question pour nous de présenter le matériel végétal, de production et d'analyse ensuite réalisé l'ester méthylique d'huile de palmistes, donnés les méthodes de production en fin analyserons notre Biolubrifiant. Dans les différents laboratoires, les résultats trouvés seront présentés et discutés dans le chapitres suivant afin de rester dans les normes de production

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

### INTRODUCTION

Dans ce chapitre, il sera question pour nous de présenter les différents résultats obtenus au cours de nos travaux de recherche, depuis l'extraction de l'huile de palmiste en passant par la caractérisation au laboratoire.

#### III.1. RESULTATS D'EXTRACTION D'HUILE DE PALMISTE

Au cours de notre extraction de noix de palmiste, après broyage et filtrage nous avons obtenu une huile brute de couleur blanche qui se solidifie à la température ambiante et se dissout sous un soleil doux. Pendant l'extraction de l'huile, 27 Kg de noix de palmiste nous ont fournis 10,95 kg d'amandes, qui ont données 2.4 litres d'huile.

Tableau 3.1 : Résultats de l'extraction d'huile de palmiste

Quantité de noix de palmiste	Quantité d'amandes obtenues	Quantité d'huile de palmiste équivalent obtenue
27 kg	10,95 kg	2,4 litres



Figure 3.1 : Huile de palmiste brute obtenue après broyage et filtrage

### III.2. RESULTATS D'ELABORATION DU BIOLUBRIFIANT (TRANSESTERIFICATION)

Après l'obtention de l'huile de palmiste et chauffage pour dilatation, suivi du mixage de l'huile brute à la solution d'alcoolate. Le mélange préparé dans un bain-marie aboutit à un biolubrifiant. Le biolubrifiant a été obtenu dans les conditions et paramètre ci-après qui pourront être généralisables avec les autres essais :

- a) Huile de noix de palmiste : H= 200g
- b) Méthanol =43,107g
- c) Hydroxyde de potassium (KOH)=2,04g
- d) Température atmosphérique  $T_a=25,5^{\circ}\text{C}$
- e) Température d'ébullition du mélange  $T_e= 60 \leq T_e \leq 90^{\circ}\text{C}$
- f) Durée de l'opération  $T_0= 6$  Heures
- g) Durée de décantation  $T_d= 8$  Heures
- h) Masse du biolubrifiant  $M_b=157,09$  g
- i) Masse de glycérol  $M_g=42,9$ g

Tableau 3.2 : Résultats de l'élaboration

	Masse (g)
Huile de noix de palmiste + la solution d'alcoolate avant réaction	245,147
Masse du biolubrifiant	157,09



Figure 3.2 : Produit après décantation



Figure 3.3 : Produit stocker

Résidus obtenu à 60°C

Biolubrifiant obtenu à 70°C

Biolubrifiant obtenu à 60°C

### III.3 RESULTATS DE LA CARACTERISATION DU BIOLUBRIFIANT

#### III.3.1. Résultat de la variation du biolubrifiant en fonction de la température

Après avoir calibré le calorimètre à bombe oxygène, nous avons pu relever les données de la température en fonction du temps suivant un intervalle de toutes les 30s pour un enregistrement moyen de 25 à 31 enregistrements qui vous est présenté en annexe.

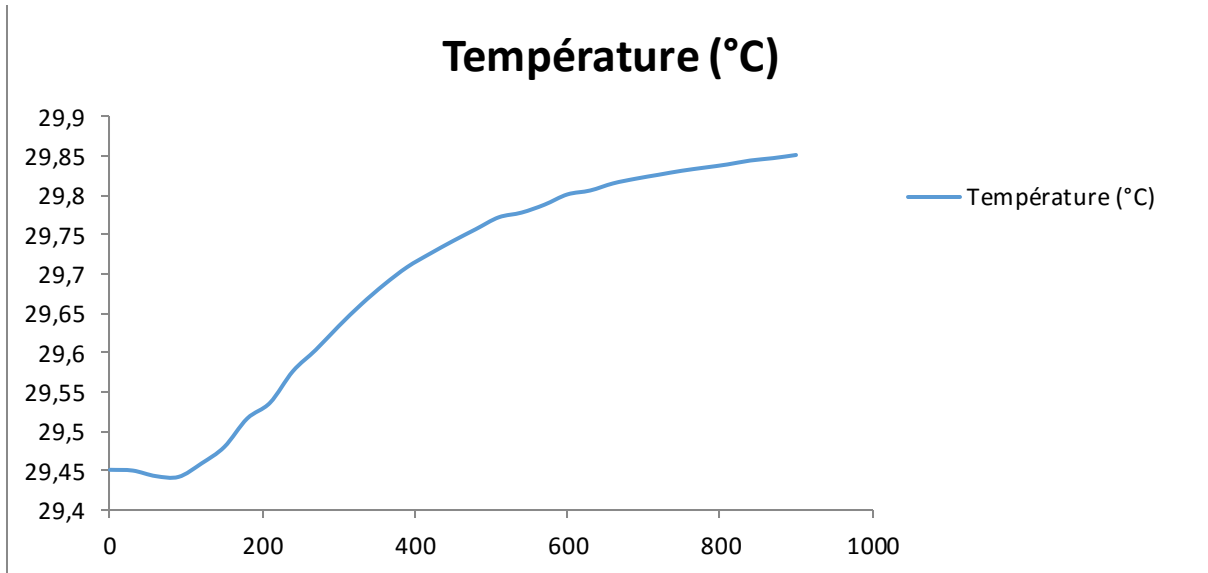


Figure 3.4 : Graphe du calibre de l'appareil

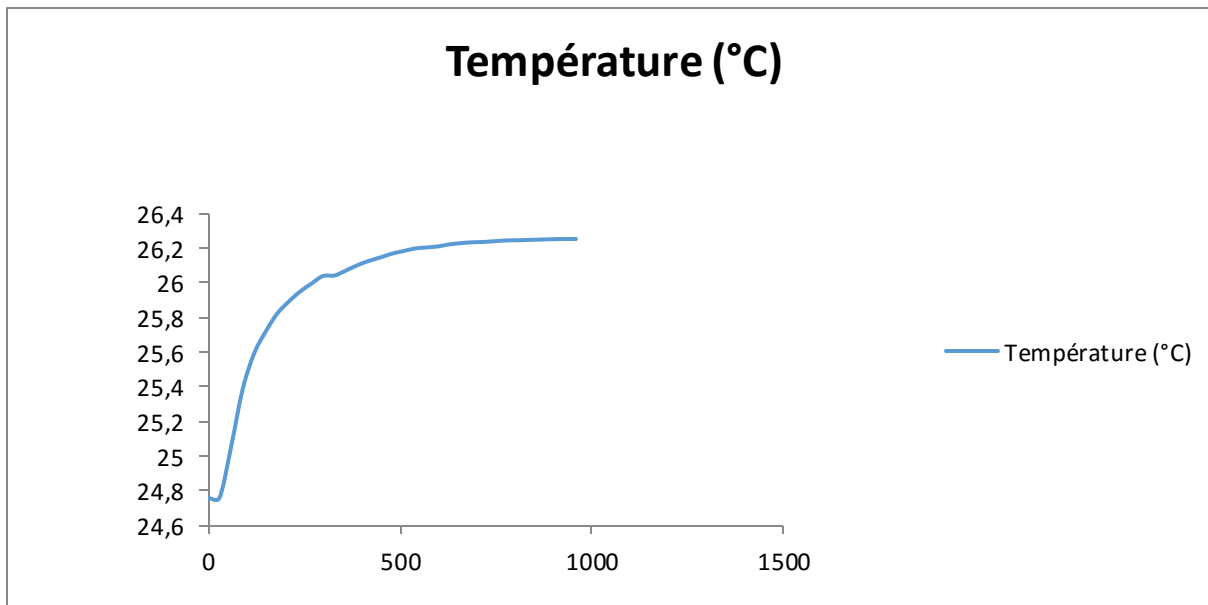


Figure 3.5 : Graphe du Biolubrifiant relevé

Différence de température de l'échantillon

$$\Delta T_{ech} = T_{fin} - T_{in}$$

$$\Delta T_{cal} = T_{fin} - T_{in}$$

$$\Delta T_{ech} = 26,257 - 24,753 = 1,504^{\circ}\text{C} \quad ; \quad \Delta T_{cal} = 29,851 - 29,443 = 0,408$$

### III.3.2. Résultat de la capacité calorifique

Connaissant la capacité intrinsèque qui est de 26463J/°C ayant obtenue la variation des températures respectivement du calorimètre et du biolubrifiant, nous pouvons ainsi obtenir notre capacité calorifique dans les lignes qui suivent :

$$E = \frac{Q1m1+40}{\Delta T_{cal}} \quad \text{AN : } E = \frac{(26463 \times 1) + 40}{0,408} = 64955,88 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

### III.3.3. Résultats du pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique est obtenu à la suite de la capacité calorifique comme suit :

$$Q = \frac{(E \cdot \Delta T_{ech}) - 40}{m_{ech}} \quad \text{AN : } Q = \frac{(64955,88 \times 1,504) - 40}{0,741}$$

<b>Q= 131786,29 J/°C</b>
--------------------------

### III.3.4. Résultat de la teneur en eau et en sédiments

On prélève une quantité d'échantillon bien déterminé que l'on place dans l'ETUVE pendant 1heure puis on procède à une nouvelle pesé pour observer la différence de masse.

#### ❖ Teneur en eau

Tableau 3.3 : Données relevées en laboratoire de la masse du bécher et de l'huile

Masse Bécher plus 20 ml de biolubrifiant (m <sub>1</sub> )	Masse Bécher plus 20 ml d'huile après chauffage à 105°C pendant 1heur (m <sub>2</sub> )
56,510 g	55,104g

$$\%eau = \frac{m_1 - m_2}{v_{hil}} \times 100 \quad \text{AN : } \%eau = \frac{56,510 - 55,104}{20} \times 100$$

<b>%eau = 7,03% P/V</b>
-------------------------

#### ❖ Teneur en sédiment

Tableau 3.4 : Données relevées entre la masse papier à vide et celle des sédiments

Masse papier vide (M1)	Masse papier + sédiment (M2)
1,415 g	2,203g

$$\%sédiment = \frac{M_2 - M_1}{v_{hil}} \times 100 \quad \text{AN : } \%sédiment = \frac{2,203 - 1,415}{20} \times 100$$

<b>%sédiment = 3,94%</b>
--------------------------

### III.3.5. Résultat de la masse volumique et de la densité du biolubrifiant

Tableau 3.5 : Données relevées entre les masse bécher et biolubrifiant

Masse Becher vide	Masse Becher + 20ml de biolubrifiant	Masse du biolubrifiant
38,960 g	56,510g	17,55g

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{AN : } \rho = \frac{17,55}{20}$$

$$\rho = 877,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ainsi ; } d_{24^\circ\text{C}} = \frac{877,5}{1000}$$

$$d_{24^\circ\text{C}} = 0,8775$$

### III.3.6. Résultat de la viscosité cinématique et dynamique

$$v = K * \Delta t * \rho_{\text{Biolubrifiant}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K = \text{Costante de la boule} \\ \rho_{\text{Biolubrifiant}} = \text{Masse volumique du biolubrifiant} (g/m^3) \\ \Delta T = \text{Variation du temps} (s) \\ v = \text{Viscosité cinématique} (Pa. s) \end{array} \right.$$

$$v = 0,1071 * 3,19 * 60$$

$$V = 63976,75 \text{ Pa. s}$$

$$\mu = \frac{v}{\rho} \quad \text{Avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} v = \text{Viscosité cinématique} \\ \rho_{\text{Biolubrifiant}} = \text{Masse volumique du biolubrifiant} (g/m^3) \\ \mu = \text{Viscosité dynamique} (Pa. s) \end{array} \right.$$

$$\mu = \frac{63976,75}{60}$$

$$\mu = 95,7 \text{ m}^2/\text{s}$$

III.3.7. Récapitulatif des résultats et comparaison des caractéristiques du biolubrifiant avec les autres huiles.

Tableau 3.6 : Récapitulatif et comparaison des caractéristiques du biolubrifiant avec une huile moteur

Caractéristiques physico-chimiques	Unités de mesure	Huile moteur SAE 40	Méthodes	Résultats obtenus du biolubrifiant
Masse volumique	$kg/m^3$	877,7	Calcul	<b>877,5</b>
Viscosité cinématique	Pa.s	63976,85	Calcul	63976,75
Viscosité dynamique	$m^2/s$	96,00	Calcul	95,7
Pouvoir calorifique	J/°C	13178,32	Calcul	131786,29
Teneur en sédiments	%vol	3,24	Calcul	<b>3,94</b>
Teneur en eau	%vol	6,67	Calcul	<b>7,03</b>
Densité	-	0,8778	calcul	0,8775
Capacité calorifique	$J/°C$	131786,27	Calcul	131786,29
Couleur	-	Rouge foncé	lecture	Jaune foncé
Odeur	-	Produit pétrole raffinage	Sensation	Palmistes
70% de l'huile bio 30% d'huile minérale	-	Coupes ou ratios	Calcul de ratios	Rendement meilleur

### III.4. DISCUSSION

#### III.4.1. Interprétation de la cueillette et de l'extraction

La quantité des noix de palmiste varient d'un palmier à l'autre selon qu'il soient ramasser ou cueillis. Les noix de palmistes qui nous ont permis d'extraire l'huile ont été sélectionnées, donc elles étaient en bon état.

Grace aux résultats obtenus lors de l'extraction, nous pouvons conclure que nous utilisons 14% environ de la matière première (noix de palmiste) pour obtenir l'huile.

La qualité de l'huile de palmiste varie selon les modes d'extraction et la durée de macération en est déterminante.

#### III.4.2. Interprétation de la teneur en eau

La lecture de la graduation du tube de recette correspondant à l'interface xylène-eau, nous indique quelques traces d'eau, puisque ses traces ne font pas une graduation du tube de recette, le reste étant le xylène.

Nous remarquons que la teneur en eau de l'EMHP est presque inexistante contrairement à celle de l'huile moteur.

### III.5. PERSPECTIVES

Le biolubrifiant peut être élaboré à 100% avec l'huile de palmistes à une température de 60 à 65°C, mais à partir de 70 à 80°C, on obtient le biodiesel. On peut poursuivre les recherches pour obtenir de la graisse végétale, l'huile de direction etc.

En ce qui concerne la matière végétale, le tronc du palmier donne du jus que l'on peut transformer en vin et qui peut être fermenté pour donner le bioéthanol utilisable dans les Moteurs essences, les cokes de noix de palmistes peuvent servir de combustible solide, de matériaux composite pour garniture de frein et embrayage, les autres déchets en biogaz etc. les feuille servent de décoration, de construction artisanale etc.



## CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire, il a été question pour nous d'élaborer et caractériser un biolubrifiant à partir des noix de palmistes pour un moteur thermique à combustion interne, pour faire face à l'utilisation irrationnelle des produits pétroliers, contribuer à la protection de l'environnement, et surtout proposer une réponse alternative à la demande mondiale en consommation des produits issus du pétrole, pratiquement en proie à la croissance sans cesse rapide du trafic routier. Pour le mener à bien, le travail a été organisé en trois chapitres. Dans le premier desdits chapitres, il a été question d'introduire les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée. D'abord nous avons ainsi présenté les généralités sur les huiles minérales utilisées dans les moteurs thermiques à combustion interne, leurs impacts environnementaux, socio-économiques ; ensuite nous avons présenté les biolubrifiants dans tous leurs diversités, suivies de la présentation de quelques espèces de la filière palmiers et enfin, nous avons présenté les différents auteurs ayant tout au moins travaillé dans le domaine des acides gras à base des plantes oléagineuses. Dans le deuxième chapitre est premièrement présenter le matériel végétal que nous avons utilisé pour notre travail, suivi de la méthode de production partant de l'acide gras au Biolubrifiant, et enfin présenté comment nous avons analysé notre Biolubrifiant. Le troisième chapitre a été question de présenter les résultats obtenus, partant de l'extraction de l'huile de noix de palmistes à la production et l'analyse du biolubrifiant.

Nous avons été confronté aux difficultés d'accès dans certains laboratoires ; aussi nous étions obligés d'aller dans plusieurs autres pour l'analyse de nos produits compte tenu du fait que plusieurs laboratoires ne disposent pas de la totalité des appareils nécessaires dans leur site.

Cependant, même si certaines caractéristiques des échantillons d'Esters Méthyliques d'Huile de Palmistes semble satisfaisante, d'autres propriétés sont encore à approfondir telles que : le point d'écoulement, la viscosité dynamique qui s'y développe etc... pour prétendre valider l'hypothèse d'une alternative de remplacement des huiles minérales isolantes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. DE THEUX Barthélémy, Utilisation d'huile de palme comme combustible dans les moteurs diesel, édition 2003-2004.
- [2]. GILLES VAITILINGOM, Extraction, conditionnement et utilisation des huiles végétales pures carburant, Montpellier, France, Octobre 2007
- [3]. OUARET Samira, CHELAGHA Soraya, Caractérisation physico-chimique d'une huile moteur usagée et possibilité de récupération, mémoire de master II, Université A. MIRA – BEJAIA, Année 2016-2017
- [4]. Une revue du Lycée de Taaone, TMSI analyse d'huile
- [5]. Nader BEN SALEM, lubrification et graissage, chapitre 2
- [8]. [www.lubrifiant%201/AE%20GM%20Lubrification%20light.pdf](http://www.lubrifiant%201/AE%20GM%20Lubrification%20light.pdf)
- [9]. Nader BEN SALEM, cours sur la Lubrification et Graissage, chapitre 3, p.9
- [10]. <http://www.gbgreg.kommunalforbund.se/regionalplanering/miljo/miljo fetteng.html>
- [11]. Étienne POITRATADEME Département Bio ressources [Etienne.Poitrat@ademe.fr](mailto:Etienne.Poitrat@ademe.fr)
- [12]. Sandrine RUP, oxydation catalytique de l'acide oléique sous ultrasons par le tetraoxyde de ruthénium : valorisation de l'acide pelargonique pour la précipitation sélective de cations métalliques, Thèse De Doctorat, L'UNIVERSITE PAUL VERLAINE – METZ, année académique 2009
- [13]. United Nations Environment Programme Coordinating Unit for the Mediterranean Action Plan Barcelona Convention Secretariat, Guide de la Gestion Écologiquement Rationnelle des Huiles Usagées en Méditerranée, édition 2015.
- [14]. [www.lubricants.total.com](http://www.lubricants.total.com)
- [15]. Total Lubrifiants, N°8 - janvier 2011 - Le journal des lubrifiants industriels au quotidien
- [16]. Revue sur Les espèces courantes de Palmiers dans la région.
- [17]. DE THEUX Barthélémy, Utilisation de l'huile de palme comme combustible dans les moteurs diesel, Mémoire d'ingénieur de l'université, année académique 2003/2004.
- [18]. JEAN LIBERT, Vulgariser Des Equipements Adaptes Et Motorises Pour Huilerie/Savonnerie Artisanale, document Technique, Référence interne : B501/10/01, mise en ligne 2012,
- [19]. Patrick Rousset, Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales, année de parution 1992.
- [20]. Programme des nations unie, Conférence Des Nations Unies Sur Le Commerce Et Le Développement, Parution 2016.

- [21]. Benoît COCHARD, Intérêts des semences commerciales améliorées de palmier à huile (*Elæis guineensis* Jacq.), *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*. Volume 8, Numéro 6, 654-8, Novembre - Décembre 2001, Dossier : L'avenir des cultures pérennes,
- [22]. Mathieu Bellas, Guide d'utilisation des équipements de transformation des fruits de palme, Département du Zou Bénin,
- [23]. [www.ifdc.org/acma-BENIN/](http://www.ifdc.org/acma-BENIN/)
- [24]. Adodo Séwavi ABALO, Transformation Traditionnelle Et Commercialisation De L'huile De Palmiste, Cas De La Région Maritime, Mémoire D'ingénieur AGRONOME, Ecole Supérieure D'agronomie (ESA), Année Académique 2005.
- [25]. Ghislain Mengata Mengounou, Effet du dégazage sur la tension de claquage de l'huile de palmistes conditionnée, Article publié en 2016
- [26]. TH 2009 Hamed Berna pdf
- [27]. Ma, F., Hanna, M.A., *Bioresource Technology*, 1999. 70 : p. 1-15.
- [28]. Schwab, A.W., Bagby, M.O., Freedman, B., *Fuel*, 1987. 66(10) : p. 1372-1378.
- [29]. Weisz, P.B., Haag, W.O., Rodewald, P.G., *Science*, 1979. 206(4414) : p. 57-58
- [30]. Sonntag, N.O.V., (4th edn. ed.), D. Swern, Editor, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, John Wiley and Sons, New York, USA, 1979. 1 : p. 99-176.
- [31]. Srivastava, A., Prasad, R., *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2000. 4 : p. 111-133.
- [32]. Allinger, N.L., Cava, M. P., De Jongh, D. C., Johnson, C. R., Lebel, N. A., Stevens, C. L., 6ème ed, 1983. 2 : p. 553.
- [33]. -R. Richard, "Transestérification éthanoïque d'huile végétale dans des microréacteurs : transposition du batch au continu", Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, (2011).
- [34]. D. Meshahi, "La transestérification hétérogène de l'huile de tournesol sous alumine : Production du biodiesel EEHV", Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, Algérie (2012).

## ANNEXES

## ANNEXE 1 : DESIGNATION DES SYMBOLES

Lettre (type de moteur)	
<b>A</b>	Classification Essence (A1, A2, A3).
<b>B</b>	Classification Diesel Tourisme (B1, B2, B3, B4).
<b>C</b>	Traitement des émissions (véhicule légers équipés de catalyseur) (C1, C2, C3, C4).
<b>E</b>	Classification Diesel Lourds (E1, E2, E3, E4, E5).

<b>A1</b>	- Huile <b>entrée de gamme « économisant l'énergie »</b> pour moteurs à essence conçus pour l'utilisation de lubrifiants de basse viscosité et faible friction.
<b>A2</b>	- Huile d'usage général et à usage et a rendement universel dans la plus part des moteurs à essence avec des intervalles de vidanges normaux de (5 à 10 000 km).
<b>A3</b>	- Huile « pour service sévère haut de gamme » lubrifiant stable, résistant au cisaillement, pour moteurs à essence de hautes performances ou un usage intensif, avec des intervalles de vidange étendus ou espacés.
<b>A4</b>	- A3 + injection directe essence - B3 + injection Diesel.
<b>A5</b>	- Huile haut gamme : stable + économie d'énergie + dispersion des suies + protection contre l'usure.

<b>B1</b>	- Huile destinée à des moteurs diesel de voiture et autres diesels léger pour fonctionner avec une huile réductrice de friction et basse viscosité.
<b>B2</b>	- Huile à usage universel dans la plus part des moteurs diesels avec une injection indirecte et ayant des intervalles de vidanges "normaux" (5 à 10 000 km).
<b>B3</b>	- Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité pour un usage dans des moteurs haute performances (à la base injection indirecte) ou pour des intervalles de vidanges espacés (déterminés par le constructeur) ou pour d'autres usages intensifs également déterminé par le constructeur.
<b>B4</b>	- Huile de haut de gamme et de haute qualité destinées à des diesels légers à injection directe.
<b>B5</b>	- Friction et viscosité réduites, extension de vidange ( <i>Longlife</i> ), économie d'énergie.

<b>C1</b>	- Huiles ayant une excellente stabilité de la viscosité dans le temps pour voitures à hautes performances et utilitaires légers avec filtres à particules (FAP) ou catalyseurs 3 voies (CAT) dont les moteurs sont conçus spécifiquement pour fonctionner avec une huile à basse viscosité réduisant les frictions et très bas taux de cendres sulfatées, phosphore et soufre (SAPS). Ces huiles augmenteront la durée de vie des FAP et CAT et maintiendront une faible consommation de carburant. Elles correspondent par ailleurs aux types A5/B5.
<b>C2</b>	- Huile moteur résistant au cisaillement spécialement conçue pour catalyseurs 3 voies et filtres à particules pour moteurs Diesel et essence à hautes performances de véhicules de tourisme et véhicules utilitaires légers. Cette huile se caractérise par un très bas coefficient de frottement, une très faible viscosité. Elle garantit la durée de vie des systèmes d'épuration des gaz d'échappement et permet de réduire la consommation de carburant.
<b>C3</b>	- Huiles ayant une excellente stabilité de la viscosité dans le temps pour voitures à hautes performances et utilitaires légers avec filtres à particules (FAP) ou catalyseurs 3 voies (CAT). Ces huiles augmenteront la durée de vie des FAP et CAT. Leurs spécifications sont alignées sur la norme Daimler Chrysler 229.31.
<b>C4</b>	- Huile moteur résistant au cisaillement spécialement conçue pour catalyseurs 3 voies et filtres à particules pour moteurs Diesel et essence à hautes performances de véhicules de tourisme et véhicules utilitaires légers. Cette huile garantit la durée de vie des systèmes d'épuration des gaz d'échappement.

<b>E1</b>	- Huile « entrée de gamme » moteur à caractère universel destiné à des diesels lourds atmosphériques (intervalles des vidanges normaux).
<b>E2</b>	- Catégorie de lubrifiant moteur assurant un certain niveau de performances concernant propreté des pistons, polissage, usure, dispersion des suies et stabilité du lubrifiant. Ce type d'huile est recommandé pour les moteurs diesel répondant aux normes Euro 1 et Euro 2. Peut également être utilisé pour des intervalles de vidanges espacés (selon les recommandations du constructeur).
<b>E3</b>	- Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité pour un usage dans des moteurs performances (à la base injection indirecte) ou pour des intervalles de vidanges espacés ou pour d'autres usages intensifs (déterminés par le constructeur).
<b>E4</b>	- Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité et assurant un certain niveau de performances concernant, propreté des pistons, polissage, usure, dispersion des suies et stabilité du lubrifiant par rapport à E3. Recommandé pour des moteurs très sollicités qui répondent aux normes Euro1, Euro2, Euro3. Peut également être utilisé pour des intervalles de vidanges espacés (selon les recommandations du constructeur).
<b>E5</b>	- Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité et assurant un certain niveau de performances concernant, propreté des pistons, polissage. De plus limitation de l'usure, des dépôts dans le turbo et un grand pouvoir de tolérance des suies. Recommandé pour des moteurs très sollicités qui répondent aux normes Euro1, Euro2, Euro3. Recommandée pour des moteurs diesel lourds très sollicités

## ANNEXE 2 : DONNEES CALIBRAGE DE LA BOMBE CALORIMETRIQUE

Données calibrage de la Bombe calorimétrique

Temps (seconde)	Température (°C)
0	29,452
30	29,451
60	29,444
90	29,443
120	29,46
150	29,481
180	29,517
210	29,537
240	29,577
270	29,604
300	29,634
330	29,662
360	29,687
390	29,709
420	29,726
450	29,742
480	29,757
510	29,772
540	29,778
570	29,788
600	29,801
630	29,806
660	29,815
690	29,821
720	29,826
750	29,831
780	29,835
810	29,839
840	29,844
870	29,847
900	29,851

Données du Biolubrifiant

Temps (seconde)	Température (°C)
0	24,753
30	24,753
60	25,046
90	25,38
120	25,59
150	25,717
180	25,822
210	25,892
240	25,951
270	25,998
300	26,042
330	26,045
360	26,074
390	26,105
420	26,13
450	26,15
480	26,172
510	26,187
540	26,202
570	26,208
600	26,214
630	26,226
660	26,233
690	26,238
720	26,24
750	26,245
780	26,249
810	26,25
840	26,252
870	26,254
900	26,256
930	26,257
960	26,257

ANNEXE 3 : DECHARGE DE LA LETTRE DE RECOMMANDATION POUR  
L'ELABORATION DU BIOLUBRIFIANT AU LYCEE TECHNIQUE DE  
NKOLBISSON

ANNEXE 4 : DECHARGE DE LA LETTRE DE RECOMMANDATION POUR L'ANALYSE DU  
BIOLUBRIFIANT A ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE L'UNIVERSITE DE  
YAOUNDE I



ENSET EBOLOWA

---

**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

---

**Ce mémoire intitulé :**

**ESSAI D'ELABORATION ET ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE D'UN  
BIOLUBRIFIANT POUR MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION  
INTERNE A BASE DES NOIX DE PALMISTES**

**Présenté par :**

**NSIBATCHEU KAMTAN Ariel**

**Matricule : 18W436**

**Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme De  
professeur d'enseignement technique de deuxième grade**

***A été soutenu le : 12 Juillet 2020***

***Devant le jury composé de :***

- **Président : Pr BETENE Fabien (MC)**
- **Rapporteur : Dr KOUMI Simon (CC)**
  - M. MENGUE Jean Marie Bienvenu (ASS)
  - M. NKOA ATEBA Arsène (ASS)
- **Examineur : Dr Tawe Laynde (ASS)**



REPUBLIQUE DU CAMEROUN  
Paix – Travail – Patrie

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
UNIVERSITÉ DE YAOUNDE I



REPUBLIC OF CAMEROON  
Peace – Work – Fatherland

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
UNIVERSITY OF YAOUNDE I

# UNIVERSITE DE YAOUNDE I

ECOLE NORMALE SUPERIEURE D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE (ENSET)  
D'ÉBOLOWA

**THEME : ESSAI D'ELABORATION ET ANALYSE PHISICO-CHIMIQUE D'UN  
BIOLUBRIFIANT POUR MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE A BASE  
DES NOIX DE PALMISTES.**

Présenté par :

**NSIBATCHEU KAMTAN Ariel**  
Etudiant en 5ème Année Mécanique Automobile

**Encadreur:**

**M. MENGUE Jean Marie Bienvenu**  
Ingénieur et enseignant à l'ENSET d'Ebolowa

**Superviseur:**

**Dr. KOUMI NGOH Simon**  
Chargé de cours des Universités

## DÉPARTEMENT DU GÉNIE MÉCANIQUE



- a- Palmier à huile
- b- Régime palme
- c- Palmistes



- d- huile de palmistes
- e- Biolubrifiant et Résidus



## DÉPARTEMENT DU GÉNIE MÉCANIQUE