

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**

**ETUDE DE LA DEGRADATION D'HUILE DE LUBRIFICATION
MOTEUR PAR ANALYSE D'IMAGE**

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 : **DONGMO KEMGUI Michel Loïc**

Sous la direction de
Pr KANAA Thomas
Chef de département
M. GAGA DADI Bernard
Enseignant à l'ENSET d'EBOLOWA

Année Académique : 2019 - 2020



DEDICACE



A ma famille

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser toutes notre reconnaissance à l'endroit de nos encadreurs le Pr. KANA'A Thomas chef de département Génie Mécanique, M. GAGA DADI Bernard et M. NGONGANG Ludovic pour leur patience, leur grande disponibilité et surtout leur judicieux conseils, qui ont contribué à l'alimenter notre réflexion.

Nous désirons aussi remercier en générale le personnel de l'ENSET d'EBOWA et en particulier son Directeur Pr. NDJAKOMO ESSIANE Salomé qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaire.

Nous disons un grand merci à M. NSANGUE Laurent d'avoir mis à notre disposition les véhicules pour effectuer nos tests. Sans oublier M. TSAGUI Alex de nous avoir facilité la tâche en envoyant nos échantillons d'huile au Laboratoire de Total Cameroun pour analyse.

Nous remercions nos très chers parents, Monsieur et Madame DONGMO, qui ont toujours été là pour nous. Nous remercions maman Matsanang Clotilde, papa SA'A FEUKEM Jean, mes tontons TEGUEDJIO Francis et WAMBA Roméo et leurs charmantes épouses, mes frères et sœurs pour leurs encouragements.

Enfin nous remercions nos camarades de promotion qui ont toujours été là pour nous. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une importance capitale.

A tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, respect et gratitude.

RESUME

L'objet de notre travail consiste à l'étude de la dégradation d'huile de lubrification moteur par analyse d'image. Pour aboutir à cette étude, nous avons commencé par effectuer les prélèvements d'huile sur trois (03) véhicules après chaque 1000 kilomètres de fonctionnement ceci jusqu'à la vidange, ce qui nous a permis d'obtenir 16 échantillons que nous avons envoyé par la suite au laboratoire TOTAL ANAC Cameroun pour analyse des propriétés physico-chimiques. Plusieurs analyses ont été faite à l'instar de la viscosité, la TBN, les teneurs en eau, suie, carburant, particules en métaux et les additifs. Par la suite nous avons interprété les résultats physico-chimiques du laboratoire et avons calculé le facteur de dégradation prépondérant ce qui nous a permis de ressortir les caractéristiques physico-chimiques présentant un grand facteur de dégradation (viscosité, particules en métaux) ainsi que les véhicules respectifs. Dans la suite de nos travaux, nous avons fait l'acquisition d'image de nos échantillons à l'aide d'un microscope LCD suivant trois grossissements (4X,10X et 40X) et avons obtenu 289 images. 45 images ont été traité et huit paramètres ont été utilisé et leur formule mathématique programmé dans notre interface de traitement de texture MATLAB. Nous avons par la suite créé notre système de traitement de textures et de grossissements où nous avons présenté 45 expériences parmi lesquelles 33 ont été servi à l'entraînement de notre système et 12 ont été mises à contribution pour évaluer la performance de celui-ci. Après traitement, nous avons obtenu une précision **P=97.35%** au grossissement 40X pour le paramètre énergie-TBN et une autre précision **P=50.1%** pour le paramètre énergie-viscosité au grossissement 10X dans le kilométrage 0 à 3000km.

ABTRACT

TABLE DES MATIERES

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS

Sigles	Significations
ASTM	American Society for Testing Material
S.A.E.	Society of Automotive Engineers
A.P.I.	American Petroleum Institute
TAN	Indice d'Acidité Total
TBN	Indice d'Alcalinité Totale
AAS	Spectrométrie d'Absorption Atomique
LCD	Liquid Cristal Display
LED	Light Emitting Diode

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

AVANT PROPOS

L'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET), créé par Décret Présidentiel N° 2017/586 du 24 Novembre 2017, est un établissement d'Enseignement Supérieur relevant de l'Université de Yaoundé I. elle est située au campus de Metykpwale dans la ville d'Ebolowa et abrite un bloc administratif, des salles de classes, un restaurant et bien d'autres.

L'ENSET a pour mission d'assurer :

- La formation des enseignants de l'Enseignement Secondaire Technique et des Conseillers d'Orientation Scolaire, Universitaire et Professionnelle ;
- La promotion de la recherche scientifique, technologique et pédagogique, ainsi que la valorisation des résultats de la recherche dans son implémentation ;
- L'appui au développement ;
- Le recyclage et le perfectionnement du personnel de l'Enseignement Secondaire Technique, des professionnels dans ses domaines de formation.

L'ENSET D'EBOLOWA est une école normale Supérieur d'enseignement technique appartenant à l'Université de Yaoundé 1. Les étudiants y sont admis par concours. On y pratique le système Licence-Master -Doctorat LMD avec une prédominance du Master. Les programmes officiels régissent le déroulement des enseignements dans la faculté.

Ces programmes comportent un ensemble d'enseignements organisés en cours magistraux, travaux dirigés, travaux pratiques, bureau d'études techniques, travaux personnels, visites à l'entreprise et/ou stages techniques.

Les études dans le premier cycle ont pour objectif d'initier les étudiants aux techniques industrielles. Ils sont formés pour enseigner les collèges d'enseignements techniques. La validation de toutes les Unités d'Enseignement (UE) du 1^{er} cycle correspondant au nombre de crédits agréé donne droit à une admission au 2^{ème} cycle et à une obtention d'un DIPLÊT 1 après rédaction du rapport de stage et d'un projet de mémoire.

Le second cycle couvre quatre semestres. Toutefois après deux semestres d'enseignement les étudiants peuvent aller en stage long en entreprises pendant deux semestres avant de terminer le troisième et le quatrième semestre.

Les objectifs visés par les enseignements du second cycle sont de :

- ❖ Donner à l'étudiant les connaissances professionnelles technologiques et de managements pour une opérationnalité immédiate à l'enseignement,
- ❖ D'initier l'étudiant à la recherche par l'acquisition des connaissances scientifiques de haut niveau.

Les études du 2nd cycle sont sanctionnées par la validation de tous les stages et Unités d'Enseignement correspondant au nombre de crédits indiqué et l'obtention du Diplôme de professeur des lycées d'enseignement technique, obtenu à l'intérieur d'un département.

Les Départements sont chargés de concevoir, d'exécuter, de suivre les programmes d'enseignement et d'assurer la gestion académique des examens et autres évaluations des connaissances. Les Départements sont :

- **GENIE MECANIQUE**
- **GENIE ELECTRIQUE**
- **GENIE CIVIL**
- **AGRICULTURE**
- **MAINTENANCE**
- **GEOMATIQUE**
- **GENIE INFORMATIQUE**
- **CONSEILLER D'ORIENTATION**
- **INGENIERIE DU BOIS**
- **INNOVATION, TECHNIQUE COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES**
- **GENIE TOURISME ET HOTELLERIE**
- **INNOVATION**

CAHIER DE CHARGE FONCTIONNEL

1. LE TITRE DU PROJET

✚ Etude de la dégradation d'huile de lubrification moteur par analyse d'image

2. LA PRESENTATION DU SUJET

A. Contexte et intérêt sur la thématique

Le moteur thermique (en automobile) est un dispositif qui transforme de la chaleur en travail mécanique. Constitué de plusieurs organes mobiles mécanique (piston, bielle, arbre à cames...) qui en perpétuels mouvements s'use entre eux. La solution pour diminuer la détérioration des surfaces mécaniques consiste à introduire un troisième corps appelé **lubrifiant** dans le contact entre pièces mécanique.[1]

La fonction de ce lubrifiant est de favoriser le mouvement ou le glissement entre deux surfaces en contact et déplacements relatif. D'une manière générale, les lubrifiants :

- réduisent les frottements et l'usure ;
- évitent le grippage ;
- participent au refroidissement ;
- évacuent les impuretés (poussières, débris d'usure...) ;
- protègent contre la corrosion ;
- peuvent avoir une fonction nettoyante (détergente) ;
- participent parfois à l'étanchéité.

Ce lubrifiant en assurant sa fonction se dégrade lui-même aussi ; il est donc impératif d'étudier cette dégradation ceci dans le but d'assurer une surveillance accrue du moteur.

B. Problématique liée à l'étude

En majorité la vidange d'un moteur se fait de manière systématique (selon un échancier) 15000 km ou 250 heures [2]. Le problème que fait face ce genre de maintenance est que l'huile vidangée est parfois encore neuve ou très dégradée.

D'où la question **comment étudier la dégradation de l'huile moteur par analyse d'image de telle sorte que le maintenancier ou le conducteur contrôlera et maîtrisera le moment de la vidange ?**

C. Les objectifs générales et spécifiques

i. Objectif général

- Déterminer le niveau de dégradation d'huile moteur par analyse d'image sur MATLAB.

ii. Objectifs spécifiques

- Choisir le moteur sur les lesquels effectuer les prélèvements ;
- Effectuer les prises d'huiles à différents kilométrages ;
- Développer la plateforme d'évaluation de la qualité de l'huile en service ;
- Comparer les résultats avec ceux des travaux d'autres plateformes.

3. LA METHODOLOGIE

Etape 1 : Faire la revue de la littérature sur l'étude de la dégradation d'huile moteur et l'étude de la dégradation d'huile moteur par analyse d'image.

Etape 2 : Etude des logiciels de traitement d'image (MATLAB)

Etape 3 : Simuler le dispositif

Etape 4 : Clôture et évaluation des résultats

4. EXIGENCES DE DEVELOPPEMENT

A. Contraintes technologiques

- Avoir un ordinateur portable y contenant un logiciel adéquat de traitement d'image de version récente
- Avoir un appareil numérique
- Démonter un moteur pour analyse

B. Contraintes économiques

- Avoir tous ces appareils bon marché

C. Contraintes pédagogiques

- Fera l'objet d'un outil didactique dans la mesure où il permettra d'élaborer un diagnostic sur un moteur

5. RESULTAT ESCOMPTE

Les résultats attendus de notre projet est la détermination de l'état détérioration d'huile dans le moteur par une analyse d'image.

6. PLAN DU TRAVAIL

Étapes	Contenu	Pratique	Délai
1	<i>Thème du mémoire</i>		<i>16 juillet 2019</i>
2	<i>Elaboration et présentation du cahier de charge N°1 pour correction</i>	<i>Réunir toutes les informations concernant notre thème</i>	<i>Du 20 juillet 2019 au 24 juillet 2019</i>
3	<i>Validation du cahier de charges N°1</i>		<i>26 juillet 2019</i>
4	<i>Introduction</i>		<i>1^{er} août 2019</i>
5	<i>Etat de l'art</i>	<i>Recherches bibliographiques et webographies sur la dégradation d'huile moteur</i>	<i>Du 3 au 8 août 2019</i>
6	<i>Matériel</i>	<i>Logiciel Matlab Appareil numérique</i>	<i>Du 10 août au 30 septembre 2019</i>
7	<i>Méthodes</i>	<i>Traitement d'image</i>	<i>Du 2 octobre au 30 novembre 2019</i>
8	<i>Résultats</i>	<i>Analyse des résultats</i>	<i>Du 5 décembre 2019 au 30 janvier 2020</i>
9	<i>Test</i>		<i>Du 15 février au 30 mars 2020</i>
10	<i>Finalisation du mémoire</i>		<i>Du 30 mars au 30 mai 2020</i>

7. LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] : Congrès Français de Mécanique, Caractérisation du pouvoir lubrifiant des huiles en frottement abrasif, 22ème, Lyon, 24 au 28 Août 2015, page. 2.

[2] : Lycée de TAAONE, TMSI, Ressources d'analyse d'huile, page. 6.

[3] : Pr KANAA Thomas, cours de Méthodologie de la recherche, 2018/2019.

[4] : CITE DES EYRIEUX, stratégie de maintenance, analyse des lubrifiants.doc, pp. 2-3.

INTRODUCTION GENERALE

Le moteur thermique (en automobile) est un dispositif qui transforme de la chaleur en travail mécanique. Constitué de plusieurs organes mobiles mécanique (piston, bielle, arbre à cames...) qui en perpétuels mouvements s'usent entre eux. La solution pour diminuer la détérioration des surfaces mécaniques consiste à introduire un troisième corps appelé *lubrifiant* dans le contact entre pièces mécanique. Ce lubrifiant lui-même dans l'exercice de sa fonction qui est d'évacuer une partie de l'énergie thermique engendrée par les frottements et les particules d'usure des pièces tout en évitant la corrosion. Il est donc soumis à deux facteurs : la dégradation qui est dû à l'oxydation sous l'action conjugué de l'air, de la température et des conditions d'utilisation. Le deuxième facteur est la contamination qui. La contamination qui est engendrée par les particules d'usure des pièces internes, mais aussi des particules solides et liquides en provenance de l'extérieur du moteur. Suite à ces deux facteurs il est donc nécessaire voir obligatoire de vidanger le moteur et dans la majeure des temps, la vidange d'un moteur se fait de manière systématique (selon un échancier) 15000 km ou 250 heures [2]. Le problème que fait face ce genre de maintenance est que l'huile vidangée est parfois encore neuve ou très dégradée. Pour résoudre ce problème, les constructeurs ont pensé à une méthode qui consiste à analyser l'huile moteur dans les laboratoires en mesurant ses propriétés physico-chimiques grâce aux appareils très sophistiqués. Un autre problème surgit avec cette méthode, elle s'avère très couteuse et le protocole d'analyse très complexe d'où le besoin de se pencher vers d'autre domaine. Le traitement est une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées qui étudie les images numériques et leurs transforme, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information. Ce qui nous a amené à poser la question : comment étudier la dégradation de l'huile moteur par analyse d'image de telle sorte que le maintenancier ou le conducteur contrôlera et maîtrisera le moment de la vidange ? C'est suite à cette question que nous avons opté pour le thème « **ETUDE DE LA DEGRADATION D'HUILE DE LUBRIFICATION MOTEUR PAR ANALYSE D'IMAGES** »

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LES HUILES LUBRIFIANTES ET LE SYSTEME DE LUBRIFICATION DES MOTEURS

Ce chapitre définit les mots clés de notre travail. Nous allons dans un premier temps présenter les généralités sur les huiles lubrifiantes en définissant ce que c'est l'huile ensuite nous allons élaborer les constituants et propriétés de l'huile. Dans un second temps nous détaillerons le système de lubrification des moteurs suivi des huiles utilisées par lesdits moteurs.

<i>1.1. GENERALITES SUR LES HUILES DE LUBRIFICATION.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.1. Définitions.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2. Les fonctions des huiles de lubrification.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.3. Classification des lubrifiants</i>	<i>4</i>
<i>1.1.4. Composition des huiles lubrifiantes.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.5. Les propriétés des huiles.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2. LE SYSTEME DE LUBRIFICATION DES MOTEURS THERMIQUES</i>	<i>11</i>
<i>1.2.1. Nécessité de la lubrification dans le moteur.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.2. Organisation fonctionnelle du circuit de lubrification</i>	<i>12</i>
<i>1.2.3. Principe de fonctionnement</i>	<i>13</i>
<i>1.2.5. Les principaux éléments du circuit de lubrification</i>	<i>14</i>
<i>1.2.6. Les huiles lubrifiantes des moteurs.....</i>	<i>16</i>
<i>Conclusion.....</i>	<i>19</i>

1.1. GENERALITES SUR LES HUILES DE LUBRIFICATION

Le lubrifiant est pour la machine comme le sang pour l'organisme. De ce fait il est impératif de le contrôler minutieusement enfin d'assurer la maintenance des machines et moteurs.

1.1.1. Définitions

Huile : c'est un corps gras qui est à l'état liquide à température ambiante et qui ne se mélange pas à l'eau [1].

Les huiles de lubrification : ce sont des huiles qui, interposées entre deux surfaces permettent d'amoindrir le frottement.

1.1.2. Les fonctions des huiles de lubrification

Les fonctions principales des huiles de lubrification sont :

Tableau 1.1: Les fonctions principales des huiles de lubrification (adapté à nos soins)

Fonctions	Description
REFROIDIR :(l'évacuation des calories).	<p>La circulation de l'huile évacue les calories, et élimine les risques de fusion et de détérioration. Un moteur, surtout aujourd'hui avec les technologies de pointes ou les difficultés de circulation, peut chauffer anormalement jusqu'à 400°.</p> <p>L'huile refroidit les parties essentielles du moteur que le liquide de refroidissement du radiateur ne peut pas atteindre, comme l'arbre à cames, les bielles et les pistons. L'huile assure ainsi jusqu'à 35 % de la fonction de refroidissement [2].</p>
ETANCHER :(la protection contre l'entrée d'impuretés)	<p>Contribuer à parfaire l'étanchéité du moteur : (L'huile protège constamment les pièces d'agressions comme les poussières aspirées par le moteur, l'eau et l'acide résultant de la combustion...).</p>

<p>NETTOYER :(l'évacuation des impuretés).</p>	<p>L'huile maintient en suspension et véhicule les imbrûlés issus de la combustion. (C'est à ce niveau qu'elle a de l'importance car il n'a plus d'étanchéité. Le moteur consomme anormalement. Il arrive même qu'il ait des grippages. C'est le phénomène d'usure par polissage).</p>
<p>LUBRIFIER :(la réduction des frottements et de l'usure)</p>	<p>Diminuer les frottements et les résistances passives dans les machines, améliorer leur rendement et économiser l'énergie. (La viscosité d'une huile moteur devrait rester constante malgré des écarts de température. L'huile ne doit pas figer au froid, elle ne doit pas se liquéfier à la chaleur).</p>

Elle permet aussi de Protéger les organes lubrifiés contre les diverses formes de corrosion et d'usure, donc contribuer à leur longévité, transmettre de l'énergie ou de la chaleur, assurer l'isolation électrique, améliorer l'état de surface des pièces usinées et augmenter la durée de vie.

1.1.3. Classification des lubrifiants

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

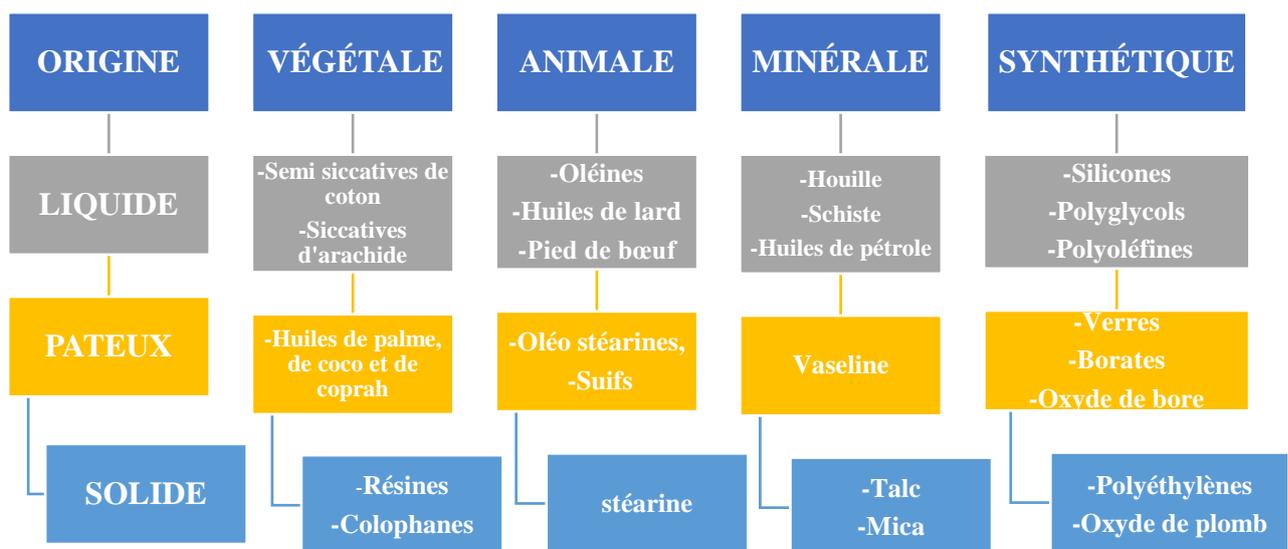


Figure 1.1: Classification des huiles lubrifiantes (adapté à nos soins)

1.1.4. Composition des huiles lubrifiantes

Une huile ayant les propriétés demandées pour une utilisation donnée est constituée : d'une huile de base (*minérale, synthétique ...*) et d'un certain nombre d'additifs, ajoutant chacun une propriété particulière [3].

huile lubrifiante = huile de base + additifs

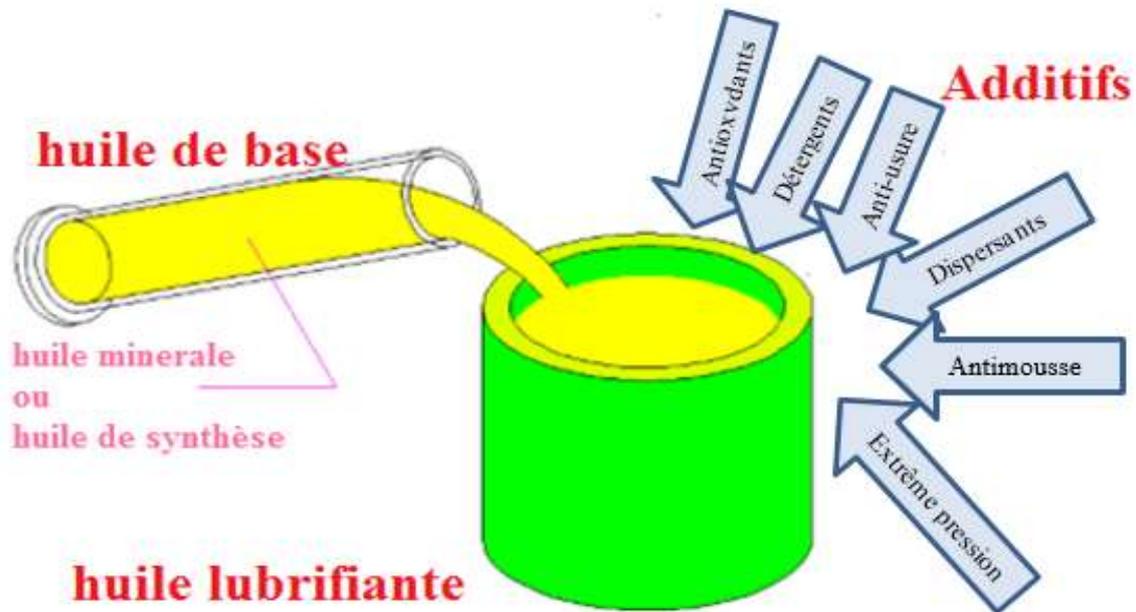


Figure 1.2 : Composition des huiles lubrifiantes [2].

A. Les huiles de base

Elles sont :

- **Les huiles minérales**

Ce sont des huiles qui proviennent de la distillation du pétrole brut.

- **Les huiles de semi synthèse**

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

- **Les huiles de synthèse ou synthétiques**

Dans le cas de l'huile synthétique, on fabrique la molécule dont on a précisément besoin, si bien que l'on obtient une huile de base dont le comportement est voisin de celui d'un corps

pur. En créant un produit dont les propriétés physiques et chimiques sont prédéterminées, on fait mieux que la nature.

On rajoute ensuite les additifs nécessaires pour répondre à un service voulu. Ces huiles ont des performances élevées, en particulier pour des objectifs et des conditions de service difficiles.

Ces huiles elles offrent des performances supérieures telles que :un indice de viscosité plus élevé, meilleure tenue thermique et une meilleure résistance à l'oxydation.

B. Les additifs

Ce sont des composantes ajoutées aux lubrifiants afin de modifier ou d'améliorer leurs propriétés naturelles et de leur conférer des propriétés qu'ils n'ont pas de façon naturelle. La plupart des additifs sont de type sacrificiel c'est-à-dire qu'ils s'épuisent au fur et à mesure de la vie utile de l'huile et la fraction d'additifs peut être inférieure à 1% et aller jusqu'à 30% [3],[14].

Les principaux additifs sont :

- **Anti-oxydant**

Il permet de supprimer, ou tout au moins ralentir les phénomènes d'oxydation du lubrifiant. Contribuer à l'espacement des vidanges par une meilleure tenue aux hautes températures.

- **Anti-corrosion**

Il empêche l'attaque des métaux ferreux, attaque due à l'action conjuguée de l'eau, de l'oxygène de l'air et de certains oxydes formés lors de la combustion.

- **Anti-friction (usure)**

Il renforce l'action anti-usure qu'exerce un lubrifiant vis-à-vis des organes qu'il lubrifie

- **Anti-congelant**

Il permet au lubrifiant de garder une bonne fluidité à basse température (de -15°C à -45°C) [2].

- **Anti-mousse**

Les additifs détergents agissent dans l'huile comme du savon dans l'eau : ils nettoient le moteur mais ont tendance à mousser.

- **Les détergents**

Ils jouent le rôle de lavage et permettent aussi de neutraliser les produits acides, qui se forment du fait de la combustion du carburant.

- **Dispersants**

Ils maintiennent en suspension dans l'huile des impuretés liquides et insolubles dans l'huile, qui se forment principalement pendant la phase d'échauffement dans le moteur.

- **Anti-émulsion**

Evite le mélange de fluides étrangers (de l'eau par exemple) avec l'huile et favorise la décantation (séparation) de l'ensemble.

- **Amélioration d'indice de viscosité**

Permettre à l'huile d'être : Suffisamment fluide à froid (faciliter le démarrage en abaissant le point d'écoulement entre -15 et -45°C suivant les huiles) et visqueuse à chaud (éviter le contact des pièces en mouvement).

- **Additif extrême pression**

Permettre à l'huile de réduire les couples de frottement et par conséquence économiser l'énergie, protéger les surfaces des fortes charges.

1.1.5. Les propriétés des huiles

A. Propriétés physiques

- **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. Certains lubrifiants synthétiques ont des densités bien plus élevées, jusqu'à 1,5. La comparaison de la densité d'une huile usagée avec celle de l'huile neuve permet de détecter d'éventuelles pollutions [2].

- **La 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. La couleur foncée d'un lubrifiant usagé peut être un assez bon moyen d'apprécier son altération.

- **La 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 [2].

- **La 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.

- **Viscosité**

Plus une huile est épaisse, plus sa viscosité est élevée. La fluidité est la propriété inverse de la viscosité. La viscosité de la majorité des fluides diminue quand la température augmente. On définit deux types de viscosité définies ci-après.

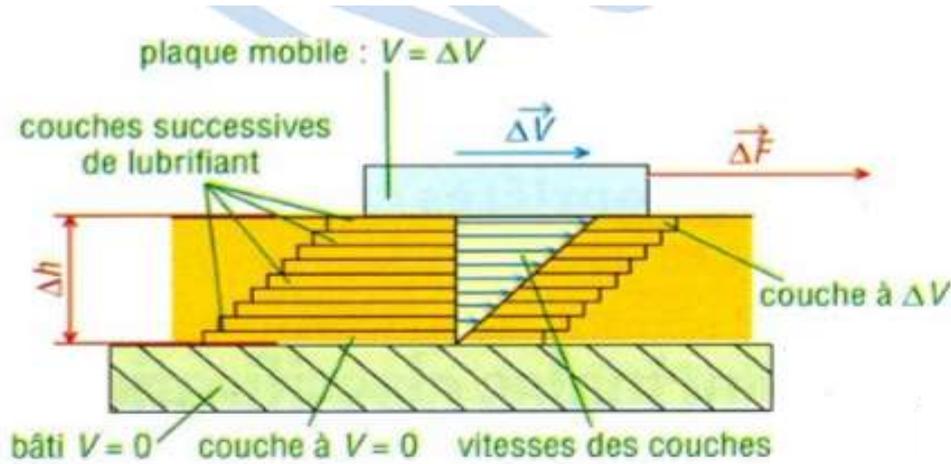
• **Viscosité dynamique**

La notion de viscosité fait également appel à celle d'écoulement laminaire. Tout se passe comme si le fluide s'écoulait comme le feraient les cartes d'un jeu ou les feuilles d'une ramette de papier. Dans ces conditions, on s'aperçoit que la répartition des vitesses dans la veine fluide suit une loi linéaire. Si deux couches de fluide distantes de la quantité **dh** ont pour vitesses respectivement **v** et (**v + dv**), il existe entre elles un gradient de vitesse **dv / dh**. Pour les liquides dits newtoniens, la contrainte de cisaillement est proportionnelle au gradient de vitesse, ce qui est le cas de la grande majorité des huiles de graissage, sauf au voisinage de leur point d'écoulement. [4]

$$F/s = \mu dv / dh$$

F : la force développée - **μ** : le coefficient de viscosité dynamique - **S** : la surface de contact entre le fluide et la plaque - **dh** : gradient de distance ou épaisseur du film d'huile - **dv** : gradient de vitesse.

L'unité de mesure correspondante est le Pascal x seconde [**Pa.s**], défini comme la viscosité dynamique d'un fluide dans lequel le mouvement rectiligne est uniforme, dans son plan, d'une surface plane, solide, indéfinie, donne lieu à une force retardatrice de 1 newton par mètre carré de la surface en contact avec le fluide homogène et isotherme en écoulement permanent. (Le gradient de la vitesse du fluide, à la surface du solide et par mètre d'écartement normal à ladite surface, est de 1 mètre par seconde).



$$\tau = \mu \left(\frac{\Delta v}{\Delta h} \right) = \left(\frac{\Delta F}{\Delta S} \right)$$

Figure 1.3: Description de l'écoulement des fluides [2].

τ : Contrainte de cisaillement entre couches limites, ΔS : Aire de contact entre les couches, ΔV : accroissement de la vitesse entre couches successives (ou gradient de vitesse), ΔF : accroissement de l'effort entre couches successives (ou gradient de force) et Δh : Epaisseur du filme lubrifiant.

- **Viscosité cinématique**

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 ou un tube calibré.

Unités : m^2 / s : Stoke (St) ou centistoke (cSt); $10\,000\text{ St} = 1\text{ m}^2 / s$ et $1\text{ cSt} = 1\text{ mm}^2 / s$.

- **Index (ou indice) de viscosité**

(VI ou IV) : Caractérise la variation de la viscosité en fonction de la température.

- **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 bar et 4 % à 700 bars. Les huiles sont d'autant moins compressibles que la pression est plus forte, la viscosité plus faible et la température plus basse [2].

- **Point d'écoulement**

Suffisamment refroidies, toutes les huiles minérales s'épaississent jusqu'à prendre l'apparence de solides plus ou moins rigides. 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 [3].

B. Propriétés chimiques

- 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.

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).

- 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 [5].

- Teneur en cendres

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.

- Teneur en soufre

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.

- 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

- Capacité de rétention d'impuretés et résistance à l'oxydation

Cette propriété fait référence au fait que de très petites particules, de dimension inférieure au μm , provenant de la dégradation des produits ou de la mise en émulsion d'autres liquides,

peuvent rester jusqu'à un certain point (dumping point) en suspension dans le liquide, comme si elles étaient dissoutes. Il se trouve que la capacité de rétention d'impuretés baisse en général lorsque la résistance à l'oxydation augmente, et inversement.

1.2. LE SYSTEME DE LUBRIFICATION DES MOTEURS THERMIQUES

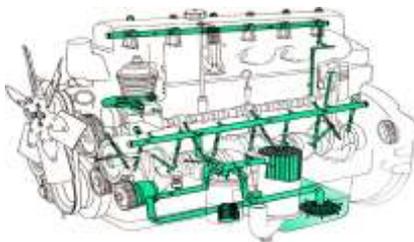


Figure 1.4: Aspect du circuit de lubrification des moteurs [8].

1.2.1. Nécessité de la lubrification dans le moteur

Les pièces métalliques en mouvement tournent, glissent et frottent les unes sur les autres, ce frottement dégage de la chaleur et les surfaces en contact peuvent atteindre leur point de fusion. Les pièces se trouvent littéralement soudées : c'est le grippage.

Le système de lubrification dans le moteur a donc pour rôle de réduire le frottement entre les pièces mécaniques et ainsi de diminuer les résistances au mouvement [7].

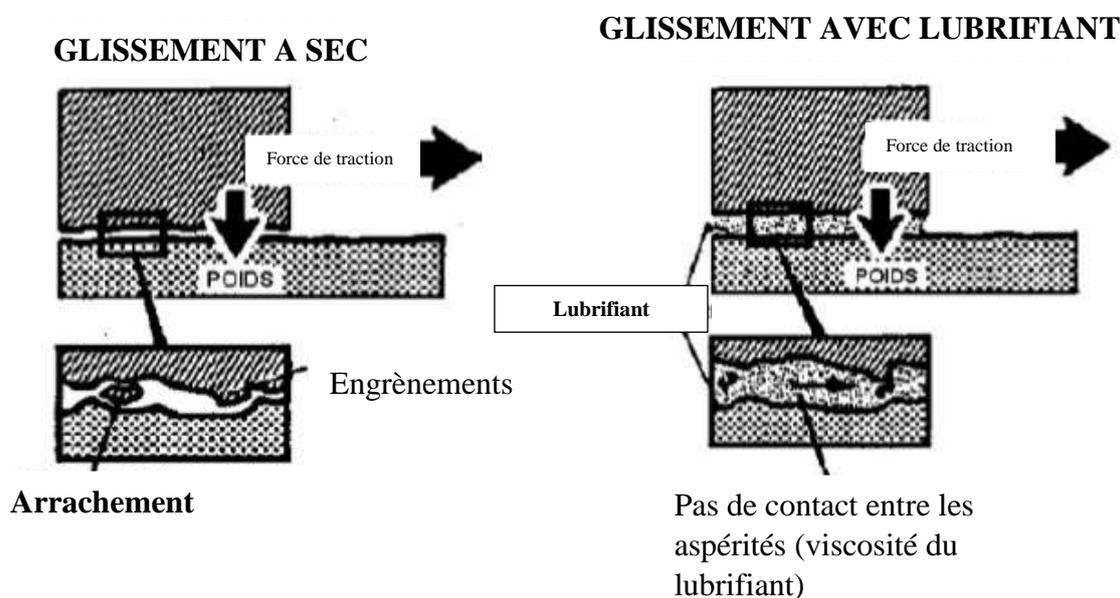


Figure 1.5: Illustration d'un système lubrifié et d'un système non lubrifié [7].

Le système doit satisfaire assurer un débit et une pression d'huile variant avec le régime de rotation moteur et participer au refroidissement et éviter l'oxydation des organes mobiles du moteur (vilebrequin, piston...)

1.2.2. Organisation fonctionnelle du circuit de lubrification

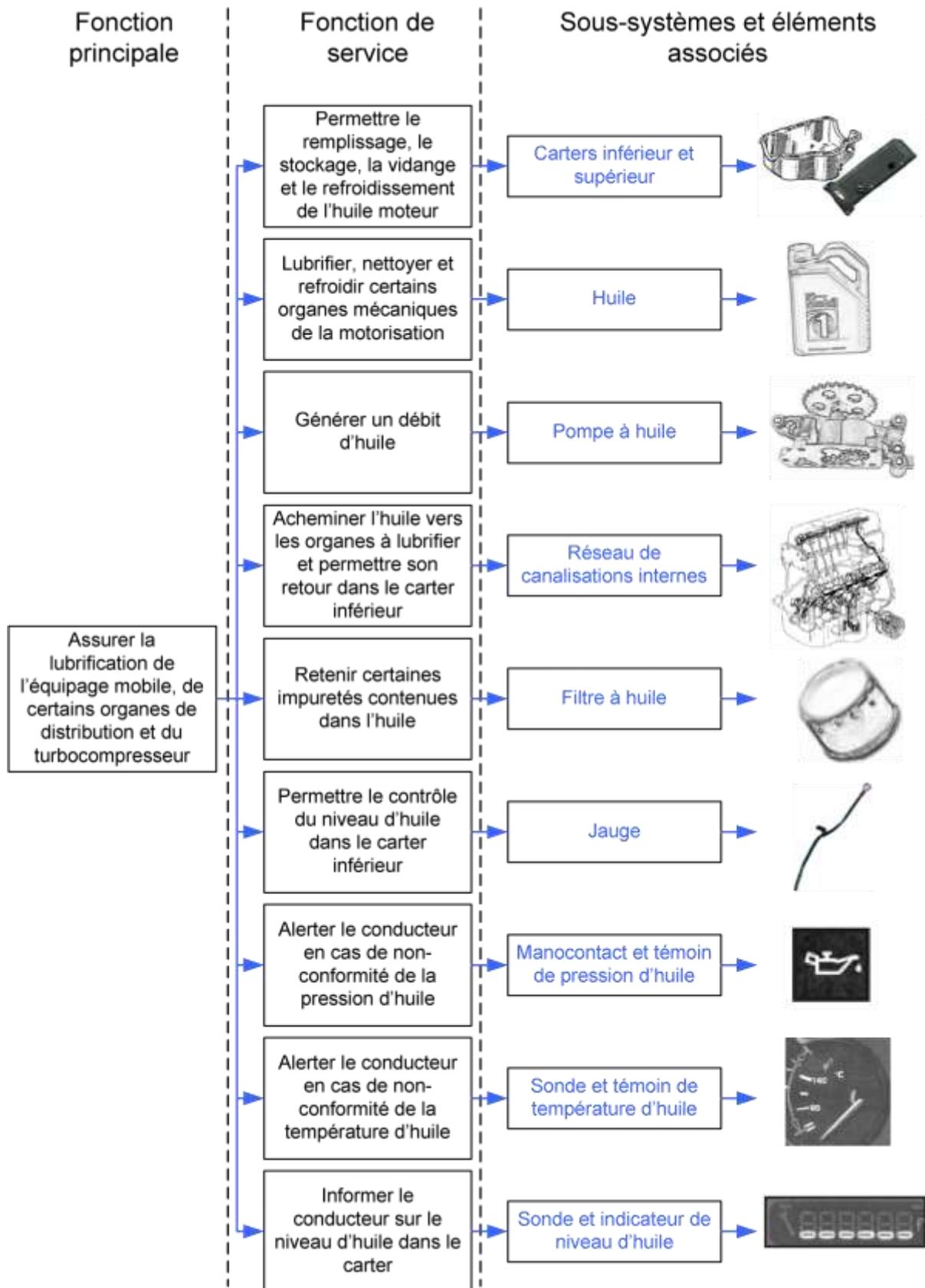


Figure 1.6: organisation fonctionnelle du circuit de lubrification du moteur [7].

1.2.3. Principe de fonctionnement

La pompe aspire l'huile du carter moteur et la refoule sous pression (de 2 à 4 bars pour les moteurs essence et de 6 à 8 bars pour les moteurs diesels) à travers le filtre à huile vers la rampe de graissage principale qui distribue l'huile aux organes à lubrifier. [7]

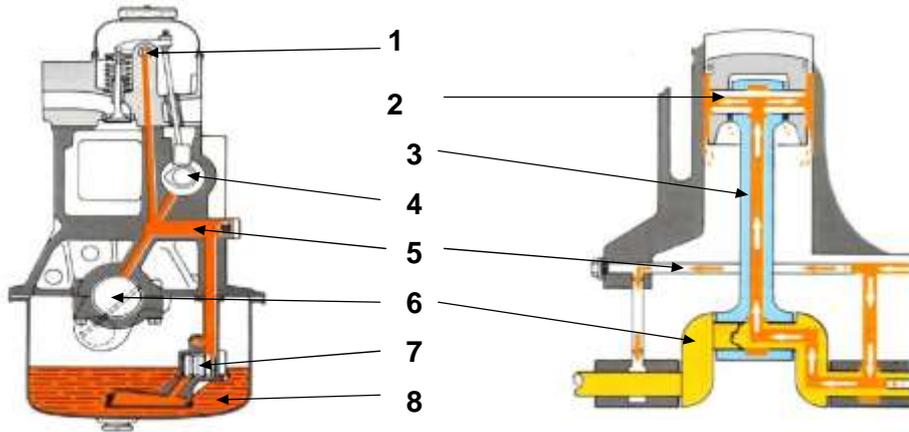


Figure 1.7: Principe de fonctionnement du circuit de lubrification [7].

Tableau 1.2 : Eléments constitutifs du circuit de lubrification des moteurs (adapté à nos soins)

N°	Désignation	N°	Désignation	N°	Désignation	N°	Désignation
1	Rampe de culbuteur	3	Bielle	5	Rampe principale	7	Pompe à huile
2	Piston et axe	4	Arbre à cames	6	Vilebrequin	8	Carter d'huile

1.2.4. Les différents types de systèmes de lubrification dans les moteurs

a) Le graissage par projection ou onctueux :

Une simple couche de lubrifiant (film d'huile) est interposée entre les surfaces et permet un frottement gras, diminuant sensiblement le frottement. Dans ce cas, le renouvellement de l'huile est assuré par projection ou simple écoulement. Ce mode de lubrification convient : Aux chemises, aux pistons et leur axe, les cames, la distribution (chaîne et tendeur), les queues de soupapes et les poussoirs.

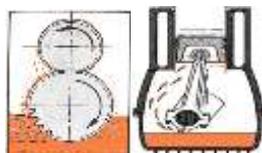


Figure 1.8: Le graissage par projection ou onctueux [8].

b) Le graissage sous pression ou hydrodynamique

Si la pression unitaire des pièces en contact n'est pas trop élevée et que la vitesse relative des surfaces est importante, les deux surfaces se séparent par une montée en pression de l'huile interposée. Ce phénomène est favorisé par la formation d'un coin d'huile. Les pièces n'étant plus en contact, le coefficient de frottement devient très faible.

Ce mode de lubrification convient : Au vilebrequin, à l'arbre à cames et à la rampe de culbuteurs.

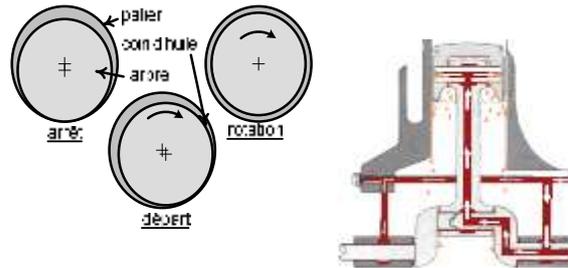


Figure 1.9: Le graissage sous pression ou hydrodynamique [7].

1.2.5. Les principaux éléments du circuit de lubrification

a) La pompe

Elle aspire l'huile dans le carter inférieur et la dirige sous pression, à travers les canalisations, vers les éléments à graisser. Ceux sont des pompes volumétriques.

Il existe 3 types de pompe :

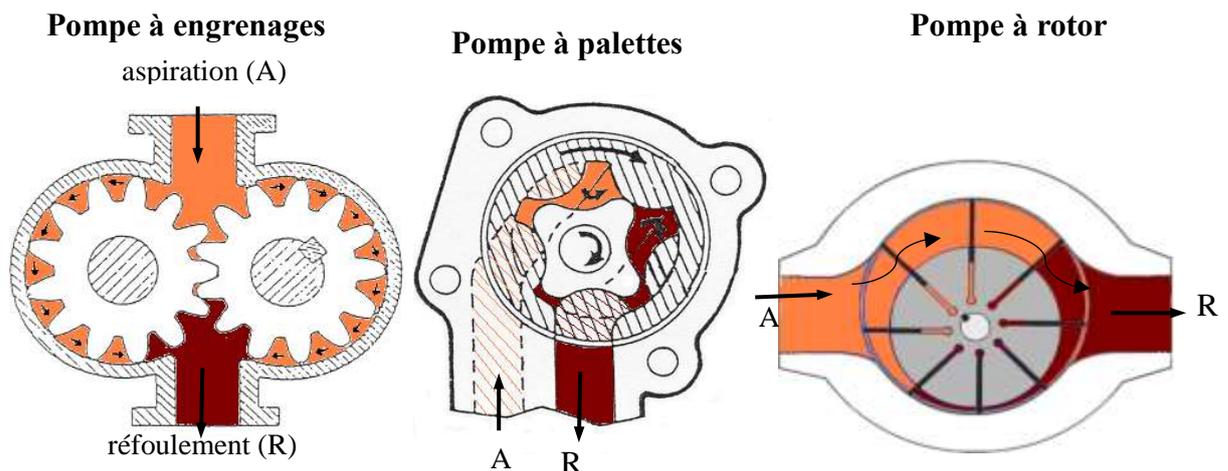


Figure 1.10: schéma des pompes [8].

b) Le clapet de décharge

La pression d'huile dépend : du régime de rotation, de la viscosité de l'huile, des fuites internes.

Si la pression devient trop importante, on risque : la détérioration de la pompe, la rupture du système d'entraînement et de fortes projections d'huile sur la partie intérieure de la chemise qui entraînent une consommation d'huile exagérée [7].

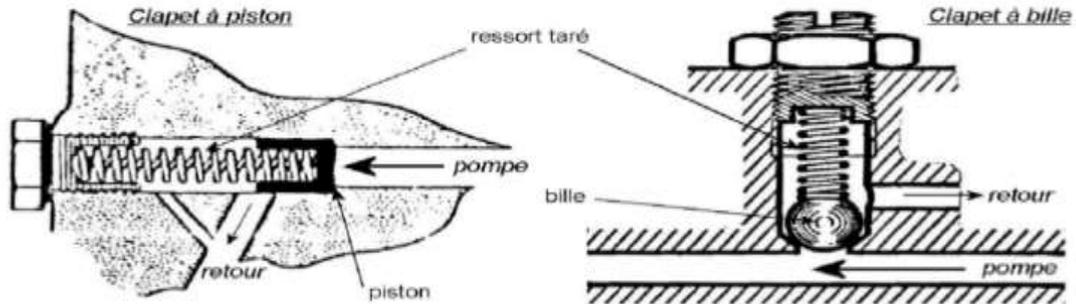


Figure 1.11: Le clapet de décharge [7].

Si la pression d'huile est inférieure à la pression de tarage du ressort, le clapet reste fermé. Lorsque la pression d'huile devient supérieure, le clapet s'ouvre et découvre une canalisation qui permet à l'huile de retourner dans le carter inférieur. La pression est limitée (environ 5 bars).

c) Le filtre à huile

Le filtrage de l'huile est nécessaire pour éliminer les impuretés qui pourraient altérer le bon fonctionnement du moteur.

Ces impuretés proviennent :

- Des résidus de combustion,
- Des particules métalliques dues à l'usure.

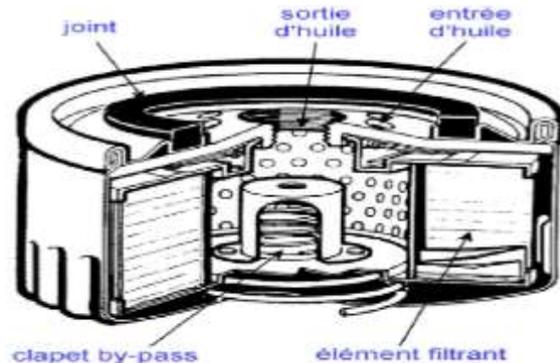


Figure 1.12: Le filtre à huile [7].

Ce filtre est monté en série sur le circuit. Toute l'huile venant de la pompe traverse le filtre. En cas d'obturation de celui-ci, le circuit d'huile serait coupé. Pour éviter ce problème, un clapet by-pass est monté à l'intérieur du filtre.

Si l'élément filtrant est colmaté, la pression d'huile s'élève et ouvre le clapet. L'huile ne sera pas filtrée mais rejoindra directement la rampe principale

d) Le manocontact de pression d'huile

Le manométrisme de pression d'huile se trouve sur le bloc moteur. Si la pression d'huile devient inférieure au tarage du ressort (entre 0,5 et 0,7 bar), le témoin d'alerte s'allume au tableau de bord [8].

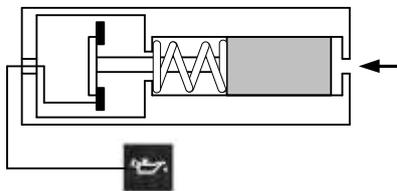


Figure 1.13: manométrisme de pression d'huile [8].

1.2.6. Les huiles lubrifiantes des moteurs

A. Composition des huiles moteurs

Une huile moteur est composée de :

- Les huiles de base

L'huile de base minérale est obtenue par distillation du pétrole (1% d'huile dans le pétrole brut). L'huile de base synthétique est obtenue par fabrication chimique à partir d'alcool et de pétrole [9].

- Les additifs

Les additifs chimiques améliorent certaines caractéristiques spécifiques. Ils peuvent représenter 20% du volume et 60% du coût de l'huile.

Parmi eux, on note : améliorant d'indice de viscosité, détergent, anti-soufre, dispersant, anti-usure, anti-oxydant, inhibiteur de corrosion anti-corrosion anti-mousse.

B. Classification des huiles moteur

- Classification S.A.E. (Society of Automotive Engineers)

Huile monograde : SAE 5W - SAE 10W - SAE 20W sont les 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).

- **Classification A.P.I. (American Petroleum Institute)**

Moteurs ESSENCE : SA - SB - SC - SD (abandonné). SE - SF - SG – SH (performances croissantes).

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

- **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).

- **Classifications spécifiques**

De nombreux constructeurs ajoutent leurs propres exigences. Ils homologuent les produits. Ex : Mercedes 227.5, 228.1, 228.3 etc... Volkswagen VW 500 00, VW 501 01, VW 505 00 etc...

Ni l'API ni le CCM n'homologuent les produits du marché. Ils émettent simplement un cahier des charges, le respect de celui-ci étant laissé sous la responsabilité des fabricants [9].

C. Déclassement des huiles moteurs

Pour remplir sa fonction, l'huile moteur doit avoir des caractéristiques physico-chimiques déterminées. Or ces caractéristiques se trouvent modifiées sous l'action de phénomènes de **contamination** et **dégradation** qui finissent par rendre l'huile inapte à son emploi.

- **La contamination des huiles moteur**

Elle provient de particules d'usure des pièces internes, mais aussi de l'eau et des particules solides en provenance de l'extérieur du système lubrifié. Ces particules solides ou ces fluides étrangers sont souvent à l'origine d'usures anormales.

- **La dégradation des huiles moteur**

La dégradation est due à l'oxydation se produisant sous l'action conjuguée de l'oxygène et de la température et aux conditions d'utilisation (température, durée, efforts, filtration...) [10].

D. Présentation des périodicités de remplacement des huiles usagées

- **Critère permettant de connaître la périodicité de la vidange**

Pour conserver les propriétés intrinsèques de l'huile et protéger le moteur, il faut procéder à la vidange de son huile régulièrement, les critères permettant de mieux connaître la périodicité sont : l'année de mise en circulation du véhicule (l'âge) ; le nombre de kilomètres parcourus depuis la dernière visite et le kilométrage global ; le type de moteur (essence ou diesel injection directe ou indirecte) ; du type de conduite (conduite en ville, sur route, autoroute, conduite sportive, conduite sur route non bitumée...) [11] et des conditions d'exploitations du véhicule.

- Périodicité de la vidange

Plus le véhicule est âgé et possède un fort kilométrage plus les vidange et entretiens sont rapprochées. Les possibilités de planification sont :

Classe A : Tous les véhicules datant d'avant 1994 pour un moteur essence et 1995 pour un moteur diesel, doivent faire une vidange tous les 7 500 km.

Classe B : Tous les véhicules compris entre 1994 et 1998 pour un moteur essence et 1999 pour un moteur diesel, doivent faire une vidange tous les 10 000 km.

Classe C : Tous les véhicules, essence ou diesel, depuis 1999 doivent faire une vidange en général tous les 15000 km [11].

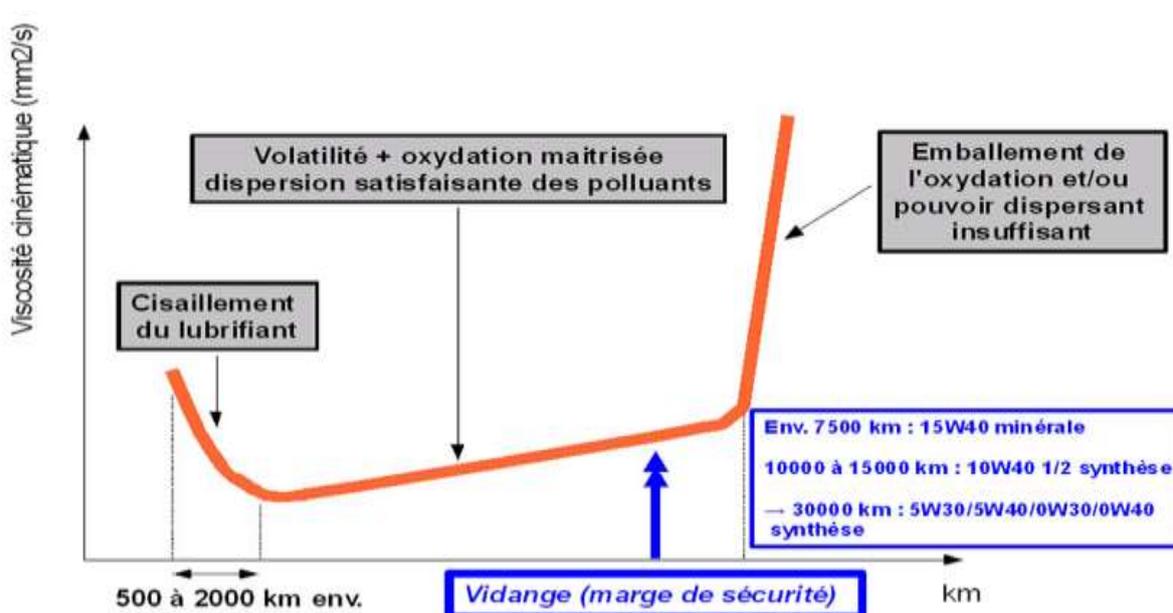


Figure 1.14: Schéma huile vidange [11].

Conclusion

Parvenu au terme de notre chapitre où il était question pour nous de présenter les généralités sur les mots clés liés à notre thème, nous avons commencé par illustrer l'huile de lubrification en générale en donnant ses fonctions, sa classification, sa composition et ainsi que ses propriétés physique et chimique. Par la suite nous avons présenté le système de lubrification des moteurs en particulier où a été décrit les éléments constitutifs, les huiles utilisées dans le moteur et leur déclassement. Ce qui a attiré notre attention sur le besoin d'analyser ces huiles enfin d'assurer au système roulant une bonne longévité.

CHAPITRE 2

ETAT DE L'ART SUR LES TRAVAUX DE DEGRADATION D'HUILE MOTEUR PAR ANALYSE D'IMAGE

Ce chapitre énonce dans un premier temps les méthodes d'analyse d'huile conventionnelle au laboratoire où nous allons décrire les appareils d'analyse utilisés en donnant les propriétés physico-chimiques à déterminer. Puis dans un second temps nous l'étude des travaux faits par nos prédécesseurs en donnant les matériels, les méthodes, les résultats puis nous finirons par illustrer les éventuelles limites liées à leurs travaux.

2.1.	<i>LES METHODES D'ANALYSE DES HUILES EN LABORATOIRE</i>	21
2.1.1.	<i>Analyse de la viscosité</i>	21
2.1.2.	<i>Analyse de l'indice d'acidité total (TAN) et indice d'alcalinité totale (TBN)</i>	23
2.1.3.	<i>Analyse colorimétrique</i>	24
2.1.4.	<i>Analyse par spectrométrie</i>	25
2.1.5.	<i>Analyse à la tâche (tache sur buvard)</i>	26
2.1.6.	<i>Microscope optique</i>	27
2.1.7.	<i>La chromatographie</i>	27
2.2.	<i>ANALYSE DES TRAVAUX EXISTANTS</i>	28
2.2.1.	<i>AGOSTON ET AL, 2005, [23].</i>	29
2.2.2.	<i>TEUMA DJIELA Edouard, 2014, [18].</i>	29
2.2.3.	<i>JINGAI SHAO AND FOSTER A AGBLEVOR, 2015, [22].</i>	31
2.2.4.	<i>MANGOUA MANGOUA Alex Paulin, 2015, [19].</i>	32
2.2.5.	<i>KENGUE KEMTA Florent, 2016, [20].</i>	33
2.2.6.	<i>AMINO DJALIGUE et EDIMO Malloh Eitel, 2019, [21].</i>	34
2.3.	<i>ANALYSE COMPARATIVE DES TRAVAUX EXISTANTS</i>	37

2.1. LES METHODES D'ANALYSE DES HUILES EN LABORATOIRE

L'analyse des huiles est un examen de contrôle non destructif, qui reflète le comportement et l'état du système dans lequel l'huile circule. Le suivi des caractéristiques physico-chimiques du lubrifiant permet, d'apprécier l'état de dégradation de l'huile. Le suivi de la contamination permet dans le cas d'une pollution par des particules internes à la machine de situer l'organe défectueux, d'apprécier l'évolution et le type d'usure, et dans le cas d'une pollution par des agents extérieurs, d'en apprécier leur nature et leur origine. Afin de pouvoir dresser un diagnostic le plus précis possible sur une charge d'huile et sur le matériel qu'elle lubrifie, il convient de suivre régulièrement les évolutions des caractéristiques de l'huile et de comparer les résultats obtenus à chaque analyse d'une fois sur l'autre, et ceci par rapport aux caractéristiques de l'huile neuve [12].

L'altération des qualités lubrifiantes d'une huile est principalement due à deux facteurs :

- La dégradation, altération physico-chimique de l'huile ;
- La contamination, présence physique de particules dans l'huile.

Les analyses visuelles et physico-chimiques de l'huile permettent d'en détecter les différentes altérations. Le couplage de plusieurs essais est souvent nécessaire pour un diagnostic complet.

2.1.1. Analyse de la viscosité

La viscosité est essentielle puisque la comparaison avec celle du lubrifiant usagé permet de vérifier ses propriétés d'écoulement mais aussi son éventuelle dilution, par du carburant par exemple. Selon la norme NF T 60-100, il faut mesurer le temps d'écoulement d'une quantité de lubrifiant à travers un capillaire pourvu de deux repères déterminant une constante à une température donnée.

Le contrôle de cette viscosité peut se faire à l'aide de plusieurs moyens, quelques-uns sont :

A. Le viscosimètre à billes

Ici on compare la vitesse de descente de deux billes dans deux tubes contenant respectivement, l'un l'huile à contrôler et l'autre une huile de référence. On lit directement la viscosité cinématique en face de la bille restée en retard.

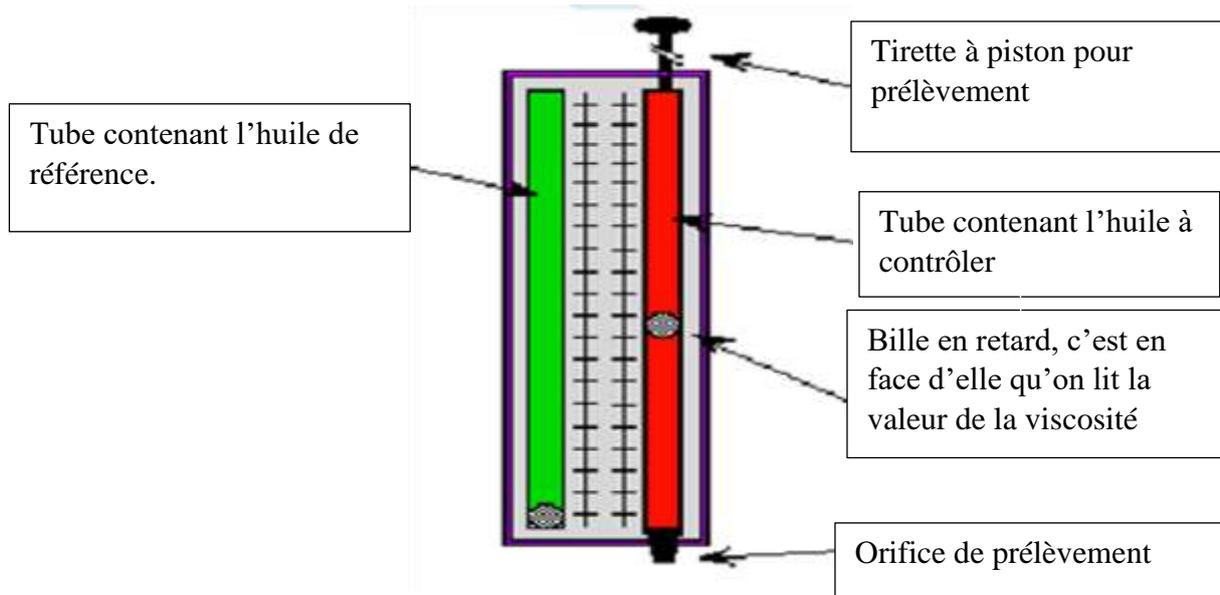


Figure 2.1: le viscosimètre à bille [13].

B. Le viscosimètre absolu

Les viscosimètres modernes, dits viscosimètres « absolus », sont constitués d'un tube capillaire parfaitement calibré, dans lequel on fait couler l'huile à une certaine température, sous une dépression constante ou par gravité, un étalonnage étant réalisé à l'aide de fluides de référence de viscosité connue.

-Dans le premier cas, on mesure la durée de remplissage d'une capacité de faible volume surmontant le capillaire que l'huile traverse de bas en haut, ce qui permet d'accéder directement à la viscosité dynamique.

- Dans le second cas, la même capacité étant remplie par aspiration, on la laisse se vider à travers le capillaire, ce qui est plus simple et plus rapide, mais ne donne que la viscosité cinématique.[13]

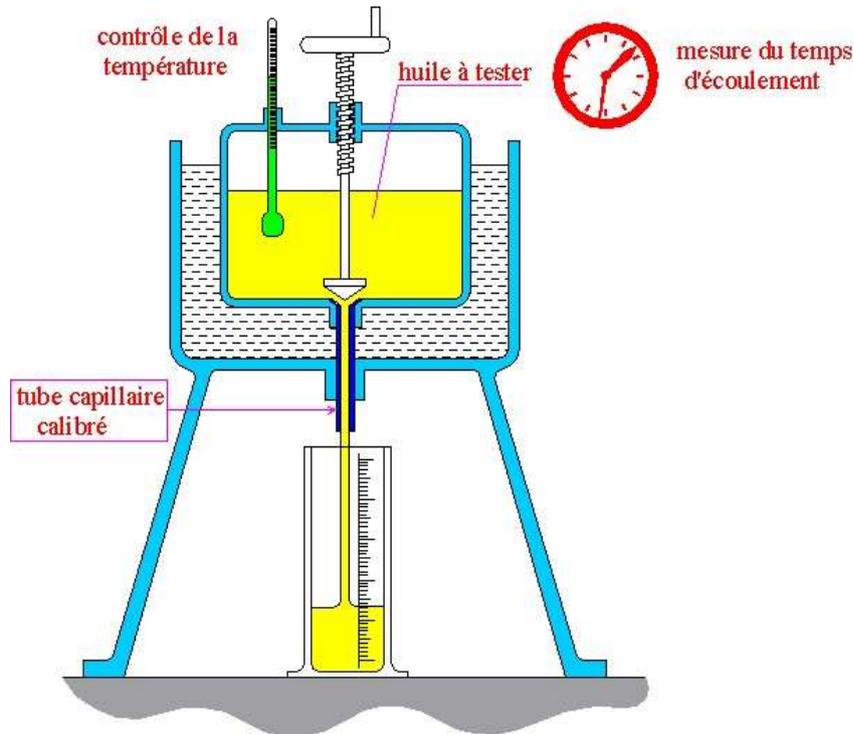


Figure 2.2: viscosité absolue [13].

2.1.2. Analyse de l'indice d'acidité total (TAN) et indice d'alcalinité totale (TBN)

A. L'analyse de la TAN

Le **TAN** d'une huile est défini comme étant le nombre de milligrammes de KOH nécessaires pour neutraliser les constituants acides dans un (1) gramme de cette huile [14].

La mesure du TAN implique un titrage colorimétrique dans lequel le contenu d'acide total dans 2 grammes d'huile dilués dans un solvant mixte est complètement neutralisé par l'ajout progressif d'une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium (KOH). La valeur finale est détectée en utilisant un indicateur chimique qui change de couleur dès que l'acide est complètement neutralisé.

Il est utilisé pour quantifier l'accumulation d'acide dans des huiles moteur. Un TAN augmenté résulte habituellement d'une surchauffe ou d'une durée d'utilisation de l'huile largement dépassée.

B. L'analyse de la TBN

Le **TBN** d'une huile est défini comme étant le nombre de milligrammes de KOH nécessaires pour neutraliser l'acide lui-même nécessaire à la neutralisation des constituants basiques dans un (1) gramme de cette huile.

La mesure du TBN implique un titrage complexe potentiométrique dans lequel la réserve alcaline totale d'un (1) gramme d'huile dilué dans un solvant mixte est complètement neutralisée par l'ajout progressif d'un excès connu d'une solution acide contenant de l'acide perchlorique.

La réaction est contrôlée à l'aide d'une électrode de référence et d'une électrode de mesure et le graphique tracé indique la tension (en mV) en fonction de l'acide ajouté (en ml). La valeur finale est détectée à partir du point d'inflexion du graphique ou, dans le cas des huiles très dégradées, à partir d'une mesure prédéfinie en millivolt.

Ce test ne s'applique qu'aux échantillons d'huile moteur, ces lubrifiants étant délibérément formulés pour avoir une réserve d'alcalinité leur permettant de neutraliser les sous-produits acides corrosifs du processus de combustion. Le TBN d'une huile est la mesure directe de sa réserve alcaline [14].

2.1.3. Analyse colorimétrique

L'analyse consiste à filtrer à travers une membrane en mélange d'esters de cellulose de dimension de pores d'environ 5 μm , un volume connu et toujours identique du fluide à contrôler (généralement 100 ml).

Pour connaître le taux de pollution, il suffit de comparer la couleur obtenue à une couleur étalon réalisé préalablement.



Figure 2.3 : Analyseur colorimétrique [10].

2.1.4. Analyse par spectrométrie

La spectrométrie de masse est une technique physique d'analyse permettant de détecter et d'identifier les molécules d'intérêt par mesure de leur masse, et de caractériser leur structure chimique [15].

A. La spectrométrie d'émission

La spectrométrie d'émission est une technique de spectroscopie atomique utilisée pour la quantification des métaux à l'état de traces ou non. Cette analyse permet de connaître l'état de pollution d'une huile par la détermination de teneurs en particules (nickel, aluminium, fer, chrome, molybdène, cuivre, plomb...) présentes.

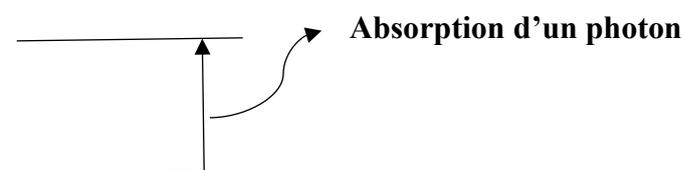
B. La spectrométrie à absorption atomique

La spectrométrie d'absorption atomique (AAS) est une technique décrite pour la 1ère fois par Walsh (1955). AAS étudie les absorptions de lumière par l'atome libre. C'est une des principales techniques mettant en jeu la spectroscopie atomique dans le domaine UV-visible utilisée en analyse chimique. Elle permet de doser une soixantaine d'éléments chimiques (métaux et non métaux). Les applications sont nombreuses étant donné qu'on atteint couramment des concentrations inférieures au mg/L (ppm).

B-1. Principe

Cette méthode d'analyse élémentaire impose que la mesure soit faite à partir d'un analyte (élément à doser) transformé à l'état d'atomes libres. L'échantillon est porté à une température de 2000 à 3000 degrés pour que les combinaisons chimiques dans lesquelles les éléments sont engagés soient détruites.

La spectrométrie d'absorption atomique est basée sur la théorie de la quantification de l'énergie de l'atome. Celui-ci voit son énergie varier au cours d'un passage d'un de ses électrons d'une orbite électronique à une autre : $\Delta E = h\nu$ où h est la constante de Planck et ν est la fréquence du photon absorbé. Généralement seuls les électrons externes de l'atome sont concernés.



Les photons absorbés étant caractéristiques des éléments absorbants, et leur quantité étant proportionnelle au nombre d'atomes d'élément absorbant selon la loi de distribution de Boltzmann, l'absorption permet de mesurer les concentrations des éléments à doser. L'analyse par absorption atomique utilise la loi de Beer- Lambert. S'il y a plusieurs éléments à doser, on réalise cette manipulation pour chaque élément de l'échantillon en se plaçant à une longueur d'onde fixée. Il faut donc à chaque manipulation choisir une source adaptée pour éclairer l'élément que l'on cherche à exciter.

B-2. Instrumentation de base

Le dispositif expérimental utilisé en absorption atomique se compose d'une source, la lampe à cathode creuse (2), d'un brûleur (1) et un nébuliseur, d'un monochromateur (3) et d'un détecteur (4) relié à un amplificateur et un dispositif d'acquisition.

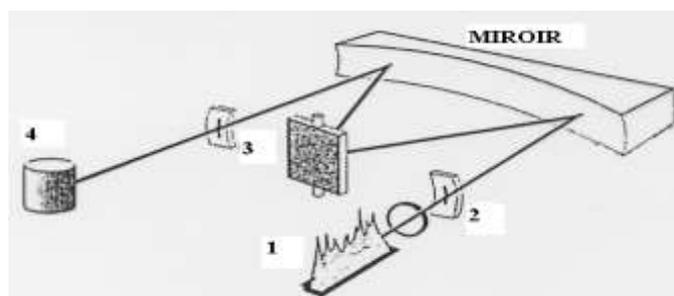


Figure 2.4: Spectrométrie à absorption atomique [16].

C. La spectroscopie de fluorescence

C'est un type de spectroscopie électromagnétique qui analyse la fluorescence d'un échantillon. Le but de cette méthode est d'exciter les électrons (avec un laser par exemple) des molécules de certains composés en les éclairant d'un rayon lumineux (généralement UV) afin qu'ils émettent de la lumière (de plus basse énergie, généralement de la lumière visible). L'appareil qui permet de connaître les propriétés de fluorescence de composés chimiques est un spectro-fluoromètre. Cette spectroscopie est aussi utilisée avec les rayons X.

2.1.5. Analyse à la tâche (tache sur buvard)

Une ou deux gouttes d'huile sont déposées sur un buvard approprié (Whatman#4) à l'aide d'une pipette. Selon le type d'huile, le buvard peut prendre de 15 minutes à 12 heures pour sécher avant l'observation.

Tache sur buvard permet de : détermine le niveau d'oxydation et l'acidité dans les huiles, détermine la dispersion dans l'huile moteur diesel et est un élément indicateur de la contamination par l'eau, le glycol et le carburant.

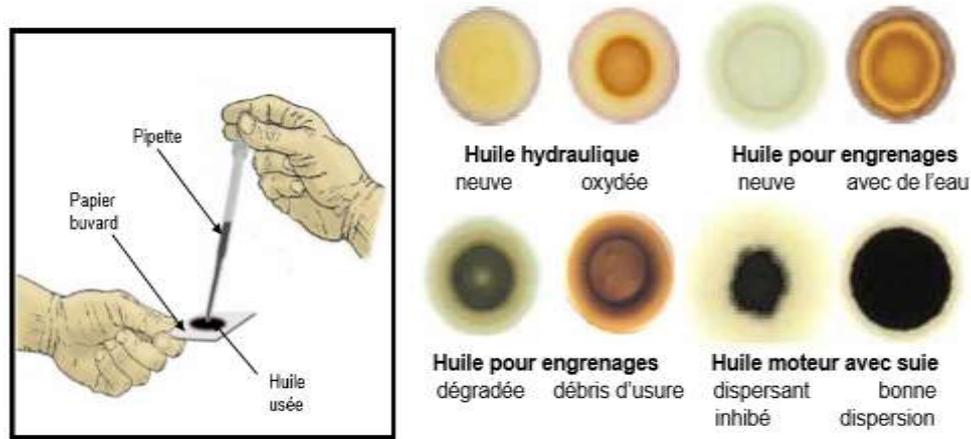


Figure 2.5 : analyse de l'huile sur papier buvard [17]

2.1.6. Microscope optique

Cette méthode d'analyse Ferrographie analytique consistant à observer l'échantillon d'huile sur un microscope en grossissant l'image.

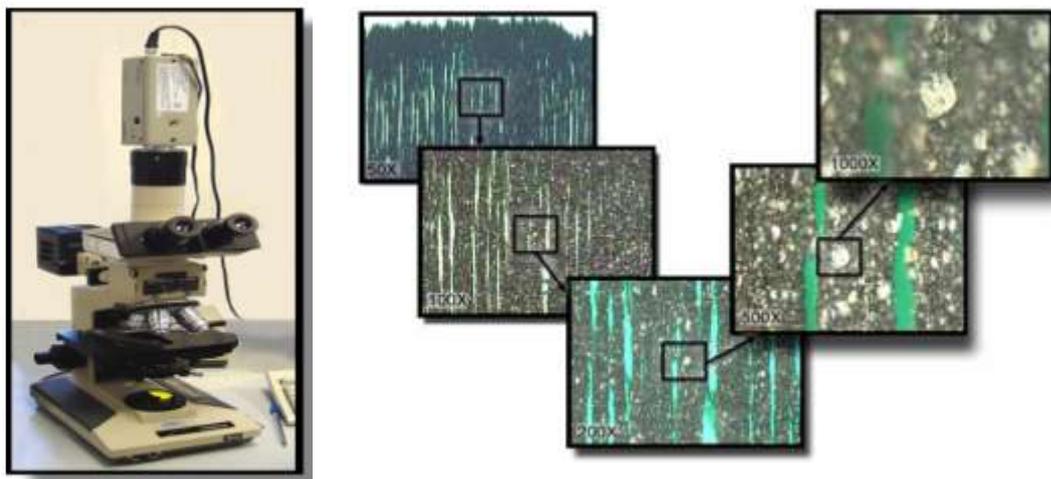


Figure 2.6 : analyse d'huile sur microscope optique.[14]

2.1.7. La chromatographie

La chromatographie gazeuse est une technique de séparation utilisée pour analyser les huiles moteur usagées afin de mettre en évidence la dilution du carburant. La technique, telle qu'elle est appliquée aux mesures de dilution du carburant, est utilisée pour séparer et mesurer deux fractions volatiles des échantillons d'huile moteur usagée dans des plages d'ébullition

spécifiques. La première fraction volatile d'intérêt est celle dont la plage d'ébullition est similaire à celle de l'essence tandis que la seconde a une plage d'ébullition similaire à celle du diesel. L'instrument est étalonné et les mesures rapportées en pourcentage de contamination par la masse.

2.2. ETAT DE L'ART SUR LES METHODES D'ANALYSE DE TEXTURE

2.2.1. Notion de texture

Selon le dictionnaire, la texture est la reproduction spatiale d'un motif de base dans plusieurs directions.

HARALICK la définit comme une structure spatiale constituée par l'organisation de primitives (ou motifs de base) ayant chacune un aspect aléatoire. Une texture est alors une structure hiérarchique à 2 niveaux.

- La première concerne la description d'éléments de base ou primitives, à partir desquels est formée la texture.
- La deuxième est relative à la description des relations spatiales entre ces primitives [26].

2.2.2. Méthodes d'analyse de la texture

Les principaux outils d'analyse texturale utilisés couramment en traitement d'image peuvent être classés en quatre grandes catégories

a) Les méthodes reposant sur l'analyse statistique de l'organisation spatiale des niveaux de gris

Cette méthode a été largement inspirée par les travaux de Julesz. Ces méthodes incluent les matrices de co-occurrence des niveaux de gris

b) Les méthodes dites géométriques ou structurelles

Elles visent à caractériser la texture au travers de l'analyse de la distribution de ses primitives et s'inspirent de la théorie des textures. On y retrouve entre autres les motifs binaires locaux (LBP – Local Binary Patterns)

c) Les méthodes basées sur le filtrage fréquentiel

Elles se réfèrent à la perception multi-fréquentielle de la vision humaine et font appel à des outils de filtrage tels que la transformée de Fourier, les filtres de Gabor et les décompositions en ondelettes

d) Les méthodes basées sur des modèles

Cherchent à caractériser statistiquement l'image au moyen de modèles probabilistes en considérant la texture comme une réalisation d'un processus aléatoire. Les modèles Markoviens sont couramment utilisés pour la modélisation de la texture. On retrouve parmi ceux-ci le modèle binomial utilisé pour la synthèse de textures [Cross & Jain, 1983] ou le modèle de Gibbs pour la segmentation de textures [27].

La méthode d'analyse texturale sur laquelle repose notre étude est **l'approche statistique basée sur la matrice de cooccurrence et les indices d'Haralick**

Comme les matrices de cooccurrences contiennent beaucoup d'informations et sont donc consommatrices en espace mémoire, elles ne sont pas directement exploitées pour caractériser les textures. Les utilisateurs préfèrent donc extraire de ces matrices des attributs afin de réduire la quantité d'informations à manipuler, tout en conservant la pertinence de ces descripteurs. C'est pour cette raison que nous avons choisi d'utiliser les 10 premiers attributs d'Haralick extraits à partir de ces matrices

2.3.ANALYSE DES TRAVAUX EXISTANTS

2.3.1. AGOSTON ET AL, 2005, [23].

« Viscosity sensors for engine oil condition monitoring-application and interpretation of results » (2005)

a) Matériels

- Le capteur CCD (Charged Coupled Device).

b) Méthodes

Ils examinent divers principes de capteurs pour la surveillance en ligne du vieillissement thermique des huiles moteur Comparés aux viscosimètres conventionnels, ces capteurs explorent un domaine rhéologique différent, qui doit être pris en compte dans l'interprétation des résultats de mesure. Ce comportement spécifique est examiné en recherchant systématiquement les huiles moteur avec et sans additifs ajoutés à un processus de vieillissement artificiel défini.

2.3.2. TEUMA DJIELA Edouard, 2014, [18].

Le mémoire présenté par TEUMA en Juin 2014 à l'ENSET de Bambili avait pour thème **« study of the degradation of engine oil viscosity by image processing »** en français : **étude**

de la dégradation de la viscosité d'huile moteur par traitement d'image. Son objectif majeur était dans un premier de déterminer la viscosité cinématique au laboratoire de l'huile échantillonné dans un moteur et dans un second temps réaliser un traitement d'image de ces mêmes échantillons d'huile puis comparer les deux résultats. Pour cela il procède comme suite :

a) Matériels

- Véhicule de marque TOYOTA, de model 53ATR quatre cylindres en ligne et mise en circulation le 1^{er} Janvier 1994.
- Huile de test : TOTAL QUARTZ 5000 20W50.
- Viscosimètre à tube capillaire.
- Microscope optique
- Logiciel MATLAB

b) Méthodes

Grace au viscosimètre à capillaire et un chronomètre du Laboratoire de BOCOM INTERNATIONAL, il utilise la méthode ASTM D445 pour déterminer la viscosité cinématique de l'huile moteur échantillonné après chaque 1000km.



Figure 2.7: Viscosimètre à tube capillaire

Il utilise la relation entre la viscosité du laboratoire et les paramètres de texture de l'image pour prédire la viscosité d'une huile moteur.

c) Résultat

La corrélation entre les mesures de la viscosité cinématique faits au laboratoire et l'analyse statistique des descripteurs de textures est de 98.43%.

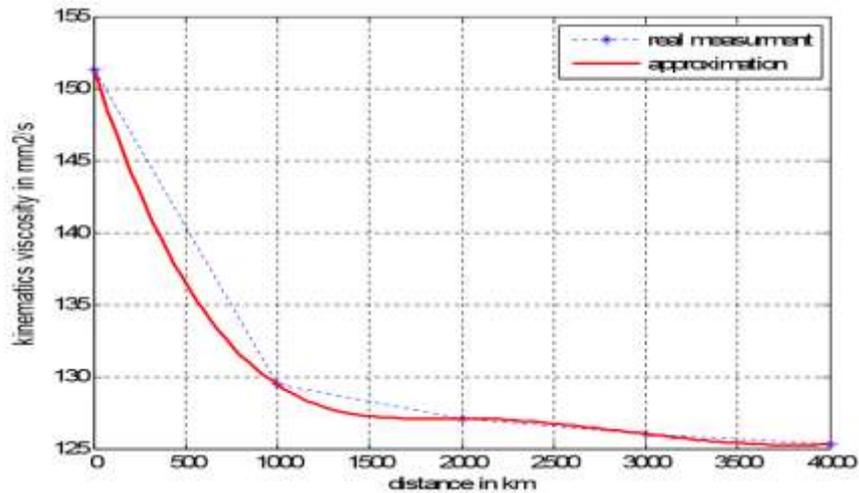


Figure 2.8: courbe de corrélation entre la mesure au laboratoire et la méthode approximative

2.3.3. JINGAI SHAO AND FOSTER A AGBLEVOR, 2015, [22].

« Nouvelle méthode pour la détermination de l'indice d'acidité total (TAN) des bio-lubrifiants » est le travail de JINGAI et FOSTER publié le 17 Janvier 2015 par 'Columbia International Publishing' ayant pour objectif de déterminer l'indice d'acidité total des produits pétroliers, de lubrifiants, et le biodiesel.

a) Matériels

- Bio-lubrifiants

b) Méthodes

Ils ont utilisé la méthode ASTM (Acid Standard Test Method) D664 pour la détermination du TAN dans laquelle l'hydroxyde de potassium (0,1 M KOH) dans une solution alcoolique et d'acétone a été utilisé comme titrant standard comme spécifié dans la méthode ASTM. Quatre échantillons de bio-huile ont été analysés pour leur TAN la méthode ASTM à des fins de comparaison.

Tableau 2.1 : Comparaison entre la méthode standard ASTM et la nouvelle méthode

	ASTM D664	nouvelle méthode
titrant	0,1M KOH dans IPA	KOH 0,1M dans de l'eau
solvant de titrage	5 ml d'eau + 500ml + 495ml IPA Toluène	Acétone
Solution standard	HCl 0,1 M dans IPA	HCl 0,1 M dans de l'eau
Poids d'échantillon (g)	0,25 ± 0,02 g	0.1-0.5g
Solvant (ml)	125	50-125

c) Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats entre la nouvelle méthode et la méthode standard

Tableau 2.2 : numéros acide total (TAN) de HCl et des solutions d'acide benzoïque

	HCl		Acide benzoïque	
	ASTM D664	nouvelle méthode	ASTM D664	nouvelle méthode
Test 1 (mgKOH / g)	1545,45	1545,75	456,03	463,89
Test 2 (mgKOH / g)	1541,44	1547,90	454,68	462,91
Test 3 (mg de KOH / g)	1537,75	1538,98	459,72	457,36
Moyenne (mgKOH / g)	1541,55	1544,21	456,81	461,39
SD (mg de KOH / g)	3,85	4,66	2,61	3,52
Calculé (mgKOH / g)	1538,67	1538,67	459,38	459,38
Répétabilité (%)	0,69	0,84	1,58	2,11
Précision (%)	100,2%	100,4%	99,4%	100,4%

2.3.4. MANGOUA MANGOUA Alex Paulin, 2015, [19].

« **Improvement study of the degradation of used engine oil viscosity by image processing** » est le thème de mémoire de MANGOUA soutenu en Juillet 2015 à l'ENSET de Bambili ayant pour objectif de : déterminer la viscosité cinématique de l'huile de vidange à l'aide d'un viscosimètre et aussi par traitement d'image.

a) Matériels

- TOYOTA type 52ATL année de mise en circulation 1^{er} Février 1996 ;
- Huile de test TOTAL QUARTZ 5000 SAE 20W50 ;
- Microscope électronique ;
- Ordinateur
- Viscosimètre à tube capillaire



Figure 2.9: viscosimètre à tube capillaire de BOCOM PETROLEUM

b) Méthodes

Il commence par faire l'échantillonnage de l'huile moteur après chaque 200km parcouru puis mesure leur viscosité à l'aide d'un viscosimètre à tube capillaire dans le laboratoire de

BOCOM PETROLEUM en utilisant la méthode standard ASTM D445. Il procède par la suite à l'acquisition de 30 images des échantillons en utilisant un microscope électronique.

Via au logiciel MATLAB, il passe au traitement de ces images en utilisant les paramètres de texture.

c) Résultats

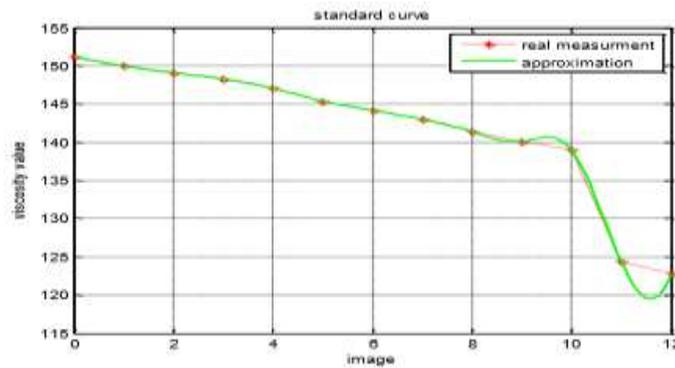


Figure 2.10: courbe de corrélation des résultats

- La corrélation entre le paramètre Energie-viscosité est de 0.9932 ;

2.3.5. KENGUE KEMTA Florent, 2016, [20].

« **Monitoring of the degradation of used engine oil viscosity by microscopic image processing** » thème soutenu en Juillet 2016 à l'ENSET de BAMBILI ayant pour objectif d'étudier le taux de dégradation de la viscosité d'huile moteur usagée en utilisant la méthode conventionnelle faite au laboratoire et le par analyse microscopique de l'image.

a) Matériels

- Viscosimètre automatique double fonctions (spectro-visc)
- Microscope électronique
- 05 litres de l'huile TOTAL QUARTZ 5000 SAE 20W50
- Véhicule de test TOYOTA COROLLA, type 72AEB5 année de mise en circulation 1999



Figure 2.11: Les échantillons d'huile



Figure 2.12 : viscosimètre spectro-visc utilisé

b) Méthodes

Après avoir vidangé et remplacer le filtre à huile du véhicule de test, il procède à l'échantillonnage d'huile usagé après chaque 500km ceci jusqu'à 5000km puis il fait des mesures de la viscosité des différents échantillons au laboratoire de TOTTAL CAMEROUN SA.

La prochaine étape consistait à l'acquisition de 198 images des échantillons à l'aide d'un microscope optique suivi d'une analyse statistique des descripteurs de textures.

c) Résultats

Le coefficient de corrélation Energie-viscosité est de 0.9843

2.3.6. AMINOUE DJALIGUE et EDIMO Malloh Eitel, 2019, [21].

Avec pour thème : « **Système de diagnostic à distance d'huile moteur par spectroscopie électronique imagerie numérique** » à l'année académique 2018-2019, l'objectif d'AMINOUE et d'EDIMO est optimiser la durée d'utilisation d'huile moteur en déclenchant la vidange au moment opportun par une étude spectroscopie électronique et imagerie numérique. Pour cela ils ont procédé comme suit.

a) Matériels

- 04 véhicules utilitaires type Autobus tous de marque FORD
- Huile de test : TOTAL QUARTZ 5000 20W50
- Matériels de prélèvement des échantillons (gants, seringues et les flacons)
- Viscosimètre Krebs PCE-RV16
- Spectromètre EF

- Dispositif de titrage calorimétrique
- Un ordinateur
- Le logiciel MATLAB

b) Méthodologie

Dans un premier temps, ils procèdent à la collecte des échantillons d'huiles moteur des quatre véhicules pour des distances parcourues de 0, 3000, 5000 et 7000 km. Ensuite ils ont mesuré la viscosité cinématique, l'indice d'acide (TAN) et la concentration en métaux Fer, Al et Cu dans les laboratoires de Biochimie de la Faculté des Sciences et le CEPAMOQ de l'Université de Douala en utilisant les appareils cités plus haut.



Figure 2.13: Echantillons d'huile et appareil de mesure des propriétés physico-chimique d'huile

Dans un deuxième temps, AMINOUE et EDIMO ont réalisés un système de télémessure avec lequel ils ont procédé à l'acquisition de 54 images de ces huiles échantillonnées avant de passer au traitement de ces images via le logiciel MATLAB.



Figure 2.14: système de télémessure réalisé

c) Résultat

La corrélation entre les paramètres de de texture de Haralick et les paramètres physico chimiques est de 0,9963 pour la corrélation Moyenne-TAN et 0,9971 pour la corrélation énergie-viscosité.

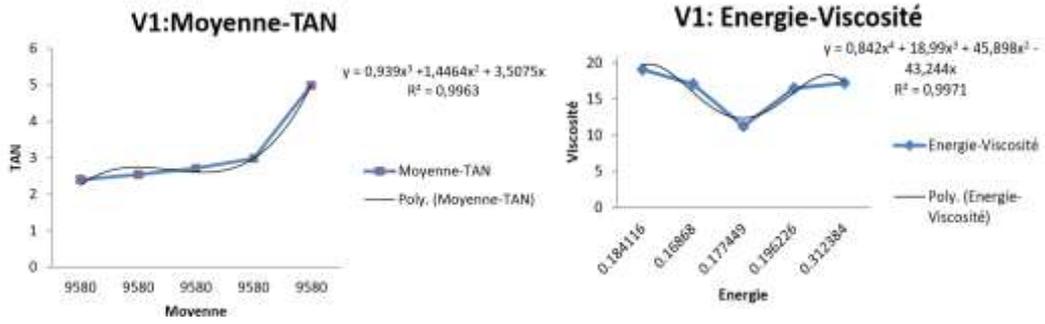


Figure 2.15: Graphs représentatifs des courbes

- Trois des quatre véhicules (V1, V3 et V4) n'atteignent pas leurs limites de vidange à 7000km

2.4.ANALYSE COMPARATIVE DES TRAVAUX EXISTANTS

Tableau 2.3: Analyse comparative des travaux existants (par nos soins)

Auteurs	Ecart de prélèvement d'huile	Nombre de véhicule et nombre d'échantillons	Instruments de mesure utilisés	Paramètre d'huile mesurés	Corrélation laboratoire-analyse de texture d'image	Limites
AGOSTON ET AL			Capteur CCD (Charged Coupled Device)	Viscosité		-Peu précis
TEUMA DJIELA Edouard	Chaque 1000km	01 véhicule 05 échantillons	Viscosimètre à tube capillaire	Viscosité cinématique	98.43%	- Une seule caractéristique et sur un seul véhicule ; - Méthode d'échantillonnage compromettant
JINGAI SHAO AND FOSTER A AGBLEVOR		04 échantillons	Dispositif de titrage calorimétrique (ASTM D664)	Taux d'acidité total (TAN)		-Etude faite sur une seule caractéristique d'huile - Dispositif couteux

MANGOUA MANGOUA Alex Paulin	Chaque 200km	01 véhicule	Viscosimètre à tube capillaire	Viscosité cinématique	99.32%	- Test fait sur une seule caractéristique et sur un seul véhicule ; - Méthode d'échantillonnage compromettant
		13 échantillons				
KENGUE KEMTA Florent	Chaque 500km	01 véhicule	Viscosimètre automatique double fonctions (spectro-visc)	Viscosité cinématique	98.43%	- Test fait sur une seule caractéristique et sur un seul véhicule ; - Méthode d'échantillonnage compromettant.
		11 échantillons				
AMINO DJALIGUE et EDIMO Malloh Eitel	0-3000-5000- 7000km	04 véhicules	Viscosimètre Krebs PCE-RV16 Spectromètre EF Dispositif de titrage calorimétrique.	Viscosité cinématique Teneur en métaux Taux d'acidité total (TAN)	99.63% et 99.71%	-L'étude n'examine pas tous les mécanismes de dégradation d'huile moteur. - Le dispositif expérimental ne présentant pas une embarcation dans l'automobile
		17 échantillons				

CONCLUSION

Nous avons présenté les méthodes d'analyse d'huile au laboratoire où nous avons décrit les appareils et ainsi que les méthodes utilisées pour analyse des propriétés physico-chimique d'huile usagée. Par la suite nous avons présenté les travaux de nos prédécesseurs en détaillant le matériel, les méthodes et leur éventuel résultat suivi d'une synthèse sur les limites de leur travaille. Suite aux remarques des travaux de nous prédécesseurs, nous allons à la prochaine étape étudier en plus de la viscosité, la spectrométrie et le taux d'acidité total (TAN), nous allons prendre en considération d'autre propriété de l'huile à l'instant de la dilution en carburant, la teneur en eau, la teneur en suie, la teneur en sulfate, les particule étrangères et les additifs.

CHAPITRE 3

MATERIELS ET METHODES

Dans ce chapitre il est question pour nous de présenter de l'ensemble du matériel nécessaire et les méthodes utilisées pour aboutir notre étude. Nous allons dans un premier temps présenter les véhicules et ainsi que les caractéristiques d'huile utilisée. Par la suite nous détaillerons le matériel utilisé pour faire le prélèvement. Notre méthodologie commencera par les techniques et précautions à prendre pour effectuer ces prélèvements suivis du protocole d'analyse de ces échantillons au laboratoire. Nous finirons cette partie par la présentation de l'approche texturale utilisé.

3.1. <i>MATERIELS</i>	41
3.1.1. <i>Matériels de prélèvement d'huile</i>	41
3.1.2. <i>Matériels d'analyse d'huile</i>	42
3.1.3. <i>Matériels d'acquisition et de traitement d'images</i>	43
3.2. <i>METHODE</i>	44
3.2.1. <i>Protocole de prélèvement d'huile</i>	45
3.2.2. <i>Protocole d'analyse au Laboratoire</i>	47
3.2.3. <i>Protocole d'acquisition</i>	49
3.2.4. <i>Protocole de traitement des images</i>	50

3.1. Matériels

Réputés dans le transport interurbain des personnes et marchandises, les taxis sont de nos jours très sollicités à cause de leur rapidité et leur ponctualité.

Pour notre étude, nous avons choisi 03 véhicules. Le tableau ci-dessous présente la description de ceux-ci.

Tableau 3.4 : Caractéristiques des véhicules de test

Description	Véhicule 1	Véhicule 2	Véhicule 3
Marque	TOYOTA Yaris	TOYOTA Yaris	TOYOTA Yaris
Moteur	Diesel	Diesel	Diesel
Mise en circulation	12 Février 2006	Février 2005	Juillet 2004
Code attribué	V1_06	V2_05	V3_04

3.1.1. Matériels de prélèvement d'huile

a) Huile de test

Comme huile de test nous avons opté pour l'huile TOTAL RUBIA S 40 (SAE) comparément à ceux de nos prédécesseurs.



- Masse volumique à 15% :885 kg/m³
- Viscosité à 100°C
- Indice de viscosité :100
- Point éclair : >200°C
- Point d'écoulement : -24°C
- TBN :11.2mgKOH/g

Figure 3.15:Caractéristique de l'huile SAE 40 [24].

b) Matériel de prélèvement

- Sachet hermétique

- Fabricant : polyferm

- Dimension :
7.01x8.99x2.01cm

Tube à essai



Figure 3.16 : Sachet hermétique [30]

- **Gang**



- Couleur noire
- Matière : polyamide
- Paume et dos aéré

Figure 3.4: Gang de protection



- Capacité 5ml
- Année : 25/09/2019
- Tube sec sans additif

Figure 3.3: Tube à essais

- **Seringue plastique et tuyau**



- Tuyau de perfuseur stérile
- Seringue 10 ml

Figure 3.5: Seringue de prélèvement

3.1.2. Matériels d'analyse d'huile

Ici nous présentons les appareils d'analyse d'huile utilisé au Laboratoire de Total

a) Viscosimètre automatique à houillon

Le viscosimètre automatique à houillon est appareil qui mesure de manière automatique et avec précision la viscosité des lubrifiants



- D'un réservoir thermo
- 4 tubes à Viscosimètre breveté avec des capteurs optiques
- Un afficheur LCD
- Un tableau de LED
- Faible échantillonnage de 0.3 à 0.6 ml.
- Faible consommation de solvant – 2.5 ml par échantillon.
- Mesure automatique du flux
- Automatisation totale du nettoyage et du séchage.

Figure 3.17 : Viscosimètre automatique à Houillon [33].

b) Le titreur polyvalent Mettler TOLEDO T 70

Le titreur Mettler TOLEDO T70 est un titreur polyvalent qui prend entièrement en charge les titrages volumiques et coulométriques.



- Titreur avec terminal
- Moteur de burette et agitateur magnétique intégrés
- Ecran tactile
- Analyse plusieurs échantillons à la fois

Figure 3.18: Mettler TOLEDO T 70 [34].

c) Spectromètre à émission

Le spectromètre à émission permet de déterminer les particules en métaux dans un lubrifiant



- Domaine : analyse de métaux
- Type : spectromètre à émission
-

Figure 3.19: Spectromètre à émission [35].

3.1.3. Matériels d'acquisition et de traitement d'images

a) Matériels d'acquisition

Pour l'acquisition de notre image nous allons utiliser le microscope digital LCD présenté par la figure ci-dessous



- Ecran :3.5'' , 320X240 pixels
- Poids :1.6kg
- Objectif : 4X, 10X, 40X
- Cable USB : USB Mini 2.0
- Secteur d'adaptateur : Prise universelle 100 à 240Volt 50/60HZ

Figure 3.20: Microscope LCD DIGITAL

b) Matériels de traitement d'image

Comme logiciel de traitement, nous utiliserons MATLAB qui est une plateforme permet le travail interactif soit en mode commande, soit en mode programmation, tout en ayant toujours la possibilité de faire des visualisations graphiques.

S'agissant de l'environnement de traitement nous disposons de l'ordinateur PC de marque HP comme présenté à la figure



- Format : Rar
- Langue : Multi
- Taille : 7.36
- Version : 2015



- HP 250 G7
- Ecran 39,6 cm (15,6'')
- Core i5-4210U
- 4 Go de RAM

Figure 3.22: Logiciel MATLAB

Figure 3.21: Ordinateur pour traitement

3.2.METHODE

Le diagramme figure présente la méthodologie pour notre étude

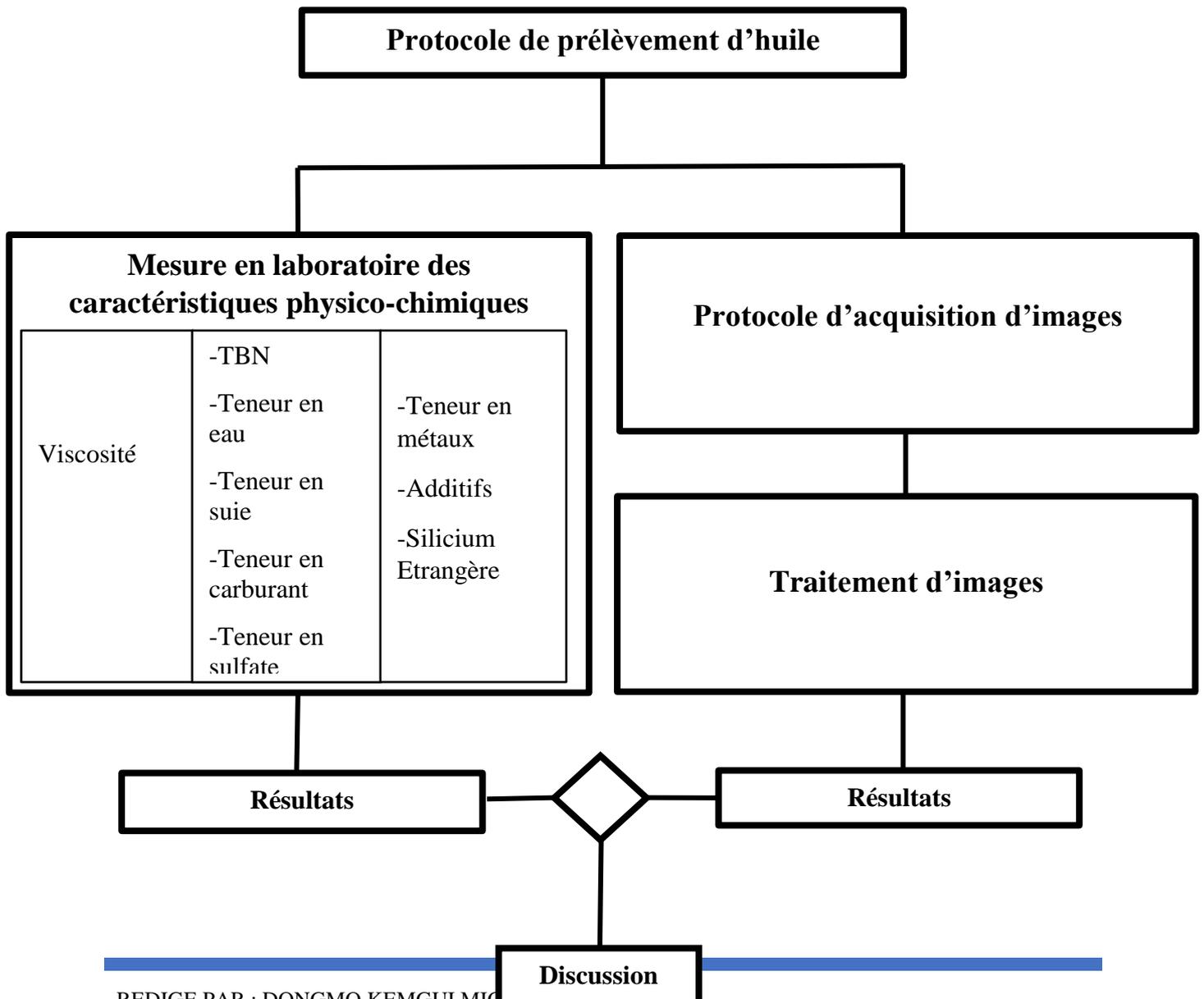


Figure 3.23: Synoptique de la méthodologie

3.2.1. Protocole de prélèvement d'huile

Établir des procédures de prélèvement d'huile simples et efficaces permet d'élaborer un programme d'analyse de l'huile qui soit source de valeur grâce à de meilleures décisions de maintenance.

a) Condition à respecter

Avant tout prélèvement sur un véhicule ou une machine, il est important de respecter les conditions suivantes.

- Le moteur doit être à sa température de fonctionnement (chaud) ;
- Le prélèvement doit s'effectuer sur le même endroit ;
- Le prélèvement doit s'effectuer dans une zone d'écoulement turbulent ;
- Le prélèvement doit se faire avant le filtre ;

b) Choix de la méthode de prélèvement

Comme méthode de prélèvement, nous avons opté pour le **prélèvement par pompe à vide** (seringue + tuyau de raccordement) qui consiste à :

Insérer le tuyau de prélèvement dans l'orifice de la jauge. Soutirer une petite quantité de l'huile à prélever dans le flacon de rinçage afin de rincer tout résidu ayant pu se trouver dans le tuyau. Fixer le flacon d'échantillon à la pompe et le remplir jusqu'au repère des trois quarts [25].

NB : Lors du prélèvement, s'efforcer de faire en sorte que le tuyau n'entre pas en contact avec le fond du carter. Car ce fond contient des cambouis

Pour parvenir à notre étude, nous mesurons la longueur de tuyau par rapport à celle de la jauge. Mesurer le tuyau à la longueur appropriée garantit également qu'il ne s'enroule pas à l'intérieur du carter, au-dessus du niveau d'huile.

c) Technique de prélèvement

Compte tenu du fait que notre prélèvement s'effectue dans la ville de Yaoundé qui est une ville poussiéreuse nous avons opté pour la technique de prélèvement suivante :

Tableau 3.4 : Pratique de prélèvement (adapté à nos soins)

Etape	Pratique	Schéma descriptif
1	Placer le flacon fermé dans un sachet propre à fermeture hermétique et fermer	
2	Avant le prélèvement, retirer le bouchon sans ouvrir le sachet	
3	Visser le flacon sur le dispositif de prélèvement sans ouvrir le sachet	
4	Perforer le sachet avec le tuyau de prélèvement	
5	Sans ouvrir le sachet, reboucher le flacon après prélèvement de l'échantillon	
6	Retirer le flacon bouché du sachet, apposer l'étiquette si nécessaire et jeter le sachet	

d) Date et écart de prélèvement

Tableau 3.5 : Historique de prélèvement des échantillons (pas nos soins)

Echantillons	Véhicule	Kilométrage compteur (Km)	Kilométrage Après (Km)	Distance	Lieu	Date
1	V1_06	179611	181107	1496	Total NSIMEYONG	22/03/2020
	V2_05	214675	216958	1500	Total NSIMEYONG	21/03/2020
	V3_04	269515	270817	1302	Total NSIMEYONG	22/03/2020
2	V1_06	181107	181646	500	Total NSIMEYONG	25/03/2020
	V2_05	216234	216958	724	Total NSIMEYONG	26/03/2020

	V3_04	270818	271923	1106	Total NSIMEYONG	25/03/2020
3	V1_06	181646	182257	611	Total NSIMEYONG	28/03/2020
	V2_05	216958	217966	1008	Total NSIMEYONG	28/03/2020
	V3_04	271923	272928	1005	Total NSIMEYONG	28/03/2020
4	V1_06	182257	183593	1336	Total NSIMEYONG	30/03/2020
	V2_05	217966	218728	762	Total NSIMEYONG	30/03/2020
	V3_04	272928	273770	842	Total NSIMEYONG	30/03/2020
5	V1_06	183593	184287	694	Total NSIMEYONG	03/04/2020
	V2_05	218728	219960	1232	Total NSIMEYONG	03/04/2020
	V3_04	273770	275047	1277	Total NSIMEYONG	03/04/2020

3.2.2. Protocole d'analyse au Laboratoire

Pour l'analyse de nos échantillons huiles, nous avons sollicité l'entreprise ANAC - TOTAL CAMEROUN SA situé à la RUE Cité Chardy car celle-ci possède des appareils très sophistiqués permettant de mesurer la majorité des caractéristiques des huiles usagées.

a) Mesure de la viscosité d'huile

Pour la mesure de la viscosité cinématique de l'huile usagées, nous avons utilisé le viscosimètre automatique à houillon qui est un calculateur semi-automatique de la viscosité cinématique à température constante pour l'analyse des lubrifiants usagés ou neufs. Résultats conformes aux normes ASTM D445, D446, D7279, IP 71 et ISO 3104.

Utilisation

La procédure d'analyse commence avec l'injection de moins de 1 ml par l'opérateur dans le tube de mesure. Avant le passage jusqu'au capillaire, l'échantillon se met à température du bain, est stocké dans le réservoir horizontal du tube. La mesure commence lorsque la colonne d'huile atteint le premier capteur optique. La LED « BUSY » (occupé) du tube s'allume indiquant que la mesure a commencé. L'échantillon d'huile continue son voyage vers le capillaire. Le système stoppe la mesure lorsque l'échantillon passe devant le deuxième capteur optique. A ce même moment, la viscosité cinématique du tube est affichée sur l'écran LCD, ou en option, sur l'ordinateur ou l'imprimante.

Immédiatement après la remise des informations, le système commence automatiquement le cycle de nettoyage, d'abord, conformément aux instructions de l'opérateur, par l'envoi du solvant en injection consécutive, puis par le séchage du tube. Un deuxième système d'injection de solvant peut être disponible pour les échantillons difficiles ou excessivement contaminés.

b) Mesure des teneurs

Via un titreux polyvalent du nom de **Mettler Toledo T70 associé** titrage spécial, appelé Karl Fischer ce protocole permet de déterminer plusieurs paramètres, notamment :

- La mesure de la TBN ;
- La mesure de la teneur en eau ;
- La mesure de la teneur en suie ;
- La mesure de la teneur en carburant ;
- La mesure de la teneur en sulfate.

Utilisation

La détermination de la quantité d'une substance spécifique (analyte) figurant dans un échantillon est faite par ajout, de manière contrôlée, d'un réactif (titrant) de concentration connue sur la base d'une réaction chimique complète entre la substance et le réactif.

En outre la mesure en teneur d'eau quant à elle a été faite par la méthode KF dite Karl Fischer basée sur l'oxydation du dioxyde de soufre par l'iode dans une solution d'hydroxyde de méthanol.

c) Mesure des particules

La mesure de la teneur en métaux s'est faite avec un spectromètre à émission et ces résultats sont donnés en ppm (particule par million)

✚ Fonctionnement

On verse une quantité d'échantillon à analyser dans le bocal, cet échantillon est par la suite envoyé dans le nébuliseur qui fonctionne avec de l'air comprimé. Dans le nébuliseur il est vaporisé puis envoyé dans la flamme qui fonctionne avec un gaz. Dans la flamme les électrons sont excités, il y a donc émission jusqu'au filtre qui sélectionne les ondes caractéristiques de l'atome étudié. La lumière est ensuite transmise dans une cellule photoélectrique qui transforme la en signal électrique dont on va pouvoir mesurer l'intensité grâce à un écran de mesure.

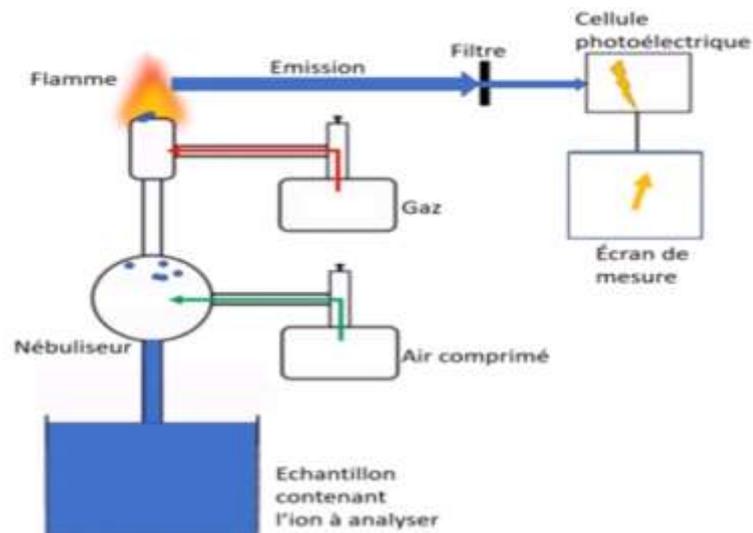


Figure 3.24: Schema fonctionnel du spectromètre à émission

3.2.3. Détermination du facteur de dégradation prépondérant

Il sera question pour nous dans cette section de calculer la tendance des courbes (pente) de toutes les propriétés physico-chimiques mesuré au laboratoire et d'en sortir celle(s) qui auront une très tendance (pente).

3.2.4. Protocole d'acquisition

Comme nous l'avons présenté plus haut, l'acquisition de nos images se fera au Microscope Digital LCD par la procédure suivante :

a) Mise en marche du microscope

- Brancher le microscope à une source d'énergie ;
- Allumer l'interrupteur illuminateur à la position correspondante ;

- Mettre en marche le microscope en maintenant sur le bouton d'allumage jusqu'à apparition de la lumière rouge ;
- Après l'allumage du microscope trois proposition s'affiche dans l'écran d'accueil, choisir **camera** ;
- Nous plaçons deux à trois gouttes d'huile sur notre lame de frottis et la faire gagner la surface de la lame au point de la rendre la plus fine possible ;
- Après tous ça, nous procédons à la capture des images.

b) Acquisition des images

Notre microscope digital offre trois angles de capture variable (4X, 10X et 40X) de ce fait, nous allons pour chaque échantillon faire :

- 5 captures en 4X
- 5 captures en 10X
- 5 captures en 40X

3.2.5. Protocole de traitement des images

Pour au mieux calculer les paramètres de texture sur les images issues des échantillons d'huile moteur, nous considèrerons que tous les véhicules ont les mêmes âges afin de mieux observer la dégradation de l'huile par rapport au kilométrage.

a) Les matrices de cooccurrences et les indices d'Haralick

Du fait de leur richesse en information de texture, les matrices de cooccurrences sont devenues les plus connues et les plus utilisées pour extraire ces caractéristiques de textures.

Elles estiment des propriétés des images relatives à des statistiques de second ordre.

Une matrice de cooccurrence mesure la probabilité d'apparition des paires de valeurs de pixels situés à une certaine distance dans l'image. Elle est basée sur le calcul de la probabilité $P(i, j, \delta, \theta)$ qui représente le nombre de fois où un pixel de niveau de couleur i apparaît à une distance relative δ d'un pixel de niveau de couleur j et selon une orientation θ [28].

Dans son article "Textural features for image classification", Haralick introduit quatorze attributs de texture extraits des matrices de cooccurrences. Dans la suite de notre travail, nous intéresserons sur les 08 premiers paramètres.

- **L'énergie**

$$f_1 = \sum_i \sum_j (P_{ij}(\delta, \theta))^2 \quad 3.1$$

L'énergie mesure l'uniformité de la texture. Il atteint de fortes valeurs lorsque la distribution des niveaux de gris est constante ou de forme périodique. Dans ce dernier cas, les valeurs élevées d'énergie sont obtenues pour les matrices $P(\delta, \theta)$ lorsque (δ, θ) correspond à la période.

- **Contraste**

$$f_2 = \sum_i \sum_j ((i - j)^2 P_{ij}(\delta, \theta)) \quad 3.2$$

Le contraste mesure les variations locales, si ces variations sont importantes, alors le contraste sera élevé. La valeur en est d'autant plus élevée que la texture présente un fort contraste. Ce paramètre est fortement non corrélé à l'énergie.

- **Corrélation**

$$f_3 = (\sum_i^{Ng} \sum_j^{Ng} (ij) P_{ij}(\delta, \theta) - \mu_x \mu_y) / \sigma_x \sigma_y \quad 3.3$$

Où μ_x, μ_y, σ_x et σ_y sont respectivement les moyennes et les écarts type de p_x et p_y . La corrélation est le paramètre permettant de déterminer si certaines colonnes de la matrice sont égales, c'est-à-dire s'il existe des dépendances linéaires dans l'image. En effet, plus les valeurs sont uniformément distribuées dans la matrice de cooccurrences et plus la corrélation est importante. La corrélation n'est corrélée ni à l'énergie, ni à l'entropie.

- **Variance et écart type**

$$f_4 = (\sum_i^{Ng} \sum_j^{Ng} (i - \mu)^2 P_{ij}(\delta, \theta)) \quad 3.4$$

$$f_5 = \sqrt{(\sum_i^{Ng} \sum_j^{Ng} (i - \mu)^2 P_{ij}(\delta, \theta))} \quad 3.5$$

La variance mesure l'hétérogénéité de la texture. Elle augmente lorsque les niveaux de gris diffèrent de leur moyenne. La variance est indépendante du contraste.

- **Moment différentiel inverse (Homogénéité)**

$$f_6 = (\sum_i^{Ng} \sum_j^{Ng} (i - \mu)^2 P_{ij}(\delta, \theta)) / 1 + (i - j)^2 \quad 3.6$$

Ce paramètre a un comportement inverse de celui du contraste. En effet, plus la texture possède de régions homogènes et plus le moment différentiel inverse est élevé.

- **Moyenne des sommes**

$$f_7 = \sum_j^{2Ng} iP_{x+y}(i) \quad 3.7$$

- **Entropie**

$$f_8 = -\sum_i^{Ng} \sum_j^{Ng} P_{ij}(\delta, \theta) \log(P_{ij}(\delta, \theta)) \quad 3.8$$

L'entropie mesure la complexité de l'image. Lorsque les valeurs de la matrice de cooccurrences sont presque toutes égales, l'entropie est élevée. Elle permet ainsi de caractériser le degré de granulation de l'image. En effet, plus la valeur de l'entropie est grande et plus la granulation est grossière. L'entropie est faible si on a souvent les mêmes couples de pixels. C'est un indicateur de désordre. L'entropie atteint de fortes valeurs lorsque la texture est complètement aléatoire (sans structure apparente). Elle est fortement corrélée (par l'inverse) à l'énergie [26], [27].

b) Méthode de la courbe de corrélation

Nous allons ici relier les caractéristiques physico-chimiques d'huile moteur aux paramètres de texture de son image numérique. A cet effet nous avons déployé 33 expériences à extraire de notre système et 12 ont été mises à contribution pour évaluer la performance de celui-ci.

c) Synoptique de la méthode

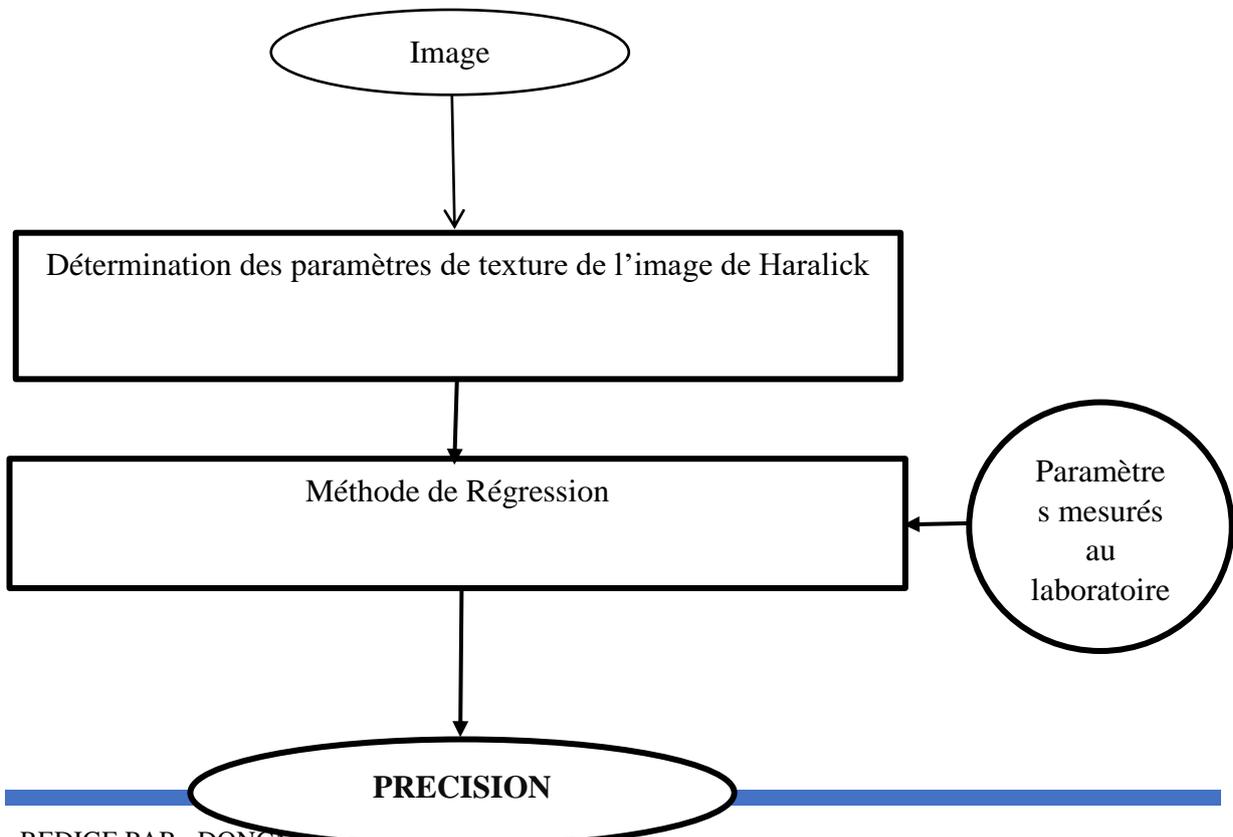


Figure 3.25 : Synoptique de la méthode

Conclusion

Il était question pour nous dans ce chapitre de présenter l'ensemble du matériel et la méthode employée pour aboutir à l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques en laboratoire et les paramètres de texture d'image. A la fin de ce chapitre nous avons présenté la méthodologie qui permettra de lier les caractéristiques physico-chimiques de l'huile aux paramètres de texture choisis.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans ce chapitre, il est question pour nous de présenter les résultats physico-chimiques obtenus au laboratoire et les résultats de traitement d'image suivi des discussions liées aux résultats.

<i>4.1. Résultats des analyses physico-chimiques</i>	<i>55</i>
<i>4.1.1. Résultats sur la viscosité.....</i>	<i>55</i>
<i>4.1.2. Résultats de la TBN.....</i>	<i>55</i>
<i>4.1.3. Résultats sur la Teneur en Suie.....</i>	<i>56</i>
<i>4.1.4. Résultats sur la teneur en Cendre Sulfatée</i>	<i>57</i>
<i>4.1.5. Résultats sur la teneur en eau et en carburant</i>	<i>57</i>
<i>4.1.6. Résultats du Silicium étranger</i>	<i>58</i>
<i>4.1.7. Résultats sur les particules d'usure en métaux.....</i>	<i>58</i>
<i>4.1.8. Résultats sur les additifs</i>	<i>60</i>
<i>4.1.9. Facteur de dégradation prépondérant.....</i>	<i>61</i>

4.2.	<i>Paramètres de texture et grossissement</i>	62
4.3.	<i>Corrélation caractéristiques physico-chimiques et paramètre de texture</i>	66
4.3.1.	<i>Grossissement à 4X énergie-viscosité</i>	66
4.3.2.	<i>Grossissement à 10X énergie-viscosité</i>	67
4.3.3.	<i>Grossissement à 40X énergie-viscosité</i>	68
4.3.4.	<i>Grossissement à 4X Energie-TBN</i>	70
4.3.5.	<i>Grossissement à 10X Energie-TBN</i>	71
4.3.6.	<i>Grossissement à 40X Energie-TBN</i>	72
4.3.7.	<i>Discussion</i>	74
	<i>Conclusion</i>	74

4.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Nous allons présenter de manière systématique sous forme de tableau et classé par groupe les résultats d'expérience au laboratoire.

4.1.1. Résultats sur la viscosité

Tableau 4.5: Viscosité à 100°C

Kilométrage		0	1000	2000	3000	4000	5000	Viscosité constructeur	
								max	Min
Viscosité à 100°C en mm ² /s	V1_06	13.2	14.7	15.0	15.1	15.2	15.5	16.3	12.5
	V2_05	13.2	14.9	15.8	16	16.1	16.2		
	V3_04	13.2	14.7	15.3	15.4	15.4	15.6		

a) Discussion

Sur le tableau 4.1, nous observons que la viscosité augmente avec le nombre de kilométrage parcouru, par ailleurs, dans le véhicule V2_05 on constate que la viscosité devient élevée et tend à atteindre le seuil déclencheur de vidange et pour des raisons de sécurité il est recommandé de vidanger ce véhicule.

L'élévation de la viscosité du véhicule V2_05 est dû à la surchauffe du moteur causé par le système de refroidissement ou une trop forte présence de particule en carbone, conséquence d'une mauvaise combustion. Il sera recommandé de vérifier le circuit de refroidissement du véhicule en question.

4.1.2. Résultats de la TBN

Tableau 4.6: Résultats TBN laboratoire

Kilométrage		0	1000	2000	3000	4000	5000	TBN constructeur	
								Max	Min
TBN en mgKOH/g	V1_06	11.2	10.4	9.6	10.1	11.0	9.5	14	10
	V2_05	11.2	9.8	10.0	10	11.8	9.1		
	V3_04	11.2	10.0	9.6	10.7	11.0	10.2		

a) Discussion

Le tableau 4.2, présente l'évolution de la TBN en fonction du km. Sur les véhicules V1_06 et V2_05 nous constatons une baisse considérable de la TBN à partir de 5000km.

Un grand nombre d'additifs utilisés dans les huiles moteurs contiennent des matériaux alcalins destinés à neutraliser les produits acides provenant de la combustion.

La baisse de la TBN dans les véhicules V1_06 et V2_05 peut indiquer une diminution de la capacité de l'huile à neutraliser l'acidité ou un épuisement d'additifs. Il est donc impératif de vidanger ces moteurs ou d'en ajouter une quantité d'huile neuve [33] sans pourtant dépasser le niveau d'huile normale prescrit par le constructeur.

4.1.3. Résultats sur la Teneur en Suie

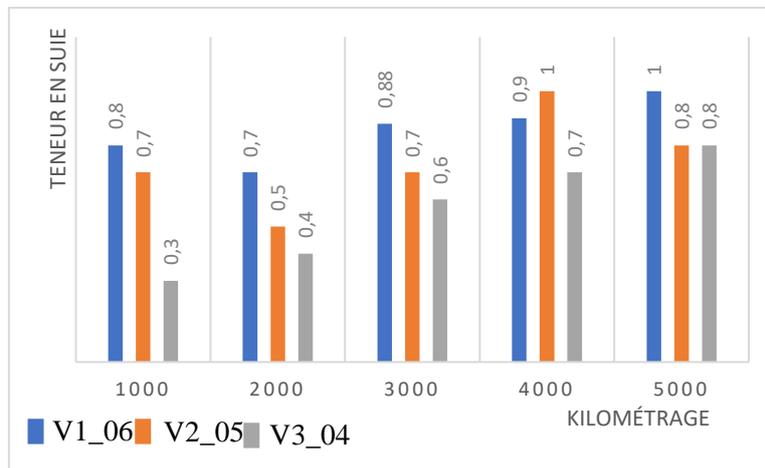


Figure 4.26: Graphe teneur en suie V1_06, V2_05 et V3_04

a) Discussion

Les *figures 4.1* représente le graphe de la teneur en suie en fonction du nombre de kilométrage. Nous constatons que plus le kilométrage augmente, plus la teneur en suie augmente aussi.

Dans les normes on s'attend toujours à avoir une teneur très faible, mais dans les moteur Diesel des quantités excessives de suies peuvent être produites par une suralimentation, de mauvaises températures de combustion, un régime de fonctionnement bas, des systèmes d'arrivée et d'échappement encrassés et des turbocompresseurs défectueux.

Les teneurs en suie mesuré en laboratoire sont < 2% d'où cette teneur ne pourra pas déclencher la vidange dans le cas de nos moteurs.

4.1.4. Résultats sur la teneur en Cendre Sulfatée

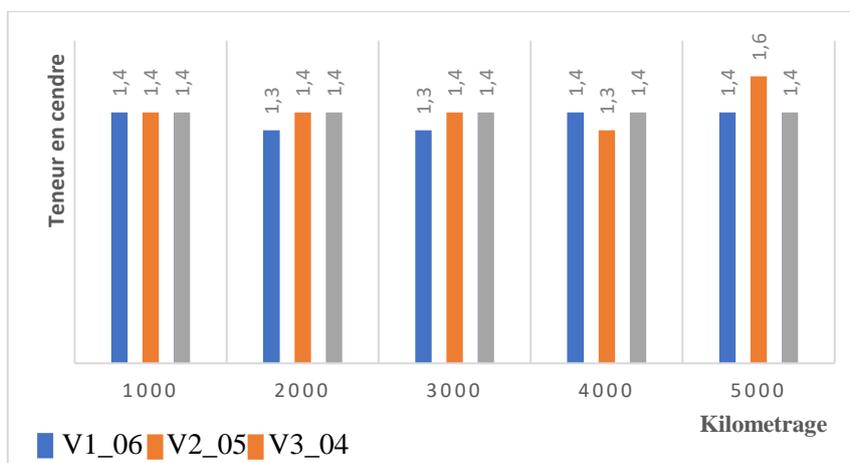


Figure 4.27 : Courbes de la teneur en sulfate des véhicules V1_06, V2_05 et V3_04

a) Discussion

La figure 4.2 présente les courbes de la teneur en cendre de sulfate en fonction du kilométrage parcouru, on observe que les valeurs de cendre varient entre 1.3 à 1.6.

La cendre sulfatée étant le résidu calciné et traité à l'acide sulfurique puis chauffé à 775°C jusqu'à évaporation totale, les cendres ne devraient pas être présentes en quantités élevées dans les huiles. La quantité des additifs ajoutés doit être dosée selon leurs limites d'efficacités, sinon ils obstruent les filtres à particules causant cycles de régénération rapprochés, surconsommation de carburant et perte de performance du moteur.

4.1.5. Résultats sur la teneur en eau et en carburant

Tableau 4.7 : Résultats teneur en eau et en carburant

Kilométrage		0	1000	2000	3000	4000	5000
Teneur en eau %	V1_06	0	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
	V2_05	0	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
	V3_04	0	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
Teneur en carburant %	V1_06	0	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
	V2_05	0	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
	V3_04	0	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5

a) Discussion

D'après le **Tableau 4.3**, nous observons que les valeurs des teneurs en eau et en carburant sont constantes et sont respectivement inférieure à 0.7 et 1.5.

On ne s'attend pas à avoir de l'eau dans l'huile car à une valeur élevée (+0.8%) l'on observera l'**hydrolyse** (décomposition chimique de l'huile sous l'action de l'eau) et le **lessivage par eau** (élimination matérielle des additifs de l'huile) ce qui déclenchera la vidange. Mais la présence de l'eau à très faible pourcentage est dû à une mauvaise manipulation lors de la vidange ou lors des entretiens périodiques.

En ce qui concerne la teneur en carburant, si elle excède un pourcentage 1.5, cela pourra diminuer considérablement la viscosité et affaiblit la détergence. Dans ce cas, elle ne déclenchera pas seulement la vidange mais indiquera des problèmes mécaniques potentiels.

4.1.6. Résultats du Silicium étranger

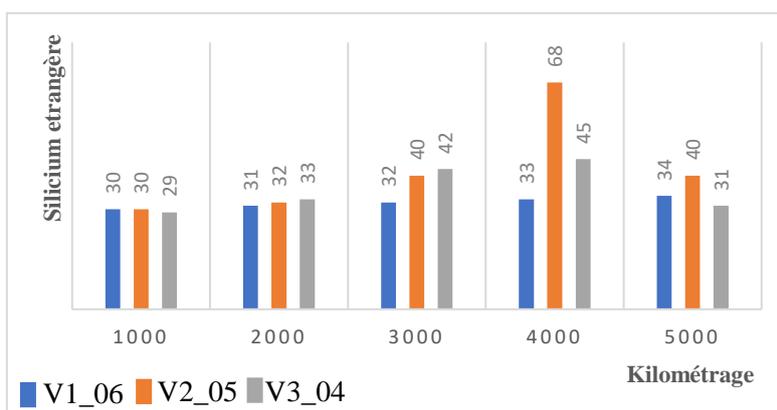


Figure 4.28 : Graphe Silicium étranger des véhicules V1_06, V2_05 et V3_04

a) Discussion

D'après les figures 4.3, nous observons une augmentation accrue de Silicium au-delà de 3000 kilomètres de fonctionnement qui dépasse les 30 ppm (valeur maximale autorisée).

La cause majeure de la présence importante du silicium étrangère (corps étrangère) provient le plus souvent d'un défaut de filtration de l'air.

4.1.7. Résultats sur les particules d'usure en métaux

Tableau 4.8 : Résultats particules en métaux

Véhicule	Teneur métaux en ppm	1000	2000	3000	4000	5000
V1_06	Fer	26	28	27	23	28
	Plomb	12	12	12	12	12
	Cuivre	2	2	2	2	2
	Étain	1	1	1	1	1
	Chrome	2	2	2	2	3
	Aluminium	13	14	14	13	14
	Nickel	1	1	1	1	1
V2_05	Fer	23	25	25	29	27
	Plomb	1	1	1	3	1
	Cuivre	2	2	3	2	2
	Étain	1	1	1	1	1
	Chrome	2	2	2	2	2
	Aluminium	5	7	8	11	8
	Nickel	1	1	1	1	1
V3_04	Fer	21	23	32	29	37
	Plomb	1	1	1	1	1
	Cuivre	1	1	1	2	3
	Étain	1	1	1	1	1
	Chrome	1	1	1	2	3
	Aluminium	8	10	11	12	15
	Nickel	1	1	1	1	1

a) Discussion

Le tableau 4.4, illustre les particules en métaux (fer, plomb, cuivre, étain, aluminium, nickel et chrome) présent dans l'huile moteur.

Dans le véhicule V1_06, nous constatons des particules élevées en fer, plomb et aluminium tandis que dans les deux autres véhicules V2_05 et V3_04 les particules importantes

en fer et en aluminium y sont présentes et une faible teneur en chrome sur le véhicule V3_04 à 4000km.

Les organes du moteur étant en perpétuel mouvement, il y a arrachement de la matière bien que l'huile soit présente entre ces organes. C'est normal d'avoir ces particules dans l'huile mais si elles s'avèrent importantes cela sera dû à un problème.

- La présence d'aluminium dans l'huile est une usure importante des organes moteur à base de ce matériau comme les pistons, les bagues de coussinet et les paliers du vilebrequin.
- La teneur importante du fer est la cause d'usure des organes tels que les chemises, le piston, l'arbre à cames.
- L'usure des segments conduit à la présence du chrome dans l'huile.
- Le plomb dans le véhicule V1_06 montre l'usure prolongée des paliers du vilebrequin.

4.1.8. Résultats sur les additifs

Tableau 4.9: Résultat sur les additifs d'huile moteur

Véhicule	Additifs en ppm	1000	2000	3000	4000	5000
V1_06	Calcium	3608	3403	3571	3547	3520
	Zinc	1450	1307	1392	1325	1300
	Phosphore	1258	1165	1016	968	1001
	Magnésium	17	17	17	17	17
	Sodium	5	4	3	2	3
V2_05	Calcium	3904	3671	3451	3475	4047
	Zinc	1351	1152	1203	1123	1294
	Phosphore	1106	924	1000	1175	966
	Magnésium	32	29	26	24	32
	Sodium	4	3	4	4	4
V3_04	Calcium	3730	3556	3519	3651	3702
	Zinc	1298	1094	1094	1095	1121
	Phosphore	1145	1059	935	847	815
	Magnésium	25	15	16	17	19

	Sodium	5	4	4	2	3
--	---------------	----------	----------	----------	----------	----------

a) Discussion

Nous constatons sur le tableau 4.5 une variation des additifs en fonction du kilométrage et du véhicule.

4.1.9. Facteur de dégradation prépondérant

Ici nous allons calculer le facteur de dégradation en se basant sur la pente (a) de l'évolution en kilométrage de chaque caractéristique physico-chimique mesuré au laboratoire.

Tableau 4.10: Tableau des facteurs de dégradation

Paramètres	Facteur de dégradation (a)
Viscosité V2_05	0.00046857
TBN V1_06	0.00017714
% en suie V1_06	0.00015657
% en sulfate V2_05	3E-05
Teneur en Silicium V2_05	0.0092
Particule en Fer V3_04	0.0038
Particule en Aluminium V3_04	0.0016
Additif Calcium V3_04	0.0039
Additif zinc V3_04	0.0353
Additif phosphore V3_04	0.0872

a) Discussion

Le **tableau 4.6** présente le facteur de dégradation des caractéristiques physico-chimique en fonction du nombre de kilométrage. Nous avons retenu pour chaque caractéristique les valeurs les plus élevées ainsi que le véhicule correspondant à la valeur.

- Le paramètre ayant le facteur de dégradation le plus élevé est **l'additif d'huile phosphore** correspondant au véhicule V3_04. Et cela se justifie par le fait que le véhicule V3_04 est le plus ancien des véhicules. De plus, nous observons toujours des

facteurs dégradation des particules en métaux appartenant au même véhicule, ce qui est preuve d'usure prolongé du fait de l'âge.

- Quant aux caractéristiques propres à l'huile, nous constatons que la viscosité du véhicule V2_05 à un facteur de dégradation important.

4.2. Paramètres de texture et grossissement

Ici, nous allons présenter sous forme de tableau les paramètre de texture d'Haralick que nous allons associer sous forme d'expérience au grossissement

Tableau 4.11: Paramètres de texture et grossissements

Grossissement	Expérience	Kilométrages	Contraste	Corrélation	Ecart type	Energie	Entropie	Homogénéité	Moyenne	Variance
4X	1	0-3000	0.0223694	0.95898	1.38E+12	0.477129	0.99718	0.98938	153520	1.91E+24
	2		0.0214488	0.963061	1.41E+12	0.480937	0.696212	0.990852	153520	1.99E+24
	3									
	4		0.0347455	0.937318	1.78E+12	0.525456	0	0.986345	153520	3.18E+24
	5		0.0225954	0.943755	2.45E+12	0.62876	0.78556	0.990324	153520	6.02E+24
	6		0.0165304	0.968996	2.03E+12	0.560427	0	0.994331	153520	4.11E+24
	7		0.0263032	0.951154	1.69E+12	0.51732	0.200622	0.988721	153520	2.87E+24
	8									
	9		0.0390932	0.931956	1.45E+12	0.482226	0	0.982833	153520	2.10E+24
	10									
	11	4000-5000	0.0221921	0.962092	1.40E+12	0.486679	0.200622	0.991045	153520	1.95E+24
	12		0.0067764	0.941616	4.24E+12	0.993848	0	0.999335	153520	1.80E+25
	13		0.00673487	0.941401	4.24E+12	0.993949	0	0.999347	153520	1.80E+25
	14									
	15		0.00721343	0.939584	4.24E+12	0.993731	0	0.999295	153520	1.80E+25
		0-3000	0.0172518	0.843767	4.02E+12	0.943642	0.200622	0.993521	153520	1.61E+25
	2		0.00863304	0.930565	4.22E+12	0.989685	0	0.998451	153520	1.78E+25
	3									
	4		0.015373	0.961553	4.15E+12	0.972729	0	0.998545	153520	1.72E+25

Etude de la dégradation d'huile de lubrification moteur par analyse d'images

10X	5		0.00732234	0.939841	4.23E+12	0.992459	0	0.999004	153520	1.79E+00
	6		0.0604325	0.838516	2.61E+12	0.645651	0	0.97211	153520	6.81E+24
	7		0.0070284	0.938444	4.24E+12	0.993985	0	0.999329	153520	1.80E+25
	8									
	9		0.00698118	0.938935	4.24E+12	0.99391	0	0.999329	153520	1.80E+25
	10		4000-5000							
	11	0.00694331		0.939461	4.24E+12	0.993921	0	0.999339	153520	1.80E+25
	12	0.00689812		0.941078	4.24E+12	0.993833	0	0.999323	153520	1.80E+25
	13	0.00731664		0.938522	4.24E+12	0.993774	0	0.999305	153520	1.80E+25
	14									
15	0.00741658	0.937945		4.24E+12	0.993754	0	0.999295	153520	1.80E+25	
40X	1	0-3000	0.0068798	0.940601	4.24E+12	0.993884	0	0.999335	153520	1.80E+25
	2		0.00679227	0.942685	4.24E+12	0.99378	0	0.999326	153520	1.80E+25
	3									
	4		0.00669782	0.943639	4.24E+12	0.993746	0	0.999323	153520	1.80E+25
	5		0.00679879	0.941557	4.24E+12	0.99387	0	0.999335	153520	1.80E+25
	6		0.00649223	0.941793	4.24E+12	0.994104	0	0.999377	153520	1.80E+25
	7		0.00620155	0.942356	4.24E+12	0.994247	0	0.999413	153520	1.80E+25
	8									
	9	0.00712733	0.939043	4.24E+12	0.993842	0	0.999313	153520	1.80E+25	
	10		4000-5000							
	11	0.00749414		0.938314	4.24E+12	0.993672	0	0.999276	153520	1.80E+25
	12	0.00672245		0.941968	4.24E+12	0.993879	0	0.999345	153520	1.80E+25
	13	0.00692092		0.940283	4.24E+12	0.993872	0	0.99933	153520	1.80E+25
	14									
	15	0.00721404		0.940324	4.24E+12	0.993669	0	0.999294	153520	1.80E+25

Les expériences 1-2-5-6-7-9-11-12-13-15 pour les grossissements 4X, 10X et 40X ont servi à l'entraînement du système. Les cases noircis correspondant aux expériences 3-8-10-14 pour 4X, 10X et 40X ont servi au test de notre système.

4.3. Corrélation caractéristiques physico-chimiques et paramètre de texture

Dans cette section, nous allons calculer et présenter la corrélation entre les caractéristiques du laboratoire et les paramètres de texture en fonction du grossissement et de la plage de kilométrage (0 à 3000 km et 4000 à 5000 km). Les résultats des travaux de TEUMA [18], MANGOUA [19] et KENGUE [20] ont souligné le paramètre physico-chimique qu'est la viscosité comme prépondérant. Motivation qui devient notre à le considérer pour étudier la dégradation de notre huile de lubrification moteur. Dans le souci d'une meilleure corrélation, les travaux d'AMINOUE et EDIMO [21] ont souligné l'énergie comme paramètre d'Haralick prépondérant raison de notre choix d'orientation vers le même paramètre.

4.3.1. Grossissement à 4X énergie-viscosité

a) Grossissement 4X dans l'intervalle [0-3000 km]

La figure suivante présente la courbe énergie-viscosité.

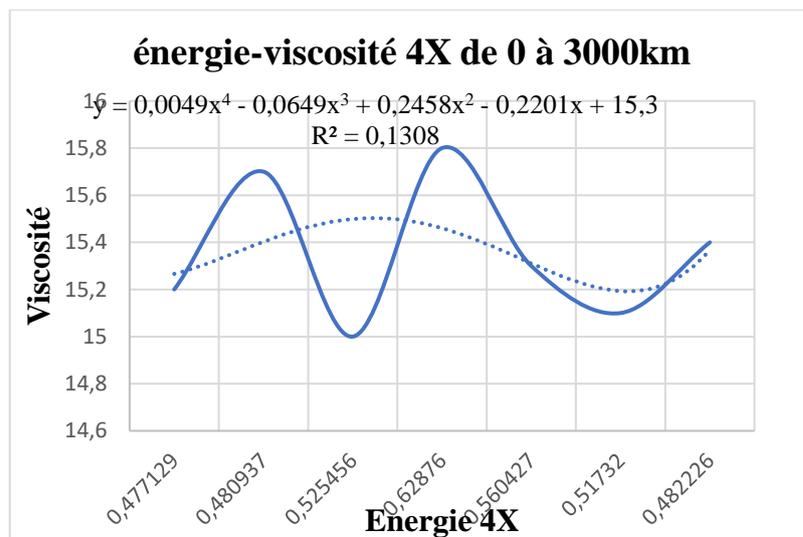


Figure 4.29: Courbe corrélation énergie-viscosité 4X de 0 à 3000km

Tableau 4.12 : Précision corrélatrice à la corrélation énergie-viscosité 4X de 0 à 3000km

Energie (x)	Image y (x)	Valeur laboratoire	Erreur	Moyenne de l'erreur	Précision
0.467205	15.444	14.7	77.4	76.55	22.68
0.51732	15.243	16	75.7		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système nous permet d'avoir une précision **P=22.68%** pour le grossissement à 4X dans l'intervalle 0 à 3000km.

b) Grossissement 4X dans l'intervalle [4000-5000 km]

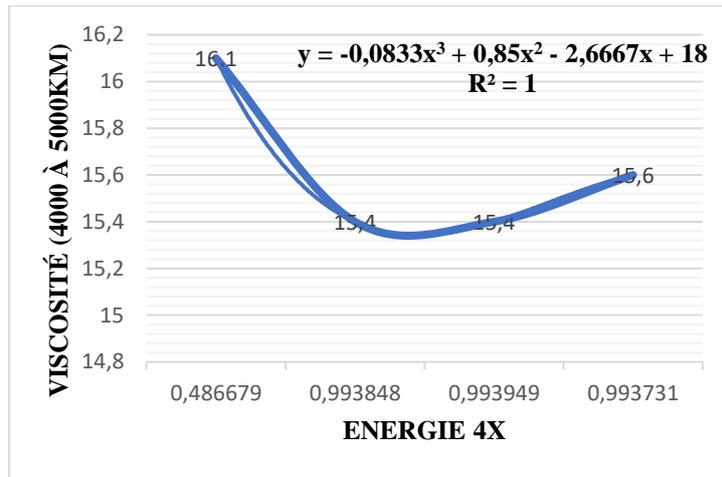


Figure 4.30: Corrélation viscosité-énergie à 4X entre 4000 et 5000km au polynôme

Tableau 4.13 : Précision corrélative à la corrélation énergie-viscosité 4X de 4000 à 5000km

Energie (x)	Image y (x)	Valeur laboratoire	Erreur	Moyenne erreur	Précision
0.99379	16.10757	15.2	90.7	0.5	50
0.993903	16.1074	16.2	09.3		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage 4000 à 5000km nous permet d'avoir une précision **P=50%**.

4.3.2. Grossissement à 10X énergie-viscosité

a) Grossissement à 10X dans l'intervalle 0 à 3000km

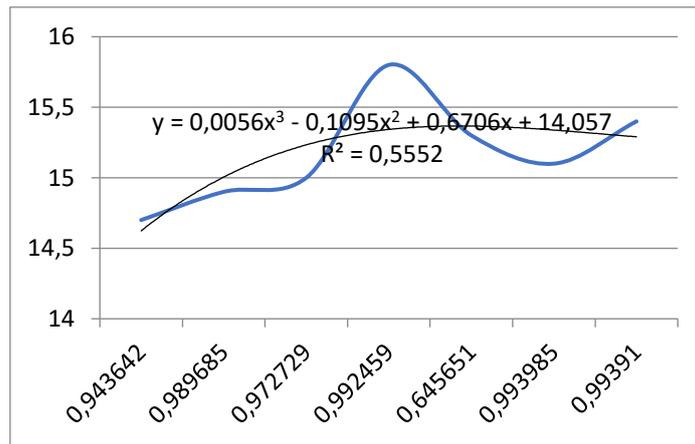


Figure 4. 31: Corrélation viscosité-énergie à 10X de 0 à 3000km

Tableau 4.14 : Précision corrélative à la corrélation énergie-viscosité 10X de 0 à 3000km

Energie (x)	Image y (x)	Valeur laboratoire	Erreur	Moyenne erreur	Précision
0.992792	14.732	14.7	03.2	64.6	35.4
0.993884	14.732	16	12.6		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 0 à 3000km nous permet d'avoir une précision **P=35.4%**

b) Grossissement à 10X dans l'intervalle 4000 à 5000km

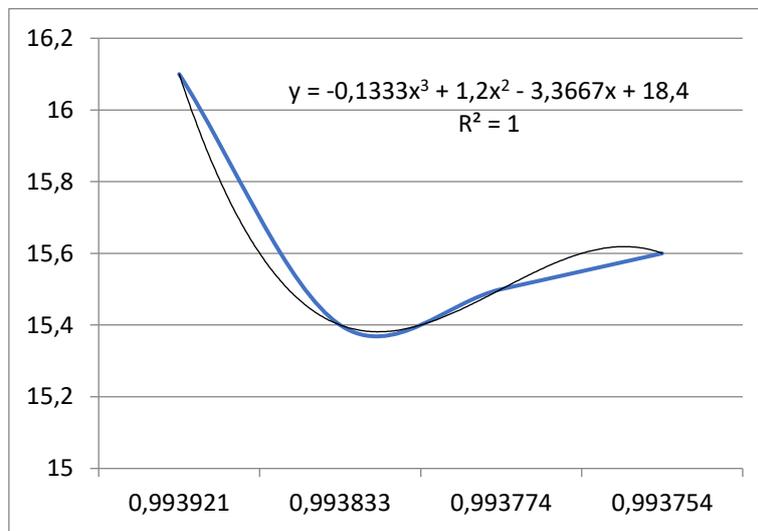


Figure 4.32: Corrélation viscosité-énergie à 10X entre 4000 et 5000km

Tableau 15:Précision corrélative à la corrélation énergie-viscosité 10X de 4000 km à 5000km

Energie (x)	Image y(x)	Valeur laboratoire	Erreur	Moyenne erreur	Précision
0.993693	16.1086	15.2	90	49.9	50.1
0.993922	16.1083	16.2	09.1		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 4000 à 5000km nous permet d'avoir une précision **P=50.1%** au grossissement 10X.

4.3.3. Grossissement à 40X énergie-viscosité

a) Grossissement à 40X dans l'intervalle 0 à 3000km

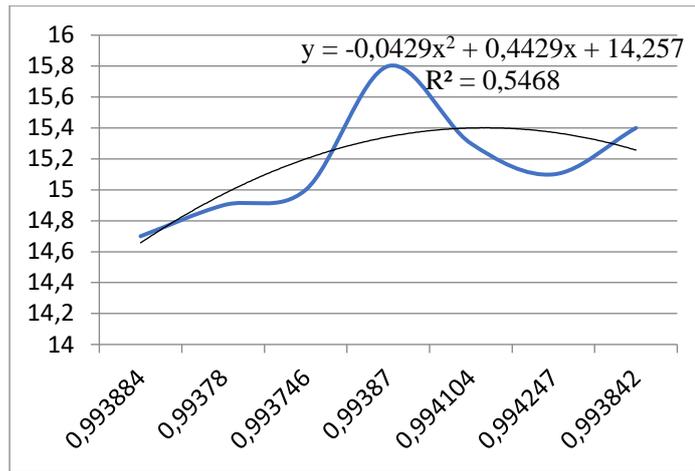


Figure 4.33 : Corrélation viscosité-énergie à 40X entre 0 à 3000km

Tableau 4.16 : Précision corrélative à la corrélation énergie-viscosité 40X de 0 à 3000km

Energie (x)	Image y(x)	Valeur laboratoire	Erreur %	Moyenne erreur %	Précision %
0.99366	14.654	14.7	04.6	69.5	30.5
0.994247	14.655	16	13.45		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 0 à 3000km nous permet d'avoir une précision **P=30.5%** au grossissement 40X

b) Grossissement à 40X dans l'intervalle 4000 à 5000km

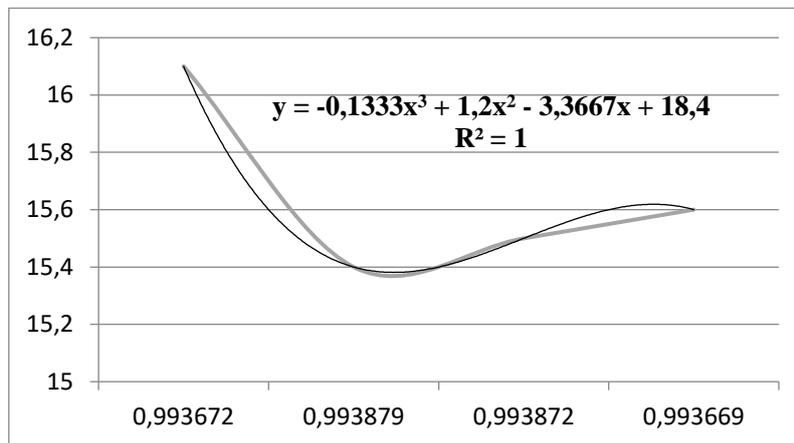


Figure 4.34 : Corrélation viscosité-énergie à 40X de 4000 à 5000km

Tableau 4.17 : Précision corrélative à la corrélation énergie-viscosité 40X de 4000 à 5000km

Energie (x)	Image y(x)	Valeur laboratoire	Erreur %	Moyenne erreur %	Précision %
0.99385	16.108	15.2	90.8	50.4	49.6
0.994037	16.099	16.2	10.0		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 4000 à 5000km nous permet d'avoir une précision **P=49.6%** au grossissement 40X.

4.3.4. Grossissement à 4X Energie-TBN

a) Grossissement à 4X dans l'intervalle 0 à 3000km

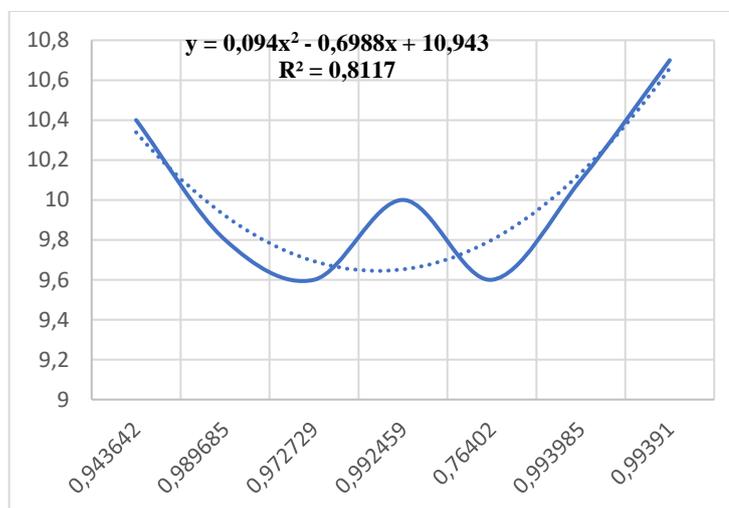


Figure 4.35 : Corrélation énergie-TBN à 4X de 0 à 3000km

Tableau 4.18 : Précision corrélative à la corrélation énergie-TBN à 4X de 0 à 3000km

Energie (x)	Image y(x)	Valeur laboratoire	Erreur %	Moyenne erreur %	Précision %
0.467205	10.20	10	20	12.5	87.5
0.51732	10.050	10	5		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 0 à 3000km nous permet d'avoir une précision **P=87.5%** au grossissement 4X pour les paramètres énergie-TBN.

b) Grossissement à 4X dans l'intervalle 4000 à 5000km

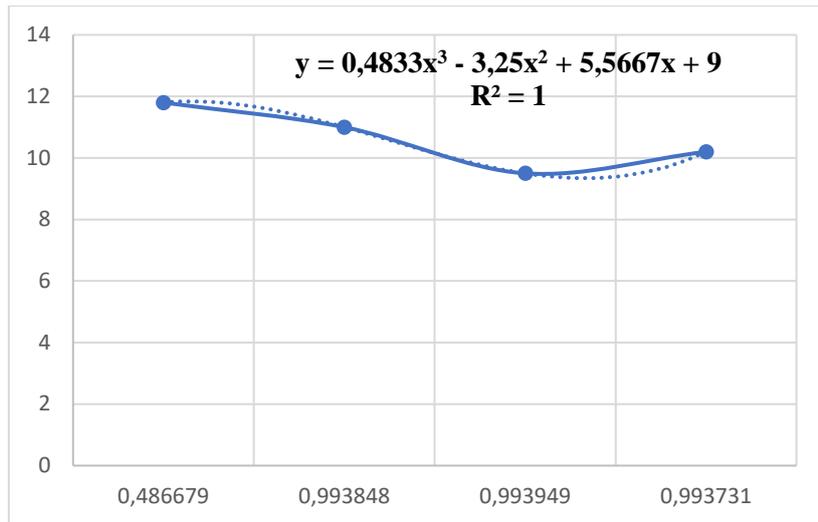


Figure 4.36 : Corrélation énergie-TBN à 4X de 4000 à 5000km

Tableau 4.19 : Précision corrélative à la corrélation énergie-TBN à 4X de 0 à 3000km

Energie (x)	Image y (x)	Valeur laboratoire	Erreur %	Moyenne erreur	Précision
0.99379	10.233	11.0	76.7	95	5
0.993903	10.233	9.1	113.3		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 4000 à 5000km nous permet d'avoir une précision **P=5%** au grossissement 4X pour les paramètres énergie-TBN.

4.3.5. Grossissement à 10X Energie-TBN

a) Grossissement à 10X dans l'intervalle 0 à 3000km

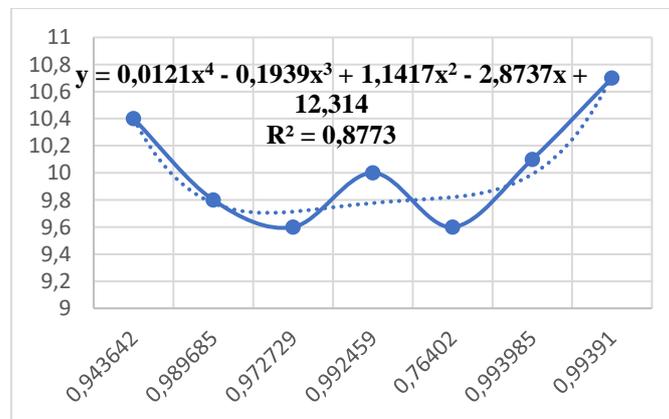


Figure 4.37: Corrélation énergie-TBN à 10X de 0 à 3000km

Tableau 4.20: Précision corrélative à la corrélation énergie-TBN à 10X de 0 à 3000km

Energie (x)	Image y (x)	Valeur laboratoire	Erreur	Moyenne erreur	Précision
0.992792	10.119	10	11.9	12	88
0.993884	10.121	10	12.1		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 0 à 3000km nous permet d'avoir une précision **P=88%** au grossissement 10X pour les paramètres énergie-TBN.

b) Grossissement à 10X dans l'intervalle 4000 à 5000km

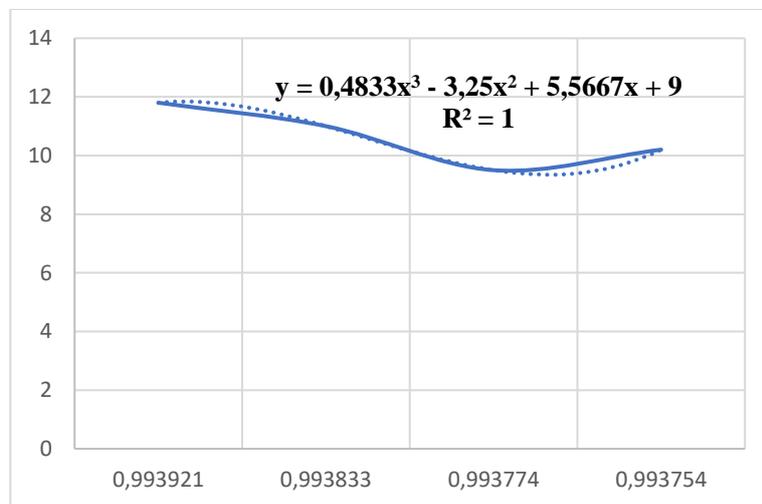


Figure 4.38: Corrélation énergie-TBN à 10X de 4000 à 5000km

Tableau 4.21: Précision corrélative à la corrélation énergie-TBN à 10X de 4000 à 5000km

Energie (x)	Image y(x)	Valeur laboratoire	Erreur	Moyenne erreur	Précision
0.993693	9.085	11.0	191	223	-133
0.993922	11.85	9.1	275		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 4000 à 5000km nous permet d'avoir une précision négative au grossissement 10X pour les paramètres énergie-TBN.

4.3.6. Grossissement à 40X Energie-TBN

a) **Grossissement à 40X dans l'intervalle 0 à 3000 km**

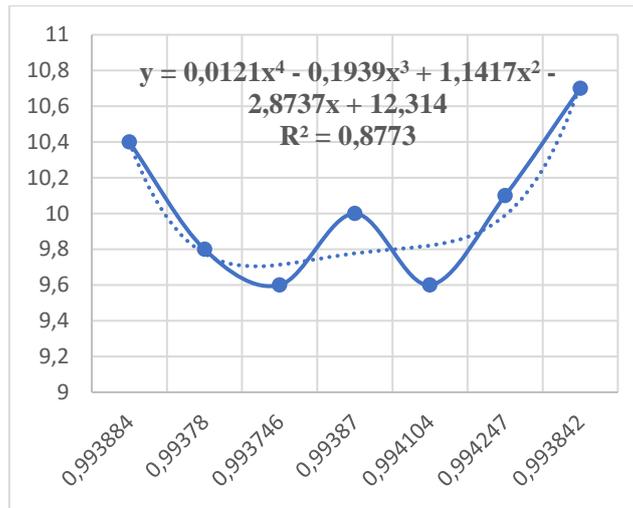


Figure 4.39 : Corrélation énergie-TBN à 40X de 0 à 3000km

Tableau 4.22:Précision corrélatrice à la corrélation énergie-TBN à 4X de 0 à 3000km

Energie (x)	Image y(x)	Valeur laboratoire	Erreur	Moyenne erreur	Précision
0.99366	10.046	10	4.6	2.6	97.35
0.994247	10.007	10	0.7		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 0 à 3000km nous permet d'avoir une précision **P=97.35%** au grossissement 40X pour les paramètres énergie-TBN.

b) **Grossissement à 40X dans l'intervalle 4000 à 5000 km**

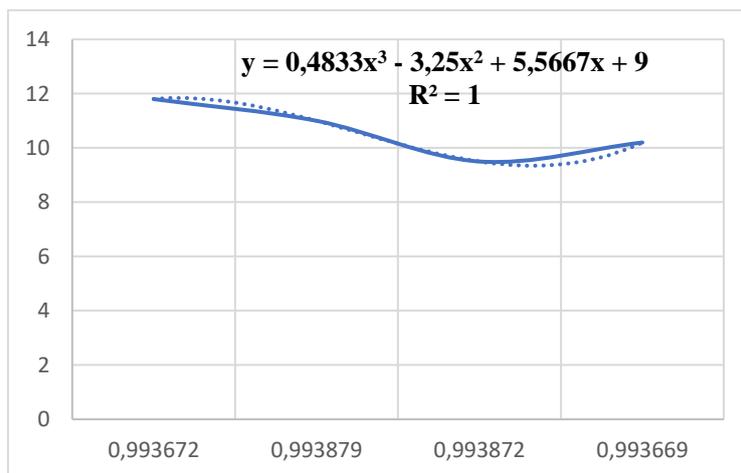


Figure 4.40:Corrélation énergie-TBN à 40X de 4000 à 5000km

Tableau 4.23: Précision corrélative à la corrélation énergie-TBN à 4X de 4000 à 5000km

Energie (x)	Image y(x)	Valeur laboratoire	Erreur %	Moyenne erreur %	Précision %
0.99385	10.360	11	64	62.35	37.65
0.994037	9.707	9.1	60.7		

L'erreur moyenne enregistré après les tests de validation de notre système dans la plage de 4000 à 5000km nous permet d'avoir une précision **P=37.65%** au grossissement 40X pour les paramètres énergie-TBN.

4.3.7. Discussion

Lorsque nous comparons, les précisions relatives à la viscosité que présente la dégradation de l'huile dans le kilométrage 0 à 3000, nous constatons que la meilleure précision obtenue dans nos travaux (**P**) relativement au grossissement 10X est **50.1%** issue de la corrélation énergie-viscosité ($R^2=1$) par rapport celle des travaux d'Aminou et Edimo qui ont trouvé une corrélation $R^2=0.9971$. Ceci peut être dû aux matériels et à la méthode d'acquisition d'image : microscopie VERTUS spectrométrique.

Par ailleurs, lorsque nous comparons les précisions relatives au TAN/TBN, nous constatons qu'il existe un écart moindre de **0.0228 [0.9971-0.9735]**.

Conclusion

Il était question pour nous dans ce chapitre de présenter l'ensemble des résultats obtenus. Nous avons commencé par présenter les résultats physico-chimiques du laboratoire et amorcer avec une discussion pour chaque caractéristique. Par la suite, nous avons élaboré un tableau présentant le facteur de dégradation (la pente) de chaque caractéristique et où nous avons ressorti les paramètres ayant un facteur élevé. Pour clôturer ce chapitre, nous avons illustrer un tableau présentant les paramètres de texture et le grossissement associé et cela nous a permis de tracer et calculer le graphique et la corrélation entre les caractéristiques physico-chimiques et les paramètres de texture. Nous avons montré par calcul qu'ayant l'image d'un échantillon d'huile, nous pouvons trouver ses propriétés physico-chimiques

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVE

Il a été question pour nous dans ce mémoire d'étudier la dégradation huile moteur par analyse d'image. Pour aboutir à notre mission, notre travail a été divisé en quatre chapitres. Dans le premier, nous définissons les mots clé lié à notre chapitre. Le chapitre suivant quant à lui présente les méthodes conventionnelles d'analyse d'huile au laboratoire et ainsi que le matériel de test utilisé. Pour boucler ce chapitre, nous avons fait une synthèse des travaux existants de nos prédécesseurs où nous présenté les limites liées à leurs travaux. Nous avons par la suite présenté l'ensemble du matériel et la méthode employée pour aboutir à l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques en laboratoire et les paramètre de texture d'image. A la fin de ce chapitre nous avons présenté la méthodologie qui permettra de lier les caractéristiques physico-chimiques de l'huile aux paramètres de texture choisis. Le dernier chapitre de notre étude consistait à présenter l'ensemble des résultats obtenus. Nous avons donc à ce effet commencé par présenter les résultats physico-chimiques du laboratoire et amorcer avec une discussion pour chaque caractéristique. Par la suite, nous avons élaboré un tableau présentant le facteur de dégradation (la pente) de chaque caractéristique et où nous avons ressorti les paramètres ayant un facteur élevé. Pour clôturer ce chapitre, nous avons illustrer un tableau présentant les paramètres de texture et le grossissement associé et cela nous a permis de tracer et calculer le graphique et la corrélation entre les caractéristiques physico-chimiques et les paramètres de texture. Par ailleurs nous avons trouvé des précisions $P1=50.1\%$ et $P2=97.35\%$ relative au grossissement 10X énergie-viscosité et au grossissement 40X énergie-TBN.

Nous avons été confrontés à des difficultés, l'accès en laboratoire pour analyser nos échantillons n'était pas chose facile et aussi la disponible des véhicules de test.

Pour mieux élaborer dans le futur ce concept qui est l'étude de l'huile moteur par analyse d'image, les perspectives suivantes doivent être prise en considération.

- Etudier la dégradation de tous les huiles moteurs existantes
- Embarcation dans le véhicule et création d'un progiciel de traitement d'huile moteur à distance.

Conscient que toute œuvre humaine n'est jamais parfaite, toute suggestions et critiques en vue d'améliorer ce travail seront les bienvenue.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE ET WEBOGRAPHIQUE

- [2] : Nader BENSALÉM, Lubrification et graissage, 2010.
- [3] :BOUZERKOUNE Nadjat, LAZIZI Khadidja, Contribution à la mise en place d'une démarche pour le suivi des qualités des huiles lubrifiantes en service, Université M'Hamed BOUGUERRA- Boumerdès, 2017.
- [4] :M. ATANGANA Mesmin, dynamique des fluides reels, Université de Yaoundé I, ENSET d'Ebolowa, 2018-2019.
- [5] : Dr NKOUMI, THERMIQUE, Université de Yaoundé I, ENSET d'Ebolowa, 2018-2019.
- [7] : cor_lubrification.pdf, consulté le 05/10/19 page 2-6.
- [8] :asm, Le circuit de lubrification des moteurs diesel.
- [9] : Chouchène Mohamed, analyses des huiles industriels, ISET Siliana, chapitre II
- [10] : Strategie de maintenance, analyse des lubrifiants.doc, mars 2009.
- [12] : RABHI Mouldi, ISET de GAFSA,Département Génie Mécanique, Contrôle Non Destructif CND,2016-2017.
- [13] : lycee de taone.TMSI, analyse d'huile, 2005.
- [14] : Ashley Mayer, WearCheck, notions de base pour les débutants (partie 2) ou les autres tests et ce qu'ils nous enseignent, TB 20F, mai 2016.
- [16] : A. ELHAJJI, Techniques Spectroscopiques, Chapitre I.
- [17] : Michel Murphy, L'histoire des analyses d'huile-des buvards aux capteurs, 2002/2006.
- [18] : TEUMA DJIELA Edouard, Study of the degradation of used engine oil viscosity by image processing, 2014.
- [19] : MANGOUA MANGOUA Alex Paulin, Improvement of study of the degradation of used engine oil viscosity by image processing, 2015.

[20] : KENGUE KEMTA Florent, Improvement of study of the degradation of used engine oil viscosity by image processing, 2016.

[21] : AMINOU DJALIGUE et EDIMO Malloh Eitel, Système de diagnostic à distance d'huile moteur par spectroscopie électronique imagerie numérique, ENSET de Douala, 2018/2019.

[22] : JINGAI SHAO-FOSTER A AGBLEVOR, New rapid method for the determination of total acid number (tan) of bio-oils, Columbia international publishing, 2015.

[23] : AGOSTON-AL, Present in the viscosity sensors for engine oil condition monitoring-application and interpretation of results , 2005.

[24] : Total lubrifiant, RUBIA S 40, huile monograde pour moteur Diesel, février 2013.

[25] : Steven Lara-Lee Lumley, WearCheck, les meilleurs programmes d'analyse d'huile commencent par un bon échantillon, TB 49 F, janvier 2016.

[26] : Mourta Benazzouz, Université de Tlemcen-Algérie, Segmentation d'images microscopiques basée sur les attributs textures, 20 février 2015.

[27] : OLIVIER REGNIERS, Méthodes d'analyse de texture pour la cartographie d'occupations du sol par télédétection très haute résolution, UNIVERSITÉ DE BORDEAUX, 11 décembre 2014.

[28] : Aissaoui Houssein Eddine-Belhabri Mohamed Amine, Analyse de la texture: Filtrage et Matrice de cooccurrence, Université Abou Bakr Belkaid, Département d'Informatique, 2013-2014.

[29] : Hanifi Majdoulayne, Extraction de caractéristiques de texture pour la classification d'images satellites, UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, 02/11/2009.

[1] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Huile>

[6] : https://www.researchgate.net/publication/303652715_Generalite_sur_les_moteurs_thermiques

[11] : www.quelle-huile-moteur-choisir.com

[15] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrométrie>.

[30] : <https://www.amazon.fr/fermeture-pochettes-alimentaire-50microns-eco/dp/B008KN18B4>

[31] : <http://www.fiches-auto.fr/articles-auto/huiles-et-lubrification/s-1882-viscosite-de-l-huile-comprendre-et-choisir.php>

[32] : <https://www.trucnet.com/mathworks-matlab-r2015a-x64-120418/amp/>

[33] : www.SpectroInc.com

[34] : <https://www.hellopro.fr/mettler-toledo-laboratoire-35769-1000585-societe.html>

[35] : <http://www.oxford-instruments.com/foundry-master-pro>

ANNEXES

Liste des annexes

<i>ANNEXE 1. ECHANTILLON D'HUILE DE PRELEVEMENT</i>	<i>V</i>
<i>ANNEXE 2. FICHE TOTAL ANAC</i>	<i>V</i>
<i>ANNEXE</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>ANNEXE 3. QUELQUES RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE EN LABORATOIRE</i>	<i>VI</i>
<i>ANNEXE 4. SYNTHÈSE D'ANALYSE SUR LE VEHICULE V1_06</i>	<i>IX</i>
<i>ANNEXE 4. AQUISITION DE NOS IMAGES</i>	<i>IX</i>
<i>ANNEXE 5. INTERFACE DE TRAITEMENT D'IMAGE</i>	<i>XII</i>
<i>ANNEXE 6. PARAMETRES DE TEXTURE ET GROSSISSEMENT</i>	<i>X</i>
<i>ANNEXE 7. CORRELATION PARAMETRES DE TEXTURE-VISCOSITE</i>	<i>XI</i>
<i>ANNEXE 8. IMAGE AU GROSSISSEMENT 4X, 10X et 40X.</i>	<i>XI</i>

ANNEXE 1. ECHANTILLON D'HUILE DE PRELEVEMENT



ANNEXE 2. FICHE TOTAL ANAC

ANAC PRO - CAMEROUN			
Entreprise	<input type="text" value="SMT"/>	Nom du préleveur	<input type="text"/>
ANAC références	<input type="text" value="CMBO"/>	Date prélèvement	<input type="text"/>
Vos références	<input type="text"/>		(N° de parc)
Moteur diesel	<input type="checkbox"/>	G: Réduct. Finale AvG	<input type="checkbox"/>
B: Transmission	<input type="checkbox"/>	J: Réduct. Finale ArG	<input type="checkbox"/>
C: Syst. Hydraulique	<input type="checkbox"/>	H: Réduct. Finale AvD	<input type="checkbox"/>
D: Différentiel av	<input type="checkbox"/>	K: Réduct. Finale ArD	<input type="checkbox"/>
		E: Différentiel arr.	<input type="checkbox"/>
		F: Direction	<input type="checkbox"/>
		I: Entrein. Giration	<input type="checkbox"/>
		Autre:	<input type="checkbox"/>
Durée du bain d'huile	<input type="text"/>	} Unité Utilisée	kms <input type="checkbox"/>
Durée totale de fonctionnement	<input type="text"/>		heures <input type="checkbox"/>
Echantillon prélevé lors d'une vidange	Oui <input type="checkbox"/>	ou Non	<input type="checkbox"/>
Appoint	<input type="text"/> (L)	Depuis le dernier prélèvement	<input type="text"/>
		ou vidange	<input type="checkbox"/>
Huile	Marque <input type="text"/>	Nom <input type="text"/>	Viscosité <input type="text"/>
Marque <u>matériel</u>	<input type="text"/>		
Type <u>matériel</u>	<input type="text"/>		
Marque <u>organe</u>	<input type="text"/>		
Type <u>organe</u>	<input type="text"/>		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> COLLEZ L'ETIQUETTE ICI </div>			
Commentaires: <input style="width: 100%;" type="text"/>			

ANNEXE 3. QUELQUES RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE EN LABORATOIRE



CONCEPT
TOTAL
ANAC

orange

ANAC
PRO

ANAC références : CMBO -279 —1

Vos références :
 Véhicule: 12203AB
 Organe: Moteur Diesel

Marque et type:
Véhicule: Toyota YARIS

Organe:

SMT / CM-FILL IN

Date du diagnostic: 23 juin 2020
Huile : Total Rubia S 40

PRO

Date échantillon		03-AVR. -20	
Numéro échantillon		108587	
Durée fonct.		222333 K	
Bain d'huile		4000 K	

Usure

Fer	ppmc	29	
Plomb	ppmc	3	
Cuivre	ppmc	2	
Etain	ppmc	< 1	
Chrome	ppmc	2	
Aluminium	ppmc	11	
Nickel	ppmc	< 1	

Contamination

Si-Etrang.	ppm	68	
Suie	%	1.0	
Eau	%	<0.07	
Liq. de refr.		OK	
Carburant	%	< 1.5	

Huile

B.N.	mgKOH/g	11.8	
Visc. 100°C	mm2/s	16.1	
Cendres Sulf.	%	1.3	

Additifs

Calcium	ppm	3475	
Zinc	ppm	1123	
Phosphore	ppm	1175	
Magnesium	ppm	24	
Sodium	ppm	4	

Taux d'usure

4.0-	
3.0-	
2.0-	
1.0-	█



Vos références :
 Véhicule: 03301AB
 Organe: Moteur Diesel

ANAC
 PRO

Marque et type:

Véhicule: Toyota YARIS

SMT / CM-FILL IN

Organe:

Date du diagnostic: 23 juin 2020
 Huile : Total Rubia S 40

Date échantillon	PRO 30-MARS -20
Numéro échantillon	108588
Durée fonct.	181611 K
Bain d'huile	2000 K

Usure			
Fer	ppmc	28	
Plomb	ppmc	12	
Cuivre	ppmc	2	
Etain	ppmc	< 1	
Chrome	ppmc	2	
Aluminium	ppmc	14	
Nickel	ppmc	< 1	

Contamination			
Si-Etrang.	ppm	31	
Suie	%	0.7	
Eau	%	<0.07	
Liq. de refr.		OK	
Carburant	%	< 1.5	

Huile			
B.N.	mgKOH/g	9.8	
Visc. 100°C	mm2/s	15.0	
Cendres Sulf.	%	1.3	

Additifs			
Calcium	ppm	3403	
Zinc	ppm	1307	
Phosphore	ppm	1165	
Magnesium	ppm	17	
Sodium	ppm	4	



Analyses réalisées par TOTAL CAMEROUN, diagnostic à partir de la base de données ANAC



ANAC références : CMBO -277 --1

Vos références :
Véhicule: 415D1AB
Organe: Moteur Diesel

vert

ANAC
PRO

Marque et type:
Véhicule: Toyota YARIS

SMT / CM-FILL IN

Organe: Toyota 75D

Date du diagnostic: 23 juin 2020
Huile : Total Rubia S 40

Date échantillon	PRO 22-MARS -20
Numéro échantillon	108585
Durée fonct.	272072 K
Bain d'huile	2000 K

Usure		
Fer	ppmc	23
Plomb	ppmc	< 1
Cuivre	ppmc	1
Etain	ppmc	< 1
Chrome	ppmc	1
Aluminium	ppmc	10
Nickel	ppmc	< 1

Contamination		
Si-Etrang.	ppm	33
Suie	%	0.4
Eau	%	<0.07
Liq. de refr.		OK
Carburant	%	< 1.5

Huile		
B.N.	mgKOH/g	9.8
Visc. 100°C	mm2/s	15.3
Cendres Sulf.	%	1.4

Additifs		
Calcium	ppm	3558
Zinc	ppm	1094
Phosphore	ppm	1059
Magnesium	ppm	15
Sodium	ppm	4

Taux d'usure		
	4.0-	
	3.0-	
	2.0-	
	1.0-	
		1.07

ANNEXE 4. SYNTHESE D'ANALYSE SUR LE VEHICULE V1_06

 ANAC références : CMBO -278 --1 Vos références : Véhicule: 03301AB Organe: <u>Moteur Diesel</u>		
Marque et type: Véhicule: Toyota YARIS Organe:		SMT / CM-FILL IN Date du diagnostic: 23 juin 2020 Huile : Total Rubia S 40
C. A. P. S. <i>Customer Assisted Prognosis System:</i> Sur base des rétroactions de nos clients, un calcul de probabilité sur les causes possibles de ce diagnostic rouge a été réalisé.		
Causes possibles		Probabilité
<ul style="list-style-type: none"> * Système d'admission d'air. Usure du moteur par infiltration de poussières ou de sable. * Conditions de service, utilisation et entretien. * Usure interne du moteur indépendante de la contamination détectée dans l'huile 		47 % 28 % 19 %
Evaluation		
DEGRE D'URGENCE 		
Commentaire(s)		
<ul style="list-style-type: none"> * Usure d'organes à base d'aluminium comme les pistons (du moteur ou du compresseur) ou, pour quelques types de moteurs, les coussinets. * Usure d'organes contenant du plomb, tels que les coussinets. 		
Généralités		
<ul style="list-style-type: none"> * Une intervention efficace n'est pas toujours suivie d'un diagnostic vert. Dans certains cas, l'atténuation des mauvais résultats n'est pas immédiate. Veuillez contacter votre interlocuteur technique ANAC avant de démonter l'organe. Comme le type de moteur n'était pas renseigné, nous supposons qu'il s'agit d'un moteur refroidi par eau.		

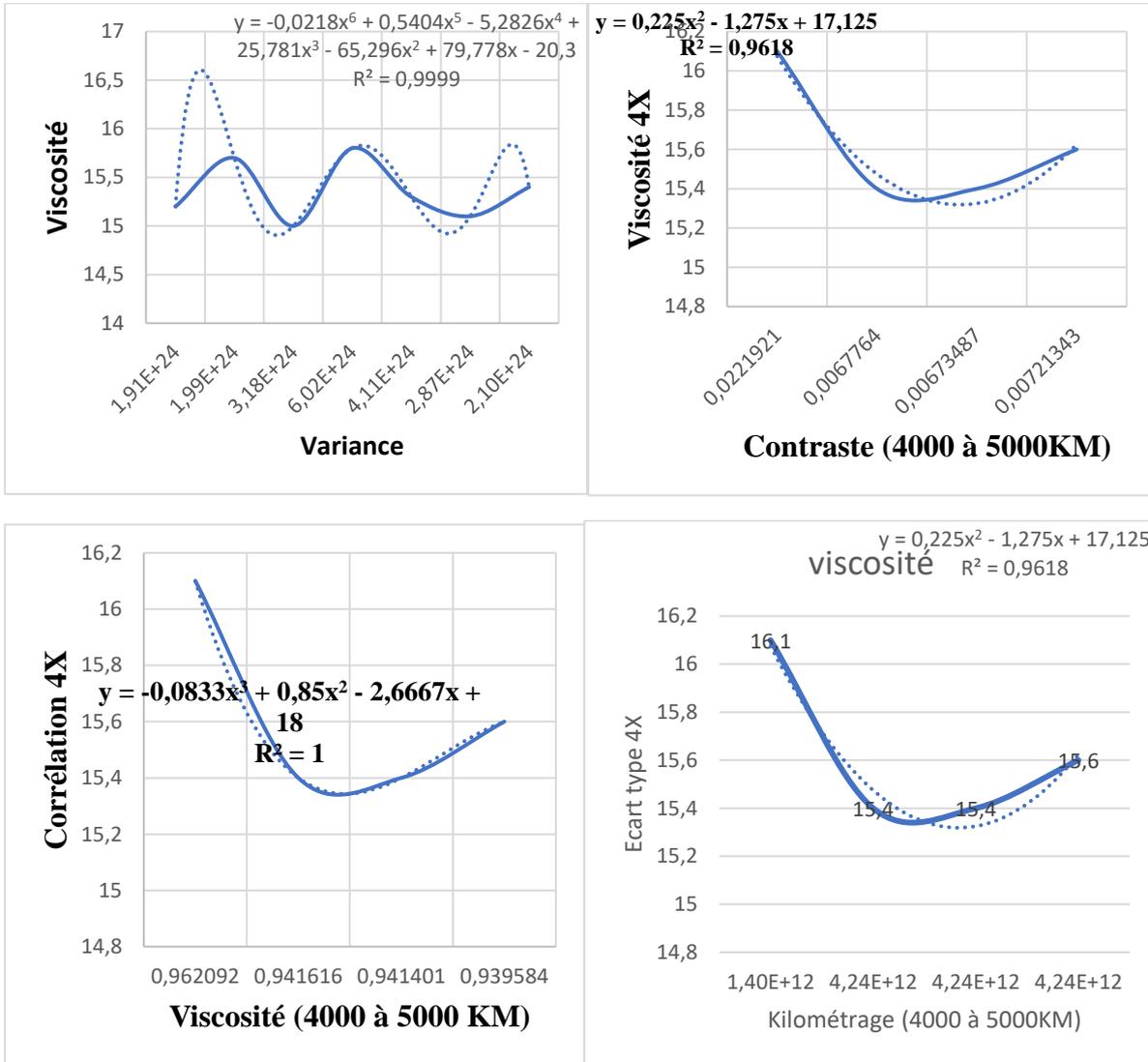
ANNEXE 4. AQUISITION DE NOS IMAGES



ANNEEXE 6. PARAMETRES DE TEXTURE ET GROSSISSEMENT

Grossissement	Experience	kilométrage	Véhicule	Contraste	Corrélation	Ecart type	Energie	Entropie	Homogénéité	Moyenne	Variance
4X	1	1000-3000	V1_06_1	0.0223694	0.95898	1.38E+12	0.477129	0.99718	0.98938	153520	1.91E+24
	2		V2_05_1	0.0214488	0.963061	1.41E+12	0.480937	0.696212	0.990852	153520	1.99E+24
	3		V3_04_1								
	4		V1_06_2	0.0347455	0.937318	1.78E+12	0.525456	0	0.986345	153520	3.18E+24
	5		V2_05_2	0.0225954	0.943755	2.45E+12	0.62876	0.78556	0.990324	153520	6.02E+24
	6		V3_04_2	0.0165304	0.968996	2.03E+12	0.560427	0	0.994331	153520	4.11E+24
	7		V1_06_3	0.0263032	0.951154	1.69E+12	0.51732	0.200622	0.988721	153520	2.87E+24
	8		V2_05_3								
	9		V3_04_3	0.0390932	0.931956	1.45E+12	0.482226	0	0.982833	153520	2.10E+24
	10	V1_06_4									
	11	4000-5000	V2_05_4	0.0221921	0.962092	1.40E+12	0.486679	0.200622	0.991045	153520	1.95E+24
	12		V3_04_4	0.0067764	0.941616	4.24E+12	0.993848	0	0.999335	153520	1.80E+25
	13		V1_06_5	0.00673487	0.941401	4.24E+12	0.993949	0	0.999347	153520	1.80E+25
	14		V2_05_5								
	15		V3_04_5	0.00721343	0.939584	4.24E+12	0.993731	0	0.999295	153520	1.80E+25
10X	1	1000-3000	V1_06_1	0.0172518	0.843767	4.02E+12	0.943642	0.200622	0.993521	153520	1.61E+25
	2		V2_05_1	0.00863304	0.930565	4.22E+12	0.989685	0	0.998451	153520	1.78E+25
	3		V3_04_1								
	4		V1_06_2	0.015373	0.961553	4.15E+12	0.972729	0	0.998545	153520	1.72E+25
	5		V2_05_2	0.00732234	0.939841	4.23E+12	0.992459	0	0.999004	153520	1.79E+00
	6		V3_04_2	0.0604325	0.838516	2.61E+12	0.645651	0	0.97211	153520	6.81E+24
	7		V1_06_3	0.0070284	0.938444	4.24E+12	0.993985	0	0.999329	153520	1.80E+25
	8		V2_05_3								
	9		V3_04_3	0.00698118	0.938935	4.24E+12	0.99391	0	0.999329	153520	1.80E+25
	10	V1_06_4									
	11	4000-5000	V2_05_4	0.00694331	0.939461	4.24E+12	0.993921	0	0.999339	153520	1.80E+25
	12		V3_04_4	0.00689812	0.941078	4.24E+12	0.993833	0	0.999323	153520	1.80E+25
	13		V1_06_5	0.00731664	0.938522	4.24E+12	0.993774	0	0.999305	153520	1.80E+25
	14		V2_05_5								
	15		V3_04_5	0.00741658	0.937945	4.24E+12	0.993754	0	0.999295	153520	1.80E+25
40X	1	1000-3000	V1_06_1	0.0068798	0.940601	4.24E+12	0.993884	0	0.999335	153520	1.80E+25
	2		V2_05_1	0.00679227	0.942685	4.24E+12	0.99378	0	0.999326	153520	1.80E+25
	3		V3_04_1								
	4		V1_06_2	0.00669782	0.943639	4.24E+12	0.993746	0	0.999323	153520	1.80E+25
	5		V2_05_2	0.00679879	0.941557	4.24E+12	0.99387	0	0.999335	153520	1.80E+25
	6		V3_04_2	0.00649223	0.941793	4.24E+12	0.994104	0	0.999377	153520	1.80E+25
	7		V1_06_3	0.00620155	0.942356	4.24E+12	0.994247	0	0.999413	153520	1.80E+25
	8		V2_05_3								
	9		V3_04_3	0.00712733	0.939043	4.24E+12	0.993842	0	0.999313	153520	1.80E+25
	10	V1_06_4									
	11	4000-5000	V2_05_4	0.00749414	0.938314	4.24E+12	0.993672	0	0.999276	153520	1.80E+25
	12		V3_04_4	0.00672245	0.941968	4.24E+12	0.993879	0	0.999345	153520	1.80E+25
	13		V1_06_5	0.00692092	0.940283	4.24E+12	0.993872	0	0.99933	153520	1.80E+25
	14		V2_05_5								
	15		V3_04_5	0.00721404	0.940324	4.24E+12	0.993669	0	0.999294	153520	1.80E+25

ANNEXE 7. CORRELATION PARAMETRES DE TEXTURE-VISCOSITE



ANNEXE 8. IMAGE AU GROSSISSEMENT 4X, 10X et 40X.



**ANNEXE 5. INTERFACE DE TRAITEMENT D'IMAGE SUR MATLAB ET SON
PROGRAMME**

