

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR
KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES & DE LA
TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE INDUSTRIEL



جامعة عباس لغرور خنشلة

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم: الهندسة الصناعية

No. Réf. :

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master (LMD)

Option: Génie des Procédés et Environnement

Thème

*Etude de la qualité de l'Huile de Lubrification (TURBONYCOIL
600) par des analyses physico-chimiques au niveau de la Région du
Transport par Canalisation (TRC/RTI)/In-Amenas*

Réalisé par:

HADJADI Khadidja

DRABNA Yassine

Directeur de Mémoire: Dr. Rafiaa KIHAL

Devant le jury:

Président:	Dr. A.MAKHLOUF	Université Abbes Laghrour khenchela
Rapporteur:	Dr. Rafiaa KIHAL	Université Abbes Laghrour khenchela
Examineur:	Dr.A.MAKHLOUFI	Université Abbes Laghrour khenchela

Année universitaire: 2022–2023

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le **Dieu** tout-puissant qui, par sa grâce, nous a permis d'arriver au bout de nos efforts en nous donnant la santé, la force, le courage et en nous faisant entourer des merveilleuses personnes dont nous tenons à remercier.

Nous remercions également tous les membres du groupement de la région de transport In-amenas RTI et spécialement les ingénieurs pour leur chaleureuse hospitalité et leur bon comportement, que nous avons permis de réaliser ce stage dans les meilleures conditions.

Nous remercions: Notre directrice **Dr. KIHAL Rafiaa**, Maitre de conférences classe «A» à l'Université Abbes Laghrour Khenchela, pour son encadrement, son soutien moral, sa rigueur au travail, ses multiples conseils, ses orientations et sa disponibilité malgré ses multiples occupations.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury Dr. et Dr. d'accepter de juger notre travail.

Nous remercions aussi tous les enseignants de la spécialité de Génie des procédés, pour leurs enseignements de qualité et leurs conseils qui nous ont permis de poursuivre notre itinéraire académique jusqu'à présent; Sans oublier **Nos parents** pour leurs aides et encouragement multiples; **Nos Frères** et **sœurs** pour leurs encouragements durant tout le parcours; **Nos camarades**, amis et connaissances Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

Merci à tous

Dédicaces

*Grâce à dieu tout-puissant, qui nous a donné le courage, la volonté et la force
pour réaliser ce mémoire, que nul ne peut se faire sans son désir.*

Nous dédions ce modeste travail :

À nos très chers parents qui ont tout sacrifié pour nous

Nos agréables pères et Nos tendres et géniales mères.

Et nous espérons qu'ils seront toujours fiers de nous

À nos chers frères adorables

À nos gentilles sœurs pour leurs compréhensions et soutien

À nos chères amies, À tous ceux qui nous ont donné le soutien, nous leur

souhaitons tout le bonheur et la santé dans leurs vies

À toute personne de nos grandes familles À tous les professeurs qui nous ont tous

donnés dans notre cheminement universitaire

Spécialement Dr. KIHAL Rafiaa notre encadreur.

Yassine

⌘

Khadidja

Titre	Page
<i>Liste des abréviations</i>	<i>I</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>II</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>III</i>
<i>Introduction générale</i>	1
<i>Chapitre I : Présentation de la Direction régionale de transport In-Amenas (RTI)</i>	
I.1. Introduction	2
I.2. Description de SONATRACH	2
I.2.1. Présentation de SONATRACH	2
I.2.2. Historique de SONATRACH	3
I.2.3. Missions de SONATRACH	3
I.2.4. Activités de SONATRACH	4
I.3. Organisation de l'activité transport par canalisation (TRC)	4
I.3.1. Description du réseau de transport	6
I.3.2. Consistance du réseau de transport	7
I.3.3. Centre de dispatching	7
I.3.4. Règles de dénomination des canalisations	8
I.4. Description de la direction régional de transport In-Amenas (RTI)	9
I.4.1. Situation géographique	9
I.4.2. Historique du champ de RTI	10
I.4.3. Description de réseau de transport de RTI	10
I.4.4. Missions de RTI	12
I.4.5. Organigramme de la région transport In-Amenas RTI	12
I.4.6. Laboratoire d'analyse RTI	13
I.4.7. Missions du service laboratoire	13
I.5. Conclusion	14
Références bibliographiques	15
<i>Chapitre II: Généralités sur les huiles lubrifiantes</i>	
II.1. Introduction	16
II.2. Qu'est ce qu'une huile de lubrification	16

II.3. Origine d'une huile de lubrification	17
II.4. Fonction des huiles de lubrification	18
II.5. Composition des huiles de lubrification	18
II.5.1. Huiles minérales	19
II.5.2. Huiles synthétique	19
II.5.3. Huiles semi-synthétique	20
II.5.4. Additifs	20
II.6. Classification des huiles lubrifiantes	22
II.6.1. Lubrifiants d'origine animale	22
II.6.2. Lubrifiants d'origine végétale	23
II.6.3. Lubrifiants d'origine minérale	23
II.6.4. Lubrifiants d'origine synthétique	23
II.7. Caractéristiques des huiles de lubrification	24
II.7.1. Caractéristiques physico-chimiques	24
II.7.1.1. Densité	24
II.7.1.2. Masse molaire	24
II.7.1.3. Point d'éclair	24
II.7.1.4. Point d'écoulement et de trouble	24
II.7.1.5. Teneur des métaux lourds	25
II.7.1.6. Indice d'acidité	25
II.7.1.7. Indice de basicité	25
II.7.1.8. Tension de vapeur reid	25
II.7.1.9. Teneur en eau et en sédiments	25
II.7.1.10. Onctuosité	26
II.7.2. Caractéristiques rhéologiques	26
II.7.2.1. Viscosité	26
II.7.2.2. Indice de viscosité	27
II.7.3. Caractéristiques macroscopiques	27
II.7.3.1. Couleur	27
II.7.3.2. Indice de réfraction	27
II.8. Huile lubrifiante usagée	27
II.9. Différents types des huiles lubrifiantes usagées	27
II.9.1. Huiles claires	27

II.9.2. Huiles noires	28
II.10. Dégradation des huiles de lubrifications usagées	29
II.10.1. Phénomène d'oxydation	29
II.10.2. Cisaillement mécanique	29
II.10.3. Contamination	29
II.11. Effet des huiles usagées sur l'environnement et sur la santé	30
II.12. Procédés de récupération des huiles lubrifiantes usagées	32
II.12.1. Distillation sous vide	32
II.12.2. Ultrafiltration	32
II.12.3. Ré-addition	32
II.13. Conclusion	33
Références bibliographiques	34
<i>Chapitre III: Matériels et Méthodes</i>	
III.1. Introduction	36
III.2. Equipements et produits chimiques	36
III.3. Echantillonnage	36
III.4. Protocole d'échantillonnage	37
III.5. Paramètres de mesures physico-chimiques des huiles lubrifiantes	37
III.5.1. Détermination de la densité	37
III.5.2. Détermination de point d'éclair	39
III.5.3. Détermination de point d'écoulement	41
III.5.4. Détermination de la teneur des métaux lourds	44
III.5.5. Détermination de la viscosité	47
III.5.5.1. Cinématique	47
III.5.5.2. Indice de viscosité	49
III.6. Conclusion	49
Références bibliographiques	50
<i>Chapitre IV: Résultats et discussion</i>	
IV.1. Introduction	51
IV.2. Caractéristiques physico-chimiques typique d'une huile synthétique	51

(TURBONYCOIL 600)	
IV.3. Variation des paramètres de mesure physico-chimiques d'une huile (TURBONYCOIL 600)	52
IV.3.1. Variation de la densité	52
IV.3.2. Variation du point d'éclair	53
IV.3.3. Variation du point d'écoulement	54
IV.3.4. Variation de la viscosité cinématique	54
IV.3.5. Variation de l'indice de viscosité	55
IV.3.6. Variation de la teneur des métaux lourds	56
IV.4. Conclusion	58
Références bibliographiques	59
<i>Conclusion générale</i>	60
<i>Résumé</i>	61

Symbole	Abréviation
TRC	Transport régional par canalisation
RTI	Région de transport In-amenas
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
CDHL	Centre de dispatching d'hydrocarbures liquides
CNDG	Centre national de dispatching gaz
ASTM	American Society for Testing Material
DTPZn	Dialkyl dithiophosphate de zinc
PCB	Polychlorobiphényle
HAP	Hydrocarbures polycycliques aromatiques
ZDDP	Dithiophosphates de zinc
GEM	Gaz Enrico Mattei
GPDF	Gaz Pedro Duran Farell
EGPDF	Expansion Gaz Pedro Duran Farell

Figure	Titre	Page
Figure I.1	Organigramme de la macrostructure de SONATRACH	2
Figure I.2	Différents schémas du réseau de transport par canalisation en Algérie	9
Figure I.3	Situation géographique de l'RTI	10
Figure I.4	Carte du réseau de transport de RTI	11
Figure I.5	Organigramme actuel de RTI	12
Figure I.6	Organigramme de laboratoire d'analyse de RTI	13
Figure II.1	Huile lubrifiante	16
Figure II.2	Etapes de fabrication d'une huile de base minérale	18
Figure II.3	Composition d'une huile lubrifiante	19
Figure II.4	Formulation d'un lubrifiant	20
Figure II.5	Impact des huiles usagées sur l'environnement	31
Figure II.6	Schéma de processus de récupération des huiles usées	32
Figure III.1	Densimètre et passeur d'échantillon	39
Figure III.2	Appareil automatique de la détermination du point d'éclair	40
Figure III.3	Système de détection optique	41
Figure III.4	Appareil automatique pour la mesure du point de trouble et d'écoulement	44
Figure III.5	Spectromètre GNR	47
Figure III.6	Viscosimètre automatique à 2 bains	49
Figure IV.1	Variation de la densité à 15°C en fonction du temps	52
Figure IV.2	Variation de la densité à 20°C en fonction du temps	52
Figure IV.3	Variation du point d'éclair en fonction du temps	53
Figure IV.4	Variation du point d'écoulement en fonction du temps	54
Figure IV.5	Variation de la viscosité cinématique à 40°C en fonction du temps	54
Figure IV.6	Variation de la viscosité cinématique à 100°C en fonction du temps	55
Figure IV.7	Variation de l'indice de viscosité en fonction du temps	55

Tableau	Titre	Page
Tableau I.1	Données techniques du réseau de transport	9
Tableau I.2	Données techniques du parc de stockage RTI	11
Tableau II.1	Classification d'une huile minérale sur la base des structures moléculaire	19
Tableau II.2	Huiles générant des huiles usagées claires	28
Tableau II.3	Huiles générant des huiles usagées noires	28
Tableau II.4	Composés polluants des huiles usagées	31
Tableau III.1	Equipements et produits chimiques utilisés dans les analyses	36
Tableau IV.1	Caractéristiques physico-chimiques typiques de l'huile (TURBONYCOIL 600)	51
Tableau IV.2	Teneurs en métaux lourds contenus dans l'huile	56



Introduction générale



La découverte du pétrole remonte à l'Antiquité et provient de la décomposition de matières organiques végétales ou animales. Ils sont constitués d'un groupe de molécules à base principalement de carbone et d'hydrogène. Ses utilisations sont larges et variées. Le pétrole est raffiné et transformé en de nombreux produits pétroliers différents tels que: les carburants, la graisse, les bitume et les lubrifiants.

Les lubrifiants sont des liquides visqueux utilisés pour lubrifier les pièces mobiles des moteurs et des machines. Ce sont des produits pétroliers qui se décomposent après une période d'utilisation et, par contamination par des éléments polluants tels que: les métaux lourds. Les huiles usées peuvent contaminer l'eau et le sol, ce qui présente un vrai danger pour l'environnement et pour la santé humaine.

L'objectif de ce travail consiste à suivre la qualité de l'huile de lubrification (TURBONYCOIL 600) au niveau de la raffinerie d'In-Amenas (TRC), et plus particulièrement au sein de complexe RTI, à l'aide des analyses physicochimiques effectuées au sein du laboratoire du complexe.

Ce manuscrit se compose de quatre chapitres dans lesquels sont présentés successivement:

Le premier chapitre est consacré à une brève présentation de la Région du Transport par Canalisation (TRC/RTI) à In-Amenas.

Le deuxième chapitre est une étude bibliographique approfondie sur les huiles lubrifiantes. Le principe de fonctionnement, la classification et ces caractéristiques sont décrits.

Le troisième chapitre décrit le matériel et les produits utilisés dans notre étude. Les paramètres physico-chimiques et les protocoles expérimentaux sont, également, présentés.

Le quatrième chapitre regroupe l'ensemble des résultats obtenus sur les analyses physico-chimiques de l'huile de lubrification (TURBONYCOIL 600).

Enfin, nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats de cette étude.



Chapitre I:
Présentation de la direction régionale de transport
In-Amenas (RTI)



I.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons dans un premier temps une brève description de l'entreprise SONATRACH.

Dans un second temps, seront décrites aussi une description approfondie de la direction régionale de transport par canalisation de l'unité opérationnelle In-Amenas (TRC/RTI), dont nous avons réalisé notre stage.

I.2. Description de SONATRACH

I.2.1. Présentation de SONATRACH

SONATRACH (Société National de Transport et Commercialisation des Hydrocarbures) créée en décembre 1963 par décret présidentiel.

SONATRACH est un groupe pétrolier et gazier intégré sur toute la chaîne des hydrocarbures. Il détient, en totalité ou en majorité absolue, plus de vingt entreprises importantes sur tous les métiers connexes à l'industrie pétrolière telle que le forage, le raffinage. Il possède aussi des participations significatives (entre 10 et 49% du capital) dans près de 50 entreprises implantées tant en Algérie qu'à l'étranger (**Figure I.1**).

SONATRACH regroupe plusieurs directions, jouissant d'une logistique et d'un savoir spécifique, assure un rôle essentiel dans l'exploitation pétrolière, leurs taches s'étendent de l'extraction des hydrocarbures à l'état brut, jusqu'à l'acheminement du produit vers des sites stratégiques, pour être exportées, ou pour la production de produits dérivés [1].

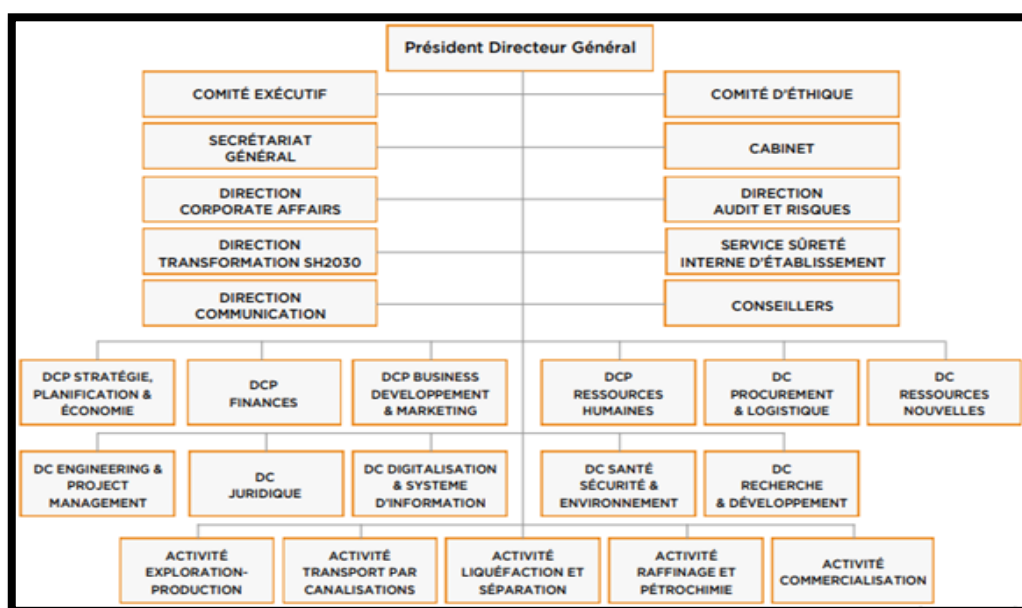


Figure I.1: Organigramme de la macrostructure de SONATRACH [2].

I.2.2. Historique de SONATRACH

1963 : Création de SONATRACH.

1964: La construction du premier oléoduc algérien OZ1, reliant Haoud El Hamra à Arzew;
Mise en service du premier complexe de liquéfaction de gaz naturel, dénommé GL4Z
(CAMEL – Compagnie Algérienne du Méthane Liquéfié).

1966: Mise en service de L'oléoduc OZ1; les missions de SONATRACH sont élargies à la
recherche, à la production et à la transformation des hydrocarbures.

1967: Première découverte de pétrole à El Borma (Hassi Messaoud Est); SONATRACH se
lance dans la réalisation d'une usine d'ammoniac et prévoit la construction d'un complexe de
produits pétrochimiques à Skikda.

1968: Découverte de gaz à Gassi EL Adem, au sud Est de Hassi Messaoud.

1969: SONATRACH débute les premières opérations d'exploitation pétrolière par ses propres
moyens sur le champ d'El Borma.

1971: Nationalisations des hydrocarbures.

1972: Mise en service de la raffinerie d'Arzew ;

Mise en service du complexe de liquéfaction de gaz naturel (GL1K) à Skikda.

1973: Mise en service du complexe de séparation de GPL (GP2Z) à Arzew.

1975: Découverte du gisement de pétrole de Mereksen.

1978: Mise en service du complexe de liquéfaction (GL1Z) à Arzew.

1980: SONATRACH s'engage selon un plan quinquennal dans un nouveau processus de
restructuration étendue, qui aboutit à la création de 17 entreprises.

1981: Mise en service du complexe de liquéfaction (GL2Z) à Bathioua.

1983: Le gazoduc « Enrico Mattei » est mis en fonction pour alimenter l'Italie et la Slovénie
via la Tunisie.

1996: La mise en place du gazoduc Maghreb Europe appelé « Pedro Duran Farrell » qui
approvisionne l'Espagne et le Portugal via le Maroc [2].

I.2.3. Missions de SONATRACH

Les missions confiées à SONATRACH par l'État, unique actionnaire, sont les
suivantes:

- Contribuer au développement national par la maximisation de la valeur long terme des ressources hydrocarbures en Algérie.
- Satisfaire les besoins actuels et futurs de l'Algérie en hydrocarbures et produits pétroliers.

- Contribuer au développement national notamment en lui procurant des devises étrangères nécessaires [1].

I.2.4. Activités de SONATRACH

I.2.4.1. Activité exploration production

Depuis la création de SONATRACH, l'Activité Exploration-Production en hydrocarbures est montée en puissance grâce à l'expertise technologique et le savoir-faire des équipes dans la recherche et la découverte de nouveaux gisements sur le territoire national et à travers le monde.

I.2.4.2. Activité transport par canalisation (TRC)

Le transport par canalisation assure l'acheminement des hydrocarbures liquides et gazeux produits par l'Activité Exploration-Production.

Le réseau de canalisations de SONATRACH en Algérie s'étend sur près de 20 000 kilomètres.

I.2.4.3. Activité liquéfaction et séparation (LQS)

Pionnier dans le GNL, SONATRACH s'est hissée parmi les tout premiers acteurs mondiaux dans la production et la commercialisation de produits à forte valeur ajoutée.

I.2.4.4. Activité commercialisation (COM)

Depuis plus de 50 ans, SONATRACH est un fournisseur clé de référence sur la scène européenne et internationale.

I.2.4.5. Activité raffinage et pétrochimie (RPC)

L'activité raffinage-pétrochimie a pour mission de valoriser l'approvisionnement du marché domestique en carburants [2].

I.3. Organisation de l'activité de transport par canalisation (TRC)

Le Réseau de Transport par canalisation assure le transport, au profit des Utilisateurs, de toute production d'Hydrocarbures des Points d'Entrée aux Points de Sortie.

Il permet également d'alimenter le marché national, les complexes de GNL en Gaz, les complexes de séparation en GPL et les raffineries en pétrole brut et en Condensat.

Chapitre I: Présentation de la Direction régionale de transport In-Amenas (RTI)

L'Activité Transport par Canalisation (TRC) a pour missions de développer le réseau d'infrastructures de Transport par Canalisations, de Stockage, de Chargement et Déchargement à travers les infrastructures portuaires à quai et en haute mer.

Elle assure le transport des hydrocarbures depuis les pôles de production au sud vers les pôles de demande et de transformation au nord (marché national et exportation).

Parmi eux on trouve aussi:

- Région Transport Ouest RTO Arzew /Oran.
- Région Transport Est RTE /Skikda.
- Région Transport Ha oud El Hamra RTH / Hessi Massoud.
- Région Transport In Amenas RTI/In Amenas .
- Région de Transport Centre à Bejaïa RTC.

L'Activité TRC couvre plusieurs domaines:

- ✓ L'exploitation des ouvrages de transport des hydrocarbures et des installations portuaires à quai et en haute mer.
- ✓ La maintenance des ouvrages de transport des hydrocarbures et des installations de chargement portuaires à quai et en haute mer.
- ✓ Les études et développement, à l'exception des études relevant de la Direction Corporate Business Development et Marketing (BDM) et la réalisation de projets relevant de la Direction Centrale Engineering et Project Management.

L'organisation de la branche transport par canalisations est axée autour des quatre directions suivantes :

- ✓ Direction finance et juridique (DFJ).
- ✓ Direction administration siège (DAS).
- ✓ Direction ressources humaines (DRH).
- ✓ Direction organisation et planification (DOP).

Ainsi que trois divisions qui sont :

- ✓ Division maintenance DM.
- ✓ Division exploitation DXL.
- ✓ Division étude et développement EDV [2].

I.3.1. Description du réseau de transport

Le Réseau de Transport des Hydrocarbures Liquides et Gazeux est constitué d'un ensemble de canalisations, de stations de pompage, de stations de compression et de parcs de stockage. Il assure le transport des Hydrocarbures depuis les pôles de production au sud, vers les pôles industriels de traitement et de liquéfaction, de transformation, d'exportation et d'alimentation du Marché national.

Le Réseau de Transport inclut également les lignes d'expédition à partir des terminaux arrivées vers les complexes de liquéfaction et de séparation, les postes de chargement à quai et en mer au niveau des ports pétroliers situés au niveau d'Arzew, de Bethioua, de Béjaïa et de Skikda, faisant partie des Extensions des STC nord de pétrole brut et condensat OZ1/OZ2, OB1/OG1, OK1, NZ1 et NK1.

Le développement du Réseau de Transport depuis la construction de la première canalisation en 1959, a été engendré par les besoins en matière de transport en constante croissance, nécessitant ainsi le développement continu de nouvelles Capacités de transport.

Ce Réseau de Transport est composé de deux parties complémentaires :

- **Un réseau sud** : qui assure le transport :
 - ✓ Du pétrole brut et du Condensat vers Haoud El Hamra (CDHL).
 - ✓ Du Gaz naturel vers Hassi-R'mel (CNDG).
 - ✓ Du GPL vers Hassi-R'mel (SP4).
- **Un réseau nord** : qui assure le transport :
 - ✓ Du pétrole brut du CDHL vers les raffineries et les ports d'exportation.
 - ✓ Du Condensat du CDHL et du gisement de Hassi R'mel vers la raffinerie de Skikda et les ports d'exportation.
 - ✓ Du Gaz naturel du CNDG vers le Marché national, les Gazoducs destinés à l'exportation et les complexes de liquéfaction.
 - ✓ Du GPL issu des champs sud et de Hassi-R'mel vers les complexes de séparation.

Le choix des tracés des canalisations répond, en plus des aspects liés à la sécurité des personnes et des biens, à des critères d'optimisation économique et des distances de raccordement, pour l'ensemble des Utilisateurs.

Ces deux Réseaux sont délimités par les deux centres de dispatching liquides de Haoud El Hamra (CDHL) et gazeux de Hassi-R'mel (CNDG), par lesquels transitent les effluents à l'exception :

- Des canalisations transportant les GPL.
- La canalisation acheminant les Condensats en provenance des champs de Hassi-R'mel.
- Certaines injections en ligne de pétrole brut.
- L'oléoduc OT1 reliant In Amenas à la frontière Algéro-Tunisienne, pour l'exportation à travers le port pétrolier de Laskhirra en Tunisie.
- Des quantités de Gaz naturel destinées à la réinjection et aux besoins du Marché national.

La gestion desdits STC s'opère à travers des structures décentralisées du Concessionnaire bénéficiant d'une autonomie de gestion, leur permettant de prendre en charge, sans délais, les éventuelles opérations d'intervention nécessaires à la continuité du Service de Transport [3].

I.3.2. Consistance du réseau de transport

En 2022, le Réseau de Transport du Concessionnaire, comprenant des canalisations d'une longueur totale de 21 190 km, est composé principalement de ce qui suit :

- 20 oléoducs d'une longueur de 9 455 km, avec une Capacité de transport réelle de 210,828 Millions de Tep/an.
- 23 gazoducs d'une longueur totale de 11 735 km, avec une Capacité de transport réelle de 203,698 Milliards de Sm³/an.
- 85 stations de pompage et de compression.
- 128 bacs de stockage de pétrole brut et de Condensat, d'une Capacité design de 4,307 Millions de Tep.
- 02 Centres de Dispatching Liquides et Gaz.
- 12 postes de chargement de pétrole brut et de Condensat à quai et 05 postes de chargement de pétrole brut en haute mer (02 à Arzew, 02 à Skikda et 01 à Béjaïa) de type SPM (Single Point Mooring), implantés au niveau des terminaux marins dans les différents ports (Arzew, Bethioua, Bejaïa et Skikda) [3].

I.3.3. Centres de dispatching

I.3.3.1. Centre de dispatching d'hydrocarbures liquides (CDHL)

D'une Capacité de 1 400 000 barils/jour, est implanté à Haoud El Hamra (Hassi Messaoud), il permet notamment d'assurer :

- La réception du pétrole brut et de Condensat.

Chapitre I: Présentation de la Direction régionale de transport In-Amenas (RTI)

- Le stockage du pétrole brut et de Condensat.
- L'expédition du pétrole brut et de Condensat vers les terminaux marins et les raffineries, avec une flexibilité et une souplesse d'exploitation [3].

I.3.3.2. Centre national de dispatching gaz (CNDG)

D'une capacité de 390 millions Sm³/jour, situé à Hassi R'mel, reçoit la totalité de la production de Gaz naturel en vue de son acheminement par gazoducs, en plus du Marché national, vers :

- La zone industrielle d'Arzew, via la nappe Ouest.
- La zone industrielle de Skikda, via la nappe Est.
- La région centre, via le GG1.
- L'exportation directe, via le GEM, à destination de l'Italie et de la Slovénie.
- L'exportation via le GPDF/EGPDF, le GZ4 et le MEDGAZ, à destination de l'Espagne.

Ces deux centres de dispatching liquides et Gaz sont des infrastructures qui marquent la limite entre le réseau sud et le réseau nord [3].

I.3.4. Règles de dénomination des canalisations

- ✓ Lettre désignant la nature de l'effluent

G – Gaz / Gazoduc

L – GPL / Oléoduc

O – Pétrole brut / Oléoduc

N – Condensat / Oléoduc

- ✓ Lettre précédant la nature de l'effluent

D – Dédoublément

E – Expansion/Extension

R – Réhabilitation

- ✓ Lettre après la nature de l'effluent désigne le point d'arrivée

B – Béjaïa

D – Mesdar

G – Alger

H – Haoud El Hamra

K – Skikda

O – Oued Saf Saf

R – Hassi R'mel

T – Tunisie

Z – Arzew

A l'exception de : **EM** – Enrico Mattei et **PDF** – Pedro Duran Farell, qui sont des canalisations destinées à l'exportation.

- ✓ **Chiffre après la dernière lettre** : désigne l'ordre chronologique de construction de la canalisation [3].

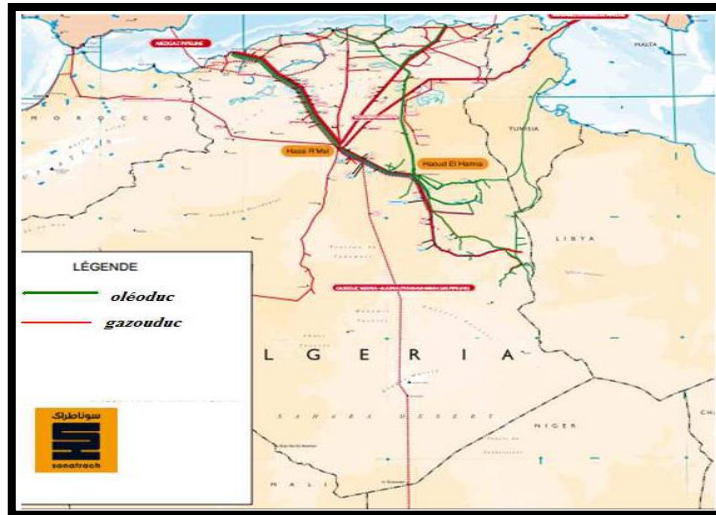


Figure I.2: Différents schémas du réseau de transport par canalisation en Algérie [4].

Tableau I.1: Données techniques du réseau de transport [4].

		Gaz naturel	Pétrole brut	GPL	Condensat	Total
Nombre de STC		10	7	2	3	22
Nombre de canalisation		20	12	6	3	37
Longueur (km)		9 677	4 973	3 255	1 718	19 623
Nombre de stations		32	34	11	5	82
Nombre de bacs		---	100	---	27	127
Capacité de transport	10 ⁶ TM/an	---	172,90	30,55	44,91	248,36
	10 ⁹ Sm ³ /an	178,079	---	---	---	178,079

I.4. Description de la Direction régional de transport In-Amenas (RTI)

I.4.1. Situation géographique

La Direction Régionale In Amenass se situe dans le chef-lieu de Daïra (In Amenass) dans la partie centrale du bassin d'illizi à 1600 km au SSE d'Alger, à 820 km au sud-est d'Ouargla sur le plateau de TINHERT et à 200 km au nord-est d'illizi (Chef-lieu de Wilaya), dont elle relève administrativement. L'altitude moyenne est plus ou moins 560 m par rapport au niveau de la mer. La superficie des champs producteurs de la région est de l'ordre de 30000 km² (Figure I.3).

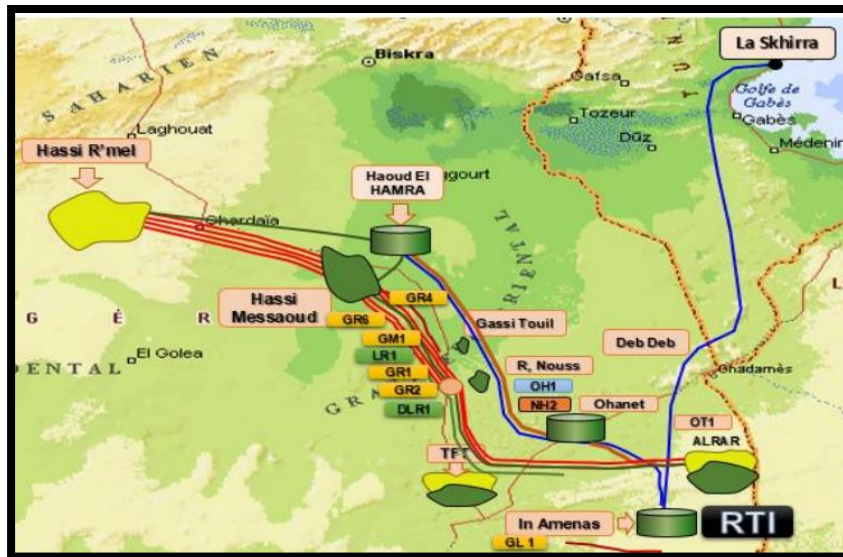


Figure I.3: Situation géographique de l'RTI [3].

I.4.2. Historique de la région de RTI

La Région Transport In-Amenas (RTI) a été créée le 18 juin 1988 suite à la réorganisation de la Division Transport. Cette région a pour mission de transporter les quatre produits d'hydrocarbures : pétrole brut et le condensat vers le CDHL, GPL et gaz naturel vers le CNDG [5].

I.4.3. Description de réseau de transport de RTI

Le réseau de transport de la Région Transport In-Amenas est composé des ouvrages suivants :

a. Gazoducs

- ✓ GR1/GR2 _ 42"/48" d'Alrar à Hassi R'mel.
- ✓ GR4/GR6 _ 48" de Rhoud Nouss à Hassi R'mel.

b. Oléoducs

Pétrole brut :

- ✓ OH1_30" d'In-Amenas à HEH.
- ✓ OT1_24" d'In-Amenas à la Skhira (Tunisie).

Condensat :

- ✓ NH₂_24"/30" d'Ohanet (PK66) à HEH.
- ✓ GPL : LR1_10"/24" d'Alrar à Hassi R'mel.
- ✓ DLR1_16" d'Ohanet à Gassi-Touil.

c. Station de compression

- ✓ Station de compression SC0/TFT : GR1/GR2 (42") ;

Chapitre I: Présentation de la Direction régionale de transport In-Amenas (RTI)

- ✓ Station de compression SC1/Rhoud Nouss : GR1/GR2 (48“) ;
- ✓ Station de compression SC2/Zina : GR1 /GR2 (48“).

d. Station de pompage

- ✓ Station de pompage SP1/ In-Amenas ;
- ✓ Station de pompage SP2/ Debdeb ;
- ✓ Station de pompage (TD) OPS1/ Ohanet ;
- ✓ Station de pompage OPS2/ Mederba ;
- ✓ Station de pompage OPS3/ Gassi-Touil ;

e. Parc de stockage

Les données techniques du parc de stockage RTI sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau I.2: Données techniques du parc de stockage RTI [5].

Site	Nombre de bacs	Capacité/unité (m ³)	Diamètre (m)	Hauteur (m)
SP1(TD) / In-amenas	10	18000	44	13,5
OPS1(TD) / OHANET	04	35000	57	15

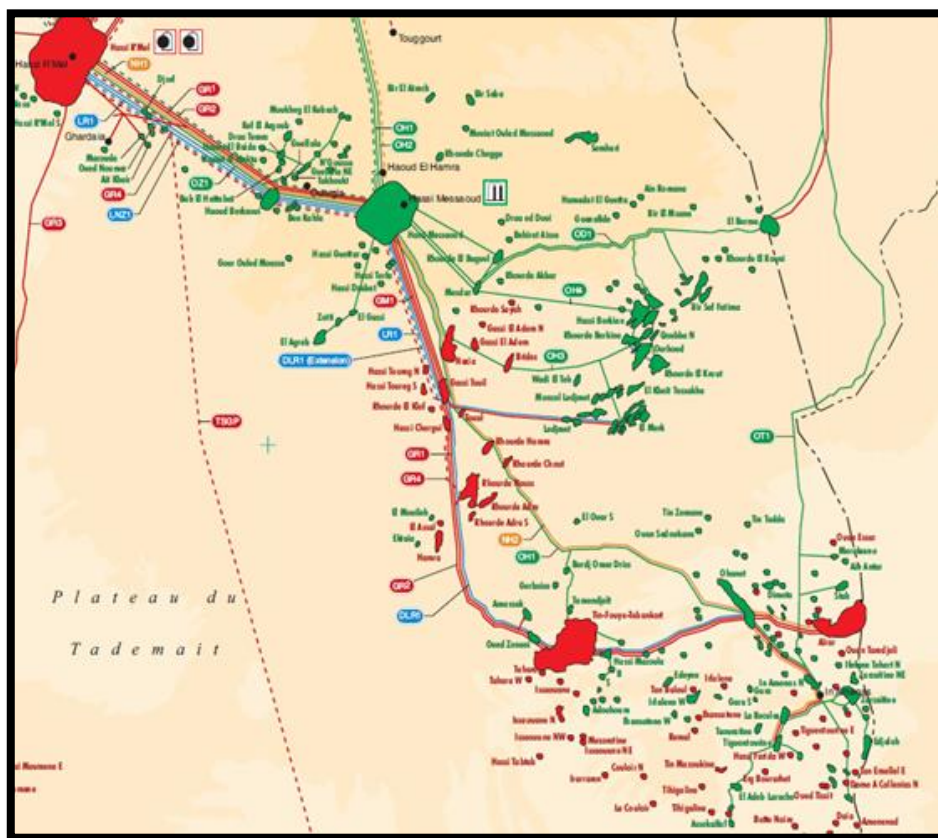


Figure I.4: Carte du réseau de transport de RTI [5].

I.4.4. Missions de RTI

Les missions principales de la Région Transport In Amenas consistent en :

- ✓ La réception et le Stockage des hydrocarbures liquides (Brut et Condensat).
- ✓ La Comptabilité matière et le Contrôle qualité.
- ✓ L'Expédition des hydrocarbures gazeux et liquides (Brut, Condensat et GPL).
- ✓ Réalisation des investissements notifiés.
- ✓ Maintenance des machines.
- ✓ Réhabilitation des pipes et des bacs de stockage.
- ✓ Sécurité du patrimoine, des installations et protection de l'environnement.
- ✓ La promotion et le développement des ressources humaines [5].

I.4.5. Organigramme de la région transport In-Amenas RTI

L'organigramme de la région de transport In amenas se compose d'un effectif total de **807** personnes. Ils sont regroupés comme suit (**Figure I.5**) :

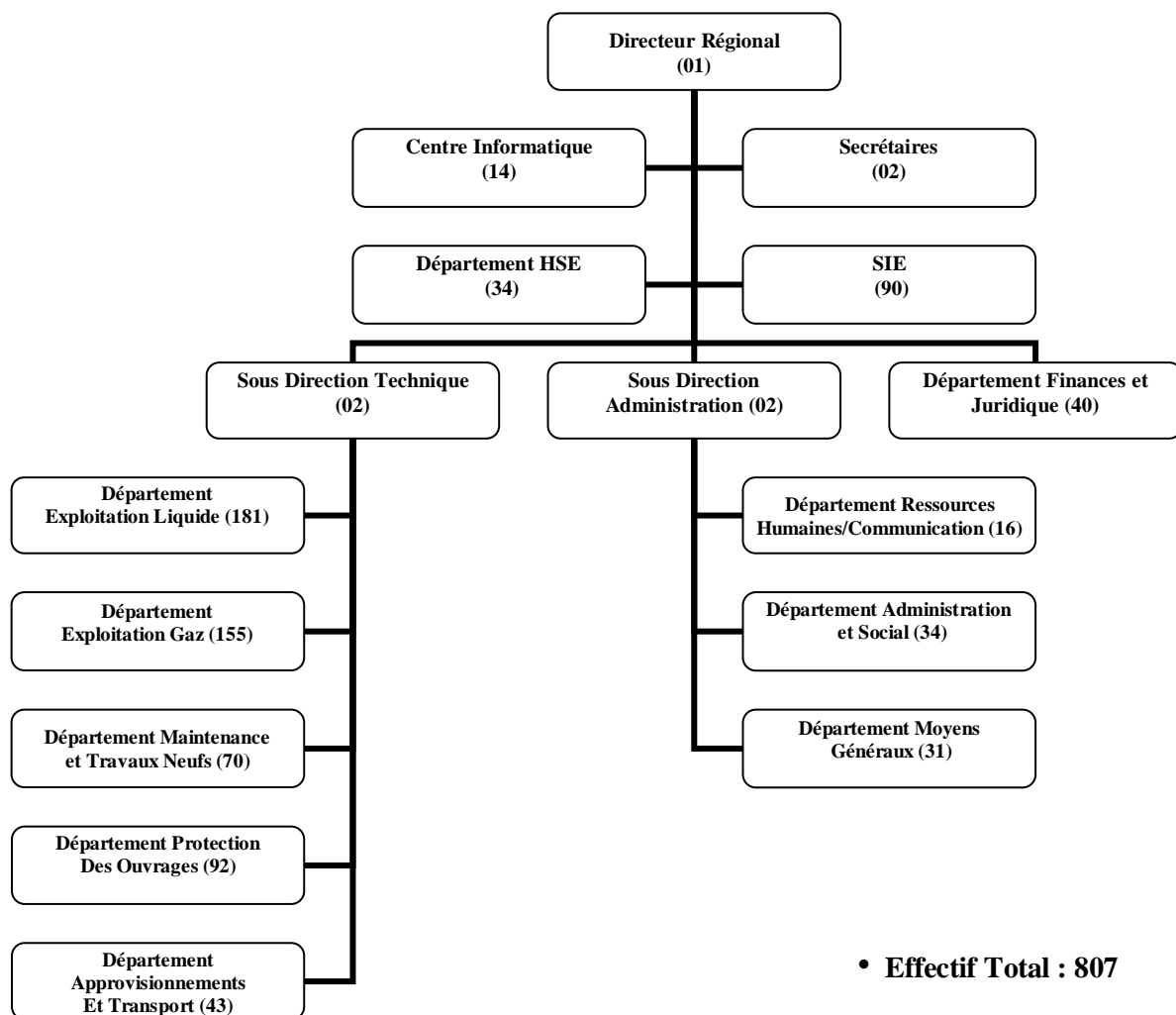


Figure I.5: Organigramme actuel de RTI [5].

I.4.6. Laboratoire d'analyse RTI

Le laboratoire d'analyse est situé à la station de pompage n °1 (SP1). Il comprend trois salles d'analyse à savoir, une salle d'analyse de pétrole brut, condensat et les huiles lubrifiantes ; salle d'analyses de soufre et une salle d'analyses des eaux de rejets industriels (Figure I.6).

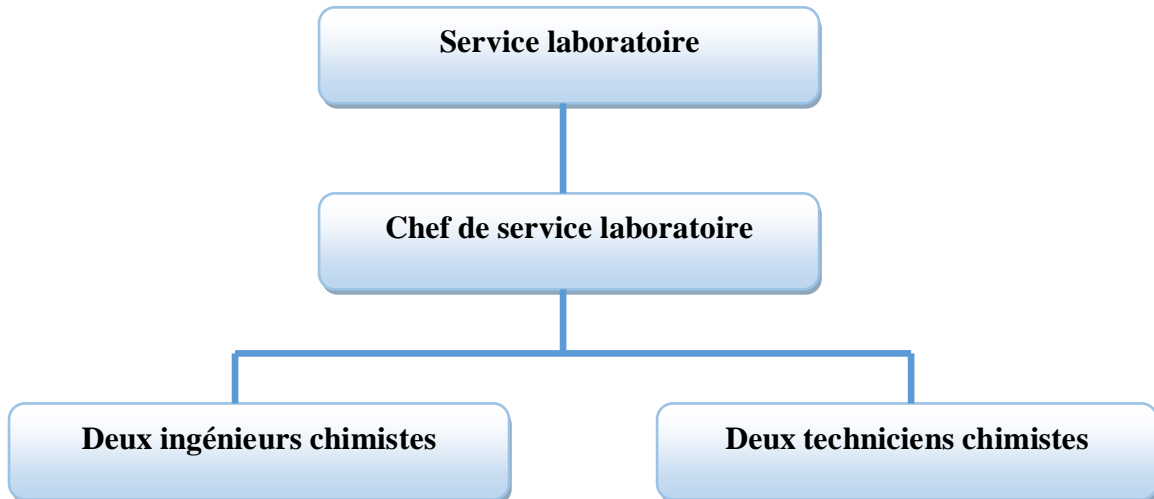


Figure I.6: Organigramme de laboratoire d'analyse de RTI.

I.4.7. Missions du service laboratoire

Le laboratoire assure les missions suivantes :

- ✓ Analyses du pétrole brut, condensat et les huiles lubrifiantes des machines tournantes.
- ✓ Interpréter les résultats d'analyse des différents produits réceptionnés et expédiés.
- ✓ Établir les rapports d'analyse mensuels.
- ✓ Gérer et entretenir les équipements d'analyses.
- ✓ Gérer le stock des produits chimiques.
- ✓ Suivre la qualité du gaz injecté, pétrole brut, condensat et GPL [5].

I.5. Conclusion

Lors de notre formation au sein de l'unité de transport par canalisation de l'unité opérationnelle TRC. Nous avons vu que le transport par canalisation de TRC prend une importance de plus en plus grande à l'échelle nationale comme à l'échelle mondiale, qui correspond à une augmentation constante des quantités des produits transportés et des consommations en énergie.

Cette situation exige les entreprises de l'Algérie à développer leur mode de transports afin d'assurer un approvisionnement régulier pour faire face à l'accroissement de la demande sur le marché.



Références bibliographiques



[1] https://www.academia.edu/33251836/Pr%C3%A9sentation_de_l_entreprise_sonatrach

[2] <https://sonatrach.com/>

[3] <https://sonatrach.com/wp-content/uploads/2022/04/Code-R%C3%A9seau-de-Transport-par-Canalisation-Avril-2022.pdf>

[4] <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/4630/MINF39.pdf>

[5] Cartographie de la direction régionale d'in amenas.



Chapitre II:
Généralités sur les huiles lubrifiantes



II.1. Introduction

Les huiles lubrifiantes sont des liquides visqueux utilisés pour la lubrification des parties mobiles des moteurs et des machines. Les fonctions primaires des huiles lubrifiantes sont la réduction des frottements et de l'usure, la dissipation thermique ainsi que l'élimination des particules en suspension provoquées par le fonctionnement des systèmes mécaniques. Il doit également être stable à l'oxydation et aux variations thermiques.

Il existe cependant un nombre conséquent d'autres applications qui nécessitent, dans la plupart des cas, une formulation spécifique du lubrifiant. Entre 5000 et 10000 huiles différentes sont donc présentes sur le marché pour satisfaire plus de 90% de toutes leurs utilisations possibles.

Ces huiles sont des produits pétroliers qui se décomposent après une période d'utilisation, par contamination par des éléments polluants, tels que les métaux lourds, etc. Alors, les huiles usées peuvent contaminer l'eau et le sol et poser un risque élevé pour la santé humaine et l'environnement.

II.2. Qu'est ce qu'une huile de lubrification

Une huile de lubrification est un liquide plus ou moins visqueux utilisé comme lubrifiant (**Figure II.1**). Ces huiles sont composées d'un fluide de base, appelé « base lubrifiante », qui peut être synthétique ou minéral, et qui est issu du pétrole brut traité. De plus, un ensemble d'additifs est ajouté à la base de lubrifiant pour garantir que le lubrifiant peut remplir sa fonction souhaitée malgré diverses contraintes telles que les températures élevées, le cisaillement mécanique et d'autres défis.

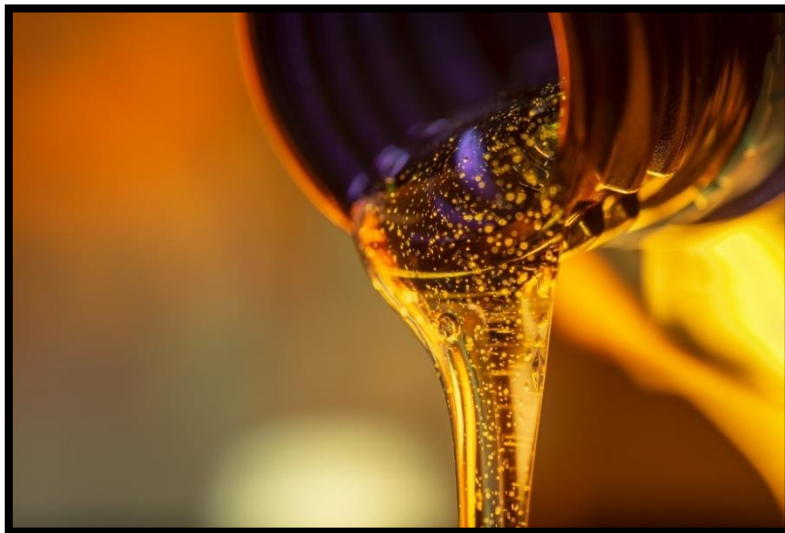


Figure II.1: Huile lubrifiante.

Le but principal des huiles est de fournir une lubrification. Il s'agit de créer une barrière d'huile entre deux éléments mobiles en mouvement relatif l'un par rapport à l'autre. Le but de cette lubrification est de minimiser la quantité de frottement qui se produit entre ces deux pièces [1-3].

II.3. Origine d'une huile de lubrification

Le pétrole brut est le produit de base pour tous les lubrifiants, indépendamment du fait qu'ils soient à base d'huile minérale ou synthétique. La fabrication de lubrifiant industriel nécessite plusieurs traitements de raffinage (**Figure II.2**).

L'étape initiale du processus de raffinage du pétrole implique la distillation atmosphérique du pétrole brut, qui se produit à une température de 350°C. Ce procédé donne un résidu atmosphérique composé de produits lourds. Ces produits sont utilisés en partie pour récupérer les huiles lubrifiantes après avoir subi une distillation sous vide.

Afin d'isoler les fractions de résidus distinctes, des procédures de raffinage supplémentaires doivent être effectuées. Pour obtenir des produits plus légers, le résidu subit un traitement thermique connu sous le nom de craquage catalytique, qui est responsable de la décomposition des molécules d'hydrocarbures à longue chaîne en molécules plus courtes.

Les huiles subissent un second traitement au cours duquel les structures aromatiques sont partiellement extraites par solvation. Une troisième procédure de raffinage suit, qui implique un déparaffinage au solvant avec du MEC. Le traitement ultime est l'hydrotraitement, qui élimine près de 90 % des impuretés telles que l'azote, le soufre, les métaux et les hydrocarbures insaturés [4].

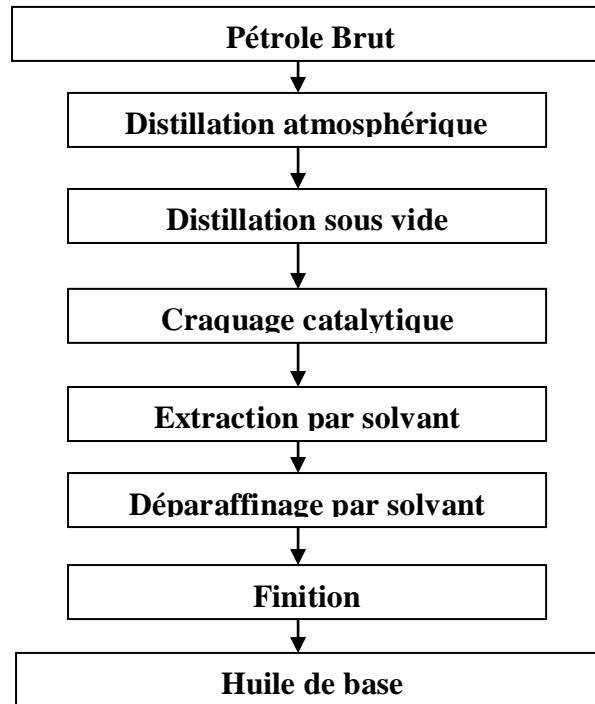


Figure II.2: Etapes de fabrication d'une huile de base minérale.

II.4. Fonction des huiles de lubrification

Les fonctions des huiles de lubrifications sont diverses et leurs rendements sont remarquables.

Nous citons parmi ces fonctions :

- Réduire la friction entre les pièces en mouvement.
- Absorber et évacuer la chaleur produite.
- Assurer l'étanchéité entre les segments des pistons et les parois des cylindres.
- Nettoyer, évacuer et filtrer les particules étrangères sur les pièces en mouvement.
- Protéger contre la corrosion.
- Permettre la mise en mouvement des pièces (quelle que soit la température).
- Contrôler l'oxydation pour prévenir des changements de viscosité [5].

II.5. Composition des huiles de lubrification

Les huiles lubrifiantes sont composées d'une variété d'huiles de base, telles que des huiles minérales ou synthétiques, et d'une proportion spécifique d'additifs (**Figure II.3**).

Ces additifs sont soigneusement sélectionnés pour améliorer les propriétés inhérentes des huiles et leur donner la capacité de lubrifier efficacement. Les principales huiles de base utilisées sont soit des huiles minérales extraites du pétrole, soit des huiles synthétiques [3].

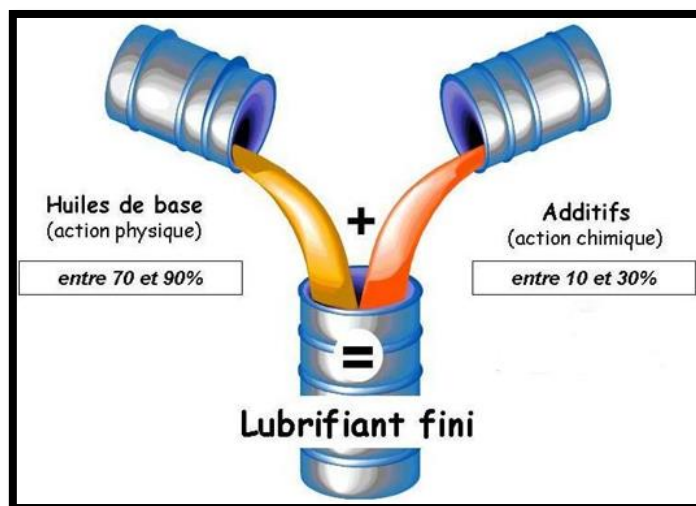


Figure II.3: Composition d'une huile lubrifiante.

II.5.1. Huiles minérales

Ce sont les huiles les plus couramment utilisées dans les applications automobiles et industrielles. Ils proviennent de la distillation sous vide du pétrole brut et de nombreux additifs. Ils ont de bonnes propriétés telles que la stabilité à l'oxydation, la stabilité thermique.

Ces huiles minérales sont dites paraffiniques, naphthéniques ou aromatiques selon le type d'hydrocarbures qui déterminent ces propriétés physico-chimiques du composé global [6].

Le tableau II.1 montre le classement des huiles minérales selon la base des structures moléculaire:

Tableau II.1: Classification d'une huile minérale sur la base des structures moléculaire [7].

Structure	Fraction principale	Caractéristiques
A base de paraffine Chaines rectilignes ou ramifiées	+ de 75% de paraffines	Densité < 900 kg/m ³ Indice de viscosité 93-105
A base de naphène	+ de 70% de naphènes	Densité 900-940 kg/m ³ Indice de viscosité 30-80
Aromatique	+ de 50% d'aromatiques	Densité > 940 kg/m ³ Indice de viscosité 0-40

II.5.2. Huiles synthétiques

Elles sont obtenues par synthèse chimique de composants de la pétrochimie, de la chimie du carbone et de la chimie minérale (addition d'un produit à lui-même ou

polymérisation, addition d'un produit à un autre par estérification, etc.). Exemples d'huiles : polyéthylène, glycols, esters, hydrocarbures synthétiques et silicones, etc.

Les lubrifiants synthétiques sont principalement utilisés dans l'aviation et diverses applications telles que : transmission d'énergie (puissance), moteurs thermiques et automobiles [8,9].

II.5.3. Huiles semi-synthétiques

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) [10].

II.5.4. Additifs

Les additifs sont des substances ajoutées à un mélange d'huile pour fournir des propriétés spécifiques. Correctement ajoutés à l'huile de base, il existe de nombreux types d'additifs, chacun avec ses propres avantages et inconvénients. Certains sont utilisés pour atteindre le niveau de performance souhaité du lubrifiant, tandis que d'autres sont utilisés pour corriger des déficiences ou améliorer les propriétés rhéologiques de l'huile.

La formulation d'un lubrifiant est généralement constituée de deux éléments de base : un mélange de base (minéral et/ou synthétique) auquel sont ajoutés 5 % à plus de 20 % en masse d'additifs (voir **Figure II.4**). Voici ce que font certains de ces additifs [11,12].

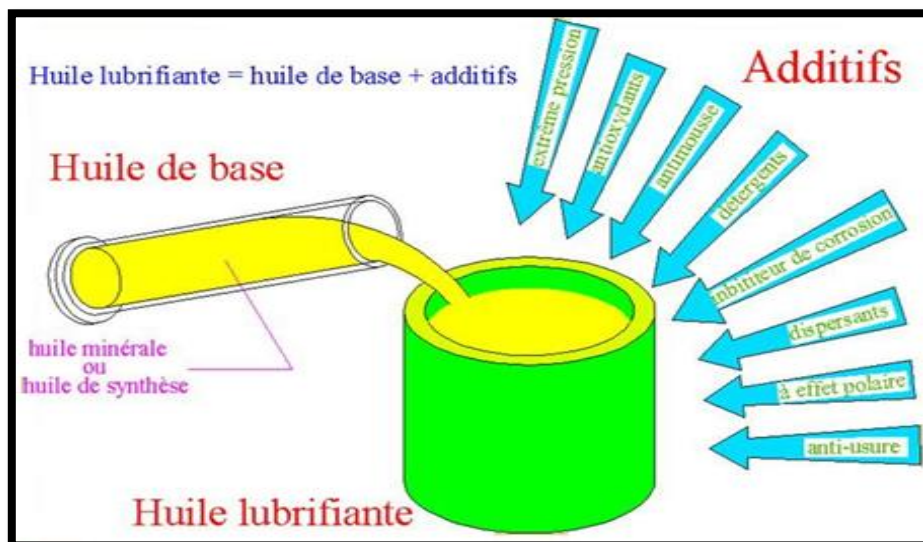


Figure II.4: Formulation d'un lubrifiant.

Des exemples d'additifs généralement les plus utilisés sont:

II.5.4.1. Additifs antifricction, anti-usure

Ils réduisent l'usure et les frottements mécaniques sur les surfaces métalliques en formant un film protecteur très résistant à l'usure à la surface de la pièce. Coefficient de frottement inférieur, moins d'usure [13].

II.5.4.2. Additifs anticorrosifs, antirouille

Ce sont des composés contenant du calcium, du magnésium, du phosphore et de l'azote, avec ou sans soufre. Ils empêchent l'attaque des métaux ferreux grâce à l'action synergique de l'eau, de l'oxygène, de l'air et de certains oxydes produits lors de la combustion. En apposant un film protecteur sur la surface métallique du moteur et en neutralisant les agents corrosifs [13,14].

II.5.4.3. Additifs détergents

Ils préviennent ou réduisent les dépôts indésirables causés par les contaminants de surface et les résidus de combustion incomplète. Ajoutez des composés organométalliques tels que le magnésium, le baryum, le calcium et l'étain. [13,15].

II.5.4.4. Additifs anti oxydation

Pour prévenir la formation de vernis, de boue et de corrosion, on ajoute des composés organiques contenant du soufre, du phosphore ou de l'azote. On y incorpore souvent des métaux, comme l'étain, le zinc ou le baryum. Nous distinguons deux principales classes:

- **Antioxydants primaires:** Généralement des amines, des sulfides ou des phénols, bloquent les réactions radicalaires.
- **Antioxydants secondaires** à base de zinc et de phosphore tel que le DTPZn a pour rôle de décomposer les produits dérivés des réactions d'oxydation [15,18].

II.5.4.5. Additifs dispersants

Ils permettent d'éviter l'agglomération des dépôts décollés des parois et maintenir les particules en suspension dans huile. Ils contiennent souvent de l'azote, et parfois de bore [13,16].

II.5.4.6. Additifs anti-mousse

Les antis mousses Sont des additifs solubles dans l'huile, à base de silicone, de très haute masse molaire.

Ils permettent de limiter la dispersion d'un grand volume d'air dans l'huile en réduisant la tension de surface. Ils provoquent l'éclatement des bulles et empêche leur accumulation en surface de l'huile [13].

II.5.4.7. Additifs extrême de pression

Permettent à l'huile de réduire les frottements et par conséquence d'économiser de l'énergie et protéger les surfaces de fortes charges [17].

II.5.4.8. Additifs améliorant le point d'écoulement

Ils permettent au lubrifiants de garder une bonne fluidité à basse température (de -15°C à -45°C). Les additifs améliorant le point d'écoulement sont généralement des polymères hydrocarbonés et oxygénés [13,14].

II.5.4.9. Additifs améliorant d'indice de viscosité

L'objectif de ces additifs est de réduire la variation de la viscosité en fonction de la température, qui se traduit par une augmentation de l'indice de viscosité, ils permettent à l'huile d'être :

- ✓ Suffisamment fluide à froid (facilité de démarrage en abaissant le point d'écoulement entre -15°C et -45°C suivant les huiles).
- ✓ Suffisamment visqueuse à chaud (éviter le contact des pièces en mouvement).

Ces additifs sont des polymères hydrocarbonés pouvant contenir de l'oxygène voire de l'azote [13,14].

II.5.4.10. Additifs modificateurs de frottement

Ces additifs permettent de réduire le coefficient de frottement des pièces lubrifiées, en améliorant ainsi leur rendement mécanique [13].

II.6. Classification des huiles lubrifiantes

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

II.6.1. Lubrifiants d'origine animale

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

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

II.6.2. Lubrifiants d'origine végétale

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

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

II.6.3. Lubrifiants d'origine minérale

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

II.6.4. Lubrifiants d'origine synthétique

- **Liquides**: silicones, polyglycols, esters phosphoriques et aliphatiques, polyoléfines, métaux liquides.
- **Pâteux** : verres, borates et oxyde de bore B₂O₃ (pâteux à chaud), graisses silicones.
- **Solides** : polyéthylènes, polytétrafluoroéthylène (PTFE), savons (stéarates de zinc, de calcium, d'aluminium, etc.), oxyde de plomb (PbO), disulfure de tungstène, phtalocyanine, fluorure de graphite, fluorures de calcium, de baryum et de lithium, nitrure de bore [19].

II.7. Caractéristiques des huiles de lubrification

II.7.1. Caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques des huiles lubrifiantes sont présentées comme suit :

II.7.1.1. Densité

La densité d'une huile est le rapport de la masse d'un certain volume de cette huile à une température donnée (généralement 15 ou 20°C) à celle du même volume d'eau à 4°C. Elle se mesure à l'aide d'un densimètre plongeant dans un tube à essais. Les valeurs courantes pour les huiles de pétrole s'étagent entre 0,85 et 0,95 et dépendent de l'origine des produits.

La densité varie avec la température et la pression. Elle diminue avec la température [20].

$$d = \frac{\rho(\text{corps})}{\rho[\text{Eau}(\text{pour les liquides ou solides}) \text{ ou Air}(\text{pour les gaz})]}$$

II.7.1.2. Masse molaire

La masse molaire d'une substance correspond à la masse d'une mole de cette substance. Elle s'exprime en Kg/mole, et elle peut être calculée en effectuant le rapport de masse d'une substance par la quantité de matière qu'elle comporte [2].

II.7.1.3. Point d'éclair

C'est la température minimale à laquelle les vapeurs émises par une huile s'enflamment au contact d'une flamme pour une courte durée, dans des conditions normalisées. Elle traduit la stabilité thermique de l'huile et sa résistance à l'inflammation [3].

II.7.1.4. Point d'écoulement et de trouble

Le point d'écoulement « T_{el} » d'un hydrocarbure liquide est la plus basse température à laquelle il coule encore lorsqu'il est refroidi, sans agitation.

Le point de trouble « T_{tr} » d'un hydrocarbure liquide est la température la plus basse à laquelle des cristaux commencent à se former.

Le point de trouble et le point d'écoulement permettent d'apprécier les limites de température à respecter dans la mise en œuvre du pétrole brut, en particulier, pour son pompage en hiver.

En fait, l'agitation du fluide provoquée par le pompage, peut empêcher, retarder voire détruire la formation des cristaux, conférant ainsi au brut une certaine fluidité au-dessous de la température d'écoulement mesurée [21].

II.7.1.5. Teneur des métaux lourds

Ce sont des éléments métalliques dont la masse volumique est supérieure à 5 g/cm³. Les métaux pour lesquels des mesures de contrôle et de réduction des émissions dans l'ensemble des compartiments air, eau et sols ont été mises en place aux niveaux international, européen et national, regroupent un ensemble de composés métalliques reconnus pour leurs effets toxiques [22].

II.7.1.6. Indice d'acidité

Indice d'acidité ou dosage de l'acidité totale: C'est le nombre de milligramme de potasse, nécessaire pour neutraliser les acides contenus dans 1 gramme d'huile. L'apparition de l'acidité dans une huile, ne peut provenir que lors de l'oxydation, et pour cela son augmentation indique une oxydation due à la température ou à la contamination [23].

II.7.1.7. Indice de basicité

Indice de basicité ou dosage de basicité totale : C'est le nombre de milligramme de potasse stœchiométrique, équivalent à la quantité d'acidité d'une huile, renfermant des additifs alcalins. L'indice de basicité a pour but de neutraliser les acides formés dans des gaz de combustion, ou par oxydation. Il est inversement proportionnel à l'indice de basicité [23].

II.7.1.8. Tension de vapeur Reid

Tension de vapeur Reid (TVR) : C'est le rapport entre le volume du gaz et celui de l'huile, d'où la pression d'un carburant est développée par la vapeur à une température donnée et des conditions bien définies [23].

II.7.1.9. Teneur en eau et en sédiments

Le produit fini doit contenir peu ou pas d'impuretés solides. Cependant, dans certaines huiles on peut rencontrer des impuretés qui ont été séparées par dilution ou centrifugation.

L'échantillon à analyser est dilué avec du xylène, ensuite il est centrifugé : en dehors de l'eau seules des impuretés insolubles, du coke, du sable et de la rouille apparaissent. Pour des teneurs en eau et sédiments comprises entre 0,5 et 1,5%, la reproductibilité est de 0,4. L'homogénéité de l'échantillon prélevé doit être soigneusement vérifiée [24].

II.7.1.10. Onctuosité

L'onctuosité est l'aptitude à réduire les frottements entre deux surfaces. Elle caractérise la continuité et la solidité du film graisseux entre les pièces, et varie dans le même sens que la viscosité et elle ne se chiffre pas [4].

II.7.2. Caractéristiques rhéologiques

Les caractéristiques rhéologiques des huiles lubrifiantes sont illustrées comme suit:

II.7.2.1. Viscosité

La viscosité est la propriété qui caractérise la résistance du film lubrifiant qui protège les pièces en mouvements, pour des conditions de fonctionnement données.

Elle dépend de la température, lorsque la température est faible la viscosité est trop élevée, et les frottements entre les surfaces des pièces mobiles sont importants.

Et plus la température est élevée, plus la viscosité est basse pour réduire les frottements internes [13,7].

Ils existent deux types de viscosité : la viscosité dynamique et la viscosité cinématique :

- **Viscosité dynamique (μ)**

La viscosité dynamique est la viscosité qui intervient dans les calculs d'épaisseur de film d'huile. Elle est déduite de la loi de Newton régissant l'écoulement laminaire d'un fluide visqueux entre une surface mobile animée et une surface fixe [14].

- **Viscosité cinématique (ν)**

La viscosité cinématique est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu d'huile dans un tube capillaire. C'est la viscosité donnée dans les fiches techniques des fournisseurs, plus facile à mesurer que la viscosité dynamique [25].

La relation entre la viscosité dynamique et viscosité cinématique est donnée par la formule suivante :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Avec : ν : viscosité cinématique (m²/s)

μ : viscosité dynamique (Pa.s)

ρ : masse volumique (kg/m³)

II.7.2.2. Indice de viscosité

L'indice de viscosité (IV) traduit la variation de la viscosité en fonction de la température. Plus l'indice de viscosité est grand, moins la viscosité varie.

Il est déterminé soit à partir des mesures des viscosités cinématiques effectuées respectivement à 40°C et à 100°C et en utilisant l'abaque de Groff, soit en utilisant un programme de calcul spécifique [3,14].

II.7.3. Caractéristiques macroscopiques

Les caractéristiques macroscopiques des huiles lubrifiantes sont représentées comme suit:

II.7.3.1. 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, de même qu'un aspect laiteux peut indiquer la présence d'eau [26].

II.7.3.2. Indice de réfraction

C'est le nombre conventionnel, qui traduit l'importance de la variation de la viscosité d'un lubrifiant issu du pétrole brut, en fonction de la température, dont il permet de juger la tenue à chaud et à froid d'un lubrifiant [23].

II.8. Huile lubrifiante usagée

Les huiles lubrifiantes usagées, sont des huiles qui sont contaminées après l'utilisation, ses propriétés altérées, ne peuvent pas continuer à remplir leurs tâches convenablement [27].

II.9. Différents types des huiles lubrifiantes usagées

On distingue deux catégories principales d'huiles usagées :

II.9.1. Huiles claires

Sont des huiles industrielles (**Tableau II.2**), elles sont peu détériorées, donc facile à valoriser sous forme de matière ou récupérés sous forme d'une huile de base [27].

Tableau II.2: Huiles générant des huiles usagées claires [28].

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

II.9.2. Huiles noires

Sont les huiles généralement issues de la lubrification automobile, elles constituent un pourcentage important de toutes les huiles usagées, elles sont obtenues par mélange de résidus lourds. Le traitement de ces huiles noires est plus difficile et complexe, en raison de leur forte dégradation et la présence de contaminants (**Tableau II.3**).

L'huile noire peut être récupérée sur des sites spécialisés par des prestataires spécialisés pour produire des huiles de base pour la lubrification, ou pour l'incinération dans les cimenteries et autres matériaux [27].

Tableau II.3: Huiles générant des huiles usagées noires [28].

Origine	Spécificité
Automobile	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Toutes huiles finies pour moteurs essences y compris les huiles dites mixtes. ✓ Huiles pour moteurs Diesel dites tourisme. ✓ Huiles pour moteurs Diesel, pour les véhicules utilitaires y compris pour marine. ✓ Huiles multifonctionnelles. ✓ Huiles pour transmissions automatiques. ✓ Huiles pour engrenages automobiles.
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tous fluides caloporteurs. ✓ Huiles pour le traitement thermique. ✓ Huiles pour compresseurs frigorifique. ✓ Huiles pour compresseurs d'air à gaz. ✓ Huiles pour engrenages industriels.
Aviation	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Huiles pour moteurs d'avions.

II.10. Dégradation des huiles de lubrifications usagées

Lors du fonctionnement, l'huile de lubrification subit plusieurs transformations physico-chimiques dues aux divers phénomènes qui s'y reproduisent. Ces transformations qui font perdre à l'huile les qualités qui lui permettent d'assurer la fonction requise, entraînent alors sa dégradation.

Les principales origines de dégradation de l'huile de lubrification sont :

II.10.1. Phénomène d'oxydation

L'oxydation est la réaction entre l'huile de base du lubrifiant et l'oxygène dans l'atmosphère, et est l'une des principales causes de la dégradation du lubrifiant. Elle peut provoquer une modification fondamentale de l'huile de base du lubrifiant. La vitesse de réaction de l'huile avec l'oxygène dépend de la température à laquelle cette réaction a lieu, plus la température est élevée plus l'huile s'oxyde rapidement.

L'oxydation de l'huile génère un ensemble de phénomènes, entraînant des conséquences nuisibles à l'huile et sur le circuit de lubrification, tel que : l'augmentation de la viscosité, l'augmentation de l'acidité de l'huile, et la formation de dépôts et de boues [25,29].

II.10.2. Cisaillement mécanique

La force de cisaillement de l'huile lubrifiante est la contrainte exercée sur le film d'huile lorsque ses deux côtés sont entraînés à des vitesses différentes, et elle est exprimée par le changement de vitesse dans le film d'huile.

La capacité d'un lubrifiant à résister au cisaillement lui permet de garantir des propriétés stables pendant sa durée de vie [13].

II.10.3. Contamination

L'huile lubrifiante peut être contaminée par des particules métalliques provenant de l'usure des machines, des impuretés, des composés de plomb, ou de l'eau ou du carburant provenant de la combustion du carburant dans la machine [30].

La contamination se manifeste essentiellement sous deux formes :

✓ **Contamination liquide**

- La plus souvent constatée est l'eau, d'où elle est la plus destructrice, pouvons-nous trouver dans l'huile, elle est attaquée par une augmentation de température. L'eau peut provoquer l'oxydation, et diminuer la viscosité, et la corrosion des surfaces

métalliques. Et comme elle peut même prévenir une condensation à l'intérieur de la machine à basse température.

- La dilution sévère qui baisse la concentration des additifs et leurs efficacités, et de leurs tours, provoquent la diminution de la viscosité en fonction de la distance parcourue.
- ✓ **Contamination solide**
- Les contaminants provenant des frottements des éléments mobiles en formants des particules d'usures.
- L'étanchéité insuffisante.
- Les résidus de combustion qui provoquent l'usure et l'influence des suies [8].

II.11. Effet des huiles usagées sur l'environnement et sur la santé

Les huiles usagées sont dangereuses sur l'environnement et sur la santé pour plusieurs raisons:

II.11.1. Effet des huiles usagées sur l'environnement

- Elles sont peu biodégradables.
- Elles ont une densité plus faible que l'eau : 1L d'huile usagée peut couvrir une surface importante d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu L'impact lié à leur dégradation qui provient de la combustion de l'huile dans de mauvaises conditions est important : formation d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) dont le pouvoir cancérigène a été démontré ; formation de gaz chlorhydrique acide, dû au chlore, sans neutralisation des fumées, de PCB ou de dioxine.
- Pollution des terres, des fleuves et des océans dus à une faible biodégradabilité (Figure II.5).
- En contact avec l'eau, production d'une pellicule empêchant la circulation de l'oxygène [31].



Figure II.5: Impact des huiles usagées sur l'environnement.

II.11.2. Effet des huiles usagées sur la santé

Le contact ou la manipulation d'huiles usagées peut provoquer des allergies, anémie, bronchite, cancer, dermatose, convulsion, l'asthme, emphysème, diarrhée, céphalée, trouble respiratoire, irritations du tissu respiratoire dues à la présence de gaz renfermant d'aldéhyde, cétone et des composés aromatiques [31]. Tableau II.4 regroupe l'ensemble des composés polluants des huiles usagées :

Tableau II.4: Composés polluants des huiles usagées [32].

Polluants	Exemples	Source
Hydrocarbures aromatiques polynucléaires	/	Pétrole-base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques mononucléaires	Alkyl benzènes	Pétrole-base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques di-nucléaires	Naphtalènes	Pétrole-base lubrifiante
Hydrocarbures chlorés	Trichloréthylène	Utilisation huile polluée
Métaux	Baryum	Dans les additifs
	Aluminium	Dans les moteurs
	Plomb	Dans le combustible

Pour ces raisons, les détenteurs doivent recueillir les huiles usagées provenant de leurs installations et les stocker dans des conditions de séparation satisfaisantes qui sont comme suite :

- Ne pas mélanger les huiles avec autres produits non huileux comme l'eau.
- Conservation des huiles dans des installations étanches, jusqu'à leur ramassage ou reraffinage.
- Remettre les huiles usagées aux ramasseurs, en vue de les mettre directement à la disposition des éliminateurs ayant un agrément délivré par l'autorité administrative [6].

II.12. Procédés de récupération des huiles lubrifiantes usagées

Les procédés de récupération des huiles usagées sont basés sur les étapes ci-dessous:

II.12.1. Distillation sous vide

Phase de déshydratation et de dégazage, pour séparer les différentes fractions des résidus lourds.

II.12.2. Ultrafiltration

Phase dans laquelle l'huile usagée est soumise à des processus de sédimentation et de filtration afin d'éliminer les particules métalliques et les autres solides présents dans l'huile.

II.12.3. Ré-addition

Tout au long de ce processus, on ajoute une quantité d'additifs afin d'améliorer les performances et caractéristiques de l'huile [32].

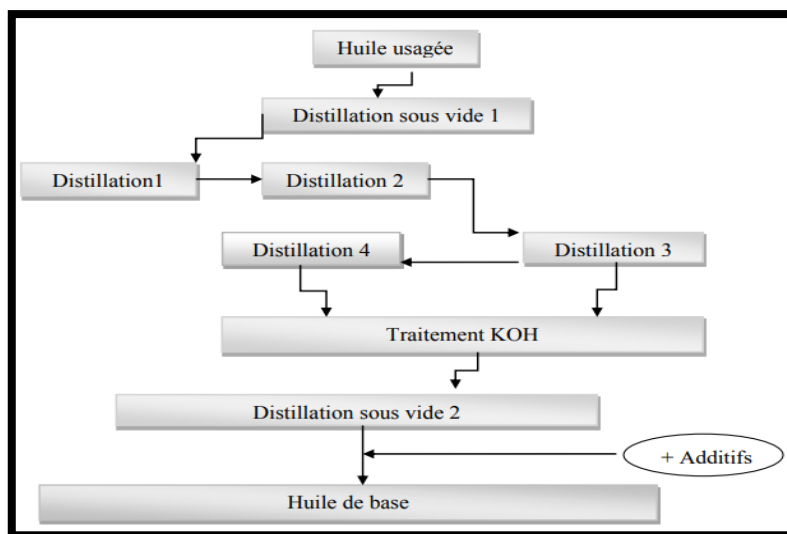


Figure II.6: Schéma de processus de récupération des huiles usées [32].

II.13. Conclusion

Les huiles lubrifiantes sont indispensables pour assurer le bon fonctionnement des machines, des moteurs et des turbines. Elles sont constituées d'une huile de base auxquels sont ajoutés d'additifs convenablement choisis pour qualifier le lubrifiant et d'assurer sa fonction.

Les huiles lubrifiantes disposent de plusieurs propriétés physico-chimiques, rhéologiques et macroscopiques qui doivent être préservées, autant que possible, au cours de son utilisation. Cependant, Les concepteurs et fabricants de machine sont amenés à proposer les lubrifiants à utiliser sur leurs équipements, et à proposer un timing concernant le changement de lubrifiant ou de produit de graissage.



Références bibliographiques



- [1] AYEL, J. (1996), Lubrifiants- Propriétés et Caractéristiques, Technip.
- [2] OUARET, S., CHELAGHA, S. (2017), Caractérisation physico-chimique d'une huile moteur usagée et possibilité de récupération, Mémoire de Master de l'université de Bejaïa.
- [3] NEJJAR, K. (2011), Etude de la réactivité thermique d'une huile de lubrification des moteurs diesel, thèse de Doctorat de l'Université de Rabat-Maroc.
- [4] Hidayat, IZZA (2017), Thèse doctorat. Contribution à l'étude de l'extraction par solvant des aromatiques en vue de l'obtention des huiles lubrifiantes. Université Kasdi Marbah d'OUARGLA.
- [5] LAIB. L (2010) Etude de la stabilité à l'oxydation des huiles lubrifiantes algériennes (pour moteurs à essence). Mémoire de magister de l'Université de Boumerdes.
- [6] Lubrifiants et produits connexes pour l'automobile. Guide pratique à l'attention des acheteurs publics de lubrifiants et de produits connexes pour véhicule terrestre à moteur thermiques: Collection marchés publics, Edition 2000.
- [7] CASTROL. ABC du graissage-Structure, Utilisation et propriétés des lubrifiants. switzerland : HC-04/2006.
- [8] LIGIER, J. (1997), Lubrification des paliers moteurs, Technip.
- [9] HAFSI, M., SADALLAH, L. (2013), l'effet du tensio-actif sur la teneur en paraffine, naphtène et aromatique lors de l'extraction des aromatiques des huiles lubrifiantes par le phénol, mémoire Master académique, université de Ouargla.
- [10] <https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/Cours%20202%20lubrification.pdf>
- [11] J. AYEL, Lubrifiants : Additifs à action chimique, Edition Techniques de l'ingénieur, 2001, B5343.
- [12] J. AYEL. (2002), Lubrifiants : Additifs à action physique ou physiologique, Edition Techniques de l'ingénieur, B5344.
- [13] GIRAUD, L. (2000), Modèle prédictif pour le développement d'un système embarqué de vidange des lubrifiants pour transmission, thèse de Doctorat, université de Quebec.
- [14] Groupe permanent d'étude des marchés de produits divers de l'industrie chimique et para-chimique (GPEM/ CP). (2000), Lubrifiant et produit connexes pour l'automobile, Collection Marchés publics.
- [15] HAIDER, S. (2011), Optimisation des concentrations des additifs des huiles lubrifiantes Algériennes (pour moteur à essence), mémoire de Magister, université de Boumerdes.
- [16] UDONNE, J. (2011), A comparative study of recycling of used lubrication oils using distillation, acid and activated charcoal with clay methods, Petroleum and Gas Engineering, 02, 12-19.

- [17] CHAUVEAU, V. (2010), Le pouvoir lubrifiant des nanotubes de carbone, thèse de Doctorat, Ecole centrale de LYON.
- [18] La Lubrification, QUAMIS, L.P.E.E (2003).
- [19] <https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/Cours%20%20lubrification.pdf>
- [20] Stepina.V and Vesely.V. (1992), « lubricants and special Fluid», ELSEVIER, Amsterdam- London-New York-Tokyo. P 10-
- [21] Gustin J.L., Management des risques chimiques – Explosion de gaz, Techniques de l'ingénieur, traité Génie des procédés, J 3 894
- [22] https://www.citepa.org/wp-content/uploads/1.3-ML_2020.pdf
- [23] J. DENIS, J. BRIANT, J-C. HIPEAUX. Physico-chimie des lubrifiants: analyses et essais. Paris : Edition Technip, 1997.
- [24] J. WEISSMANN, 'Carburants et combustibles pour moteurs à combustion interne', édition Technip Paris, 1970.
- [25] FEDOUL, M. (2017), Etude de la qualité des huiles lubrifiantes par des méthodes chimio métriques, mémoire de Master, université de FES – SAISS.
- [26] Pirro. D.M, Wessol A.A. (1980), «Lubrification Fundamentals», Second edition, Marcel DEKKER, INC. New York. Basel.
- [27] F. Audibert. (2003), Les huiles usagées : reraffinage et valorisation énergétique. Paris : Technip
- [28] ADEME, (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie). Recyclage et valorisation énergétiques des huiles usagées, Atouts et faiblesses. Paris 2000.
- [29] MERABET, A. (2012), Contribution à l'étude des échanges thermiques dans un moteur DIESEL atmosphérique à taux de compression variable, Thèse de Doctorat de l'Université de Constantine.
- [30] FELLAHI, E. (1998), Biodégradation et gestion des huiles de coupes usées, Thèse de Doctorat, Université de Quebec.
- [31] ADEME, Etude du comportement des détenteurs et des conditions de stockage des huiles de moteur usagées dans les DOM-COM (Département d'Outre Mer-Collectivités d'Outre Mer). Paris 2013.
- [32] Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP). Possibilités de recyclage et d'utilisation des huiles usées, 2000.



*Chapitre III:
Matériels et Méthodes*



III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons les différents matériels et les méthodes utilisés au cours de cette étude, les différents paramètres physico-chimiques et les protocoles expérimentaux utilisés pour mesurer ces paramètres ainsi que les montages expérimentaux seront, également, présentés.

III.2. Equipements et produits chimiques

Le tableau III.1 présente l'ensemble des produits chimiques, matériels, et appareils utilisés pour contrôler la qualité des huiles lubrifiantes.

Tableau III.1: Equipements et produits chimiques utilisés dans les analyses.

Produits chimiques	Matériels	Appareils
<ul style="list-style-type: none"> • Ethanol. • Condensat. • Huiles standards CONOSTAN. • Acétone. • Toluène. • Eau distillée. • Gel de silice. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bécher (100 ; 150ml). • Electrodes en graphite (crayon et disque). • Nacelles. • Pipettes de transfert. • Flacons d'échantillons (20 ml) avec bouchons. 	<ul style="list-style-type: none"> • Appareil automatique de la détermination du point d'éclair en vase clos (Pensky Martens Seta PM-93). • Appareil automatique pour la mesure du point de trouble et point d'écoulement (Scavini CPPP80). • Spectromètre GNR Metal-Oil "M". • Viscosimètre automatique à 2 bains (PSL Rheotek Ubbelohde). • Densimètre automatique (DM45) Passeur d'échantillons (SC1).

III.3. Echantillonnage

Pour répondre à l'objectif de notre travail, nous avons pris des différents échantillons des huiles lubrifiantes.

Après chaque test, on procède à nettoyer l'appareillage avec plusieurs produits pour enlever tous les résidus et nettoyer aussi l'environnement de ce travail.

L'objectif d'un échantillonnage des huiles est d'atteindre la plus haute performance et la plus grande fiabilité des machines en vérifiant l'état et le niveau de contamination de l'huile.

III.4. Protocole d'échantillonnage

On applique la même procédure d'échantillonnage pour tout échantillon prélevé.

Pour cela, on effectue les instructions suivantes :

1. Placez le récipient d'huile sous la vanne d'échantillonnage.
2. Ouvrez et fermez la vanne cinq fois et laissez-la ouverte.
3. Rincez le tuyau en vidant une quantité d'un litre dans le récipient.
4. Ouvrez le flacon d'échantillon, mais évitez toute pénétration de la contamination.
5. Placez le flacon sous l'écoulement d'huile sans toucher la vanne d'échantillonnage.
6. Remplissez la bouteille à environ 80 % de sa capacité.
7. Placez le bouchon sur le flacon immédiatement après avoir prélevé l'échantillon.
8. Agitez le flacon, videz l'huile dans le récipient et répétez le remplissage.
9. Fermez la vanne d'échantillonnage.
10. Tous les échantillons doivent être clairement identifiés avec un numéro de référence, un numéro de référence de la machine, la marque et le modèle de la machine, la date et le type/la marque de l'huile.

Les échantillons doivent être prélevés uniquement lorsque la machine fonctionne à une température de service normale [1].

III.5. Paramètres de mesures physico-chimiques des huiles lubrifiantes

Les huiles de lubrification sont des liquides plus ou moins visqueux utilisés comme lubrifiants.

III.5.1. Détermination de la densité

III.5.1.1. Signification

La densité est une propriété physique fondamentale qui peut être utilisée avec d'autres propriétés pour caractériser la qualité des huiles lubrifiantes.

III.5.1.2. Principe

Environ 1 à 2 ml d'échantillon sont introduits dans un tube oscillant en forme de « U » et la variation de la fréquence d'oscillation provoquée par le changement de masse du tube est

utilisée pour déterminer la densité de l'échantillon. Les températures de référence courantes pour les huiles sont 15 °C et 20 °C.

III.5.1.3. Matériels et produits

- Densimètre automatique (DM45) + Passeur d'échantillons (SC1).
- Flacons d'échantillons (20 ml) avec bouchons.
- Bécher (100 ml).
- Eau distillée, Toluène et Acétone.

III.5.1.4. Normes de références

ASTM D 4052-16 : Méthode d'essai standard pour la détermination de la masse volumique, la densité et la densité API des liquides par un densimètre numérique.

III.5.1.5. Mode opératoire

1. Mettre le densimètre et le passeur d'échantillon (**Figure III.1**) sous tension et attendre jusqu'à ce que la température de fonctionnement de la cellule de mesure soit atteinte (30 min).
2. Vérifier que la cellule de mesure propre et sèche ($d_{\text{air}} = 0,0012 \text{ g/cm}^3$). Sinon lancer un nettoyage.
3. Vérifier le niveau des liquides de rejets. Vider le bidon s'il est trop rempli.
4. S'assurer que les quantités de solvants de rinçage sont suffisantes (**Rince 1**: Eau distillée ou Toluène et **Rince 2**: Acétone).
5. Agiter la bouteille d'échantillon pour homogénéiser son contenu.
6. A l'aide d'un bécher remplir le flacon d'échantillon, puis fermer immédiatement après le remplissage.
7. Placer le flacon dans le passeur d'échantillons SC1.
8. Dans la page « **Home** » appuyer sur le raccourcis de la méthode d'analyse « **H 15** » pour la mesure de la densité à 15 °C ou « **H 20** » pour la densité à 20 °C.
9. Dans le champ « **ID écha** », identifier l'échantillon puis appuyer sur « **Démarrer** ».
10. Lors du remplissage de la cellule de mesure, vérifier l'absence des bulles d'air. Sinon lancer un nettoyage (raccourcis « **NET** ») et refaire l'opération de (5) à (9) [1].



Figure III.1: Densimètre et passeur d'échantillon [1].

III.5.2. Détermination de point d'éclair

III.5.2.1. Signification

Le point d'éclair est une mesure de la tendance d'un produit pétrolier à former un mélange inflammable avec l'air. Il permet de connaître jusqu'à quelle température le produit pourra être chauffé sans danger (l'évaluation du risque d'inflammabilité). C'est la raison pour laquelle les produits pétroliers doivent être stockés à une température inférieure à celle de leur point d'éclair.

Pour les analyses des huiles lubrifiantes, l'abaissement du point d'éclair peut résulter d'une dégradation en service (cracking) ou d'une contamination par un liquide volatil ou un gaz.

III.5.2.2. Principe

L'échantillon d'huile est chauffé dans une coupelle de dimensions spécifiées et la source d'inflammation est immergée dans la coupelle à intervalles réguliers jusqu'à ce qu'un éclair soit détecté. La température à laquelle l'application de la source d'inflammation provoque un éclair distinct à l'intérieur de la coupelle est le point d'éclair observé.

Si la pression barométrique ambiante au moment de l'essai diffère de 101,3 kPa, le point d'éclair observé est corrigé comme suit:

$$\text{Point d'éclair corrigé} = C + 0,25 (101,3 - K)$$

Avec : C = point d'éclair observé (°C).

K = pression barométrique ambiante (kPa).

Après correction, La température est arrondie à 0,5 °C près.

III.5.2.3. Matériels

- Appareil automatique de la détermination du point d'éclair en vase clos (Pensky Martens Seta PM-93) (**Figure III.2**).
- Bécher (150 ml).

III.5.2.4. Normes de références

ASTM D 93-18 : Méthodes d'essai standard pour la détermination du point d'éclair par la méthode de Pensky-Martens en vase clos.

III.5.2.5. Mode opératoire



1. Mettre en marche l'appareil.
2. Soulever le couvercle et retirer la coupelle d'échantillon en tournant le bras vers le symbole "  ".
3. Remplir la coupelle avec l'échantillon jusqu'au trait de jauge.
4. Remettre la coupelle en tournant le bras vers le symbole "  " et fermer le couvercle.
5. Dans la page « **Start of Test** ».
 - Remplir les champs « **Opérateur** » et « **ID échantillon** ».
 - Choisir dans le « **Test profile** » le type d'échantillon à analyser.
 - Donner dans « **Exp.flash** » la température d'éclair prévue.
6. Appuyer sur « **GO** » pour démarrer le test [1].



Figure III.2: Appareil automatique de la détermination du point d'éclair [1].

III.5.3. Détermination de point d'écoulement

III.5.3.1. Signification

Le point d'écoulement d'un produit pétrolier est un indice de la température la plus basse de son utilité pour certaines applications. Les caractéristiques d'écoulement, comme le point d'écoulement, peuvent être critiques pour le bon fonctionnement des systèmes d'huile de lubrification, des systèmes de carburant et des opérations de transport par pipelines.

III.5.3.2. Principe

Le point d'écoulement des produits pétroliers est déterminé par un instrument automatique qui incline le récipient d'échantillon pendant le refroidissement et détecte le mouvement de la surface de l'échantillon avec un dispositif optique (**Figure III.3**).

Après un chauffage préliminaire, l'échantillon est inséré dans l'appareil automatique de mesure du point d'écoulement. Après le démarrage du programme, l'échantillon est refroidi selon le profil de refroidissement et examiné à des intervalles de 3 °C.

Une fois la température d'essai atteinte, l'appareil fait déplacer le récipient d'échantillon en position verticale vers une position horizontale pour provoquer le mouvement de l'échantillon. Lorsque le récipient est maintenu en position horizontale pendant 5 sec sans détection de mouvement de l'échantillon, il s'agit du point de non-écoulement et le test est terminé.

La température la plus basse à laquelle le mouvement de l'échantillon est détecté par l'équipement pour la dernière fois est affichée comme le point d'écoulement :

$$\text{Point d'écoulement} = \text{Point de non écoulement} + 3^{\circ}\text{C}$$

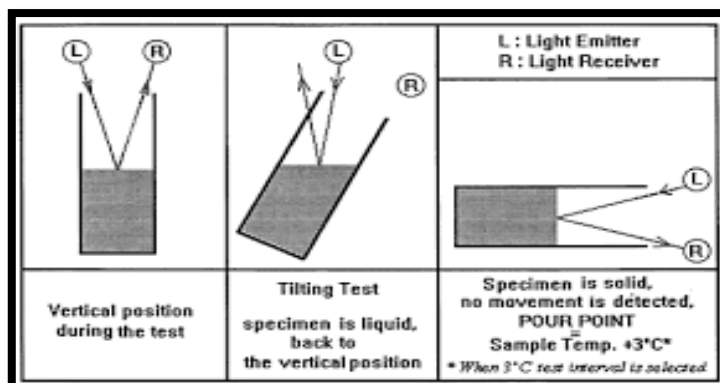


Figure III.3: Système de détection optique [1].

Point de non-écoulement: température à laquelle une structure cristalline de paraffine ou une augmentation de la viscosité, ou les deux, gêne le mouvement de la surface de l'échantillon dans les conditions de l'essai.

III.5.3.3. Normes de références

ASTM D 97-17b : Méthode d'essai standard pour la détermination du point d'écoulement des produits pétroliers.

ASTM D 5950-14 : Méthode d'essai standard pour la détermination du point d'écoulement des produits pétroliers (méthode d'inclinaison automatique).

III.5.3.4. Matériels et produits

- Appareil automatique pour la mesure du point de trouble et point d'écoulement (Scavini CPPP80) (**Figure III.4**).
- Bécher (100 ml).
- Ethanol ou Condensat.

III.5.3.5. Mode opératoire

1. Mettre en marche l'appareil au moyen de l'interrupteur situé sur le panneau arrière. Une fois l'appareil allumé, le menu principal s'affiche sur l'écran tactile.
2. Pour démarrer un test, appuyé sur « **Run a test** » (la tête se met en position 45°).
3. Retirer le godet d'échantillon, puis verser l'échantillon jusqu'au repère de niveau.
4. Vérifier que le joint torique du godet est monté, insérer le godet dans la bague de verrouillage, puis serrer la bague sur la tête avec précaution pour ne pas endommager les capteurs.
5. Déplacer le bras en position verticale et vérifier que les extrémités des détecteurs de point d'écoulement sont justes au-dessus du niveau de l'échantillon sans le toucher et que la sonde PT 100 du point d'écoulement est immergée à environ 5 mm.
6. Appuyer sur le bouton « **START** » (la fenêtre « **Select the type of test** » s'affiche).
7. Sélectionner la méthode de test, puis appuyer sur « **CONTINUE** ».
8. Remplir les champs suivants :
 - « **Sample** » et « **Operator** ».
 - « **Start Cloud Point test** » : la température à laquelle l'appareil commence à rechercher le point de trouble.
 - « **Expected Pour Point** » : l'appareil commence à examiner l'échantillon à 9 °C au-dessus de cette température. Choisir une température qui est un multiple de 3 °C.

- « **Stop temperature** » : la température la plus basse à laquelle l'appareil arrête le test au cas où aucun résultat n'est trouvé.
- 9. Soumettre l'échantillon au préchauffage en activant l'option « **Enable preheating sample** » (l'échantillon est chauffé à 45°C puis refroidi jusqu'à ce qu'un résultat soit trouvé).
- 10. Appuyer sur « **START** » pour démarrer le test ou sur « **BACK** » pour revenir au menu principal.

Note 1 : Si vous avez choisi d'effectuer à la fois les tests Cloud Point et Pour Point, l'appareil effectuera d'abord le Cloud Point Test, puis le Pour Point Test.

11. Le changement de la température de l'enceinte est effectué automatiquement. Les températures de test sont : +48, +24, 0, -18, -33, -51 et -69°C. La température la plus basse que l'enceinte peut atteindre est de -80°C.
12. Pour le point de trouble, porter l'échantillon à une température ≥ 14 °C au-dessus du point de trouble prévu. Eliminer toute humidité par un papier filtre sec jusqu'à ce que l'huile soit parfaitement claire. La filtration se fait à la même température.
13. Pour le point d'écoulement, l'appareil commence à examiner le mouvement de l'échantillon lorsque sa température est de 9 °C au-dessus du point prévu.
14. Une fois cette température atteinte, le godet sera retiré et incliné à 45°C. Si l'échantillon s'écoule, la tête retourne le godet dans le bain. Si l'échantillon ne s'écoule pas, la tête passe en position horizontale (90°).
15. Si l'échantillon ne montre pas de mouvement pendant 5 sec lorsqu'il est maintenu en position horizontale, le test est terminé. Sinon, l'appareil répète l'essai à la température suivante (3 °C plus bas).

Note 2 : Le test peut être arrêté à tout moment en appuyant sur le bouton « **STOP** ».

16. Si le point d'écoulement est détecté lors du premier cycle d'inclinaison (point d'écoulement prévu + 9 °C), ignorer le résultat et recommencer le test en utilisant un point d'écoulement prévu plus élevé.
17. A la fin du test, appuyer sur le bouton « **RESET** » pour mettre l'appareil en mode veille [1].



Figure III.4: Appareil automatique pour la mesure du point de trouble et d'écoulement [1].

III.5.4. Détermination de la teneur des métaux lourds

III.5.4.1. Signification

La détermination des débris dans l'huile usagée est une méthode de diagnostic clé pratiquée dans les programmes de surveillance de l'état des machines afin que des tendances par rapport au temps puissent être établies et que des mesures correctives puissent être prises en cas d'usure anormale et/ou la présence de contamination dans les huiles lubrifiantes neuves ou usagées.

L'analyse spectrométrique permet de déterminer la concentration (en ppm masse ou mg/kg) des différents éléments, métalliques ou non, présents dans l'huile, soit sous forme d'additifs, soit sous forme de contaminants ou sous forme de particules d'usure.

- Les métaux d'usure sont : l'argent (Ag), l'aluminium (Al), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le titane (Ti) et le vanadium (V).
- Les éléments d'addition sont : le bore (B), le baryum (Ba), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le molybdène (Mo), le phosphore (P) et le zinc (Zn).
- Le silicium (Si) est habituellement représentatif d'une pollution par des poussières mais peut aussi provenir de silicones utilisés comme additifs anti-mousse.

La présence ou l'augmentation de la concentration de métaux d'usure spécifiques peut être indicative des premiers stades d'usure s'il existe des données de concentration de référence pour comparaison.

Une augmentation marquée des éléments contaminants peut indiquer des matières étrangères dans les lubrifiants, comme l'antigel ou le sable.

III.5.4.2. Principe

Les métaux d'usure et les contaminants dans un échantillon d'huile usée sont évaporés et excités par une décharge d'arc contrôlée en utilisant la technique du disque rotatif. Une comparaison est faite des intensités émises par les éléments présents dans l'échantillon d'huile usée avec celles mesurées avec des étalons. Ainsi, les concentrations de ces éléments sont calculées.

III.5.4.3. Matériels et réactifs

- Spectromètre GNR Metal-Oil "M".
- Huiles standards CONOSTAN.
- Electrodes en graphite (crayon et disque), nacelles et pipettes de transfert.
- Béchers (100 ml).

III.5.4.4. Normes de références

ASTM D 6595-16: Méthode d'essai standard pour la détermination des métaux d'usure et des contaminants dans les huiles lubrifiantes usagées ou les fluides hydrauliques usagés par spectrométrie d'émission atomique à électrode à disque rotatif.

III.5.4.5. Mode opératoire

1. Mettre le spectromètre (**Figure III.5**) en marche en allumant l'interrupteur général «**Bouton rouge** », puis appuyer sur l'interrupteur «**ELECTRONIC** » et l'interrupteur «**SPARK** ». Laisser l'équipement se stabiliser pendant 3 jours avant de commencer l'analyse.
2. Une fois l'équipement stabilisé, ouvrir le logiciel « **MetalLab32** », taper le mot de passe « **GNR** », puis appuyer sur « **OK** » (la fenêtre du **Menu principal** s'ouvre).
3. Appuyer sur « **Analyse** ou **F2** » (la fenêtre **Programmes d'analyse** s'affiche), sélectionner le programme d'analyse « **Huiles Usagées** », puis appuyer sur « **OK** ».
4. Prendre une électrode à disque avec un papier de laboratoire pour éviter tout risque de contamination et placer-la sur l'arbre en la poussant fortement.
5. Insérer l'électrode crayon dans le trou du taille-électrode (la lame d'affûtage commence automatiquement à tourner). Affûter l'électrode en effectuant une légère pression et rotation pendant quelques secondes (l'électrode doit être bien pointée).

6. Placer l'électrode crayon en poussant le levier de fixation. Libérer-la légèrement, puis appuyer sur le levier horizontal afin d'ajuster l'écart entre les deux électrodes.
7. Avec la pince, mettre une nacelle dans son emplacement et la remplir avec le standard « **S21_Blanc** » en utilisant la pipette, puis fermer la porte de la chambre de décharge.
8. Appuyer sur l'icône « **Démarrer une analyse** » ou « **Ctrl + R** ». Étinceler 2 fois pour le préchauffage de l'instrument. Pendant cette phase, il est possible d'éviter de changer l'huile et l'électrode à disque.
9. Après l'analyse, enlever l'électrode crayon, jeter la nacelle, retirer l'électrode à disque et éliminer toute trace d'huile.
10. Une fois le préchauffage terminé, étinceler avec « **S21_50 ppm** » :
 - Si les résultats sont conformes aux valeurs attendues, commencer à analyser les échantillons inconnus (l'appareil n'a pas besoin de Profilage ou Standardisation).
 - Si les résultats sont différents aux valeurs attendues, faire un profilage afin de compenser les dérives optiques et électronique de l'appareil.
 - Si, après vérification du profil, certains éléments ne sont plus conformes aux valeurs attendues, effectuer une Standardisation.
11. Après vérification de l'étalonnage, les échantillons inconnus sont maintenant prêts pour l'analyse :
 - Placer une nouvelle électrode à disque sur l'arbre.
 - Mettre une électrode crayon affûtée.
 - Placer, puis remplir une nouvelle nacelle avec l'huile à analyser.
 - Fermer la porte et démarrer l'analyse (répéter 2 fois pour chaque échantillon).
 - Après chaque analyse, enlever l'électrode crayon, jeter la nacelle et l'électrode à disque, puis éliminer toute trace d'huile.

Note 1 : Pour exclure une étincelle dans le calcul de la moyenne, sélectionner-la par **double clic** (l'étincelle sur l'écran devient **rouge**).

Note 2 : Pour supprimer une étincelle, sélectionner-la (l'étincelle sur l'écran devient **bleu pâle**) ensuite la supprimer en cliquant sur l'icône « **ciseaux** ».

Note 3 : Pour arrêter l'instrument, suivre la procédure **inverse** de mise en marche. En mode veille, éteindre uniquement l'interrupteur « **SPARK** » [1].



Figure III.5: Spectromètre GNR [1].

III.5.5. Détermination de la viscosité

III.5.5.1. Cinématique

III.5.5.1.1. Signification

Le bon fonctionnement des machines tournantes (pompes centrifuges, turbines ou compresseurs centrifuges) dépend de la viscosité appropriée des lubrifiants utilisés. Une augmentation de la viscosité de l'huile en service, peut indiquer des problèmes tels que l'épaississement de l'huile (qui indique un phénomène d'oxydation ou de nitration), des niveaux de contamination élevés et/ou une augmentation des insolubles.

Par contre, une baisse de la viscosité peut provenir d'une dilution par un liquide plus fluide.

III.5.5.1.2. Principe

La viscosité cinématique est déterminée à partir du temps d'écoulement mesuré pour qu'un volume fixe de liquide s'écoule par gravité à travers le capillaire du viscosimètre et de la constante du viscosimètre à une température donnée au moyen de l'équation suivante:

$$\nu = C \cdot t$$

Avec : ν = viscosité cinématique (mm^2/s).

C = constante d'étalonnage du viscosimètre (mm^2/s^2).

t = temps d'écoulement mesurés (s).

La constante d'étalonnage (C) dépend de la gravité dans le lieu d'étalonnage et doit donc être fournie par le laboratoire d'étalonnage.

Lorsque la gravité (g) diffère de plus de 0,1%, corriger la constante d'étalonnage comme suit :

$$C_2 = \left(\frac{g_2}{g_1}\right) \times C_1$$

Où les indices **1** et **2** indiquent respectivement le laboratoire d'étalonnage et le laboratoire d'essais.

III.5.5.1.3. Matériels et produits

- Viscosimètre automatique à 2 bains (PSL Rheotek Ubbelohde) (voir **Figure III.6**).
- Bêchers (150 ml).
- Solvants (Acétone et Toluène).

III.5.5.1.4. Normes de références

ASTM D 445-18 : Méthode d'essai standard pour la détermination de la viscosité cinématique des liquides transparents et opaques (et calcul de la viscosité dynamique).

ASTM D 446-12 : Spécifications standard et instructions d'utilisation des viscosimètres cinématiques capillaires en verre.

III.5.5.1.5. Mode opératoire

1. Vérifier le niveau du liquide de refroidissement.
2. Remplir les bouteilles de solvants de manière à ce qu'elles soient remplies à au moins 50 % (le niveau minimum de solvant est de 3 cm au-dessus du filtre).
3. S'assurer que les bouteilles de rejets sont vides (vider-les une fois qu'elles sont pleines à 50% ou avant).
4. Allumer les 2 bains du viscosimètre et le refroidisseur et attendre que la température des bains soit 40 et 100°C respectivement.
5. Réinitialiser les niveaux des bouteilles dans : **Home** > **More** > **Solvents**, puis appuyer sur «**Reset Waste**» et «**Reset Solvent**».
6. Cliquer sur la position du capillaire à utiliser dans « **Use Bath 1** » ou « **Use Bath 2** ».
7. Identifier l'échantillon, puis appuyer sur «**Start Test** » (la fenêtre de dialogue « **Choose Sample Type** » s'ouvre), choisir « **Base** » et appuyer sur «**OK** ».
8. Dévisser le bouchon de l'entonnoir et à l'aide d'un bécher remplir le capillaire (le niveau du liquide doit être entre les deux repères de remplissage), puis appuyer sur «**OK** ».
9. Appuyer sur « **Yes** » ou « **No** » pour choisir ou pas un autre capillaire (l'analyse se démarre automatiquement).
10. Pour calculer l'indice de viscosité (IV) : **Home** > **More** > **Viscosity Index**, puis sélectionner les viscosités à 40 et 100°C de l'échantillon.

Note : Le cycle de mesure comporte un nettoyage automatique des capillaires. Pour lancer un nettoyage indépendant : **Home > More > Clean Viscometer**, puis choisir le capillaire à nettoyer [1].

III.5.5.2. Indice de viscosité

III.5.5.2.1. Signification

C'est un nombre utilisé pour caractériser la variation de la viscosité cinématique d'un produit pétrolier en fonction de la température. Plus l'indice de viscosité est élevé, plus l'effet de la température sur sa viscosité cinématique est faible.

Dans la pratique, il est utilisé pour déterminer la variation de la viscosité cinématique due aux changements de température d'un lubrifiant entre **40 °C** et **100 °C**.

III.5.5.2.2. Normes de références

ASTM D 2270-10 (2016) : Pratique standard pour calculer l'indice de viscosité à partir de la viscosité cinématique à **40°C** et **100 °C**.



Figure III.6: Viscosimètre automatique à 2 bains [1].

III.6. Conclusion

Dans le but d'analyser et de suivre la qualité de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) au niveau de la direction régionale de transport par canalisation de l'unité opérationnelle In-amenas (TRC/RTI). Nous avons présenté un aperçu sur les équipements, les produits et les protocoles expérimentaux utilisés pour mesurer les différents paramètres physico-chimiques qui caractérisent la qualité des huiles lubrifiantes.



Références bibliographiques



[1] Manuel opératoire du laboratoire d'analyse RTI.



Chapitre IV:
Résultats et discussion



IV.1. Introduction

Ce chapitre résume l'ensemble des résultats obtenus sur le contrôle de la qualité d'une huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) de la turbine à gaz par la détermination de différents paramètres de mesure physicochimiques.

IV.2. Caractéristiques physico-chimiques typique d'une huile synthétique (TURBONYCOIL 600)

Le tableau IV.1 ci-dessous présente les caractéristiques physico-chimiques typiques de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) :

Tableau IV.1: Caractéristiques physico-chimiques typiques de l'huile (TURBONYCOIL 600) [1].

Propriétés physico-chimiques	Norme ASTM	Unité	Valeur Typique	Limite
Densité à 15°C	D 4052	Kg/dm ³	--	--
Densité à 20°C	D 4052	Kg/dm ³	0.993	--
Viscosité à 40°C	D 445	mm ² /s	25.01	Min 23.0
Viscosité à 100°C	D 445	mm ² /s	5.03	4.90-5.40
Indice de viscosité	D 2270	--	--	--
Point d'éclaire	D 93	°C	269	Min 246
Point d'écoulement	D 97	°C	-57	Max -54
Teneur des métaux lourds	D 6595	ppm	--	--

IV.3. Variation des paramètres de mesure physico-chimiques d'une huile (TURBONYCOIL 600)

Il est nécessaire de procéder des analyses physico-chimiques d'une huile (TURBONYCOIL 600), afin de déterminer le degré de contamination et l'état de pureté de cette huile. Pour cela, nous avons effectué plusieurs analyses physico-chimiques de cette huile, où les résultats sont présentés comme suit.

IV.3.1. Variation de la densité

Les figures IV.1 et IV.2 représentent la variation de la densité à 15°C et à 20°C, respectivement, de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) de la machine (TC-502) en fonction du temps:

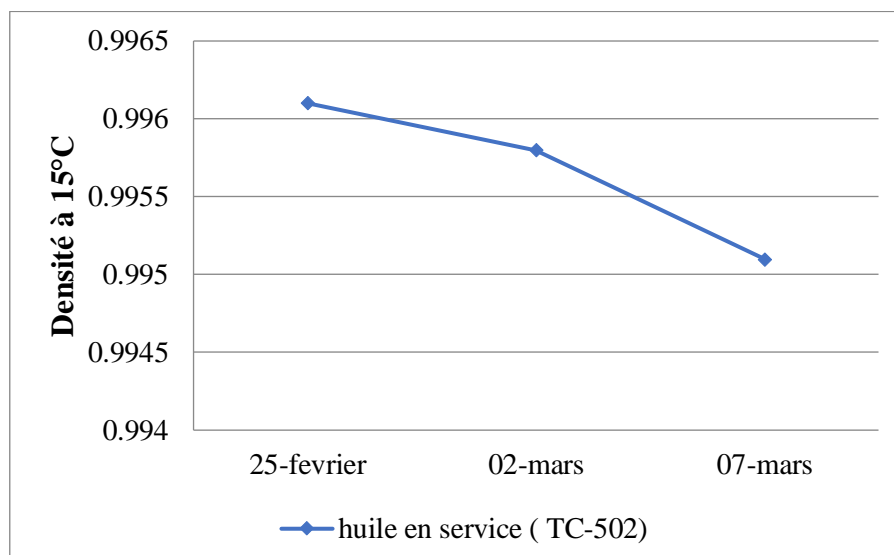


Figure IV.1: Variation de la densité à 15°C en fonction du temps.

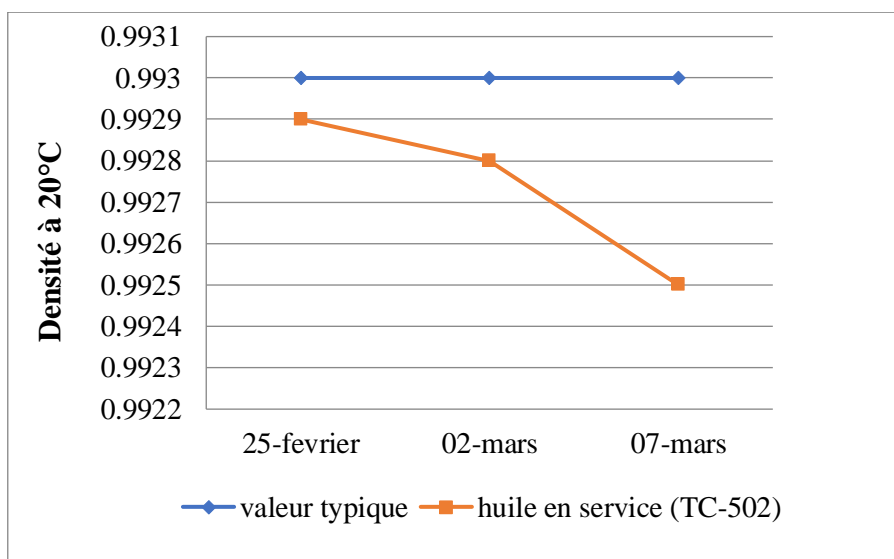


Figure IV.2: Variation de la densité à 20°C en fonction du temps.

D'après les résultats obtenus des figures IV.1 et IV.2, on remarque une diminution de la densité de l'huile avec l'augmentation de la température de 15 à 20°C, et ce en fonction du temps. Ceci est dû aux différentes quantités d'eau ou du carburant présentes dans l'huile, qui proviennent à partir de la combustion du carburant durant le fonctionnement du moteur.

La présence aussi de particules d'usure provenant des différents frottements entre les pièces du moteur.

La différence de densité relie en premier lieu à l'origine du pétrole brut, la composition chimique de l'huile de base, les procédés de traitement appliqués sur ces huiles et les additifs ajoutés [2-4].

IV.3.2. Variation de point d'éclair

La figure IV.3, représente la variation du point d'éclair de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) de la machine (TC-502) en fonction du temps:

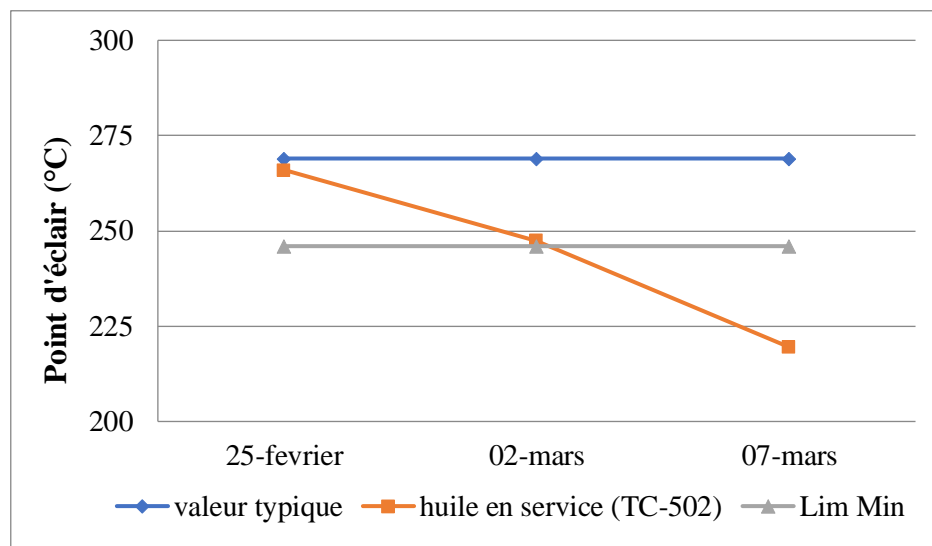


Figure IV.3: Variation du point d'éclair en fonction du temps.

D'après cette figure, on constate une baisse du point d'éclair de l'huile de lubrification, cette diminution, confirme la présence d'un constituant volatil (carburant). En effet, pour une dilution de 1% le point d'éclair de l'huile s'abaisse d'une température de 5 à 7%.

La détermination de cette température est très importante, car elle permet de mesurer le risque d'auto-inflammation dans le carter. Le point d'éclair est relié à la présence des composés naphthéniques qui présentent l'inconvénient d'être plus volatiles, elles s'enflamment spontanément en présence d'une flamme [2-4].

IV.3.3. Variation du point d'écoulement

La figure IV.4 représente la variation du point d'écoulement de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) de la machine (TC-502) en fonction du temps :

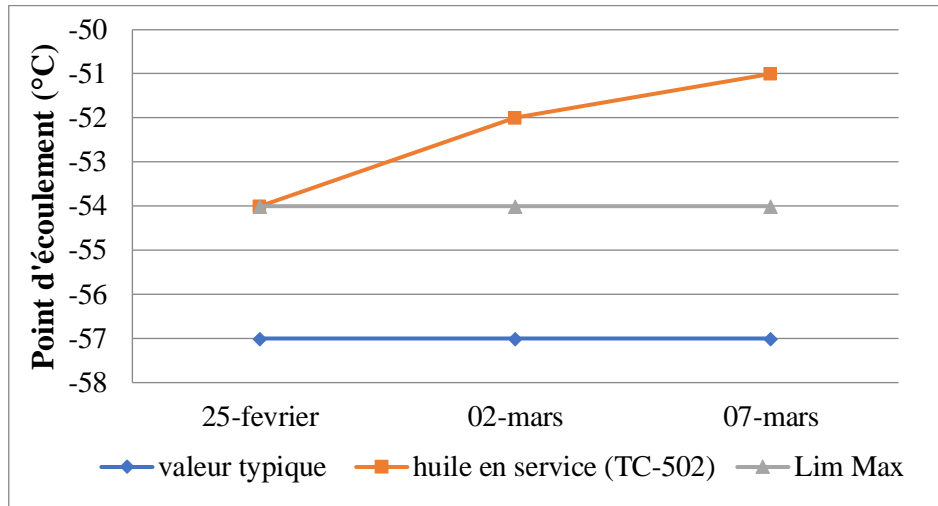


Figure IV.4: Variation du point d'écoulement en fonction du temps.

D'après les résultats obtenus, on remarque une augmentation du point d'écoulement de l'huile de lubrification en fonction du temps, qui est dû à la diminution de la fonction des additifs abaisseurs du point d'écoulement, et la formation des cristaux de paraffine.

Le point d'écoulement est relié aux quantités de paraffines présentes dans l'huile de lubrification [2-4].

IV.3.4. Variation de la viscosité cinématique

Les figures IV.5 et IV.6 montrent la variation de la viscosité cinématique à 40°C et à 100°C, respectivement, de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) de la machine (TC-502) en fonction du temps:

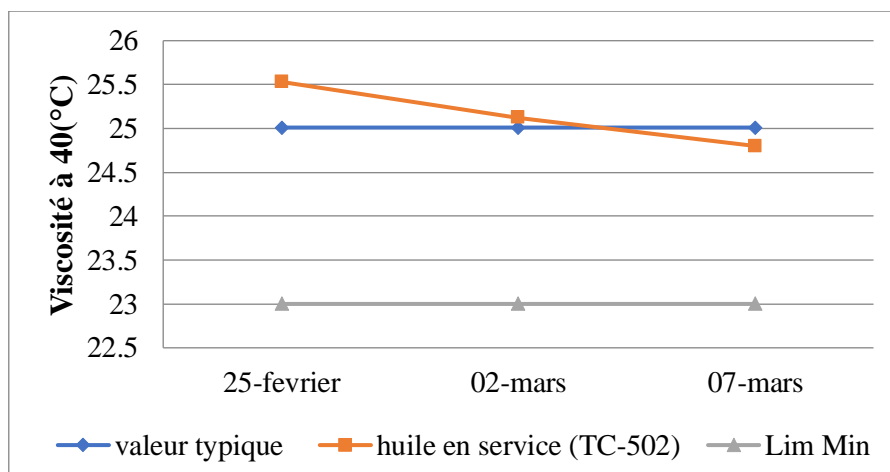


Figure IV.5: Variation de la viscosité cinématique à 40°C en fonction du temps.

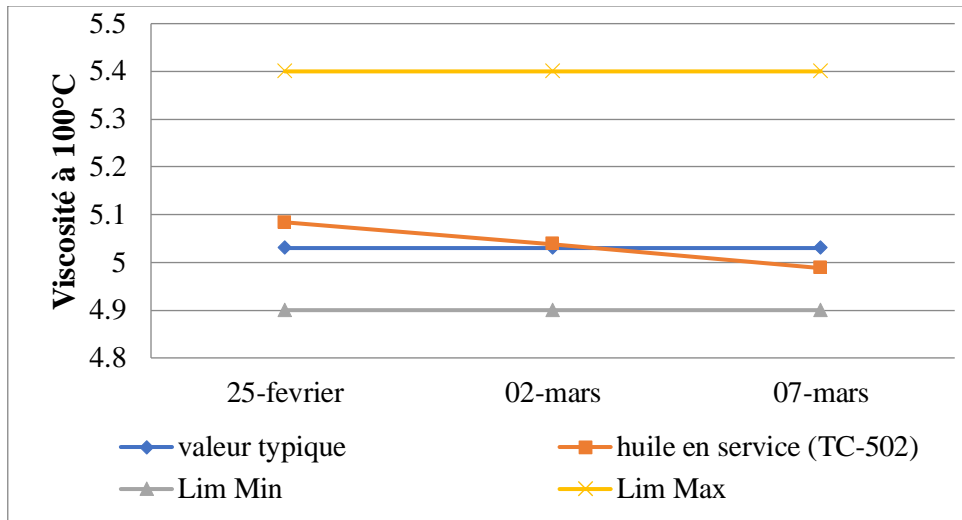


Figure IV.6: Variation de la viscosité cinématique à 100°C en fonction du temps.

D'après ces figures, on remarque une diminution de la viscosité de l'huile de lubrification avec l'augmentation de la température de 40 à 100°C, et ce en fonction du temps.

Cette diminution est principalement due à la dilution de l'huile par le carburant (essence, gazoil) qui diminue la résistance du film lubrifiant, aussi par une dégradation des additifs d'IV utilisés à teneurs élevées.

Comme principales causes de dilution, nous pouvons citer; la défectuosité du système d'injection d'alimentation, un mauvais réglage des soupapes, la défectuosité à l'admission d'air ou une compression insuffisante et une combustion incomplète due à une température de travail trop faible [2-4].

IV.3.5. Variation de l'indice de viscosité

La figure IV.7 illustre la variation de l'indice de viscosité de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) de la machine (TC-502) en fonction du temps :

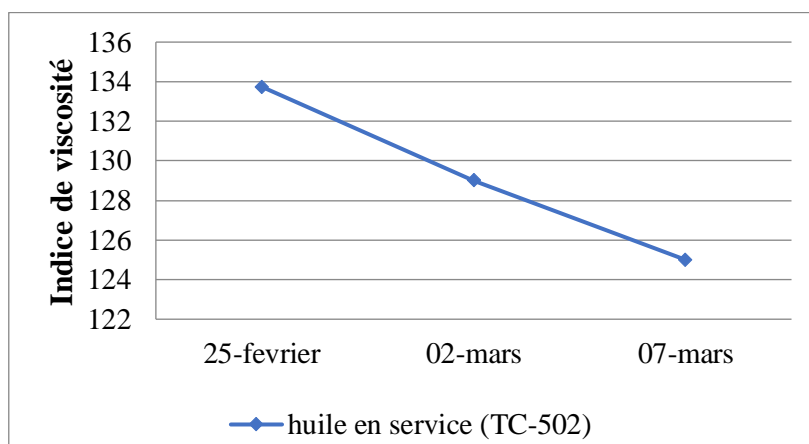


Figure IV.7: Variation de l'indice de viscosité en fonction du temps.

L'indice de viscosité d'une huile peut permettre d'apprécier la stabilité des additifs polymères qu'elle contient éventuellement. Plus cet indice est élevé, moins la viscosité varie avec la température.

D'après les résultats obtenus dans la figure IV.7, nous constatons une baisse de l'indice de viscosité en fonction du temps, qui est probablement due à la dégradation des additifs polymères par cisaillement mécanique ou par coupure thermique ou thermo-oxydante [2-4].

IV.3.6. Variation de la teneur des métaux lourds

Le tableau IV.2 présente la variation de la teneur des métaux lourds de l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600) de la machine (TC-502) en fonction du temps. Les unités sont exprimées en ppm. En plus, les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant:

Tableau IV.2: Teneurs en métaux lourds contenus dans l'huile.

Métaux Lourds	Temps		
	25-février	02-mars	07-mars
Argent (Ag)	0	0	0
Aluminium (Al)	2	0	6
Bore (B)	0	0	1
Baryum (Ba)	1	1	1
Calcium (Ca)	2	0	6
Cadmium (Ca)	0	0	0
Chrome (Cr)	0	0	0
Cuivre (Cu)	0	0	0
Fer (Fe)	0	0	0
Magnésium (Mg)	0	0	0
Manganèse (Mn)	0	0	0
Molybdène (Mo)	1	1	0
Nickel (Ni)	0	0	0
Phosphore (P)	8991	9867	20073
Plomb (Pb)	0	0	1
Silicium (Si)	1	0	2
Etain (Sn)	0	0	0
Titane (Ti)	0	2	0
Vanadium (V)	1	0	3
Zinc (Zn)	0	0	1

Les métaux présents dans cette huile proviennent des additifs organométalliques. En effet, on constate la présence de zinc, calcium et phosphore. Ces éléments peuvent entrer donc dans la composition des additifs anti-détergents, le zinc apparaît dans les additifs antioxydants et le phosphore dans les dopes antioxydants et anti-usure.

La présence de plomb, et d'aluminium dans cette huile est anormale. On pourrait éventuellement expliquer cette anomalie:

- Par l'étalonnage de l'appareil de détection de ces éléments,
- Par les appareils ayant servi à la production de cette huile et par la nature des fûts de stockage de cette huile (phénomène de dissolution).

D'après ce tableau, on constate aussi que le taux de phosphore a augmenté, cette grande augmentation est principalement due à la quantité des additifs à l'huile de base pour améliorer ces caractéristiques, et parmi ces additifs on trouve :

- **Agents anti-usure réduisant le frottement et l'usure:** comprennent des phosphates (PO_4^{3-}).
- **Inhibiteurs de corrosion et de rouille:** ils incluent des dithiophosphates de zinc (ZDDP).
- **Modificateurs de friction:** aident à réduire la friction et à maximiser le rendement énergétique. Les modificateurs de friction typiques incluent : Du phosphore organique de haut poids moléculaire.
- **Antioxydants secondaires,** à base de zinc et de phosphore tel que le DTPZn a pour rôle de décomposer les produits dérivés des réactions d'oxydation.

Les huiles synthétiques contiennent généralement un pourcentage élevé de phosphore, et cela est dû à la quantité d'additifs contenant du phosphore. Et elles fonctionnent à haute température et haute pression.

IV.4. Conclusion

Dans ce travail, la caractérisation des différents échantillons nous a permis de suivre l'évolution des propriétés physico-chimiques de l'huile de la lubrification (TURBONYCOIL 600) de la turbine à gaz. Alors, d'après les résultats obtenus sur cet échantillon d'huile, on constate:

- Indice de viscosité a baissé par rapport au précédent prélèvement (indice de viscosité égale à 122.60).
- La viscosité à 40°C et 100°C a légèrement diminué par rapport au précédent prélèvement, mais elle reste dans les limites indiquées par les spécifications.
- Le point d'éclair a légèrement diminué par rapport à l'ancien prélèvement.
- Le point d'écoulement est supérieur aux spécifications.
- Le taux de phosphore a trop augmenté.
- La présence d'eau à l'état de traces par rapport au précédent prélèvement.

En vue des résultats obtenus, cet échantillon d'huile n'a pas subi de dégradations majeures. Donc, il est recommandé de suivre la qualité de cette huile en service lors du prochain prélèvement, notamment l'évolution de la viscosité, de l'indice de viscosité, le point d'écoulement et de la teneur en eau.

En effet, les principales causes de la dégradation de cette huile est la contamination par l'eau ou par le carburant, ou d'un cisaillement mécanique ou à cause du craquage thermique des molécules d'huile.



Références bibliographiques



[1] Manuel opératoire du laboratoire d'analyse RTI

[2] ADJIR, M. BENKEZIM, R. (2018), Raffinage du pétrole et caractérisation d'un sous-produit « huile moteur commerciale pour véhicules lourds de type diesel », Mémoire de Master de l'Université A. Mira – Bejaia.

[3] ZEGHOUAT, N. BEDHOUCHE, W. (2018), Caractérisation d'une huile moteur de type SAE 15W40 et étude de sa dégradation, Mémoire de Master de l'Université A. Mira – Bejaia.

[4] OUARET, S. CHELAGHA, S. (2017), Caractérisation physico-chimique d'une huile moteur usagée et possibilité de récupération, Mémoire de Master de l'Université A. Mira – Bejaia.



Conclusion générale



Ce travail a été réalisé dans la Raffinerie d'In-Amenas (TRC), et plus particulièrement au sein de complexe (RTI) pour contrôler la qualité de l'huile de lubrification (TURBONYCOIL 600).

Dans cette étude, nous avons effectué une série des analyses physico-chimiques, à savoir: La densité, la viscosité, l'indice de viscosité, le point d'éclair, le point d'écoulement et la teneur des métaux lourds sur l'huile de lubrification synthétique (TURBONYCOIL 600).

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que l'huile de lubrification (TURBONYCOIL 600) est une bonne lubrifiante, puisqu'elle est caractérisée par : Un indice de viscosité baissé par rapport au précédent prélèvement, la viscosité à 40°C et 100°C a légèrement diminué aussi par rapport au précédent prélèvement, mais elle reste dans les limites indiquées par les spécifications et le point d'éclair aussi a légèrement diminué. Le point d'écoulement est supérieur aux spécifications ainsi que, le taux de phosphore a trop augmenté.

D'après le contrôle de l'huile de lubrification (TURBONYCOIL 600) par des analyses physico-chimiques mentionnées précédemment, la plupart de ces paramètres sont dans les normes, sauf quelques paramètres se trouvent hors les normes recommandées. Ces paramètres peuvent provoquer plusieurs problèmes, à savoir la dégradation de cette huile par l'eau ou par le carburant, ou d'un cisaillement mécanique ou à cause du craquage thermique des molécules d'huile.

En vue des résultats obtenus, cet échantillon d'huile n'a pas subi de dégradations majeures. Donc, il est recommandé de suivre la qualité de cette huile en service lors du prochain prélèvement, notamment l'évolution de la viscosité, de l'indice de viscosité, le point d'écoulement et de la teneur en eau.

Résumé

Cette étude consiste à contrôler la qualité de l'huile de lubrification (TURBONYCOIL 600) au niveau de la raffinerie d'In-Amenas (TRC), au sein du complexe RTI par une série des analyses physicochimiques, à savoir: La densité, la viscosité, l'indice de viscosité, le point d'éclair, le point d'écoulement et la teneur des métaux lourds sur l'huile de lubrification (TURBONYCOIL 600). Les résultats des analyses obtenus ont été montrés que la plupart de ces paramètres sont dans les normes, sauf quelques paramètres se trouvent hors les normes recommandées. Ces paramètres peuvent provoquer plusieurs problèmes, à savoir la dégradation de cette huile par l'eau ou par le carburant, ou par un cisaillement mécanique ou par un craquage thermique des molécules d'huile. D'après le contrôle de la qualité on constate que cette huile n'a pas subi de dégradations majeures. Donc, il est recommandé de suivre la qualité de cette huile en service lors du prochain prélèvement, notamment l'évolution de la viscosité, de l'indice de viscosité, le point d'écoulement et de la teneur en eau.

Mots clés: Huile lubrifiante (TURBONYCOIL 600), analyses physico-chimiques.

Abstract

This study consists in checking the quality of the lubricating oil (TURBONYCOIL 600) at the In-Amenas refinery (TRC) within the RTI complex by a series of physicochemical analyses, namely: density, viscosity, viscosity index, flash point, flow point and heavy metal content on lubricating oil (TURBONYCOIL 600). The results of the analyses obtained have shown that most of these parameters are within the standards, except for a few parameters that are outside the recommended standards. These parameters can cause several problems, namely the degradation of this oil by water or fuel, or by mechanical shearing or thermal cracking of oil molecules. According to the quality control, this oil has not undergone any major degradation. Therefore, it is recommended to monitor the quality of this oil in service during the next sampling, including the evolution of viscosity, viscosity index, flow point and moisture content.

Keywords: Lubricating oil (TURBONYCOIL 600), physico-chemical analyses.

ملخص

تمثل هذه الدراسة في التحقق من جودة زيت التشحيم (TURBONYCOIL 600) في مصفاة In-Amenas (TRC)) داخل مجمع RTI من خلال سلسلة من التحليلات الفيزيائية الكيميائية، وهي: الكثافة واللزوجة ومؤشر اللزوجة ونقطة الوميض ونقطة التدفق ومحتوى المعادن الثقيلة على زيت التشحيم (T 600). أظهرت نتائج التحليلات التي تم الحصول عليها أن معظم هذه البارامترات تقع ضمن المعايير، باستثناء بعض البارامترات التي تخرج عن المعايير الموصى بها. يمكن أن تسبب هذه المعلمات عدة مشاكل، وهي تحلل هذا الزيت عن طريق الماء أو الوقود، أو عن طريق القص الميكانيكي أو التكسير الحراري لجزيئات الزيت. وفقاً لمراقبة الجودة، لم يتعرض هذا النفط لأي تدهور كبير. لذلك، يوصى بمراقبة جودة هذا الزيت في الخدمة أثناء أخذ العينات التالية، بما في ذلك تطور اللزوجة ومؤشر اللزوجة ونقطة التدفق ومحتوى الرطوبة.

الكلمات الرئيسية: زيت التشحيم (TURBONYCOIL 600)، التحليلات الفيزيائية الكيميائية.