

Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de chimie
Filière : chimie appliquée

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en chimie appliquée
Option : **chimie appliquée**

THEME :

**Etude et analyse des huiles lubrifiantes : Effet des
paramètres de production et stabilité thermique**

Etudiant(e) : Mm **Benzekri Zineb**

Encadrant(e) : 1. Mr **Harrats charef**

Enseignant Université de Mostaganem

2. Mr **Ghazli Ben Yebka** »

Ingénieur Process à la Raffinerie d'Arzew

Année Universitaire 2018-2019



DEDICACES

Je dédie ce travail, fruit de longs mois d'études :

A mes chers parents et à mon mari qui ont beaucoup veillé à ma formation. Ils trouvent ici l'expression de ma profonde et sincère reconnaissance pour m'avoir encouragée tout au long de ces années.

A mes frères et mes sœurs tout en espérant qu'ils atteignent leurs objectifs.

Toutes mes pensées vont à ma grand-mère, espérons qu'elle guérisse bien tôt.

A mes amies, HAFSA, AMIRA, HIND et bien sûr MALIKA ; à qui je dis : Je ne saurais autant te remercier pour ton aide, chose d'en je suis reconnaissante.

A tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin.

ZINEB

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier *ALLAH* tout puissant, créateur de l'univers, pour m'avoir donnée la volonté, la force et la confiance en moi pour accomplir ce travail.

J'ai réalisé mon travail sous la direction de Monsieur *HARRATS Charef*, qu'il trouve ici l'expression de mon respect et de mes remerciements, pour avoir accepté de m'encadrer et de guider cette étude, je le remercie également pour son suivi attentif, ses réflexions pertinentes et sa rigueur. Qu'il trouve ici ma profonde gratitude pour l'intérêt et l'attention qu'il a porté à mon travail. Pour sa disponibilité quotidienne et son aide inestimable. Les mots me manquent pour vous exprimer toute ma gratitude et mes remerciements. Vous avez tout mis en œuvre pour que mon travail s'effectue dans les meilleures conditions.

Ce modeste travail a été accompli dans la raffinerie d'Arzew RA1/Z au sein du département de production P2 (zone5, services HB3, HB4) ainsi qu'au laboratoire.

Mes grands remerciements vont à mon encadreur de stage ; le chef de service HB4 Mr. *GHAZLI Ben Yebka* et l'ingénieur de HB3 Mr. *ZAHAF Hbib*, et l'ingénieur du laboratoire Melle *BOULAL MALIKA* ; pour la gentillesse et la patience qu'ils ont manifestées à mon égard durant ce stage, pour leurs précieux conseils, la disponibilité, la confiance et pour la façon efficace avec laquelle ils ont suivi ce modeste travail. Sans oublier tous les opérateurs de la zone 5.

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé à réaliser mon stage dans la raffinerie d'Arzew et en premier lieu Mr. *AMARA Miloud* qui m'a aidée à bénéficier de ce stage, Mr. *HAMZA ZIRIGAT Djilali* chef de service formation, Mr. *GHAZALI Malik*, Mr. *KAHLALA Hadj*, Mr. *KADA BOUCETTA* chef département de production des huiles de base et je tiens à remercier toute l'équipe de la raffinerie d'ARZEW.

Un grand merci à ma famille et mes amies qui m'ont beaucoup soutenue et encouragée durant tous ces années. Pour tous les bons moments partagés. *Papa, maman, Mohamed, Mounir, Alia, Lila, et Fadila, Fairoz, Moukhtaria*, je vous exprime toute ma gratitude pour

votre patience. *Maman* ; tu as gardé une place pour moi, pour écouter une fille, toujours en train de se plaindre. Je te remercie pour cette oreille attentive, pour tous tes conseils judicieux et subtils, pour ta gaieté et ta bonne humeur.

Mes plus sincères remerciements vont également à tous les enseignants du département de chimie qui m'ont formée pédagogiquement, m'ont aidée, conseillée et guidée tout au long de ces cinq années.

J'aurai un petit mot tout particulier pour :

Malika, ta contribution dans ce travail de mémoire est remarquable. Tes compétences, ta gentillesse et ton sens de responsabilité, je me suis bien souvent tournée vers toi. Et tu as toujours été là, disponible, prête à m'aider et, croyez moi sans toi, peut être que ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. Merci du fond du cœur.

Merci à tous ceux que j'aurais pu oublier !

Enfi, j'aurai une pensée particulière pour celles et ceux qui m'ont soutenue par leurs encouragements constants et leurs conseils, qu'à tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin.

A tout le monde un grand MERCI..

Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page
Tableau I.1.	Capacités annuelles de production de différentes unités.	2
Tableau II.1	Les additives : type et fonctionnement	10
Tableau V.1.	Mécanismes d'oxydation des BO.	40

Liste des figures

Figure n°	Titre	Page
Figure II.1.	Composition d'une huile lubrifiante.	8
Figure II.2.	Démonstration avec deux pièces métalliques.	9
Figure II.3.	Chaine de fabrication des huiles de base.	14
Figure III.1.	Bain thermostaté mesure la viscosité à 100°C	20
Figure III.2.	Viscosimètre de type UBBELOHDE.	20
Figure III.3.	Appareil C.O.C pour mesurer le point de flash	21
Figure III.4.	Appareil de colorimétrie et son échelle	22
Figure III.5.	Réfractomètre Abbe	23
Figure III.6.	Bain thermostaté	24
Figure III.7.	Réfrigérant (a) et (b) tube à essai (c).	25
Figure IV.1.	La viscosité du grade SAE30 : valeurs actuelles et valeur de design	27
Figure IV.2.	Le point d'éclair grade SAE30 : valeurs actuelles et valeurs de design	27
Figure IV.3.	La couleur du grade SAE30 : valeurs actuelles et valeurs de design	28
Figure IV.4.	Les spécifications de la charge et du raffinat (grade SAE30)	29
Figure IV.5.	Comparaison de l'indice de réfraction entre réel et design	30
Figure IV.6.	L'influence de débit de la charge sur le taux de solvant	31
Figure IV.7.	L'influence du taux de solvant sur la variation de l'indice de réfraction (RI)	31
Figure IV.8.	L'influence de la température du sommet et du fond sur le RI.	32

Figure IV.9.	Relation entre le RI et le R de l'unité 300.	33
Figure IV.10.	Comparaison entre la valeur réelle de VI et celle du design.	34
Figure IV.11.	Relation entre le RI et le VI.	34
Figure IV.12.	Comparaison de la valeur de PP avec le design.	35
Figure IV.13.	Les paramètres importants qui influencent le PP.	36
Figure IV.14.	La variation du PP et le VI.	37
Figure IV.15.	L'influence du PP sur la variation de R.	38
Figure V.1.	Dégradation des différents grades d'huile de base (BS, SAE30, SAE10).	42
Figure V.2.	Echantillons (BS, SAE 30, SAE 10) dégradés à T = 200 °C.	42
Figure V.3.	Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier	43
Figure V.4.	La variation de (couleur / viscosité) de BO « grade BS » à T=200 °C.	43
Figure V.5.	La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade BS » à T=240 °C.	44
Figure V.6.	variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE30 » à T=200°C.	44
Figure V.7.	La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE30 » à T=240 °C.	45
Figure V.8.	La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE10 » à T=200 °C.	45
Figure V.9.	La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE10 » à T=240 °C.	46
Figure V.10.	Spectre infrarouge de dégradation de BO « grade BS ».	48
Figure V.11.	Spectre infrarouge de dégradation de BO « grade SAE10 ».	49
Figure V.12.	Spectre infrarouge de dégradation de BO « grade SAE30 ».	49

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ASTM: American Society for Testing and Materials.

BO: Base Oil.

BP: Basse Pression.

BRA : Brut Réduit Atmosphérique.

BRI : Brut Réduit Importé.

BS: Bright Stock.

C.O.C: Cuve Ouverte Vase.

DAO: De-Asphalted Oil

DO: Oil Déparaffines.

H₂S : Sulfure d'hydrogène.

HB3 : Huile de Base 3.

HB4 : Huile de Base 4.

HO: Radical Hydroxyde.

InH: Inhibiteur.

IRTF: Fourier Transformed Infra Red spectroscopy.

ISO: International Organization for Standardization.

IV : Indice de Viscosité.

L.V.G.O: Light Gas Viscose Oil.

LGO: Light Gas oil.

MEC: Méthyle Ethyle Cétone.

MVO: Medium Viscous Oil.

NH₃: Ammoniac.

O₂: Dioxygène.

PH: potentielle d'hydrogène.

PONA: Paraffine, oléfine, naphénique et aromatique.

PP: Pur Point.

R: Alkyl Radical.

RDC: Colonne à disc rotative

R-H: Hydrocarbure.

RI: Indice de Réfraction.

ROH: Alcool primaire.

ROO: Peroxy Radical.

ROOH: Hydroperoxyde

RSV: Résidu Sous Vide.

SAE: Society of Automotive Engineers.

SPO: Spindle Oil.

VGO: Vacuum Gasoil.

VO: Viscose Oil...

Objectifs

L'objectif majeur de mon travail au sein de la raffinerie d'Arzew dans le cadre de la préparation de ce mémoire de Master était de me familiariser avec le milieu industriel en pétrochimie et en particulier le raffinage du pétrole. Le thème technique et scientifique, faisant l'objet de mon initiation à la recherche, concerne les huiles lubrifiantes qui sont une branche stratégique dans le domaine de la pétrochimie. Je me suis fixé deux buts principaux dans ce travail. L'un traite des analyses des huiles lubrifiantes en aval d'unités de production de la raffinerie d'Arzew et l'autre est d'étude de la stabilité thermique de ces huiles.

Pour mener à bien mon étude, j'ai structuré mon travail comme suit :

1. Une partie théorique dans laquelle je présente une brève description du complexe et de la chaîne de fabrication des huiles.
2. Une partie pratique où j'ai étudié l'influence de différents paramètres opératoires de chaque unité sur l'évolution de la qualité d'huile. Ainsi, il était possible d'évaluer la performance de chaque unité. La référence en termes de qualité d'huile se basait sur les valeurs avancées lors du design de ces unités. J'ai pu aussi faire subir aux huiles de base une dégradation thermique accélérée au laboratoire et analyser par spectroscopie infrarouge leur stabilité.

Introduction générale

Le pétrole est un mélange complexe d'hydrocarbures de différentes familles (paraffiniques, naphthéniques, aromatiques) associés à des composés oxygénés, azotés et sulfurés ainsi qu'à des traces de métaux particuliers (vanadium, molybdène, nickel...etc.). Le pétrole brut est connu depuis la plus haute antiquité.

C'est l'une des énergies utilisée depuis longtemps à côté du charbon. Son usage était limité à l'éclairage. C'est en 1900 que son utilisation s'est développée avec l'apparition des moteurs à combustion. Il est formé à partir de débris d'organismes marins microscopiques formant le plancton (Algues microscopiques). Les hydrocarbures formés ont ensuite migrés à travers des roches poreuses formant ainsi un gisement de pétrole.

Le pétrole est utilisé comme :

- Combustible pour le chauffage (Energie Calorifique).
- Carburant pour les moteurs (Production de Force Motrice).
- Matière première pour la synthèse des produits chimiques.

L'industrie pétrolière a eu un rôle majeur dans les grands évènements de ces 150 dernières années : elle a accompagné les découvertes et ainsi permis le développement économique.

A partir d'une matière première abondante, à faible cout de production, facile à transporter et à stocker et dont la transformation permet la satisfaction d'exigences les plus diverses, les produits pétroliers sont présents dans notre vie de tous les jours et souvent synonymes de confort et de qualité de la vie.

En Algérie il y a cinq raffineries, parmi elles la raffinerie d'Arzew est la seule à produire des lubrifiants. Elle contient deux zones de fabrication des huiles de base, (zone7) et (zone5).

L'unité de production des lubrifiants est d'une importance capitale pour le fonctionnement du complexe de raffinage. Elle comporte une série d'équipements importants pour son fonctionnement tels que les échangeurs, les fours et les colonnes. L'optimisation du procédé consiste à exploiter ces équipements dans les meilleures conditions de sécurité pour un rendement satisfaisant.

Les mots clés : les huiles de base, les huiles lubrifiants.

I.1. Présentation de la raffinerie

La raffinerie d'Arzew a été construite dans le cadre du premier plan quinquennal [1970-1973] par la société japonaise Japan Gazoline Company en collaboration avec la Sonatrach. L'ensemble des unités de la raffinerie est rentré en service en mars 1973. En 1978 la raffinerie a connu une importante extension de ses activités qui s'est traduite par la réalisation d'une unité de production d'huiles lubrifiantes de base.

La raffinerie est implantée dans la zone industrielle d'Arzew sur le plateau d'Al-Mohgoune. Elle occupe une superficie de 180 hectares répartis comme suit : 150 hectares correspondants aux anciennes installations construites entre 1970 et 1973, et les 30 hectares restantes correspondent aux nouvelles installations construites entre 1978 et 1983.

La raffinerie a été conçue pour répondre aux impératifs suivants :

- Traiter le pétrole brut de Hassi Messaoud et le cas échéant le brut importé.
- Satisfaire la consommation croissante en carburants du marché national.
- Fabriquer des produits stratégiques pour le développement du pays tels que les lubrifiants et les bitumes.

I.1.4. Capacité de traitement

La raffinerie d'Arzew traite en moyenne 3,75 millions de tonnes par an de pétrole brut et 280000 tonnes de brut réduit importé. Les capacités de production de ses différentes unités sont reprises dans le Tableau 1.

Nature du produit	Quantité TM	Unité
Propane	30000	Zone 4/Unité13
Butane	12000	Zone 4/Unité13
Naphta	750000	Zone 4/Unité11
Kérosène	160000	Zone 4/Unité11
Gas-oil	1700000	Zone 4/Unité11
Fuel (BTS)	1200000	Diverses unités
Fuel (HTS)	120000	Diverses unités
Essence Normale	140000	Zone 28
Essence Super	270000	Zone 28
Huiles de base	96800	Zone 7/Zone5
Huiles finies	80000	Zone 6 et Unité 3000
Graisses	600	Zone 6 et Unité 3000
Bitumes routiers	140000	Zone 10/Unité 14
Bitumes oxydés	4000	Zone 10/Unité 15

Tableau I.1. Capacités annuelles de production de différentes unités.

I.2. Principales installations de la raffinerie d'ARZEW

La raffinerie d'Arzew comprend quatre départements de production P1, P2, P3 et P4. Chaque département est constitué de plusieurs zones ayant des activités spécifiques. Chaque zone est composée de différentes unités de production.

I.2.1 Département de production P1

Ce département concerne la production des carburants, des lubrifiants et les bitumes en traitant le pétrole brut de Hassi-Messaoud comme charge et le brut réduit importé (BRI) pour la production des bitumes. Il est constitué des zones suivantes :

❖ **I.2.1.1. Zone 03 (Les utilités)** : ici sont produites la vapeur d'eau, l'eau distillée et l'électricité nécessaires au fonctionnement du département.

❖ **I.2.1.2. Zone 04 (Les carburants)**

C'est le point de départ du procédé de raffinage du pétrole brut. Elle comprend 5 unités :

- **Unité 11 (Topping)** : c'est l'unité de distillation atmosphérique. Elle a comme rôle la séparation par distillation atmosphérique des différents composants contenus dans le pétrole selon leurs densités, du plus léger au plus lourd. Il s'agit :
 - Du gaz de pétrole liquéfié (LPG)
 - Du naphta léger ou Light Straight Run Naphta (LSRN)
 - Du naphta lourd ou Heavy Straight Run Naphta (HSRN)
 - Du kérosène
 - Du gasoil léger et lourd
 - Le résidu atmosphérique (BRA).
- **Unité 12 (reforming catalytique)** : elle traite le naphta lourd (HSRN) provenant de la distillation atmosphérique dans le but de produire une base d'essence à indice d'octane élevé (reformat).
- **Unité 13 (traitement du gaz)** : elle traite le gaz obtenu de l'unité 11, 12 et 17 en le séparant en produits purs, tel que le propane et le butane (C_3H_8 , C_4H_{10}).
- **Unité 17 (isomérisation)** : elle traite le naphta léger (LSRN) provenant de la distillation atmosphérique, afin d'améliorer leur indice d'octane.
- **Unité 18 (unité du système de l'huile chaude)** : le rôle de cette unité est de fournir la chaleur (par l'utilisation d'un fluide caloporteur) pour les unités 11 et 17.

❖ **I.2.1.3 Zone 07 (Les lubrifiants 1)**

Cette zone a pour but la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA) venant du topping (unité 11), sa capacité de production est de 50 000 T/an. Elle comprend les unités suivantes :

- **Unité 20** : stockage des huiles.

- **Unité 21** : c'est l'unité de distillation sous vide. Elle traite le résidu provenant de l'unité 11 de la zone 4 (BRA) qui est soutiré sous vide, afin d'obtenir des huiles de base semi-finis :
 - Gasoil ou (IVGO)
 - Huiles SPO Huile mi-visqueuses ou (MVO)
 - Huile visqueuse (VO)
 - (RSV).
- **Unité 22** : C'est l'unité de désasphaltage au propane. Elle traite le RSV venant de l'unité 21 dans une colonne par l'extraction en utilisant le propane comme solvant, afin d'obtenir une (DAO).
- **Unité 23** : C'est l'unité d'extraction liquide-liquide. Les huiles SPO, MVO, VO et DAO produites par les unités 21 et 22 sont envoyées vers cette unité afin d'améliorer leurs indices de viscosité. Ceci est rendu possible grâce à l'élimination des aromatiques et des naphthènes par le procédé d'extraction liquide-liquide en utilisant le furfurool comme solvant. Les huiles obtenues sont :
 - SPO
 - Mi-visqueuse (SAE 10)
 - Visqueuse (SAE 30)
 - (BS)
- **Unité 24** : C'est l'unité de déparaffinage des huiles au MEC/toluène. Elle traite les 4 coupes d'huiles obtenues par l'unité 23 en utilisant MEC/Toluène comme solvant, afin d'extraire les paraffines. Donc le but est d'améliorer leurs points d'écoulement.
- **Unité 25** : C'est l'unité de l'Hydrofinishing (Ferrofining). Elle traite alternativement les huiles déparaffinées obtenues dans l'unité 24 par l'hydrogène dans un réacteur contenant un catalyseur à base de Fe/Co-Mo pour éliminer les impuretés tel que le soufre afin d'améliorer certains paramètres (la couleur, l'odeur, la stabilité thermique et la résistance à l'oxydation...)

❖ I.2.1.4. Zone 10 (production des bitumes)

Cette zone concerne la production des bitumes routiers et oxydés, elle comprend 2 unités :

- **Unité 14** : C'est l'unité de Flash sous vide. Elle traite un mélange de Brut réduit importé (BRI) et l'asphalte qui est récupéré de l'unité 22. Ce mélange est fractionné sous vide en gasoil et en produit visqueux obtenu en fond de colonne, lequel est traité dans la section soufflage à l'air pur pour obtenir des bitumes routiers.

- **Unité 15** : C'est l'unité de Semi Blowing (soufflage). Dans cette unité on procède à l'oxydation de la charge (Bitume routier + Gasoil) afin d'obtenir du bitume oxydé, conditionné dans des sacs de 25 Kg.

I.2.2 Département de production P2

La réalisation de ce département fut suite aux demandes importantes en lubrifiants, il comprend trois principales zones :

❖ I.2.2.1 Zone 05 (Les huiles de base)

Cette zone assure la production des huiles de base (SPO, SAE10, SAE30, BS), elle a une capacité de production de 120 000 T/an. Le traitement se fait de la même façon que dans la zone 07. Elle englobe deux compartiments d'huiles de Base : HB3 et HB4.

HB3 : Il est composé des unités suivantes:

- **Unité 100** : Distillation sous vide.
- **Unité 150** : Huile caloporteur.
- **Unité 160** : Traitement des eaux acides.
- **Unité 200** : Désasphaltage au propane.
- **Unité 300** : Extraction au Furfural.

HB4 : Il comprend les unités suivantes :

- **Unité 400** : Déparaffinage au MEC/Toluène.
- **Unité 500** : Hydrofinishing.
- **Unité 600** : Hydrogénation des paraffines.

I.2.3 Département de production P3

Une nouvelle réorganisation des départements de production a ajouté un troisième département qui comprend les zones suivantes :

❖ I.2.3.1 Zone 06 (Production des huiles finies)

Elle est conçue pour le mélange et le conditionnement des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans cette 1^{ère} chaîne de production. Les mélanges des huiles de base sont réalisés avec des additifs pour améliorer les caractéristiques. Le lubrifiant est conditionné dans des fûts de 200 litres. La gamme des lubrifiants se compose de : huile pour moteur, huile industrielle, huile de graissage, huile hydraulique, huile de coupe, graisses industrielles.

❖ I.2.3.2 Unité 3000 (Production des huiles finies et des graisses)

Elle comporte les unités suivantes :

- **Unité 3100** (Production des huiles finies) : Elle est destinée à fabriquer des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans les unités 100 à 500 et des additifs importés. Les grades d'huiles fabriquées sont :
 - Huiles pour moteurs (Essence, Diesel, Huiles pour transmission).
 - Huiles industrielles [hydraulique (TISKA), turbines (TORBA), engrenage (FODDA), compresseur (TORADA), et huiles divers].

D'autres unités destinées au conditionnement et au stockage existent au sein de ce département.....

II.1. Introduction

Historiquement, l'usage des lubrifiants remonte à la plus haute Antiquité. Les produits utilisés furent, jusqu'au XIX^{ème} siècle, essentiellement des huiles et corps gras animale ou végétale. Les huiles d'origine pétrolière s'imposèrent vers la fin du XIX^{ème} siècle, mais ce n'est qu'à partir de 1930, et surtout pendant la seconde guerre mondiale, que les grandes découvertes en matière d'additifs et de lubrifiants de synthèse ont été faites [2].

II.2. Généralités sur les lubrifiants

II.2.1. Définition

Un lubrifiant est une matière onctueuse, d'une couleur claire, soit liquide, semi plastique ou solide. Il est fabriqué à partir d'un mélange d'huiles de base (80-90 %) et d'additifs (10-20%) qui confère aux produits finis des propriétés physico-chimiques selon le domaine d'application.

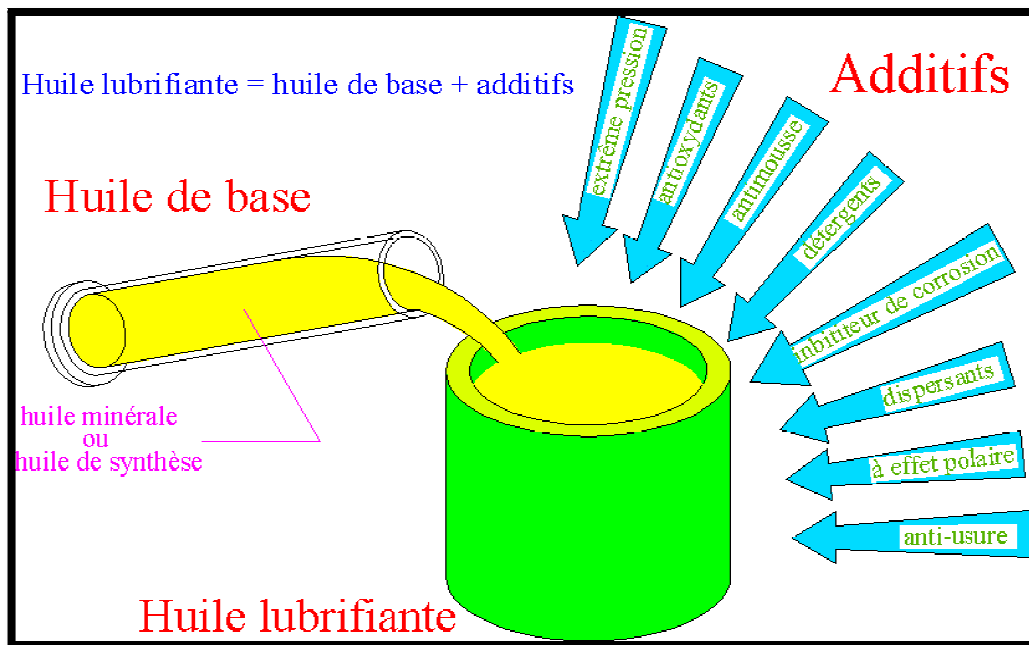


Figure II.1. Composition d'une huile lubrifiante.

Principe de lubrification

Le principe consiste à interposer entre deux pièces en contact un corps qui pourra transformer un glissement (frottement) en roulement.

Le lubrifiant est la base du roulement et peut être assimilé à un certain nombre de boules de caoutchouc s'aplatissant entre les pièces.

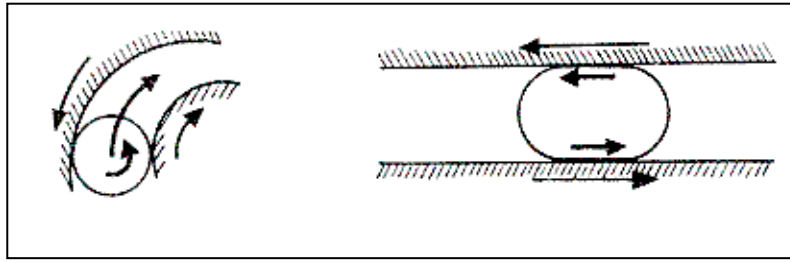


Figure II.2. Démonstration avec deux pièces métalliques

Rôle des lubrifiants

- Réduire la friction entre les pièces en mouvement (donc l'usure).
- 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 [3].

II.2.2. Les différents types de lubrifiants

- Les huiles végétales : Elles sont obtenues à partir du raffinement des végétaux. Elles sont essentiellement constituées d'acides gras, particulièrement d'acide oléique. Elles ont l'avantage d'être biodégradables, mais rares sont celles qui sont directement utilisables comme lubrifiants.
- Les huiles minérales : extraites par raffinement du pétrole. Elles sont obtenues suivant un procédé qui inclut généralement la distillation suivie de déparaffinage, d'extraction par solvant des aromatiques et d'une hydrogénation catalytique.
- Les huiles de synthèse : Les huiles synthétiques ont pris naissance en Allemagne et leur fabrication s'est développée au cours de la deuxième guerre mondiale [4].

On utilise les huiles de bases synthétiques chaque fois que les exigences d'une application dépassent les possibilités d'une huile minérale même après « additivation ». Les huiles de synthèse, si elles trouvent généralement leur origine dans le pétrole, sont issues de réactions chimiques de plusieurs composants [5] et non des processus de distillation et de raffinage.

Ces huiles, obtenues par des procédés chimiques complexes, sont plus chères mais elles offrent des performances supérieures :

Chapitre II : Fabrication des huiles de base

- Indice de viscosité plus élevé.
- Meilleure stabilité thermique.
- Meilleure résistance à l'oxydation.

II.2.3. Composition

II.2.3.1 - les huiles de bases

Un lubrifiant est préparé à partir d'un mélange d'huiles de base et d'additifs spécifiques, dont les proportions sont en général : 10 à 20 % d'additif et 80 à 90 % d'huile de base.

II.2.3.2- les additives

Les exigences élevées imposées aux lubrifiants ne peuvent être satisfaites que par des huiles avec des additifs spéciaux dont le but est d'améliorer les propriétés défectueuses.

La nature et la quantité des additifs concernés peuvent être adaptées exactement à l'application respective. La fraction d'additifs peut être inférieure à 10% et peut dépasser les 20% [6]. Le tableau II.1 regroupe les additifs et leurs fonctions.

Types additifs	Fonctions
Détergent	Empêcher ou diminuer les dépôts sur les surfaces.
Dispersant	Éviter l'agglomération des dépôts décollés des parois et maintenir les particules en suspension dans l'huile.
Antioxydant	Bloquer ou retarder les réactions chimiques de l'oxygène avec les huiles.
Anticorrosion	Empêcher la formation de la rouille par neutralisation des éléments acides contenus dans l'huile.
Anti-usure	Améliorer les conditions de frottement pour le contact métal – métal.
Améliorant l'indice de viscosité	Limiter la variation de viscosité en fonction de la température.
Améliorant le point d'écoulement	Modifier les propriétés d'écoulement de l'huile à basse température.
Anti-mousse	Résorber la formation de mousse.
Améliorant l'onctuosité	Renforcer la formation du film d'huile.
Rodage	Favoriser et accélérer le processus de rodage.

Tableau II.1. Les différents additifs et leurs fonctions.

II.3. Caractéristiques physico-chimiques des huiles de base

II.3.1. les caractéristiques chimique

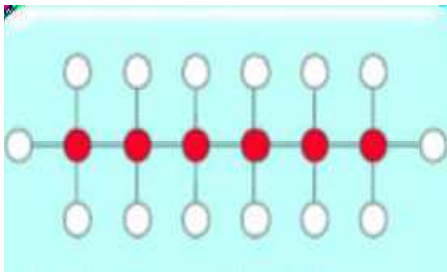
Chapitre II : Fabrication des huiles de base

Selon que le pétrole brut appartient aux familles paraffiniques ou naphténiques, les huiles de base sont classées par leurs tendances chimiques :

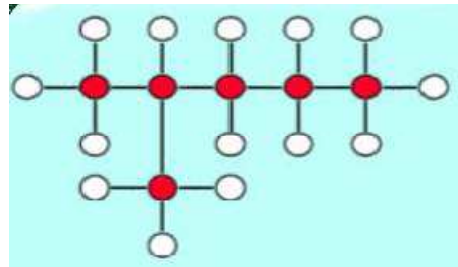
a. Tendence paraffiniques

Ce sont des hydrocarbures saturés linéaires « **n-paraffines** » ou ramifiés « **iso-paraffines** », caractérisés par :

- Faible densité à viscosité donnée (0.88 à 0.89) pour les huiles de moteurs.
- Haut indice de viscosité (de l'ordre de 100 pour les huiles des moteurs).
- Faible volatilité à viscosité donnée.
- Point d'écoulement élevé.
- Faible pouvoir solvant.



Paraffine normal (hexane C_6H_{14})

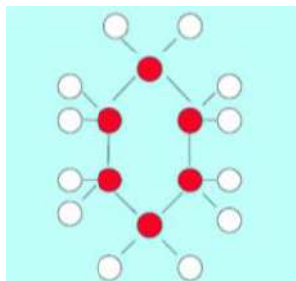


Iso-paraffine (iso-hexane C_6H_{14})

b. Tendence naphténique

Ce sont des hydrocarbures saturés cycliques ou polycycliques, ils sont moins stables à l'oxydation que les paraffines, ils se caractérisent comme suit :

- Densité élevée à viscosité donnée (plus de 0.9 pour les huiles des moteurs).
- Bas indice de viscosité (de l'ordre de 40 à 60).
- Un point d'écoulement bas.
- Un pouvoir solvant élevé.



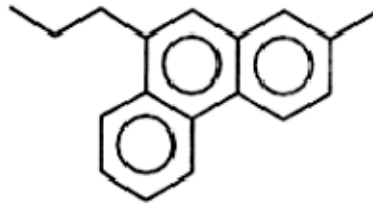
Naphtène (cyclohexane C_6H_{12})

c. Tendence aromatique

Chapitre II : Fabrication des huiles de base

Ce sont des hydrocarbures non saturés cycliques avec une ou plusieurs chaînes latérales, ils sont caractérisés par :

- Viscosité très élevée.
- Indice de réfraction très élevée.
- Densité très élevée.
- Indice de viscosité très faible.
- Forte volatilité [7].



Composé Aromatique

II.3.2. Les caractéristiques physiques

- *La viscosité*

C'est une caractéristique essentielle pour les huiles. En effet, elle permet l'établissement d'un film évitant le frottement métal sur métal de deux pièces en mouvement l'une par rapport à l'autre [8].

- *L'indice de viscosité*

La variation de la viscosité avec la température est repérée par l'intermédiaire de l'indice de viscosité [9].

- *Le point d'écoulement*

Le point d'écoulement est la température la plus basse à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle est refroidie sans agitation, dans des conditions normalisées [9]. Il est considéré comme la caractéristique principale pour le choix des huiles de base [10].

- *Point d'éclair*

Il est défini par la température minimale à laquelle il faut porter l'huile pour que les vapeurs émises s'enflamment spontanément en présence d'une flamme dans des conditions normalisées [9].

- *Couleur*

C'est un critère de la qualité de fractionnement des huiles, son intensité est fonction de degré de raffinage.

- *Résistance à l'oxydation et stabilité thermique*

Chapitre II : Fabrication des huiles de base

C'est la dégradation des caractéristiques des huiles sous l'influence de la température et de l'oxygène.

II.4. Classification des huiles de base selon la SAE

Elle est développée par la société S.A.E. Il existe 11 grades dont 6 grades pour l'hiver W (Winter) : 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W.

Ces grades sont caractérisés par deux viscosités à basse température pour :

- L'aptitude de l'huile à favoriser le démarrage à froid.
- La 'pompabilité' à froid.
 - 5 grades pour l'été : SAE20, SAE30, SAE40, SAE50, SAE60.

Ils sont caractérisés par deux viscosités à chaud, ces viscosités sont prises à 100°C [12].

- Sous faible taux de cisaillement (viscosité cinématique).
- Taux de cisaillement élevé (viscosité dynamique).

Ces huiles sont recommandées :

- SAE30, SAE20: Pour un climat tempéré.
- SAE40, SAE50: Pour un climat chaud.

Ces huiles sont appelées mono-grades c'est-à-dire qu'elles sont utilisées soit en été soit en hiver.

Il existe des huiles multigrades, qui sont utilisées pendant toute l'année: 10W30, 10W40, 10W50; 15W30, 15W40, 15W50; 20W20, 20W30, 20W40, 20W50.

Ces huiles possèdent à la fois les limites de viscosité d'un grade à froid et d'un grade à chaud. Elles se distinguent par leur point de congélation très bas et l'indice de viscosité très haut [13].

II.5. Chaîne de fabrication des huiles de base *ZONE 05*

II.5.1. Production des huiles de base

Les huiles de base sont produites à partir des fractions lubrifiantes du brut. Ces fractions sont obtenues par distillation sous vide du brut réduit, puis elles sont raffinées dans une série d'unités de séparation physique des composés à caractéristiques lubrifiantes et des composés indésirables en utilisant les différences de solubilité de ces composés dans différents solvants. Le schéma conventionnel de fabrication des huiles est indiqué sur la figure II.3.

Les différentes opérations sont:

- ✓ (1): distillation sous vide.
- ✓ (2): dés-asphaltage au propane.
- ✓ (3): extraction au furfural.
- ✓ (4): déparaffinage au MEC/Toluène.
- ✓ (5): l'hydro finissage.
- ✓ (6): l'hydrotraitement des paraffines.

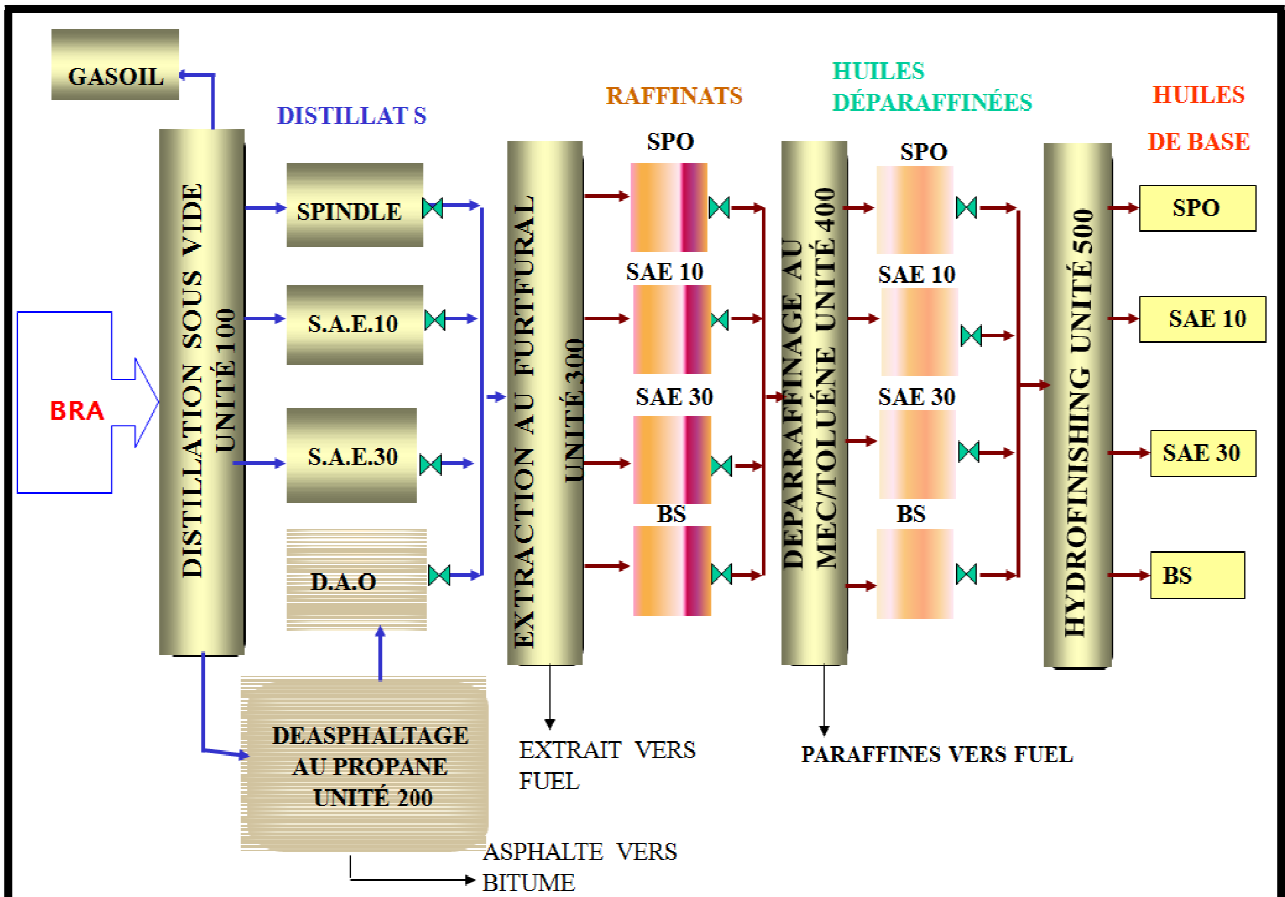


Figure II.3. Chaîne de fabrication des huiles de base.

II.5.2. Les unités de fabrication des huiles de base

1. Distillation sous vide (U 100)

Cette unité a pour but de séparer les diverses coupes distillats nécessaires à la production des huiles lubrifiantes de haute qualité.

Après le passage du **BRA** par des échangeurs et par le four, il passe dans une colonne de distillation à une température de 380 °C, où on joue sur les points d'ébullition de chaque constituant. La différence de température des produits dans la colonne favorise la séparation

Chapitre II : Fabrication des huiles de base

des huiles. Les distillats obtenus dans l'ordre sont **SPO** (une coupe huileuse légère), **SAE10** : (une coupe huileuse mi-visqueuse), (MVO), **SAE30** (une coupe d'huile visqueuse (VO) et **RSV** (le résidu sous vide).

Pour éviter la corrosion, on utilise comme inhibiteur de corrosion le **NH₃**.

La qualité et la quantité des produits (point de flash et la viscosité) sont affectées directement par la variation de la pression dans la colonne, la température et le débit de soutirage des distillats, la température et le débit du reflux.

2. Dés-asphaltage au propane (U 200)

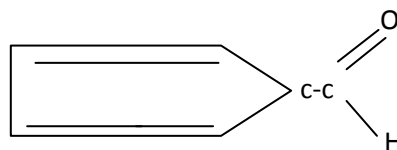
Cette opération permet d'extraire de l'asphalte contenu dans l'huile par du propane comme solvant liquide.

L'huile dés-asphaltée est destinée à préparer la "Bright stock" alors que l'asphalte constitue la charge d'une unité de production de bitume ou envoyé comme fuel. [14].

3. Extraction au furfural (U 300)

Dans cette unité sont éliminées les aromatiques dans les huiles ayant un faible indice de viscosité et qui sont facilement oxydable. Les différentes coupes d'huile de base (SPO, MVO, VO, BS) sont traitées suivant un planning et en fonction des commandes du marché avec le furfural. Chaque huile est constituée de paraffine et aromatique.

Le furfural : est un solvant organique qui a une fonction aldéhyde sous la structure suivante:



Il est difficile à récupérer car il est sensible à l'air, à l'eau, à la température et surtout aux oxydes (acides). Il est utilisé pour extraire ces aromatiques. Un extrait riche en aromatiques et un raffinat sans aromatiques sont obtenus.

4. Déparaffinage au MEC/Toluène (U 400)

Ici est corrigé le point d'écoulement des huiles de base et y est produit des paraffines dures à basse teneur en huiles. Le traitement consiste en la cristallisation en présence du solvant à (-12 °C), la filtration de l'huile et la séparation entre le solvant et l'huile et entre le solvant et la

Chapitre II : Fabrication des huiles de base

paraffine. Le procédé utilise la différence de solubilité des huiles et des paraffines en ajoutant un solvant mixte à 50% de Méthyle-Éthyle Cétone (**MEC**) et 50% de toluène.

Les variables opératoires à contrôler sont la teneur en MEC, la température de refroidissement et la teneur des aromatiques dans le raffinat [15].

5. Hydro-finishing (U 500)

C'est un traitement catalytique à l'hydrogène qui permet d'améliorer la couleur, la stabilité thermique et chimique et, la teneur en impuretés en éliminant les éléments indésirables comme l'azote, le soufre et l'oxygène.

La réaction d'hydrofinissage est essentiellement caractérisée par la rupture des liaisons :

C-S, C-O, C-N pour dégager tout les gaz polluants sous forme H_2S , NH_3 et H_2O à l'aide d'hydrogène.

En résumé, la production des huiles de base telles que « BO(SAE10), BO(SAE30), BO(BS) » est assurée par une série d'opération destinée à améliorer l'indice de viscosité, la fluidité à basse température, la résistance à l'oxydation et la stabilité thermique.....

Chapitre III: Suivi des analyses d'huiles en aval des différentes unités

III.1. Présentation du laboratoire

La raffinerie dispose d'un laboratoire important pour contrôler la qualité et la conformité des produits traités durant le procédé.

III.1.1. Le rôle du laboratoire

Le laboratoire est divisé en deux sections dont l'une est la section de contrôle des produits intermédiaires échantillonnés au fur et à mesure du traitement.

III.1.2. Organisation du laboratoire

Le laboratoire de la raffinerie est certifié ISO 9001-2008 et accrédité ISO 17025, il se divise en deux sections :

a. Section contrôle

Son activité est basée sur le suivi et le contrôle des produits intermédiaire et finis des différentes unités de production à savoir : les carburants, les lubrifiants, les utilités et les bitumes.

b. Section analyse chimique

Elle se compose de trois sous sections :

1 .b. Sous-section utilités

Les utilités ne sont pas destinées à produire de l'eau mais tout simplement au suivi du traitement de l'eau. Des analyses de PH, TH, TAL et d'autres sont régulièrement faites.

2 .b. Sous-section lubrifiants

La sous-section lubrifiant s'occupe des analyses des huiles de base finies avant leurs mélanges pour la formulation des huiles finies, des huiles de base lors d'une expédition, et des additifs entrant dans la formulation des huiles finies. En parallèle, les tests complémentaires de contrôle des unités sont effectués à savoir teneur en furfural, teneur en Mec-Toluène et teneur en eau.

Parmi ces analyses on recense la viscosité, le point de flash, la couleur, la pénétrabilité des graisses, etc.

3 .b. Sous-section carburants

La sous-section carburant englobe le suivi d'analyse des unités carburant (pétrole brut, l'unité de topping (distillation atmosphérique), unités de gaz et unité reforming catalytique) et l'analyse des produits finis (Gaz, Essence, Gas-oil, Kérosène et Fuel-oil).

Ces analyses permettent de suivre le rendement et l'efficacité des catalyseurs dans la production. Parmi ces analyses, la teneur en plomb et PONA

Chapitre III: Suivi des analyses d'huiles en aval des différentes unités

Il faut noter que tous les résultats d'analyse sont comparés aux spécifications aisément reproductibles, comparables et obéissants à des normes internationales comme ASTM.

III.2. Les différentes analyses des huiles de base

Dans ce chapitre nous reportons les analyses des caractéristiques physico-chimiques des huiles que nous avons effectuées pour contrôler la variation de la qualité des différents produits qui sortent des différentes unités.

1. Unité de la distillation sous vide

Les analyses effectuées durant ce procédé sont pour le grade SAE30 :

La viscosité à 100 °C « ASTM D445 », le point d'éclair °C « ASTM D92 » et la couleur « ASTM D 1500 ».

- Exemple d'analyse de la viscosité de distillats SAE 30

la viscosité est une grandeur physique qui mesure la résistance interne d'un fluide à l'écoulement. C'est une résistance due au frottement des molécules qui glissent les unes sur les autres. La viscosité cinématique est mesurée dans des viscosimètres à tube capillaire (unité =mm²/s ou centistoke) [17].

a. Appareillage

Nous avons utilisé un appareillage de la viscosité semi-automatique qui se compose des éléments suivants:

- Un bain marie rempli à 90% d'huile technique transparente (la glycérine) à une température de 100°C (Figure III.1).
- Un thermostat.
- Une pompe à vide.
- Une seringue d'1 ml avec aiguille.
- Un creuset de filtration.
- Un viscosimètre à capillaire en verre étalonné de type UBBELOHDE.

b. Mode opératoire

- On remplit l'huile dans le tube (1) du viscosimètre jusqu'au trait (A) inférieur, puis on place le support, et on l'émerge dans le bain thermostaté réglé à 100°C ou 40°C pendant 30 mn.
- Quand le viscosimètre est à la température ambiante du bain, on place le doigt sur le tube (3) et on aspire par le tube (2) jusqu'à ce que le liquide atteigne le centre de réservoir (Figure III.2).
- On débranche l'aspiration de tube (2).

Chapitre III: Suivi des analyses d'huiles en aval des différentes unités

- On retire le doigt de tube (3).
- On déclenche le chronomètre.
- On calcul ensuite le temps d'écoulement entre le point (b) et le point (c) en seconde.

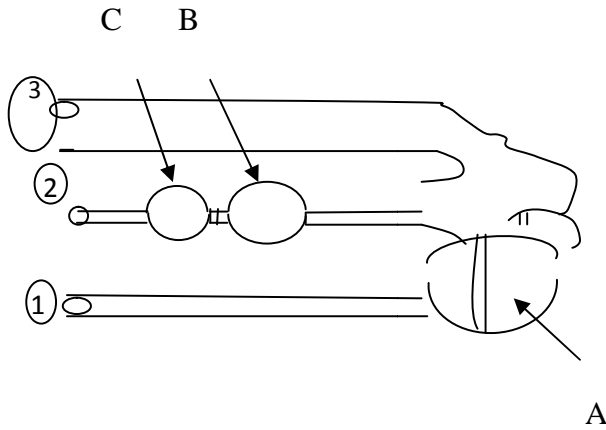


Figure III.2. Viscosimètre de types UBBELOHDE

Figure III.1. Bain de viscosité à 100 °C.

b. Méthode de calcul

La viscosité (cts)=le temps (s) * coefficient du viscosimètre utilisé.

- Exemple d'analyse de point d'éclair distillat SAE 30

Le point d'éclair d'une huile est la température minimale à laquelle il faut porter la prise d'essai pour que les vapeurs émises s'allument spontanément en présence d'une flamme dans les conditions normalisées [16].

a. Appareillage

- Un vase.
- Un bec benzène.
- Un thermomètre gradué.

b. Mode opératoire

- Remplir le vase jusqu'à ce que le produit atteigne le niveau de rebord intérieur.
- Le poser au centre de la plaque chauffée.
- Introduire le thermomètre dans l'échantillon à analyser.
- Accélérer le fonctionnement du bec benzène à une vitesse de 10 °C à 16 °C/mn.
- Noter la température dès que le produit chauffé envoie la première étincelle « flamme » (Figure III.3).

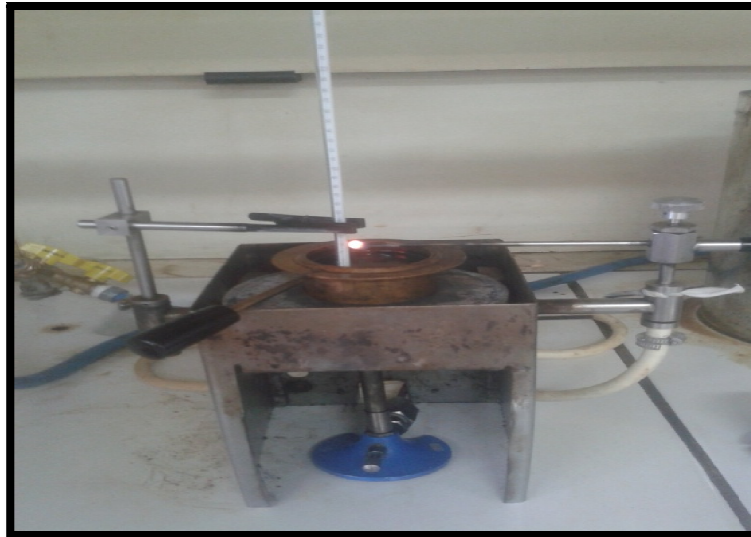


Figure III.3. Appareil C.O.C pour mesurer le point de flash.

- Exemple d'analyse de la Couleur distillat SAE 30

C'est une détermination visuelle de la couleur d'une large variété de produits pétroliers tels que les huiles [16].

a. Appareillage

- un colorimètre.
- Une source de lumière.
- Des étalons de couleur.
- Un tube d'essai en verre.

b. Mode opératoire

- Remplir le tube avec l'eau distillée.
- Placer le dans le compartiment destiné à l'échantillon sur une hauteur de 50 mm dans le compartiment du colorimètre à travers le quel les verres étalons de couleur seront observés.
- Placer une autre cuvette contenant l'huile dans l'autre compartiment.
- Couvrir les cuvettes avec le cache pour les mettre à l'abri de toute lumière extérieure.
- Allumer la source lumineuse.
- Mesurer et comparer la couleur d'huile avec celles des étalons (Figure III.4).

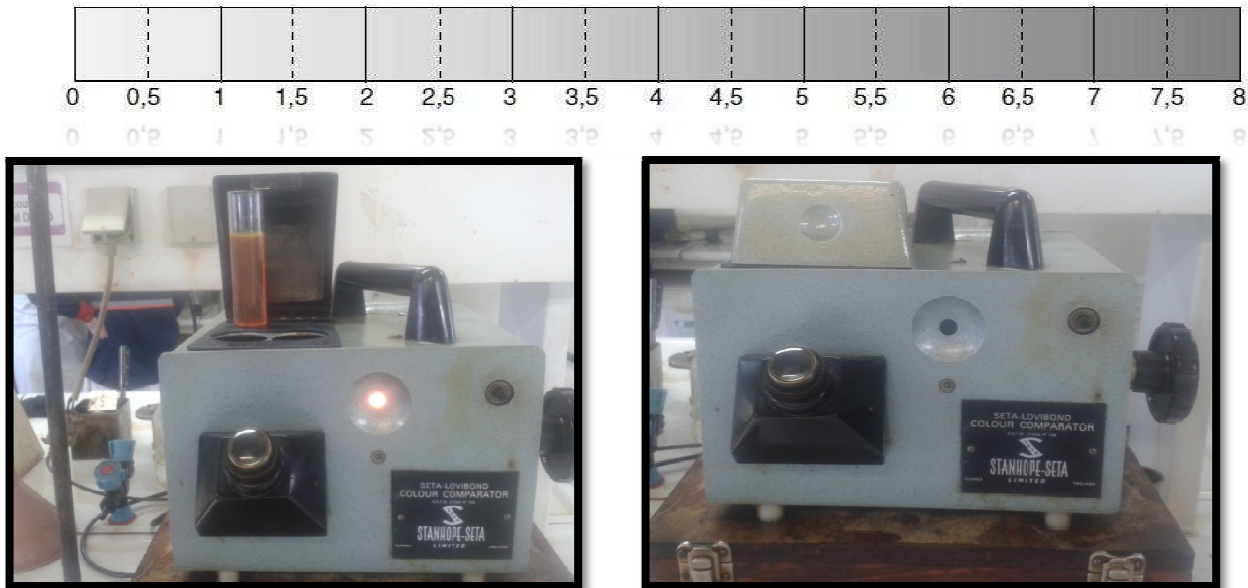


Figure III.4. Appareil de colorimétrie et son échelle.

2. Unité d'extraction des aromatiques

Dans cette unité on ne traite pas les coupes successives l'une après l'autre mais selon le besoin du complexe en huile de base finie. C'est pour cela que l'on parle de charge qui est la coupe qui entre dans l'unité.

La charge est la coupe qui entre dans l'unité de l'extraction des aromatiques. Les analyses effectuées sont : la viscosité à 100 °C et l'indice de réfraction à 50 °C.

La charge et raffinat.

Le raffinat est la coupe huile raffinée dont les tests sont : Le point d'éclair (°C), la viscosité à 100 °C et l'indice de réfraction.

- Exemple d'analyse de l'indice de réfraction raffinat SAE 30

L'indice de réfraction à 50 °C: C'est un nombre qui exprime le rapport entre la vitesse de la lumière d'une longueur spécifique dans l'air et le produit à examiner. Il est obtenu par un nombre résultant de la division du sinus de l'angle incident sur le sinus de l'angle réfléchi de la lumière passant dans l'air et le produit à analyser. La détermination de l'indice de réfraction est un moyen de mesure de la pureté du produit, dans notre cas il donne une idée sur l'indice de viscosité du produit [16].

Chapitre III: Suivi des analyses d'huiles en aval des différentes unités

a. Appareillage

- Le réfractomètre de type (Abbe) graduée en indice de réfraction.
- Une source lumineuse.
- Une pipette de 2 ml.
- Un papier JOSEPH.

b. Mode opératoire

- Nettoyer soigneusement les faces des prismes avec le papier JOSEPH.
- Régler le thermostat à $T = 50\text{ °C}$ et attendre 3 à 5 minutes pour s'assurer que l'équilibre de la température entre les prismes et l'eau distillée en circulation est atteint.
- A l'aide d'une pipette, déposer quelques gouttes de l'huile étudiée dans la zone du prisme inférieure.
- Rabattre doucement le prisme supérieur et observer dans l'oculaire inférieur.
- A l'aide du bouton de réglage situé sur le coté droit, amener la frontière de lumière au point de croiser des files de réticules.
- A l'aide du bouton modèle situé sur le coté gauche, rendre plus nette cette intersection ; en général floue.
- Lire l'indice de réfraction, à l'aide d'un tableau standard, et on corrige la valeur lue sur l'appareil (Figure III.5).



Figure III.5. Réfractomètre Abbe (mesure de l'indice de réfraction).

3. Unité de déparaffinage

Afin d'améliorer le point d'écoulement des huiles, les tests effectués sont : la couleur ASTM, le point d'éclair (C.O.C) et la viscosité à 40 °C et à 100 °C, l'indice de viscosité « ASTM D 2270 », le point d'écoulement « ASTM D97».

- Exemple de calcul de l'indice de viscosité de DO (SAE 30)

L'indice de viscosité : c'est un nombre empirique qui indique comment varie la viscosité cinématique du produit avec la variation de la température.

La détermination de l'indice de viscosité est liée à la connaissance de la viscosité de l'huile à des températures de 40 °C et 100 °C (Figure III.6) [16].



Figure III.6. Bain thermostaté de mesure de la viscosité à 40 °C et à 100 °C.

Méthode de calcul

L'indice de viscosité est calculé à l'aide d'un logiciel « blend Add » en portant des valeurs de viscosité déterminées sur les produits à 40 °C et 100 °C.

- Exemple de calcul du point d'écoulement DO (SAE 30)

Le point d'écoulement d'une huile de pétrole est la plus basse température à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle refroidie sans agitation dans les conditions normalisées [16].

a. Appareillage

- Un tube à essai.
- Un thermomètre.
- Une jaquette.
- Un joint annulaire.
- Un bain réfrigérant.

b. Mode opératoire

- Verser l'huile dans le tube à essai jusqu'au trait circulaire.

Chapitre III: Suivi des analyses d'huiles en aval des différentes unités

- Refermer le tube à essai avec le bouchon muni du thermomètre maintenu verticalement et bien centré.
- La naissance du capillaire du thermomètre étant à 3 mm du dessus de la surface de l'huile
- Laisser refroidir l'huile à l'air libre jusqu'à 27 °C.
- Porter le tube dans le premier bain maintenu à 0 °C pour que sa température s'abaisse jusqu'à 9 °C.
- Le déplacer dans le deuxième bain maintenu à -18 °C pour que sa température s'abaisse à (-6 °C). Sortir le tube du bain et observer son écoulement chaque fois que la température indiquée par le thermomètre est multiple de 3 °C.
- Si le produit coule toujours à -6 °C, le déplacer dans un troisième bain à -33 °C pendant 5 secondes. Vérifier que l'huile ne se déforme pas.
- Continuer les observations chaque fois que la température indiquée par le thermomètre est un multiple de 3 °C en dessous de la dernière température observée jusqu'à congélation de l'huile.
- Noter à ce moment la température indiquée par le thermomètre (Figure III.7).

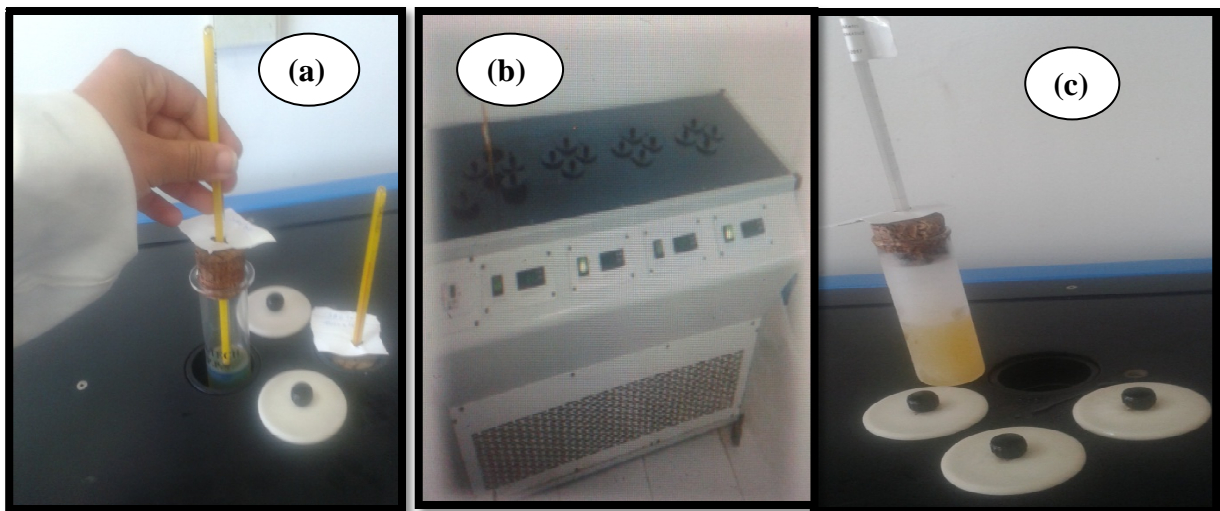


Figure III.7. Réfrigérant (a) et (b), tube à essai (c).

b. Méthode de calcul.....

Le point d'écoulement s'obtient en ajoutant + 3 °C à la température lue sur le thermomètre.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

IV.1.1. Suivi de la viscosité de distillat « grade SAE30 » :

La courbe illustrée dans la Figure IV.1, représente une comparaison entre la viscosité dans le cas réel et celle du design « grade SAE30 » durant la période entre 16 et 23. avril 2019.

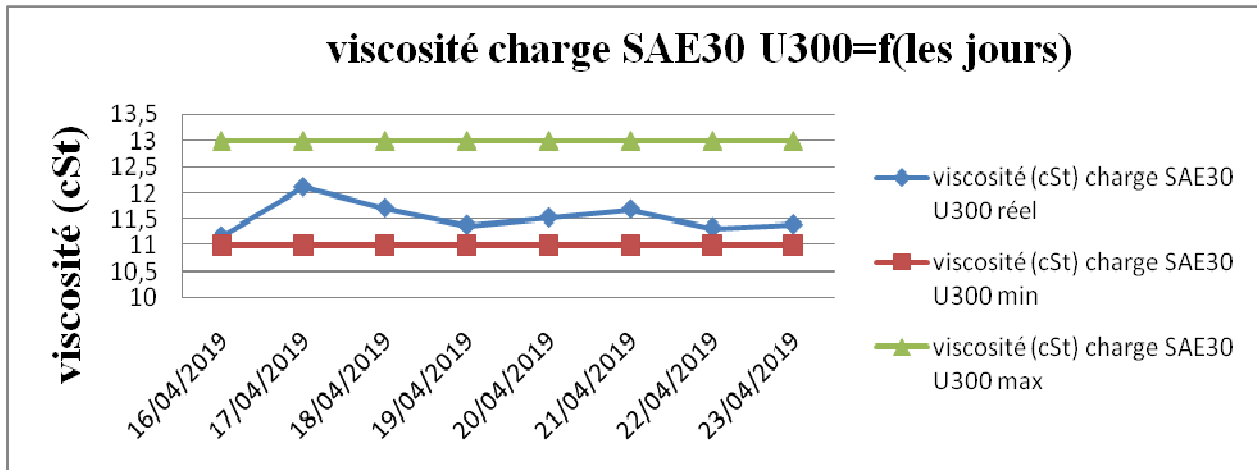
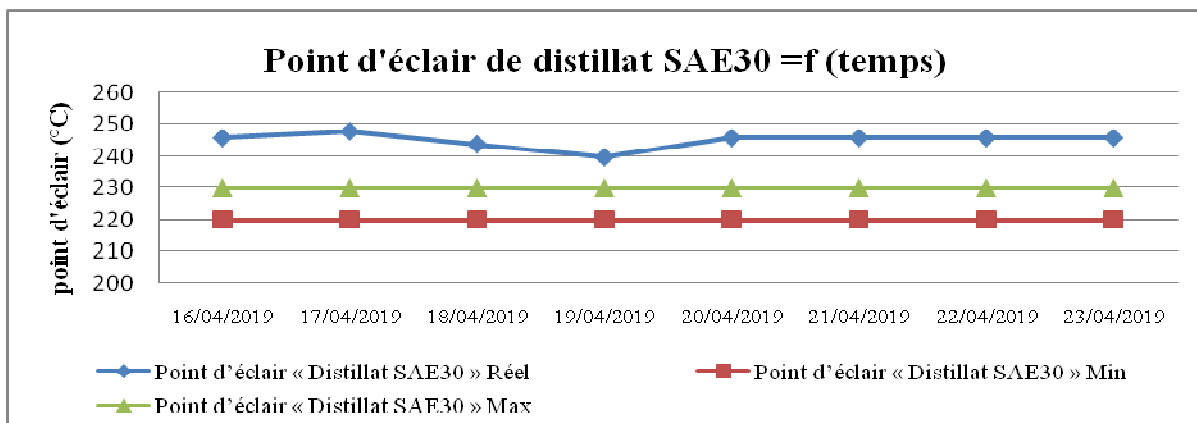


Figure IV.1. La viscosité du grade SAE30 : valeur actuelle et valeur de design

La variation de la viscosité du grade SAE30 est conforme aux spécifications du design (Figure IV.1). Ceci confirme que le procédé de production est bien contrôlé et ses paramètres opératoires bien maîtrisés.

IV.1.2. Suivi du point d'éclair de distillat « grade SAE30 »

La courbe illustrée dans la figure IV.2 représente une comparaison entre le point flash dans le cas réel et le cas design « grade SAE30 » durant la période entre 16 et 23 avril 2019.



Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

Figure IV.2. Le point d'éclair grade SAE30 : valeur actuelle et valeur de design. La variation du point flash du grade SAE30 est supérieure à la valeur maximale du design (Figure IV.2), se qui traduit que l'huile est 100 % pur.

IV.1.2. Suivi de la couleur de distillat « grade SAE30 »

La courbe illustrée dans la figure IV.3 compare le point flash dans le cas réel à celui du design « grade SAE30 » durant la période du 16 au 23 avril 2019.

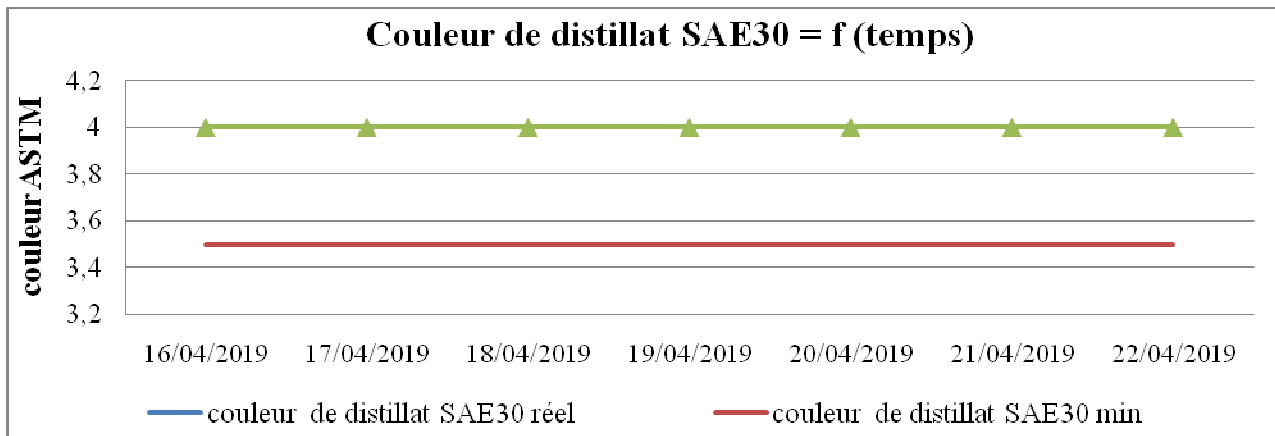


Figure IV.3. La couleur du grade SAE30 : Valeur actuelle et valeur de design.

Les résultats révèlent que la variation de la couleur du grade SAE 30 est à la limite supérieure du design (figure IV.3).

IV.2.1. Etude de l'influence de la viscosité de la charge et du raffinat « grade SAE30 » sur leur l'indice de réfraction

La courbe illustrée dans la figure IV.4 représente les spécifications de la charge et du raffinat (grade SAE30) durant la période entre 16 et 23 avril 2019.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

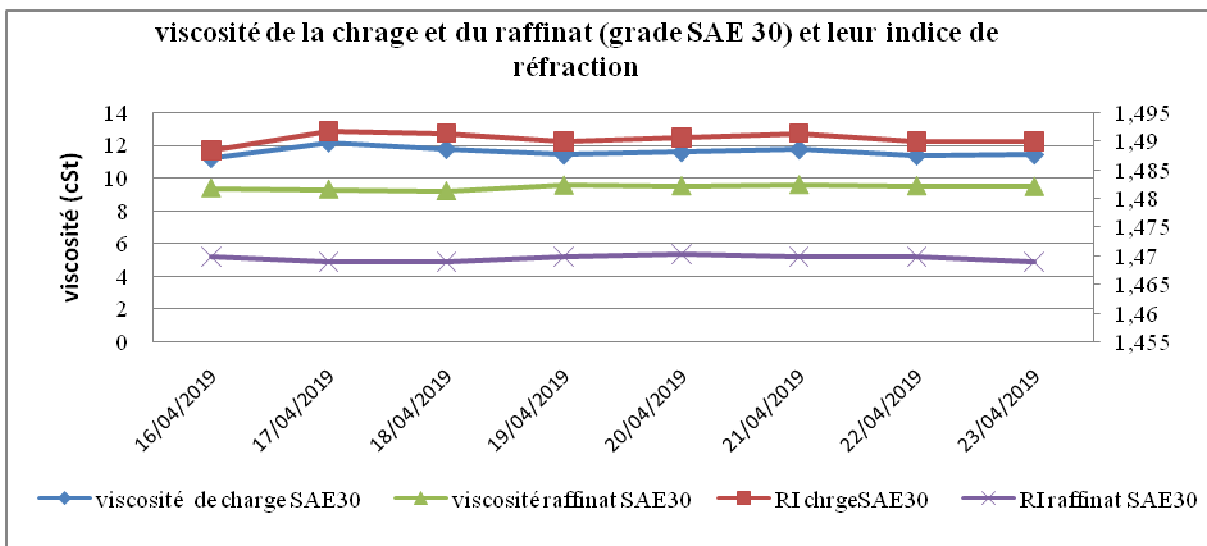


Figure IV.4. Les spécifications de la charge et du raffinat (grade SAE30).

Les données recueillies indiquent que :

- 1- La variation de la viscosité de la charge « SAE30 » suit la variation de son indice de réfraction.
- 2- La variation de la viscosité du raffinat « SAE30 » suit aussi la variation de son indice de réfraction.
- 3- La variation de viscosité et de l'indice de réfraction de la charge « SAE30 » est inversement proportionnelle à la variation de la viscosité et de l'indice de réfraction du raffinat « SAE30 ».

La valeur élevée de la viscosité de la charge constatée par rapport au raffinat est due à la présence de composants aromatiques dans sa composition chimique ; ce qui explique la valeur élevée de l'indice de réfraction entre la charge et le raffinat.

IV.2.2. Comparaison entre le RI dans le cas réel et design

Dans la courbe de la figure IV.5 sont comparés l'indice de réfraction du produit réel et ses valeurs de design (grade SAE30) durant la période entre 16 et 23 avril 2019.

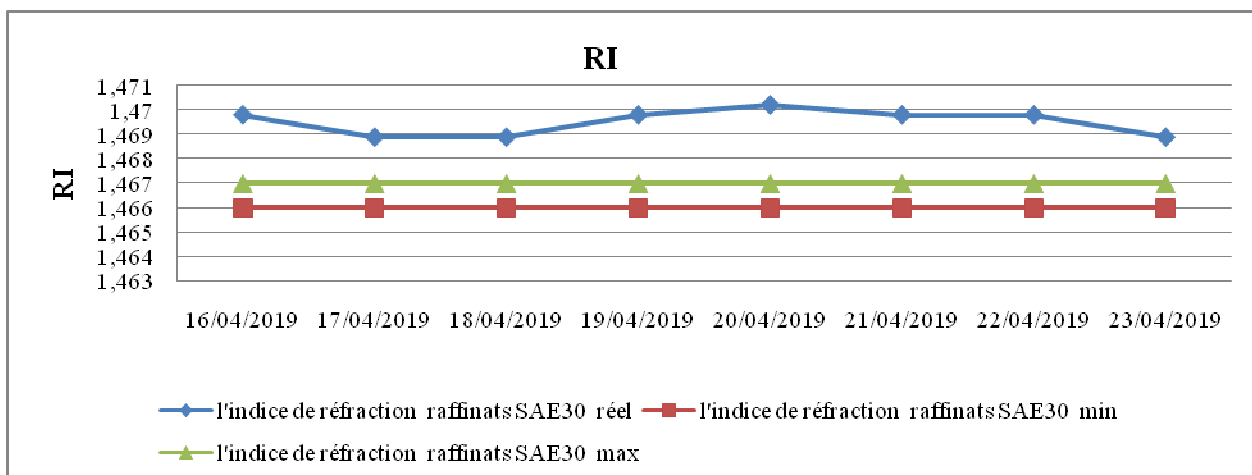


Figure IV.5. Comparaison de l'indice de réfraction entre réel et design

La figure IV.5. montre que :

- 1- Le RI du raffinat SAE30 est supérieur à sa valeur maximale du design.
- 2- Une variation importante de RI jusqu'à « 1,4702 » le 20/04/2019.
- 3- Une diminution progressive de RI de « 1,4702 jusqu'à 1,4689 » le 23/04/2019.

Cette variation est expliquée par les variations du taux de solvants et la température de sommet et fond de la colonne de RDC du procédé de l'unité 300. Des fluctuations de concentration sont par moment observées, tant que leur impact reste limité elle sont tolérées.

IV.2.2.1. Etude de l'influence de débit charge « SAE30 » sur l'indice de réfraction

La courbe illustrée dans la figure IV.6 indique l'influence du débit de la charge sur le taux de solvant au cours du temps.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

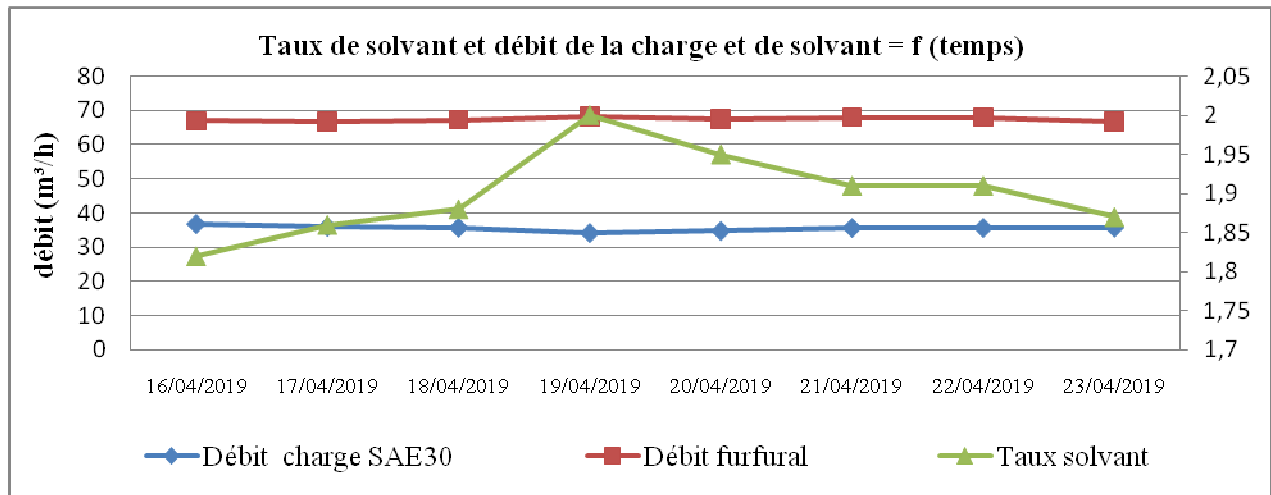


Figure IV.6. L'influence de débit de la charge sur le taux de solvant.

On constate clairement que la variation du taux de solvant est inversement proportionnelle au débit de charge (figure IV.6).

IV.2.2.2. Etude de l'influence du taux de solvant sur l'indice de réfraction

La courbe illustrée dans la figure IV.7 montre l'impact du taux de solvant sur la variation de l'indice de réfraction durant la période entre 16 et 23 avril 2019.

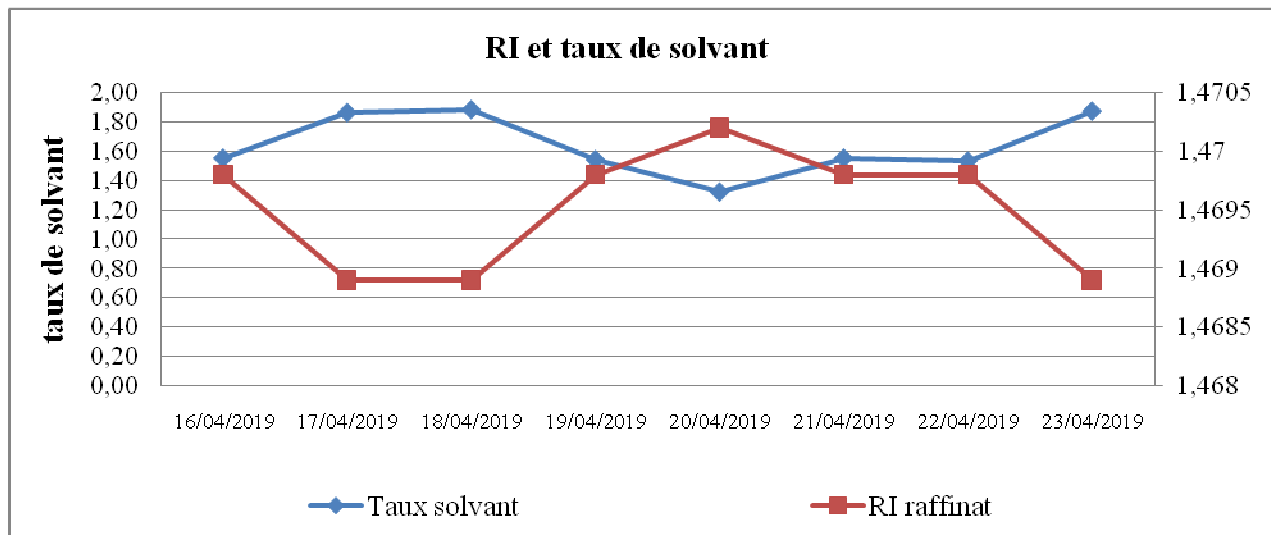


Figure IV.7. L'influence du taux de solvant sur la variation de l'indice de réfraction (RI).

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

Les données révèlent que le RI du raffinat « SAE30 » est inversement proportionnel au taux de solvant (figure IV.7).

Cette inter-relation peut s'expliquer par l'extraction des aromatiques quand le taux de solvant augmente. Par conséquent, une diminution des aromatiques se traduit par une diminution de l'indice de réfraction.

IV.2.2.3. Etude de l'influence de température de sommet et fond de RDC sur l'indice de réfraction

La courbe illustrée dans la figure IV.8 indique l'impacte de la température du sommet et du fond de la colonne RDC sur la variation du RI.

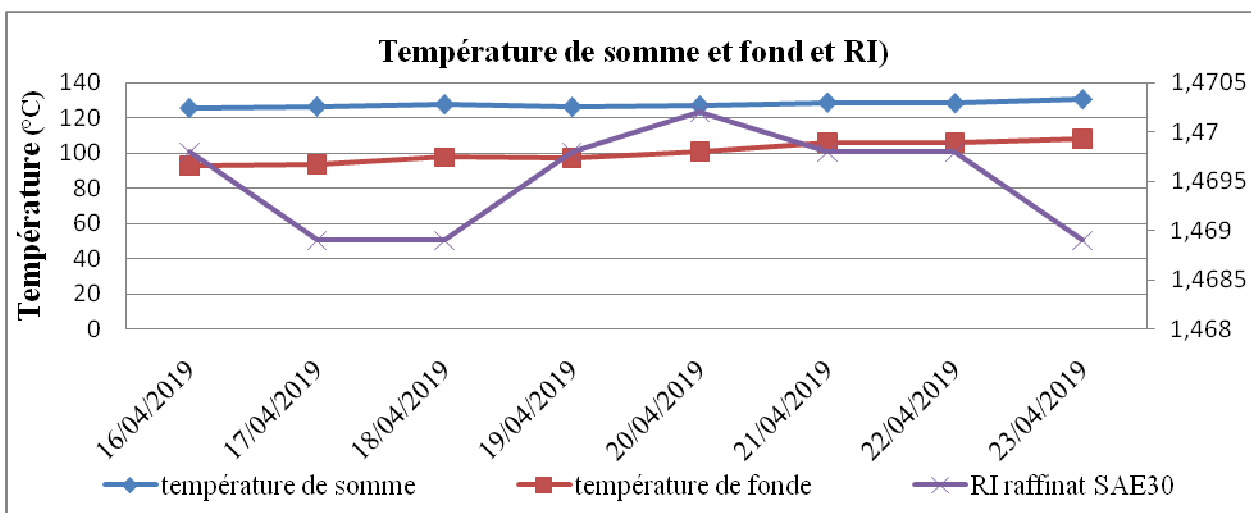


Figure IV.8. L'influence de la température du sommet et du fond sur le RI.

On constate que :

- 1- la variation de la température du sommet suit la variation de celle du fond.
- 2- RI garde la même tendance.

La température élevée au sommet indique une augmentation de la solubilité de furfural vis à vis des molécules naphthéniques et aromatiques. Nos analyses montrent que cette règle n'est pas respectée.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

Une température basse en fond de tour indique une augmentation de la sélectivité du furfural pour les molécules aromatiques. Ce dernier augmente quand la température diminue. Aussi cette règle n'est pas respectée.

Cette variation influence le rendement de l'unité 300.

IV.2.3. Etude de l'influence de la teneur des aromatiques dans le raffinat sur la variation de rendement de l'unité 300

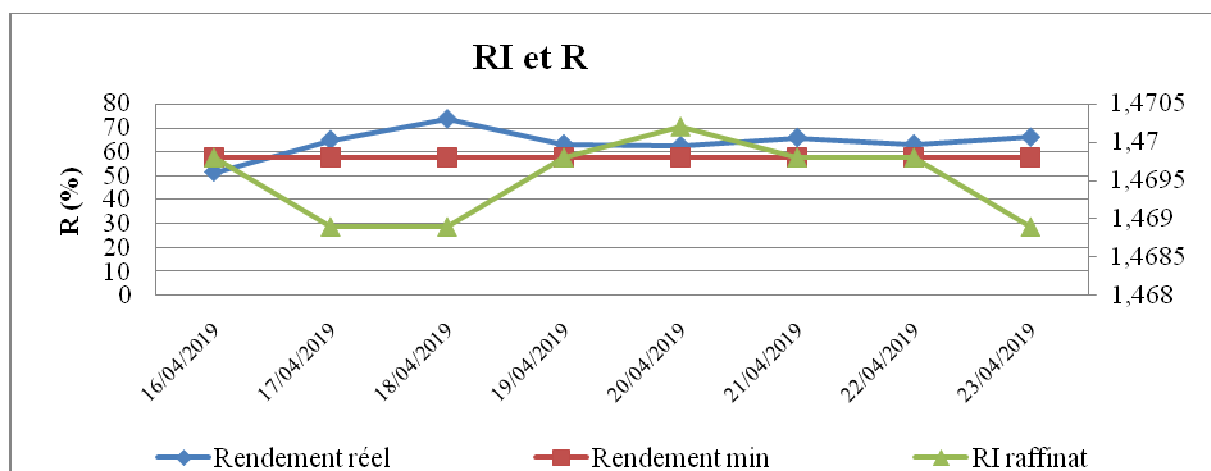


Figure IV.9. Relation entre le RI et le R de l'unité 300.

L'évolution du rendement du raffinat SAE30 est plus élevée que la valeur du design.

Cette évolution est confirmée par un RI élevé c'est-à-dire que la teneur en aromatiques est élevée (figure IV.9).

$$R_{U300} = \frac{RI(\text{charge}) - RI(\text{raffinat})}{RI(\text{extrait}) - RI(\text{charge})}$$

IV.3.1. Comparaison la valeur de l'indice viscosité (VI) avec le design

La courbe illustrée dans la figure IV.10 montre l'impact du taux de solvant sur la variation de l'indice de réfraction durant la période entre 16 et 23 avril 2019.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

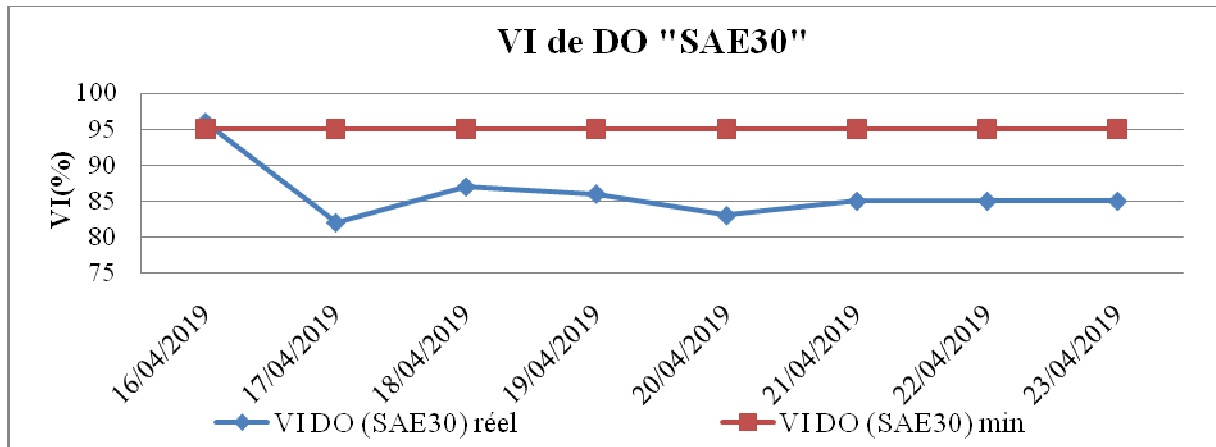


Figure IV.10. Comparaison entre la valeur réelle de VI et celle du design.

Les valeurs de VI réelles sont inférieures à celles du design. Cette variation est due à la variation de RI du raffinat qui dépend de la concentration en aromatique dans l'effluent.

La courbe de la figure IV.11, montre la relation entre le RI et la variation de l'indice de viscosité de DO « SAE30 ».

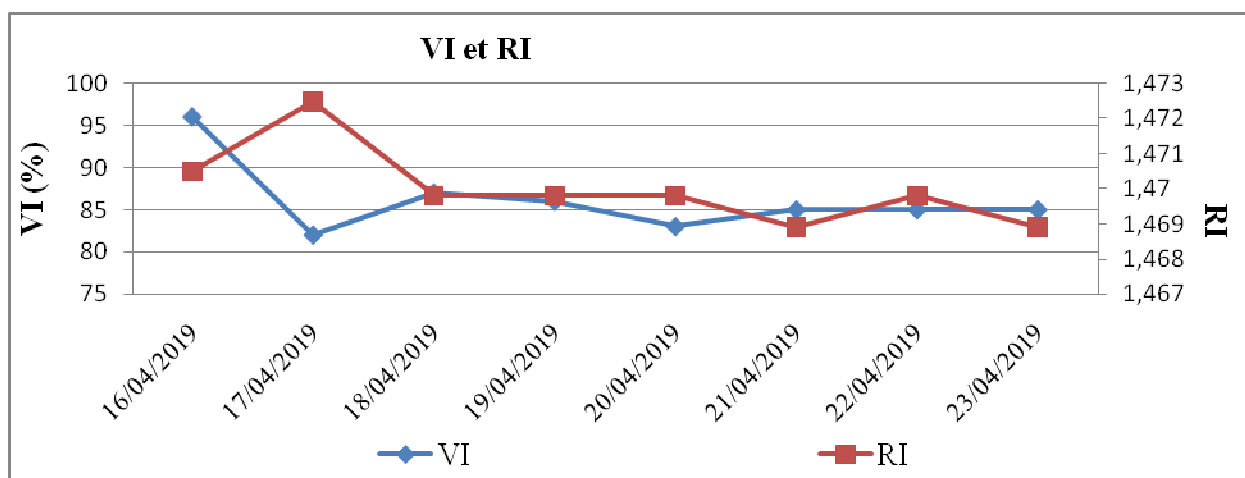


Figure IV.11. L'influence de RI sur le VI

On remarque que VI est inversement proportionnel au RI. C'est-à-dire quand le RI augmente à cause de la présence des aromatiques dans le raffinat on aboutit à une mauvaise qualité de la DO (valeur basse de l'indice de viscosité VI).

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

IV.3.2. Comparaison de la valeur du point d'écoulement (PP) avec le design

Le graphe de la Figure IV.12 représente la variation du PP entre le cas réel et le design du 16 au 23 avril 2019.

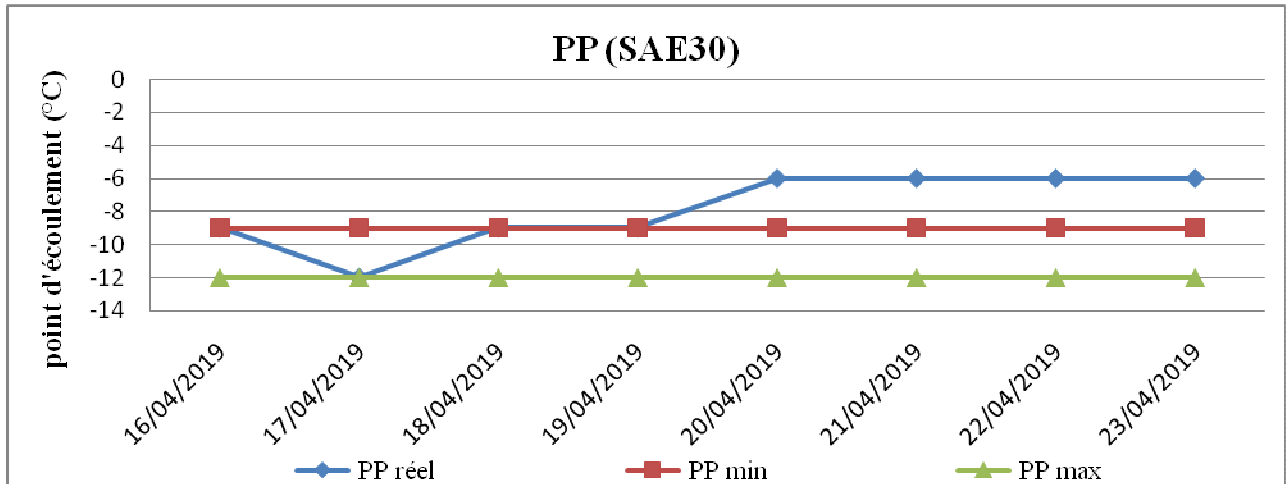


Figure IV.12. Comparaison la valeur de PP avec le design

- 1- Le PP analysé durant la période entre le 16 et le 18 2019 est conforme aux spécifications du design [min, max].
- 2- Dans la période 18/04/2019 au 19/04/2019, le PP est stable et est toujours dans la fourchette des spécifications.
- 3- Entre le 20 et le 23 avril 2019 le PP s'est élevé à (-6).

Il faut signaler que plusieurs paramètres contribuent à la variation du PP à savoir :

- Température de refroidissement.
- Teneur en MEC.
- Teneur des aromatiques dans le raffinat SAE 30.

IV.3.2.1. Etude de l'influence de la température de refroidissement et de la teneur en MEC et le teneur des aromatiques sur le PP

Le graphe de la figure IV.13 représente les principaux paramètres qui contribuent à la variation du PP dans la période du 16/04/2019 jusqu'au 23/04/2019.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

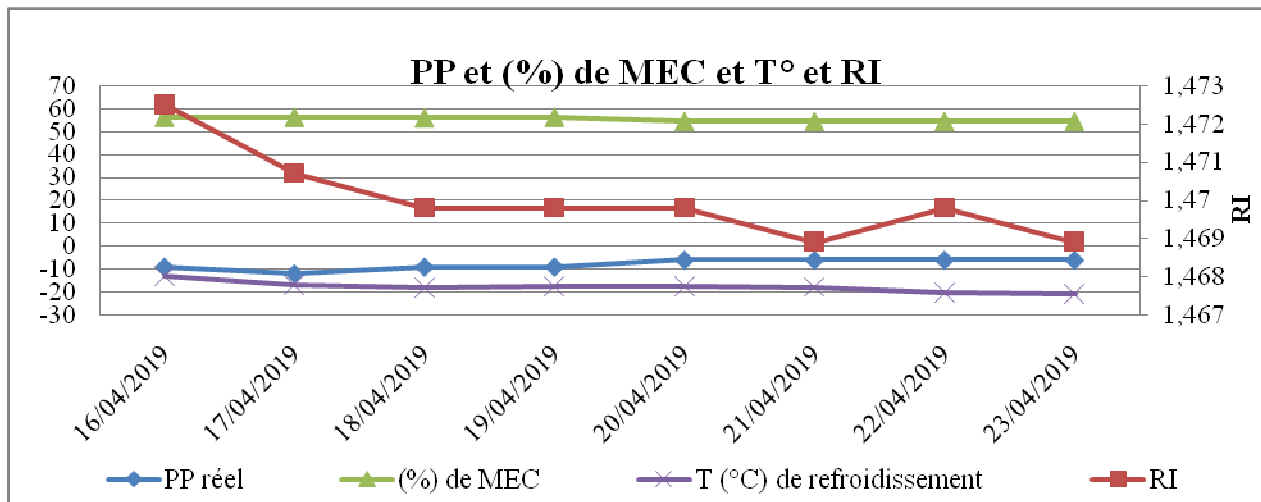


Figure IV.13. Les paramètres importants qui influencent le PP.

On constate que :

1- Le 16-17/04/2019 :

Une amélioration du PP suite à une diminution de température de refroidissement c'est-à-dire on a une bonne cristallisation des paraffines qui a donné une bonne qualité du PP égale à (-12 °C) avec une teneur en MEC fixe.

2- Le 17-18/04/2019 :

La variation du PP est inversement proportionnelle à la température de refroidissement, donc le PP augmente quand le % de MEC diminue c'est-à-dire on a pas une bonne cristallisation des paraffines dans le raffinat. Ce dernier a été solubilisé par le toluène.

3- Le 19-20/04/2019

Une augmentation du PP malgré que la température de refroidissement est diminuée, par contre le % de MEC reste encore bas. C'est pour cette raison que le PP a augmenté et a engendré une mauvaise qualité de pp égale à (-6 °C).

4- Le 20-23/04/2019 :

Le PP est resté stable (-6 °C) malgré qu'on a encore diminué la température de (-17,68 °C jusqu'à -20,98 °C). Ce comportement peut être expliqué par le % de MEC qui est maintenu bas. Par conséquent, on obtient une mauvaise qualité d'huile en ce qui concerne le PP.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

IV.3.2.2. Etude de l'influence de RI sur le PP

Le RI est élevé à cause de la présence des aromatiques dans le raffinat qui ont tendance à retarder la cristallisation des paraffines.

IV.3.3. Etude la relation entre le VI et le PP

Le graphe de la figure IV.14 représente la relation entre le VI et le PP.

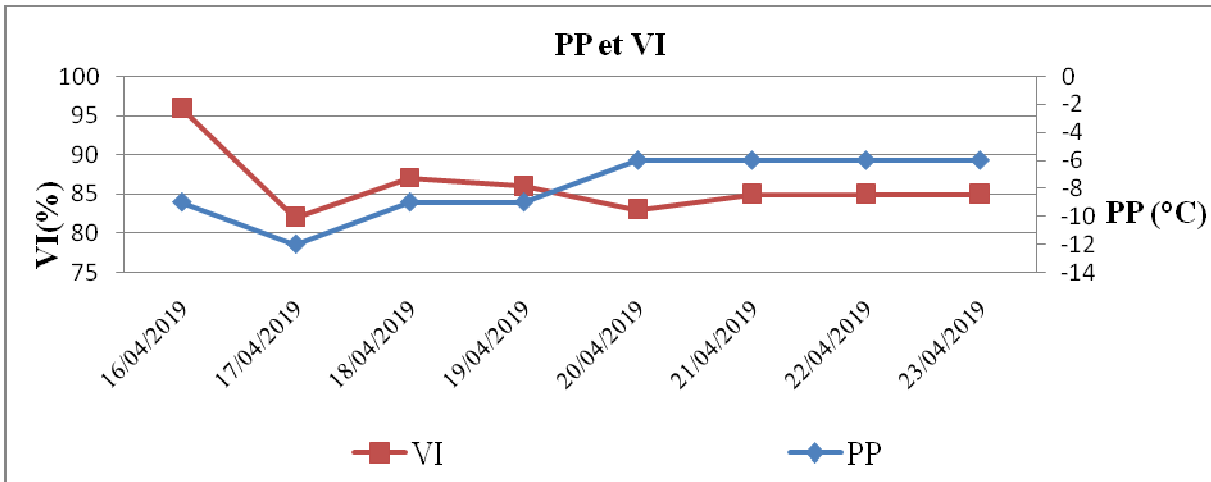


Figure IV.14. La variation du PP et le VI.

Ici la variation du VI suit la variation du PP (figure IV.14).

Cette relation peut s'expliquer par l'effet des molécules paraffiniques qui améliore le VI mais diminue le PP. Donc lorsque on élimine les paraffines du raffinat on va améliorer la qualité d'huile par une bonne valeur de PP par contre le VI sera bas.

IV.3.4. Etude de l'influence du PP sur la variation de Rendement de l'unité 400

Le graphe de la figure IV.15 représente l'influence du taux de solvant sur la variation de la viscosité du raffinat SAE 30.

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

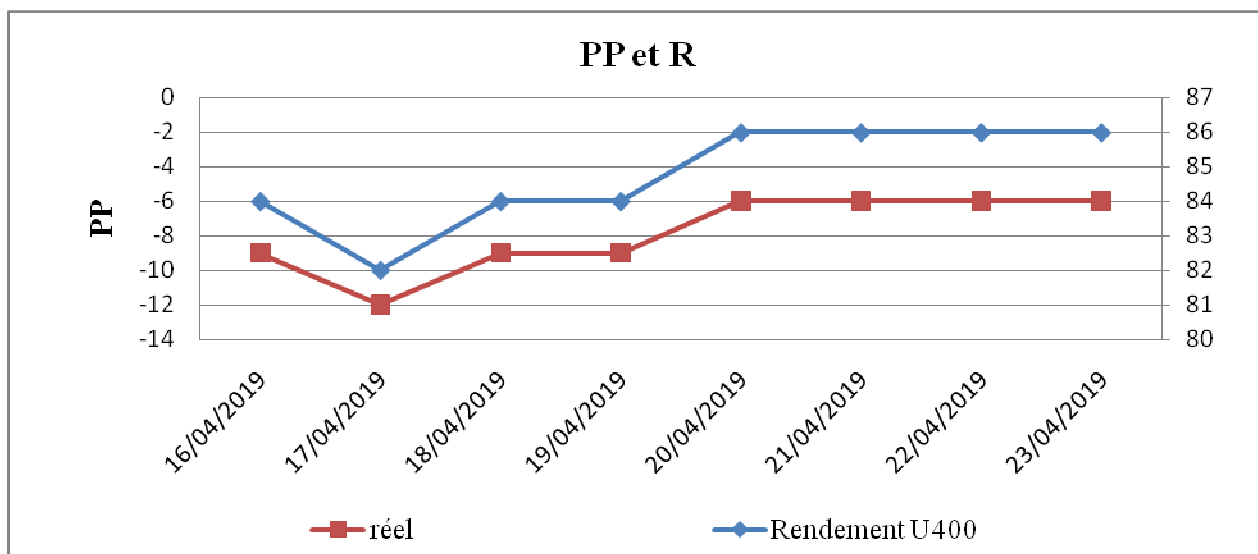


Figure IV.15. L'influence du PP sur la variation de R.

La variation de R est inversement proportionnelle avec la variation du PP (figure IV.15).

La présence d'aromatiques dans le raffinat (RI élevé) augmente le rendement de l'unité 400.

Ceci s'explique par un retardement de la cristallisation des paraffines dans l'huile.....

Chapitre V : Dégradation thermique des huiles de bases

V.1. Introduction

La dégradation d'une huile sous les actions combinées de la température et de l'oxygène de l'air (phénomène d'oxydation) entraîne une détérioration des qualités du lubrifiant qui se caractérise d'abord par une évolution de la couleur et de l'odeur, liée à la formation de composés acides légers, puis par une apparition de dépôts et de résidus agressifs, liée aux acides lourdes, et accompagnée en général d'une augmentation de la viscosité, et parfois d'un dépôt capable de gêner le fonctionnement normal des machines. Le suivi des propriétés du lubrifiant est utile, principalement pour ajuster les périodes de changement ou d'appoint, sans permettre la prédiction d'usure des pièces mécaniques [17].

V.2. Oxydation des huiles de base

V.2.1. Mécanisme

La dégradation de l'huile de base se fait par un mécanisme de réaction d'oxydation en chaîne initiées par les radicaux libres. En fonction des niveaux de température, cette oxydation d'huile de base peut conduire à la formation d'un ester et de l'eau. Dans un premier temps, il se forme des produits de décomposition soluble (liés aux composés naphthéniques et paraffiniques), tels que des aldéhydes (RCHO), des cétones (RCRO) et des acides carboxyliques (R-COOH), puis par polymérisation, il se forme des dépôts insolubles (liés aux composés aromatiques) aussi appelés « boues » [18].

Initiation :	$R-H \longrightarrow R\cdot + H\cdot$	*Formation des radicaux libres.
Propagation :	$R\cdot + O_2 \longrightarrow ROO\cdot$ $ROO\cdot + RH \longrightarrow ROOH + R\cdot$	*Formation du radical peroxyde. *Formation du peroxyde.
Branchement des chaînes :	$ROOH \longrightarrow RO\cdot + HO\cdot$ $RO\cdot + RH \longrightarrow ROH + R\cdot$ $HO\cdot + RH \longrightarrow H_2O + R\cdot$	*Décomposition du peroxyde. *Alcool formation de radical. *Eau + formation de radical.
Inhibition :	$InH + RO\cdot \longrightarrow ROH + In\cdot$ $In\cdot + R\cdot \longrightarrow In-R$	*Arrêt de la réaction en chaîne par antioxydant.

Tableau V.1. Mécanismes d'oxydation des BO.

V.2.2. Les conséquences

Les changements qui peuvent se produire dans la dégradation des huiles de base :

- Une augmentation des pertes diélectriques.
- Une augmentation de la viscosité, d'où une diminution de la capacité à éliminer les dégagements de chaleur. Les boues produites vont obstruer les conduits de circulation d'huile et affecter le coefficient de transfert de chaleur entre les enroulements et l'huile. Le système de refroidissement perd ainsi son efficacité et l'élévation de la température qui en résulte accélère l'oxydation et la dégradation des isolants solides.
- Une augmentation de la corrosivité vis-à-vis des parties métalliques [19].
- Génération de produits insolubles.
- Formation de produits volatils.
- Changement de la coloration.
- Apparition d'odeur (odeur de brûlé).

V.3 L'analyse de dégradation thermique

1. Préparation d'un échantillon

Pour préparer un échantillon d'huile de chaque grade (BS-SAE30-SAE10), en vue d'une analyse, il faut commencer tout d'abord par chauffer l'échantillon d'huile à des températures fixées à (200 et 240 °C) pendant (1/2h, 1h, 2h et 3h) comme suit :

a- Appareillage

- Erlenmeyer de 100 ml.
- Un agitateur magnétique.
- Un thermomètre.
- Un chronomètre.
- Une plaque chauffante.

b- Mode opératoire

- On verse un volume d'huile dans une Erlenmeyer.
- Mettre l'Erlenmeyer sur une plaque chauffante.
- Placer un thermomètre dans l'Erlenmeyer jusqu'à obtenir la température désirée de 200 °C ou 240 °C en fonction du test. Lancer le chronomètre.
- A des temps variables (1/2 h ,1h, 2h, 3h) des échantillons sont prélevés et analysés.



Figure V.1. Dégradation des différents grades d'huile de base (BS, SAE30, SAE10).



Figure V.2. Echantillons (BS, SAE 30, SAE 10) dégradés à T = 200 °C.

2- Analyse des échantillons

Les échantillons sont analysés par deux méthodes :

IV.3.1. Méthodes conventionnelles

- 1- la viscosité a été mesurée comme décrit plus haut.
- 2- La couleur a aussi été caractérisée par la méthode décrite dans **le chapitre III**.

IV.3. 2. Méthodes spectroscopiques

La Spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier a été utilisé pour détecter l'apparition de groupements indiquant un phénomène d'oxydation de la chaîne hydrocarbonée. Elle est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé provoquant des vibrations caractéristiques de liaisons chimiques spécifiques. Le domaine infrarouge utilisé se situe entre 400 et 4000 cm^{-1} [20].

Mode opératoire

On a eu l'avantage d'utiliser l'FTIR en mode réflexion (ATR) disponible au laboratoire SEA2M (FSEI). Une simple goutte de l'échantillon à analyser est déposée sur le cristal ATR du spectrophotomètre infrarouge.

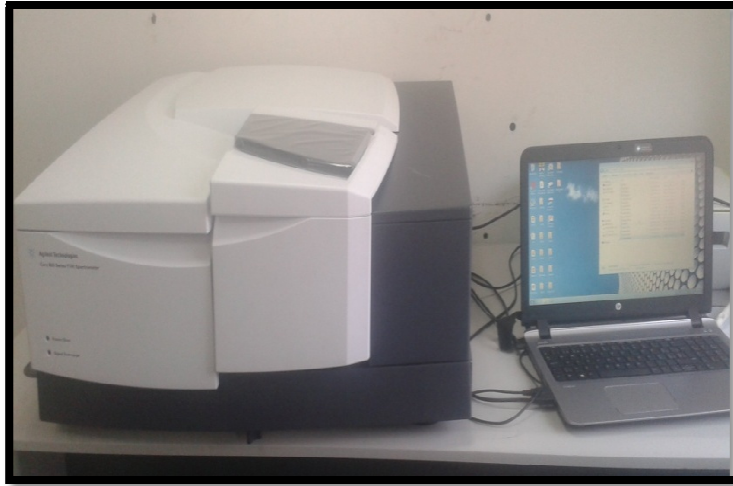


Figure V.3. Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier.

V.4. Résultats et discussion

V.4.1. Méthodes conventionnelles

V.4.1.1. Dégradation de BO « grade BS »

➤ A T = 200 °C

La courbe illustrée dans la Figure V.4 représente la variation de la couleur et de la viscosité de l'huile chauffée à 200 °C pendant les périodes de temps indiquées (½ h à 3 h).

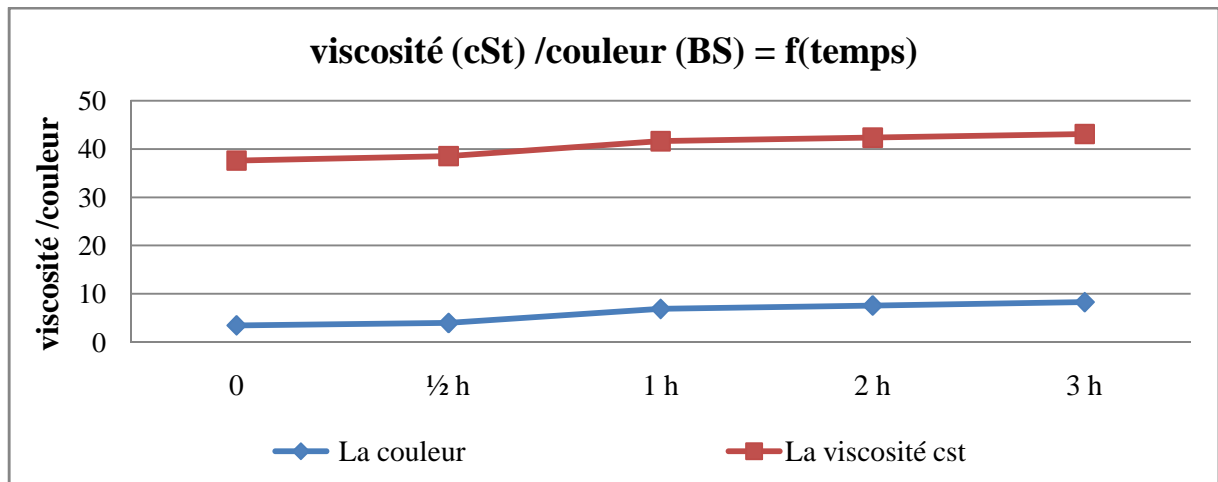


Figure V.4. La variation de (couleur / viscosité) de la charge BS à T=200 °C.

Chapitre V : Dégradation thermique des huiles de bases

On observe sur figure V.4. une grande variation de la couleur de la BS. Elle a varié de 3,5 à 6,9 pendant 1h de chauffage, et de 6,5 à 8,3 après 2h de chauffage à $T=200\text{ °C}$. Tandis que la variation de la viscosité est moins importante.

A $T = 240\text{ °C}$

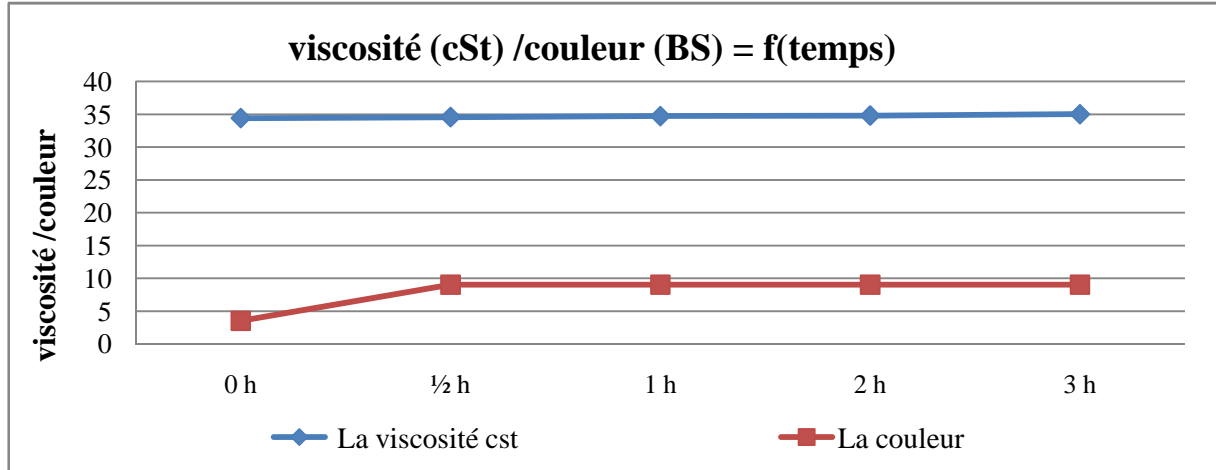


Figure V.5. La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade BS » à $T=240\text{ °C}$.

La variation de la viscosité de la BS chauffée à 240 °C n'est pas très affectée par ce traitement. Par contre, la couleur a subi un changement rapide en devenant plus foncée de 3,5 à 9 après seulement une 1/2h de chauffage (Figure V.5).

IV.4.1.2. Dégradation de BO « grade SAE30 »

➤ A $T = 200\text{ °C}$

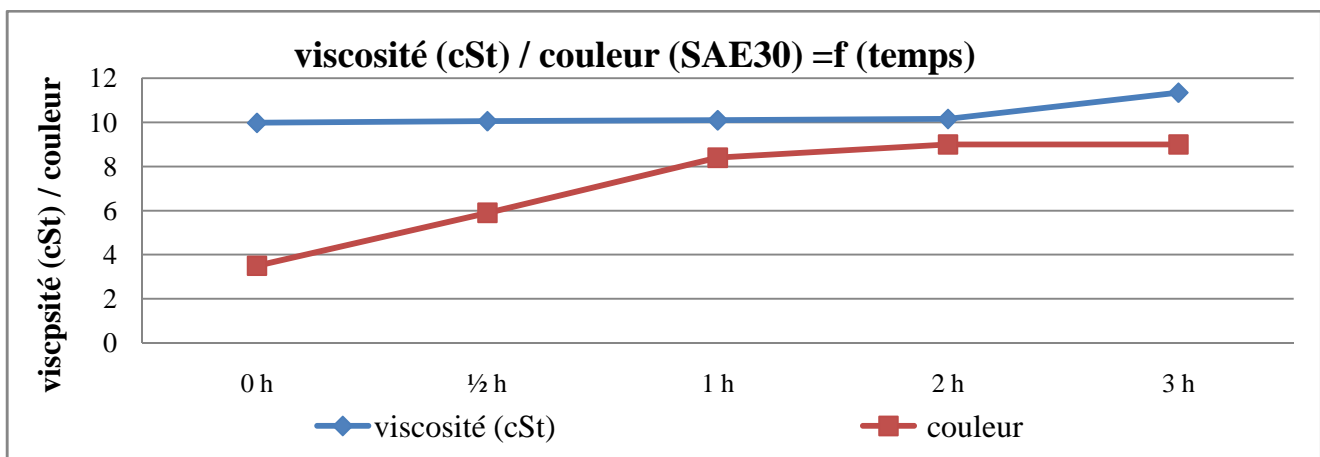


Figure V.6. La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE30 » à $T=200\text{ °C}$.

On observe une variation remarquable de la viscosité de la SAE30 mais cette évolution reste moins importante que celle de la couleur qui est passée de 3,5 jusqu'à 5,9 pendant 1/2 de chauffage et de 5,9 à 9 pendant 2h.

➤ A T = 240 °C

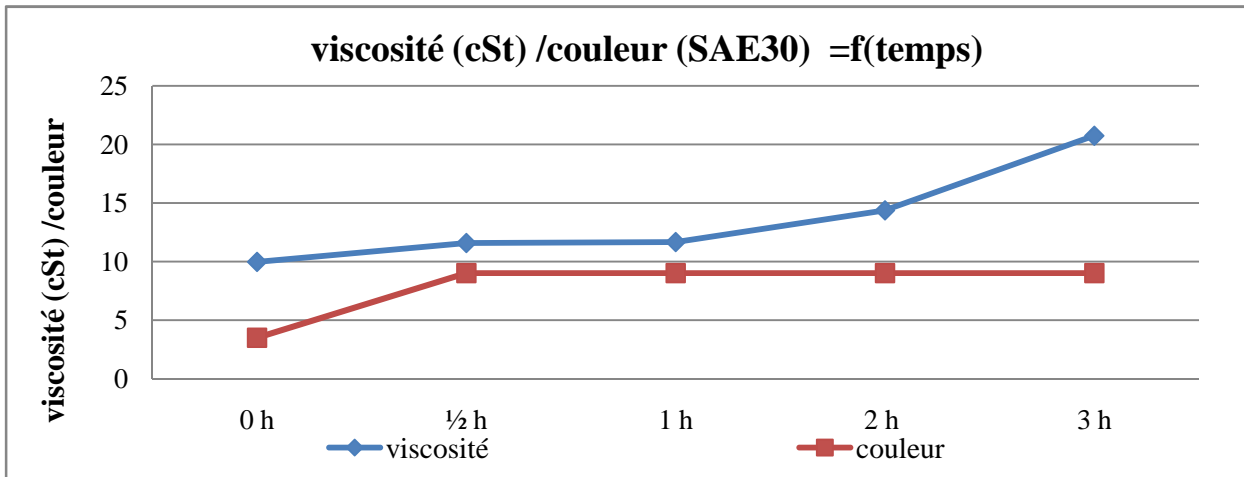


Figure V.7. La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE30 » à T=240 °C.

Une élévation de la viscosité de la SAE30 de 9,98 cSt à 11,67 cSt est révélée quand l'échantillon est chauffé pendant 1h à 240 °C. La viscosité fait un saut important de 9,98 cSt à 20,73 cSt quand l'échantillon est laissé pendant 2 h à 240 °C. Ces données confirment que l'huile étudiée a subi une évolution importante au niveau de la structure.

La couleur de la SAE30 a aussi évoluée fortement pour devenir très foncée en l'espace d'une demi-heure de traitement thermique à 240 °C. Elle passe ainsi de 3,5 à 9 sur l'échelle des couleurs du colorimètre (figure V.7).

V.4.1.3. Dégradation de BO « grade SAE10 »

➤ A T = 200 °C

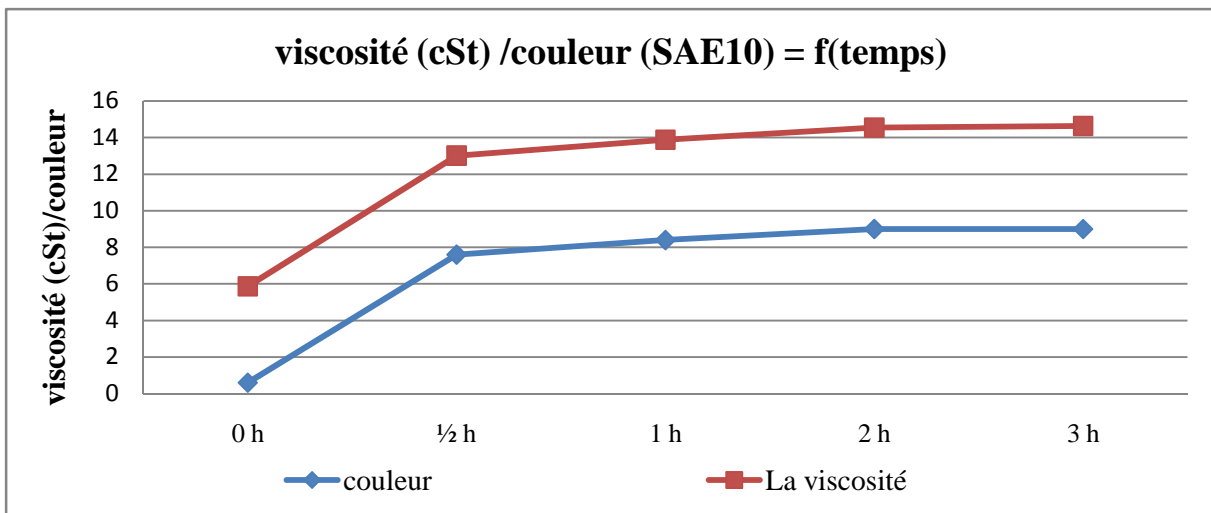


Figure V.8. La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE10 » à T=200 °C.

On observe sur le graphe une légère variation de la viscosité de la SAE10 ; de 5,26 cSt à 5,48 cSt pendant 1h et de 5,48 cSt à 5,63 cSt après 2h de traitement thermique.

Chapitre V : Dégradation thermique des huiles de bases

La couleur subi une augmentation rapide de 0,6 à 8,4 pendant 1h. Elle devient trop foncée (une valeur de 9) après 2 h.

➤ A $T = 240\text{ °C}$

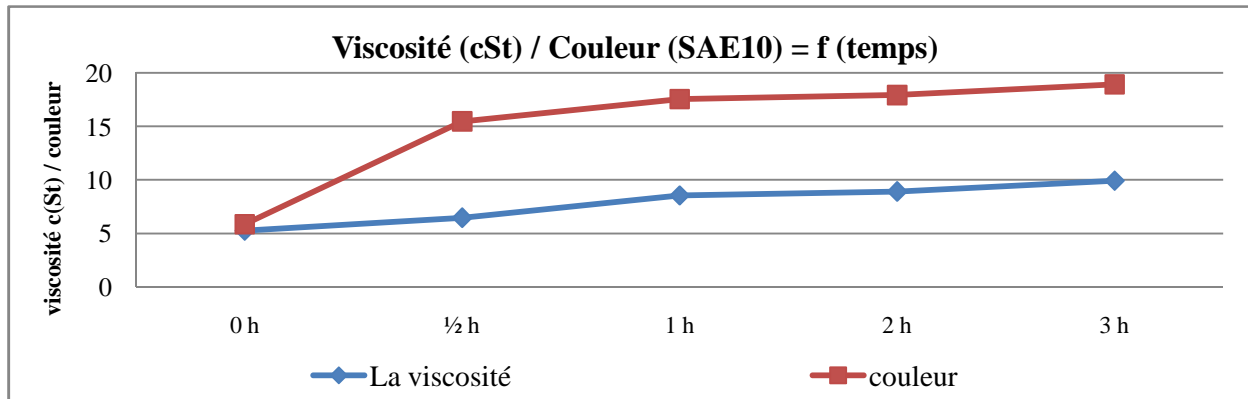


Figure V.9. La variation de la (couleur / viscosité) de BO « grade SAE10 » à $T=240\text{ °C}$.

On observe une variation importante de la viscosité de la SAE10 de 5,26 cSt à 8,54 cSt pendant 1h de chauffage à $T=240\text{ °C}$ et de 8,54 cSt à 9,91 cSt pendant 2h de chauffage. Par rapport à la couleur de la SAE10, une évolution rapide de 0,6 à 9 pendant 1/2h de chauffage à la même température est enregistrée (figure V.9).

- Interprétation des graphes des grades (BS-SAE30-SAE10)

➤ *La couleur*

La variation de la couleur des grades (BS-SAE30-SAE10) en fonction du temps de chauffage à des températures de 200 °C ou de 240 °C peut être expliquée par une dégradation de la structure originelle de l'huile. La couleur proviendrait de la formation d'entités plus carbonées.

➤ *La viscosité de la BS*

On constate que la variation de la viscosité du grade BS en fonction du temps de chauffage à $T=200\text{ °C}$ et à $T=240\text{ °C}$, est négligeable par rapport aux autres grades, c'est-à-dire que la variation n'est pas importante.

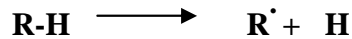
On constate que plus le grade de l'huile est lourd plus sa dégradation est difficile même à des températures supérieures à 200 °C .

➤ *La viscosité de la SAE 30 et SAE 10*

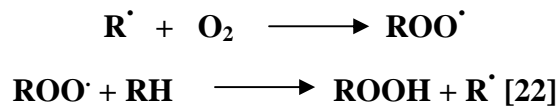
L'augmentation de la viscosité des grades des huiles de base (SAE30-SAE10) s'explique par : la dégradation de la réaction d'oxydation et la formation de peroxydes. On peut s'attendre à

Chapitre V : Dégradation thermique des huiles de bases

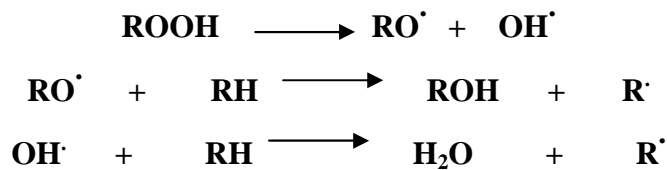
la formation de radicaux libre alkyls, par rupture homolytique de liaisons, à partir des molécules d'hydrocarbures composant l'huile :



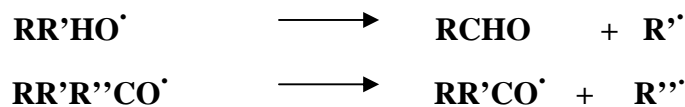
Ensuite les radicaux libres alkyls ($\mathbf{R^{\cdot}}$) réagissent avec l'oxygène ($\mathbf{O_2}$) pour former des peroxydes instables ($\mathbf{RO_2^{\cdot}}$) qui réagissent eux-mêmes avec les hydrocarbonés (\mathbf{RH}) pour créer de nouveaux radicaux libres alkyls ($\mathbf{R^{\cdot}}$) et des hydro-péroxydes ($\mathbf{RO_2H}$). Étant donné que cette dernière réaction produit un nouveau radical libre instable, la réaction peut continuer [21] :



Au cours de cette étape l'hydro-péroxyde (\mathbf{ROOH}), élément initiateur, subit une scission de la liaison ($\mathbf{O-O}$) avec formation de deux radicaux libre, un radical alcoyle primaire ($\mathbf{RO^{\cdot}}$) et un radical hydroxyde ($\mathbf{OH^{\cdot}}$), qui réagissent à leur tour avec des hydrocarbures pour former, le premier un alcool (\mathbf{ROH}) et le second la molécule d'eau, avec formation de deux radicaux ($\mathbf{R^{\cdot}}$) [23].

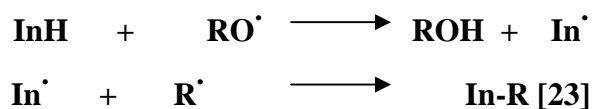


L'hydro-péroxyde (\mathbf{ROOH}) se forme des produits de décomposition soluble, tels que des aldéhydes (\mathbf{RCHO}), des cétones (\mathbf{RCO}), et des acides carboxyliques (\mathbf{RCOOH}) [24].



Lorsque la température de l'huile est de 240 °C, cela provoque la formation et la précipitation des produits non solubles appelés « des boues » dans le fond de l'Erlenmeyer par processus de « **polymérisation** ». L'agrégation des fractions les plus petites de l'huile de base (d'hydrocarbure) pour former des fractions plus importantes qui augmente la viscosité de l'huile. Cette augmentation de viscosité peut obstruer les circuits de refroidissements dans les moteurs et les différents engrenages où le lubrifiant est utilisé.

On arrête la propagation de cette réaction par un inhibiteur radicalaire (\mathbf{InH}) qui a pour but de bloquer les radicaux libres qui sont formés de façon intermédiaire dans la réaction en chaîne :



V.4.2. Méthodes spectroscopiques

1. Charge de BO « grade BS »

Le spectre FTIR de l'huile de base « grade BS » dans le domaine [4000–400 cm⁻¹] avant et après dégradation est présenté dans la Figure V.10.

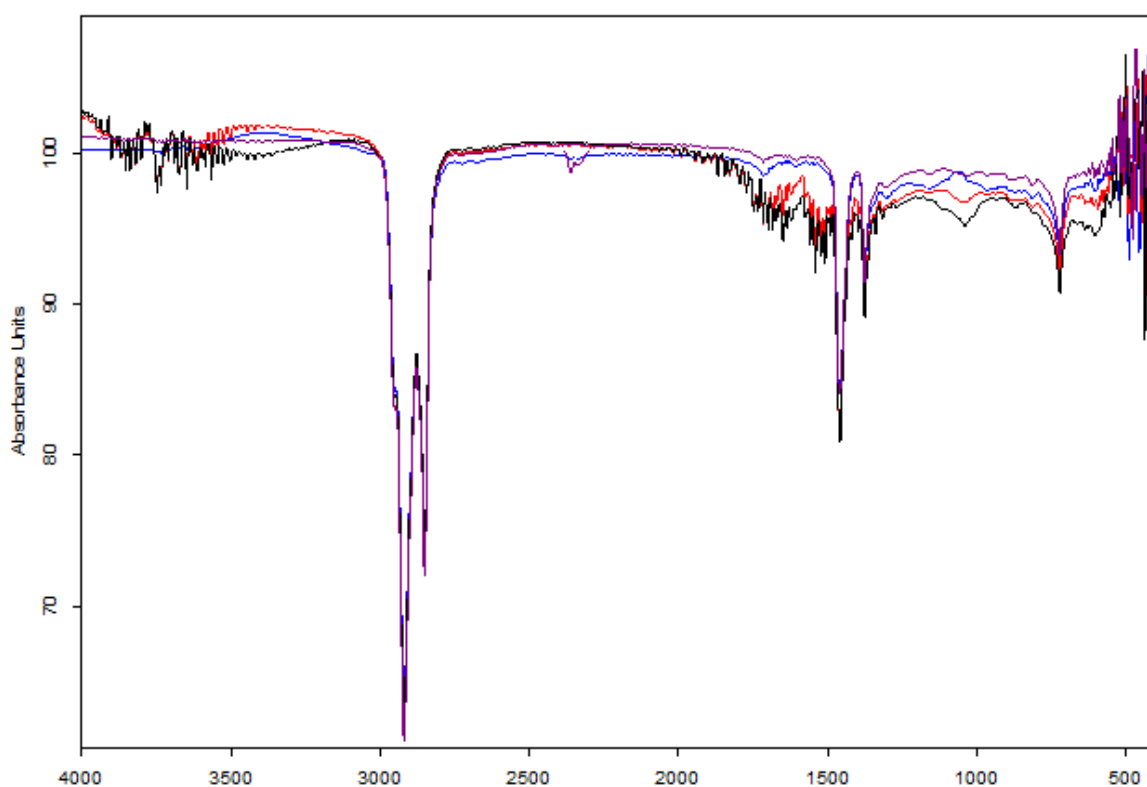


Figure V.10. Spectre infrarouge de la dégradation de BO « grade BS ».

- 2. Charge de BO « grade SAE10 »** La Figure V.11 représente le spectre IRTF de l'huile de base « grade SAE10 » dans le domaine [4000–500 cm⁻¹] avant la dégradation et après.

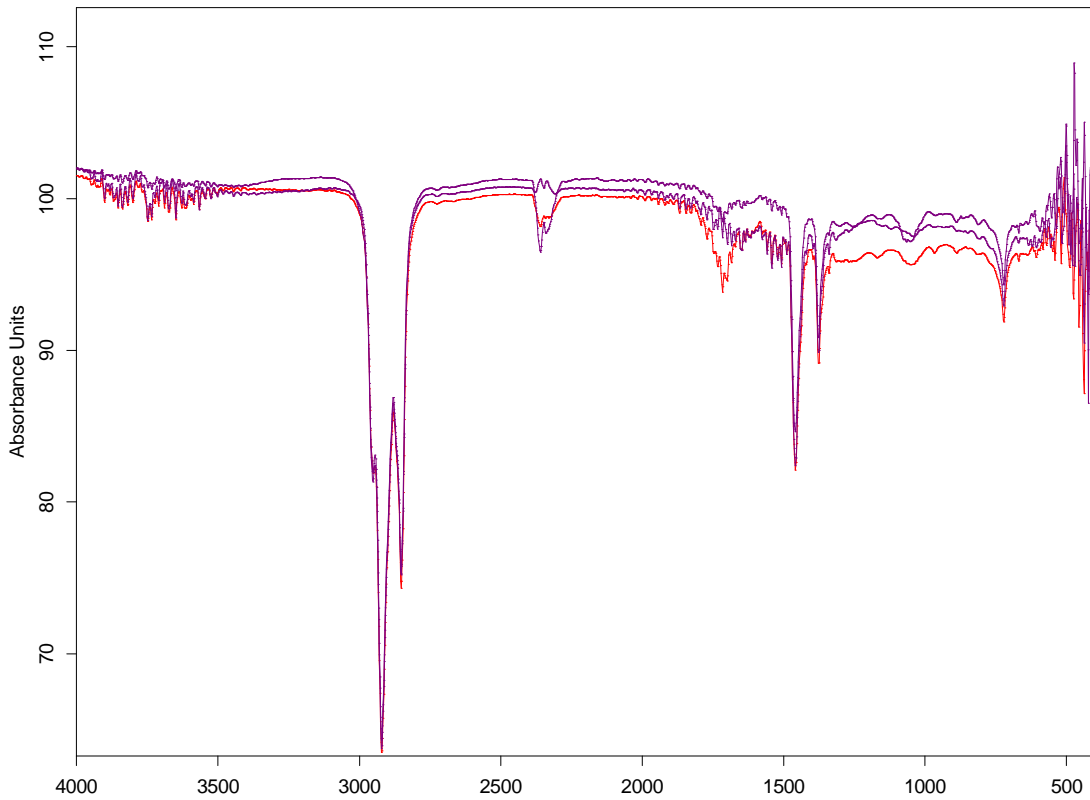


Figure V.11. Spectre infrarouge de dégradation de BO « grade SAE10 ».

3. **Charge de BO « grade SAE30 »** Figure V.11 représente le spectre IRTF de l'huile de base « grade SAE30 » dans le domaine $[4000-400 \text{ cm}^{-1}]$ avant et après la dégradation.

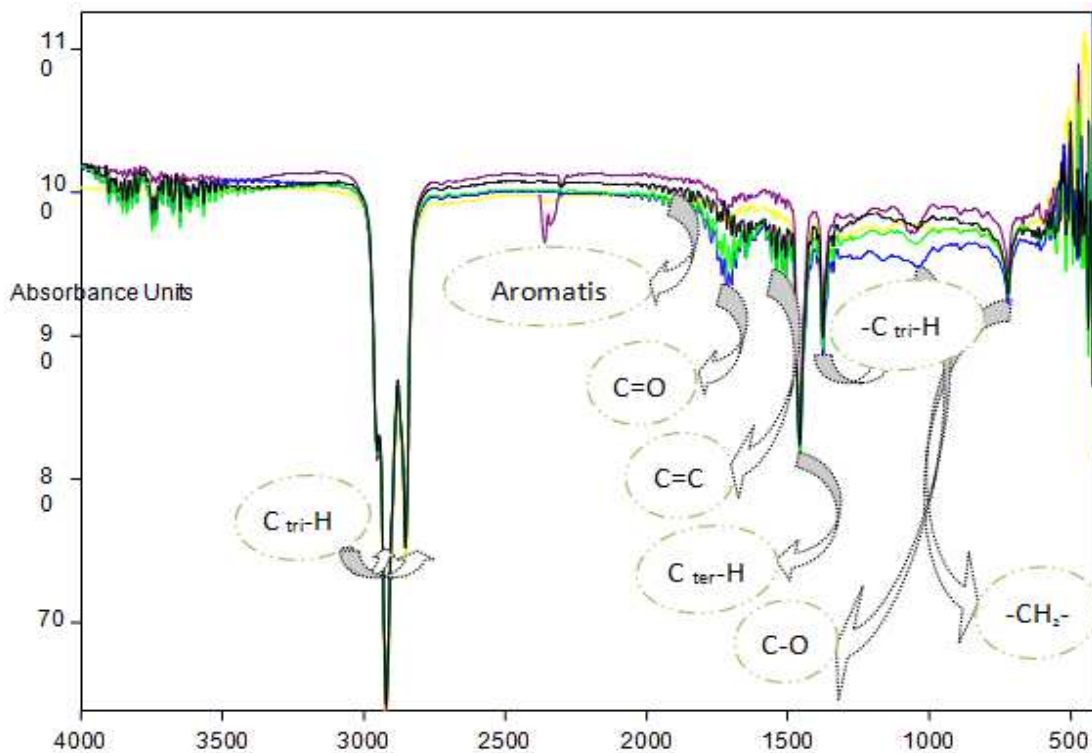


Figure V.12. Spectre infrarouge de dégradation de BO « grade SAE30 ».

Chapitre V : Dégradation thermique des huiles de bases

A partir de Figure V.11. On constate que :

- Une bande d'adsorption de **2919–2800 cm^{-1}** qui correspond à la vibration d'élongation avec intensité forte des liaisons **C-H** du groupe (**C-H₃**) des familles des alcanes.
- Une bande d'absorption de **2000–1850 cm^{-1}** qui correspond à la vibration d'aromatisé.
- Une bande d'absorption de **1710-1700 cm^{-1}** qui correspond à la vibration d'élongation des liaisons **C=O**.
- De **1600–1500 cm^{-1}** : cette bande d'intensité plus faible correspond à la vibration d'élongation des liaisons **C=C**, attribuée aux hydrocarbures aromatiques.
- Une bande d'adsorption de **1470–1450 cm^{-1}** qui correspond à la vibration de déformation avec intensité forte des liaisons **C-H** du groupe (**C-H₄**) des familles des alcanes.
- Une bande d'adsorption de **1385 cm^{-1}** provient des vibrations de déformation avec intensité forte des liaisons **C-H** du groupe **C-H₃** des familles des alcanes.
- Une bande d'adsorption de **1200-1050 cm^{-1}** qui correspond à la vibration de déformation des liaisons (**C-O**).
- Une bande d'adsorption à **725 cm^{-1}** correspond aux vibrations de déformation hors du plan des liaisons (**-CH₂₋**) **n** ; **n>4**, attribuée aux hydrocarbures paraffiniques.

A partir des résultats du spectre, on conclut que, plus on augmente le temps de dégradation plus l'intensité du pic d'absorbance pour les liaisons C=O et C-O augmente, ce qui confirme l'augmentation de la formation de composants qui contiennent des liaisons C=O et C-O dans leur structure chimique dans le BO.....

Conclusion générale

Les huiles minérales provenant de la distillation du pétrole brut avec un prix peu élevé, elles présentent des performances "moyennes". Elles sont les plus utilisées aussi bien dans les applications automobiles qu'industrielles.

Mon travail consistait à faire un suivi des analyses de la qualité des huiles de base pour un « grade SAE30 » en fonction des paramètres opératoires au niveau des unités de production 100, 300 et 400 pendant les périodes de production. J'ai pu donc faire une comparaison des valeurs mesurées pendant mon stage avec celles initialement fournies lors du design de ces unités de production.

U 100 :

D'après les résultats d'analyse, On a constaté sur toutes les périodes de suivi de l'unité 100, on a une bonne qualité de « distillat SAE30 » comme indiqué par les mesures de la viscosité, du point d'éclair et de la couleur. On peut conclure que cette unité est en bon fonctionnement.

U 300 :

Concernant cette unité les résultats de des analyses montrent que l'indice de réfraction est un caractère important à connaître pour prédire l'indice de viscosité donc il faut minimiser les paramètres qui influent sur RI pour donner une bonne qualité de huile, mais d'après la situation critique de la raffinerie suite à l'arrêt de la deuxième unité d'extraction des aromatiques (dans la zone 7) et le besoin en quantité de raffinat pour assurer le fonctionnement des deux unités de déparaffinage (de la zone 5, et la zone 7). Ce qui est la cause pour cette règle n'est pas respectée.

U 400 :

L'objectif de l'unité de déparaffinage est d'abaisser le point d'écoulement des huiles de base à la sortie de l'unité de d'extraction des aromatiques ; D'après le RI mesuré, qui a une valeur élevée, un taux d'aromatiques est toujours présent dans l'huile ce qui empêche la cristallisation des paraffines et par conséquent le PP mesuré est élevé

Concernant les résultats d'analyses de chapitre V, l'augmentation de la viscosité et l'évolution de la couleur confirme que l'huile a subi une dégradation thermique. Cette dégradation est confirmée par l'analyse spectroscopique infrarouge qui montre la présence de liaisons carbonyle. C'est pour cela que l'ajout d'antioxydants est nécessaire dans la formulation des huiles de lubrification finies. En pratique on a aussi recours au renouvellement des huiles moteur par vidange.....

REFERENCES

- ✚ [1] : Situation du complexe, direction technique, complexe RA1Z, activité aval, Sonatrach, 2001.
- ✚ [2] : Lubrification et graissage Nader Ben Salem, youtube /2019/ document pédagogique.
- ✚ [3] : LAIB. L, Etude de la stabilité à l'oxydation des huiles lubrifiantes algériennes (pour moteurs à essence). Mémoire de magister, Université de Boumerdes, 2010.
- ✚ [4]: Jantzen.E, 1995, « the origines of synthetic lubricant » the work of hermann Zorn in Germany parts1. Basic studies of lubricant and the polymerization of oléfines J. synth. 12, 283-301.
- ✚ [5]: Theomang, Wilfried Dresde, 2007, « lubricants and lubrification », second édition WILEY-NCM P64.
- ✚ [6] : GROFF J.L.E. "ABC du graissage", Edition Technip, 1961.
- ✚ [7] : Christophe. Perrier, 2005, « étude des huiles et des mélanges à base d'huiles minéral pour transformateur de puissance. Recherche d'un mélange optimal. » thèse doctorat en génie électrique, école central de LYON.
- ✚ [8]: V.Stepina and V.Vesely, "Lubricants and special fluids".,Tribology series, 23, Cz écho Slovakia, 1992.
- ✚ [9] : Hutton, J. F. In: "The Rheology of Lubricants". Ed. T. C. Davenport, Barking, Appl. Science Publ. 1973.
- ✚ [10] : Kh.NEJJR. Etude de la réactivité thermique d'une huile de lubrification Diesel. Thèse de doctorat université Mohammed V-Agdal-Maroc 2011.
- ✚ [11]: Stepin.vand vesely.V.1992, « lubricants and special fluid » ELSEIER, Amsterdam –Iardon New York –Tokyo. P10.
- ✚ [12] : Jean Paul conseiller- Energie et formulation, les cahiers de formulation, pp.61-62, vol.13, Edition EDP science, France.
- ✚ [13] : Jean-Pierre wauquier et Jean-Pierre Ravenne-le raffinage du pétrole.
- ✚ [14] : Manuel opératoire service HB3.
- ✚ [15] : Manuel opératoire service HB4.
- ✚ [16] : Manuel opératoire service laboratoire.
- ✚ [17] : Analyses des huiles ISET Siliana. CHOU CHENE Mohamed.
- ✚ [18] :N. BERGER. Liquides isolants en électrotechnique. *Techniques de l'ingénieur_ D2470*. 20pages.

- [19] : R. Fournie, *Les isolants en électrotechnique : Concepts et théories* «Collection de la Direction des Études et Recherches d'Électricité de France». Paris: Eyrolles, 1986.
- [20]: www.eaglabs.fr/cm/flir.html.
- [21]: J POSPISIL. « Advances in Polymer sciences ».Edition 1995.
- [22]: RM MOTIER AND ST ORSZULIK oxydative degradation and stabilization of mineral oil based lubricants » in: « chemistry and technology of lubricants ». London: Blackie Academic et professional, M Ras berger. Edition1997.
- [23] : JEAN AYEL. « Techniques de l'ingénieur ». « lubrifiants : Additifs à action chimique » - BM 5 3431. Edition 2001.
- [24]: CHEN C.I., HSU S.M., » A chemical Kinetics model to predict lubricant performances in a Diesel Engin, Part I: Simulation methodology, tribology lettres », 2006.
- [25]: Table de fréquence des vibrations de valence caractéristiques en IR.....

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale

Objectif

Chapitre I : Présentation de la raffinerie d'Arzew

I.1. Présentation de la raffinerie d'Arzew	1
I.2. Principales installations de la raffinerie d'Arzew	2
I.2.1. Département de production P1	3
I.2.2. Département de production P2.....	5
I.2.3. Département de production P3.....	5

Chapitre II : Fabrication des huiles de base

II.1. Introduction.....	8
II.2. Généralités sur les lubrifiants	8
II.3. Caractéristiques physico-chimiques des huiles de base	11
II.4. Classification des huiles de base selon la SAE.....	13
II.5. Chaîne de fabrication des huiles de base ZONE 05	13
II.5.1. Production des huiles de base	13
II.5.2. les unités de fabrication des huiles de base	14

Chapitre III : Suivi des analyses d'huile en aval des différentes unités

III.1. Présentation du laboratoire.....	18
III.2. Les références analyses des huiles de base	19
III.2.1. Unité de la distillation sous vide	19
III.2.2. Unité d'extraction des aromatiques	22
III.2.3. Unité de déparaffinage	24

Chapitre IV : Résultat et discussion des analyses de suivi

IV.1.1 Suivi de la viscosité de distillat « grade SAE30 »	27
IV.1.2 Suivi du point d'éclair de distillat « grade SAE30 »	27
IV.1.3. Suivi de la couleur de distillat « grade SAE30 »	28
IV.2.1. Etude de l'influence de la viscosité de la charge et du raffinat « grade SAE30 » sur leur l'indice de réfraction.....	28
IV.2.2. Comparaison entre le RI dans le cas réel et design.....	29
IV.2.2.1. Etude de l'influence de débit de charge « SAE30 » sur l'indice de réfraction.....	30
IV.2.2.2. Etude de l'influence du taux de solvant sur l'indice de réfraction.....	31
IV.2.2.3. Etude de l'influence de température de sommet et fond de RDC sur l'indice de réfraction.....	32
IV.2.3. Etude de l'influence de teneur des aromatiques dans le raffinat sur la variation de rendement de l'unité 300	33
IV.3.1. Comparaison la valeur de l'indice viscosité (VI) avec le design	33
IV.3.2. Comparaison de la valeur du point d'écoulement (PP) avec le design	35
IV.3.2.1. Etude de l'influence de la température de refroidissement et de la teneur en MEC et le teneur des aromatiques sur le PP.....	35
IV.3.2.2. Etude de l'influence de RI sur le PP	37
IV.3.3. Etude la relation entre le VI et le PP.....	37
IV.3.4. Etude de l'influence du PP sur la variation de Rendement de l'unité 400.....	37

Chapitre V : Dégradation thermique des huiles de base.....

V.1. Introduction	40
V.2. Oxydation des huiles de base	40
V.2.1. Mécanisme	40
V.2.2. Les conséquences	41
V.3. L'analyse de la dégradation thermique	41
V.3.1. Méthodes conventionnelles	42
V.3. 2. Méthodes spectroscopiques	42
V.4. Résultats et discussion	43
Conclusion générale	52
Références.....	54