



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des sciences et de la technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de génie des procédés



Ref :..../U.M/F.S.T/2024

رقم: / ج.م / ك.ع.ت / 2024

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
DE MASTER ACADIMIQUE**

Filière : Génie des procédés

Option : Génie Chimique

Thème

**Contribution au bon fonctionnement de l'unité d'extraction des
aromatiques au furfural à la raffinerie d'Arzew**

Présenté par :

M^{elle}. BELGHALI Yassmina

Soutenu le 25/09/2024 devant le jury composé de :

Présidente : ABDELLI Safia Islam MCA Université de Mostaganem

Examinatrice : BELHOUARI Houria MCB Université de Mostaganem

Rapporteur : BOUBEGRA Naima MCA Université de Mostaganem

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

En premier lieu je tiens à remercier DIEU notre créateur, qui nous a donné la force, la patience et la volonte pour accomplir ce travail.

Je présente toutes mon expressions de remerciement et notre profonde gratitude a tout l'ensemble du personnel du complexe RA1/Z surtout ceux des départements technique, production et sécurité pour leur orientation, suivies assistance et disponibilité.

Je tiens à remercier tout en particulièrement notre chère encadrante Dr BOUBEGRA Naima, pour ces conseils, ces encouragements et son soutien au long de notre projet de fin de cycle.

Je suis consciente de l'honneur que nous a fait Dr ABDELLI Safia Islem en étant présidente du jury et Mme BELHOUARI Houria d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Et en fin, je remercie également toutes les personnes qui ont contribué de quelque manière que ce soit à l'aboutissement de ce travail et qui m'on aidée et soutenue de près ou de loin.

Accepté nos admirations les plus profondes.

Dédicace

Je dédie ce PFC, A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde, à toi Mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur maman que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères Ali, Bilel et Mohamed et mes sœurs Hanane et Halima à toutes mes chères amis, Leur soutiens inconditionnels, leur amitié sincère et leurs encouragements constants ont été d'une valeur inestimable tout au long de mon parcours académique.

Je dédie ce travail à la mémoire de ma chère grand-mère, que Dieu ait son âme. Sa présence bienveillante et ses encouragements constants resteront à jamais gravés dans nos cœurs et ont été une source d'inspiration tout au long de nos études.

Table des matières

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Partie théorique

Chapitre I. Présentation de la complexe raffinerie RA1/Z

I.1. Définition	4
I.2. Historique	4
I.3. Situation géographique du complexe.....	4
I.4. Mission et objectifs assignés du complexe	5
I.5. Les capacités annuelles de traitement et de production	5
I.6. Organigramme Générale du complexe RA1Z.....	6
I.7. Présentation des principales installations de RA1Z	7
I.7.1. Département de production P1.....	8
I.7.2. Département de production P2.....	9
I.7.3. Département de production P3.....	11
I.7.4. Département de production P4.....	11
I.7.5. Laboratoire de contrôle	11
I.7.6. Département de sécurité industriel.....	11

Chapitre II. Fabrication des huiles de base

II.1. Généralités sur les huiles lubrifiantes	13
II.2. Tendances des huiles de base	14
II.3. Les caractéristiques d'un lubrifiant	15
II.4. Généralités sur les additifs	16
II.5. Chaîne fabrication des huiles de base dans la raffinerie d'Arzew	16
II.5.1. Distillation sous vide (Unité 100).....	17
II.5.2. Désasphaltage au propane (Unité 200)	18
II.5.3. Extraction au furfural (Unité 300)	19
II.5.4. Déparaffinage au MEC/Toluène (Unité 400)	21

II.5.5. Hydrofinishing (Unité 500)	21
--	----

Chapitre III. Extraction des aromatiques au furfural

III.1. Introduction.....	25
III.2. Extraction au furfural (Unité 300)	26
III.3. Choix du solvant	26
III.3.1. Présentation du furfural	27
III.3.2. Propriétés physiques du furfural.....	28
III.4. Principe de fonctionnement de l'unité de traitement de l'extraction au furfural (Unité 300)	28
III.4.1. Section de traitement de la charge	30
III.4.2. Section de récupération du raffinat.....	31
III.4.3. Section de récupération de l'extrait	30
III.4.4. Section de récupération du solvant	33

Partie pratique

Chapitre IV : Suivi de l'influence des variables opératoires sur la qualité de l'huile SAE30 et les pertes du furfural

IV.1. Introduction	35
IV.2. Problématique	36

Partie A. Calcul de l'extracteur C302 RDC

VI.A.1. Débit volumique.....	37
VI.A.2. Bilan de matière	37
IV.A.2.1. Détermination de la densité.....	37
IV.A.2.2. Calcul des débits massiques	38
VI.A.3. Bilan de matière de la colonne RDC	40

Partie B. Evolution des paramètres de performance de l'unité

IV.B.1. Détermination du taux de solvant (cas réel)	41
IV.B.2. Le rendement de la colonne	42
IV.B.2.1. L'influence de taux de solvant sur le rendement	44

IV.B.3. L'indice de réfraction (RI)	44
IV.B.4. La variation de viscosité de raffinat SAE30	45
IV.B.5. La variation de densité de raffinat SAE30	46
IV.B.6. Température d'extraction.....	47
IV.B.7. Gradient de température	47
IV.B.7.1. Influence de température de fond sur le rendement de raffinat	48
IV.B.7.2. Influence de température de fond sur l'indice de réfraction (RI)	49
IV.B.7.3. Influence de température de fond sur la viscosité.....	49

Partie C. Les pertes de furfural

IV.C.1. Consommation du furfural.....	50
IV.C.2. Les pertes du furfural.....	50
IV.C.2.1. Perte du furfural en raffinat et extrait.....	50
IV.C.2.2. Perte du furfural par oxydation d'air.....	51
IV.C.2.3. Perte du furfural par décomposition thermique	52
IV.C.3. Optimisation des pertes de furfural	53
Conclusion.....	54
Conclusion générale.....	55
Recommandation	57
Références bibliographiques	58

Liste des abréviations

RDC	Contacteur à disques rotatifs.
BRA	Brut réduit atmosphérique.
BS	Bright stock.
DAO	Oil desasphalting.
SAE10	Medium viscous oil.
SAE30	Viscose oil.
SPO	Spindle oil.
RSV	Résidu sous vide.
VI	Indice de viscosité.
RI	Indice de refraction.

Liste des instruments

C	Colonne.
E	Echangeur.
D	Ballon de décantation.
FRC	Régulateur Enregistreur de Débit.

Liste des figures

Figure I.1 : Plan de situation géographique du complexe RA1Z.	4
Figure I.2 : Organigramme de la raffinerie d'Arzew [1].	6
Figure I.3 : Plan de la raffinerie d'Arzew [1].	7
Figure II.1 : Composition d'une huile lubrifiante.	14
Figure II.2 : Image réelle de la zone 5.	17
Figure II.3 : Chaîne de fabrication des huiles de base au niveau de la zone 5.	18
Figure II.4 : Schéma simplifié de la distillation sous vide.	19
Figure II.5 : Schéma simplifié du désasphaltage au propane.	20
Figure II.6 : Schéma simplifié de l'extraction des aromatiques au furfural.	21
Figure II.7 : Schéma simplifié du déparaffinage au MEC/Toluène.	22
Figure II.8 : Schéma simplifié de l'hydrofinishing.	23
Figure III.1 : Unité d'extraction des aromatiques à l'aide de furfural « unité 300 » [7].	29
Figure VI.1 : Histogramme comparative de taux de solvant sur le grade SAE30.	42
Figure IV.2 : L'évolution du rendement en fonction des jours.	43
Figure IV.3 : Indice de réfraction du raffinat SAE30.	45
Figure IV.4 : Evolution de viscosité en fonction du temps.	45
Figure IV.5 : Comparaison entre la densité de la charge et de raffinat SAE30.	46
Figure IV.6 : La relation entre la température de fond et le rendement de raffinat.	48
Figure IV.7 : Variation de teneur en furfural dans le raffinat et l'extrait.	51
Figure IV.8 : L'acidité dans la colonne C.306.	52

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Capacités annuelles de production des différentes unités	5
Tableau III.1 : Comparaison entre les trois solvants.....	27
Tableau VI.1 : Les débits volumiques d'entrée et sortie de RDC.....	37
Tableau VI.2 : La densité calculée pour chaque constituant à la T° correspond.	38
Tableau VI.3 : Débit massique calculé pour chaque constituant.	38
Tableau VI.4 : Bilan de matière de RDC.....	40
Tableau VI.5 : Taux de solvant de SAE30 dans les cas réel et design.....	41
Tableau IV.6 : Rendement de raffinat SAE30.	43
Tableau IV.7 : L'influence de taux de solvant sur le rendement de SAE30.....	44
Tableau IV.8 : Un suivi de RI du raffinat SAE30 avec son intervalle de spécification.	44
Tableau IV.9 : L'évolution de densité de la charge et de raffinat.....	46
Tableau IV.10 : Représente les températures de tête et de fond de la colonne RDC....	47
Tableau IV.11 : La relation entre température de fond et RI de raffinat SAE30.....	49
Tableau IV.12 : Les variations de la teneur en furfural dans le raffinat et l'extrait.	50
Tableau IV.13 : L'acidité en (mg KOH/ml) dans la colonne C.306.	52

Abstract

Lubricating oils play a crucial role in the proper functioning of machines and engines by reducing wear and friction between moving parts. There are several types of lubricating oils, each with specific characteristics such as viscosity, pressure resistance, and thermal and oxidation stability.

However, the presence of aromatic compounds in lubricating oils can pose health and environmental risks. These hydrocarbons, which contain double bonds, can break down under the effect of heat and pressure, releasing toxic gases.

The extraction of aromatics using a solvent like furfural is a key step in producing high-quality lubricants. Excessive solvent use can lead to significant costs, while inefficient recovery can produce waste and damage the ecosystem. Therefore, it is essential to optimize solvent consumption and implement appropriate recovery methods.

Keywords: extraction, solvent, furfural, viscosity, thermal stability, oxidation, solvent consumption.

ملخص

تلعب الزيوت المُزلقة دورًا أساسيًا في الأداء الجيد للآلات والمحركات، حيث تقلل من التآكل والاحتكاك بين الأجزاء المتحركة. هناك عدة أنواع من الزيوت المُزلقة، وكل نوع يتميز بخصائص معينة مثل اللزوجة، ومقاومة الضغط، والاستقرار الحراري والأكسدة. ومع ذلك، فإن وجود المركبات العطرية في الزيوت المُزلقة قد يشكل مخاطر صحية وبيئية. هذه الهيدروكربونات، التي تحتوي على روابط مزدوجة، يمكن أن تتحلل تحت تأثير الحرارة والضغط، مما يؤدي إلى انبعاث غازات سامة. يُعد استخلاص المركبات العطرية باستخدام مذيب مثل الفورفورال خطوة أساسية للحصول على زيوت مُزلقة عالية الجودة. إن الإفراط في استخدام المذيبات قد يؤدي إلى تكاليف باهظة، في حين أن استرجاعها بشكل غير فعال قد يتسبب في إنتاج نفايات ويضر بالنظام البيئي. لذلك، من الضروري تحسين استهلاك المذيبات واعتماد طرق استرجاع فعالة.

الكلمات المفتاحية: استخلاص، مذيب، فورفورال، لزوجة، استقرار حراري، أكسدة، استهلاك المذيبات.

Résumé

Les huiles lubrifiantes jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement des machines et des moteurs, en réduisant l'usure et les frottements entre les pièces mobiles. Il existe plusieurs types d'huiles lubrifiantes, chacune ayant des caractéristiques propres, telles que la viscosité, la résistance à la pression, ainsi que la stabilité thermique et à l'oxydation.

Cependant, la présence de composés aromatiques dans les huiles lubrifiantes peut poser des risques pour la santé et l'environnement. Ces hydrocarbures qui contiennent des liaisons doubles, peuvent se décomposer sous l'effet de la chaleur et la pression, libérant ainsi des gaz toxiques.

L'extraction des aromatiques à l'aide d'un solvant tel que le furfural est une étape essentielle pour obtenir des lubrifiants de haute qualité. Une utilisation excessive de solvants peut engendrer des coûts importants, tandis qu'une récupération inefficace risque de produire des déchets et d'endommager l'écosystème. Il est donc crucial d'optimiser la consommation de solvants et d'adopter des méthodes de récupération adéquates.

Mots clés : Extraction, solvant, furfural, viscosité, stabilité thermique, oxydation, consommation de solvant.

Introduction générale

Le pétrole figure actuellement comme le promoteur de développement industriel et économique de nombreux pays dans le monde. Il constitue une source d'énergie et de matières premières indispensables dans la vie quotidienne grâce au raffinage et à la pétrochimie.

Le pétrole brut ne peut être utilisé tel quel, car c'est un mélange très complexe de constituants hydrocarbonés. Il est donc indispensable d'utiliser différents processus de traitement et de transformation afin de récupérer un maximum de produits à haute valeur commerciale

. Dans l'industrie pétrolière, la séparation est une étape cruciale dans le processus de production. Les techniques de séparation sont utilisées pour séparer les différents composants du pétrole brut et du gaz naturel, tels que l'eau, le sel, les gaz acides et les impuretés, afin de produire des produits finaux de qualité et de maximiser la récupération de l'huile.

Les huiles de base sont des produits essentiels dans l'industrie du pétrole en raison de leurs propriétés physiques et chimiques uniques, qui les rendent idéales pour une large gamme d'applications dans la production de lubrifiants, de fluides hydrauliques, de graisses et d'autres produits chimiques.

Les huiles lubrifiantes sont des fractions pétrolières composées de 80% à 90% de matières visqueuses utilisées pour diminuer les frottements entre deux surfaces solides en contact.

L'outil de raffinage en Algérie se dispose actuellement de six raffineries, dont parmi celle d'Arzew dans laquelle nous avons effectué notre projet de fin d'études, c'est la seule raffinerie qui produit les lubrifiants sur le territoire national.

L'unité de 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 rendement et de sécurité.

Le processus d'extraction des composés aromatiques à la raffinerie d'Arzew, qui implique le traitement des distillats huileux avec du furfural comme solvant, afin de produire des huiles de haute qualité. Le solvant est mis en contact de la charge dans la colonne (ou extracteur), ou le mélange charge / solvant se divise en trois zones.

Dans notre étude, on a essayé d'établir un suivi d'une fraction huileuse (SAE 30) lors du procédé de l'extraction des aromatiques dans les bases huileuses, dans le but d'obtenir une huile à haute indice de viscosité. Le travail que je présente dans ce mémoire est divisé en quatre chapitres :

- ❖ Les trois premiers chapitres sont consacrés à la présentation de la raffinerie d'Arzew et de ses différentes sections, fabrication des huiles lubrifiantes et l'extraction des huiles par le furfural.
- ❖ Le dernier chapitre regroupe notre partie pratique ainsi nos résultats obtenus lors de la période de suivi effectuer. La comparaison s'est faite entre le design et l'état actuel sur le fonctionnement de l'unité d'extraction (300) lors de récupération du raffinat ; les paramètres et les caractéristiques vérifiées sont, taux du solvant, température, indice de réfraction 'RI', viscosité, densité et rendement. Ainsi, on étudie la consommation de furfural et les pertes de lui.

Chapitre I. Présentation de la complexe raffinerie RA1/Z

I.1. Définition

La raffinerie d'Arzew (RA1Z) est l'une des unités la plus productive participante au développement du pays, étant donné que le traitement et la transformation locale des richesses de notre sous-sol apparaissent plus rentable que leur exploitation à l'état brut.

Le raffinage du pétrole consiste à transformer le pétrole brut en une gamme importante de divers variétés de produits finis ou semi-finis au moyen de différents procédés tels que le craquage, la distillation et l'extraction.

I.2. Historique

La raffinerie d'Arzew a été construite dans le cadre du premier plan quinquennal [1970-1973], sa construction a été réalisée par la société japonaise « JAPAN GAZOLINE COMPANY (JGC) » le 30 juillet 1969 en collaboration avec l'entreprise Sonatrach. La pose de la première pierre a lieu le 19 juin 1970. Le démarrage des unités a été à partir du mois d'Août 1972 par les utilités. L'ensemble des unités de la raffinerie était en service en Mars 1973. En 1978, suite au besoin important, la réalisation d'un ensemble intégré de production d'huiles de base fut lancée [1].

I.3. Situation géographique du complexe

Elle est implantée dans la zone industrielle sur le plateau d'Al-Mohgoune à 2 km de la ville d'Arzew et environ 40 km de la ville d'Oran. Elle occupe une superficie de 180 hectares répartis comme suit : 150 hectares correspondant aux anciennes des installations construites entre 1970 et 1973, et les 30 hectares restantes correspondent aux installations nouvelles construites entre 1978 et 1983 [1].

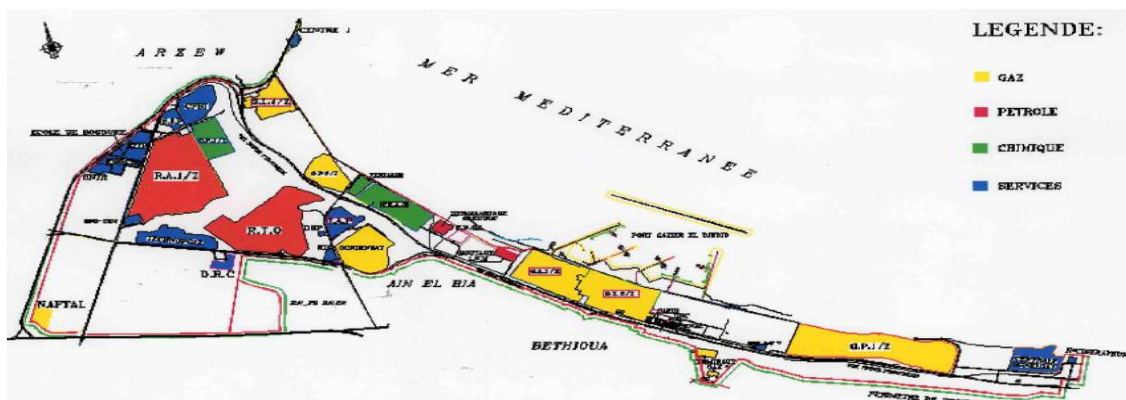


Figure I.1 : Plan de situation géographique du complexe RA1Z.

I.4. Mission et objectifs assignés du complexe

La mission de la raffinerie d'Arzew est d'assurer dans les normes une production adaptée aux exigences et aux besoins du marché national et international en termes d'énergie et de ses dérivés. Elle a été conçue pour répondre aux impératifs suivants :

- Traiter le brut de Hassi Messaoud et le brut importé ;
- Satisfaire à la consommation croissante en carburants du marché national ;
- Fabriquer des produits stratégiques tels que les lubrifiants et les bitumes ;
- Exportation des produits excédentaires (Naphta, Kérosène, Fiouls) [1].

I.5. Les capacités annuelles de traitement et de production

La raffinerie d'Arzew traite 2,5 millions de tonnes par an de pétrole brut saharien (Hassi Messaoud) et environ 280000 tonnes par an de brut réduit importé (BRI) pour la production du bitume.

Les capacités annuelles de production des différentes unités sont représentées dans le tableau ci-dessous [1] :

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

	Composé	Quantité	Unité
Carburants	Propane	30 000 t/an	Zone 4/Unité 13
	Butane	92 000 t/an	Zone 4/Unité 13
	Kérosène	400 000 t/an	Zone 4/Unité 11
	Gas-oil	530 000 t/an	Zone 4/Unité 11
	Fuel	590 000 t/an	Divers unités
	Essence Normale	390 000 t/an	Zone 28
	Essence Super	103 000 t/an	Zone 28
Lubrifiants	Huiles de base	170 000 t/an	Zone 7/Zone 5
	Huiles finies	150 000 t/an	Zone 6 et Unité 3000
	Graisses	1950 t/an	Zone 6 et Unité 3000
Bitumes	Bitumes routier	120 000 t/an	Zona 10/Unité 14
	Bitumes oxyde	20 000 t/an	Zone10/Unité 15

I.6. Organigramme Générale du complexe RA1Z

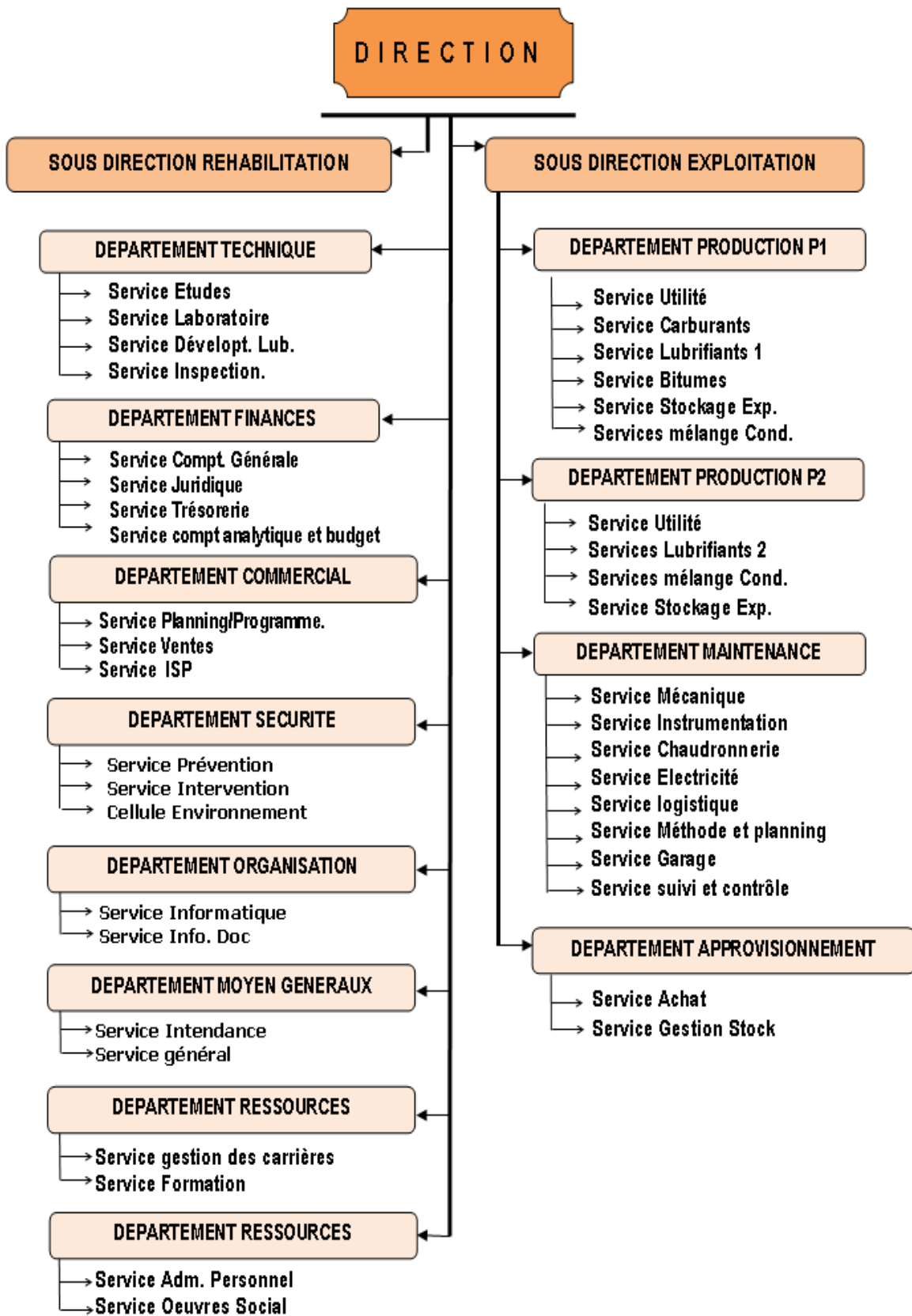


Figure I.2 : Organigramme de la raffinerie d'Arzew [1].

I.7. Présentation des principales installations de RA1Z

La raffinerie d'Arzew comprend quatre départements de production le P1, P2, P3 et P4, chaque département est constitué de plusieurs zones ayant des activités spécifiques, que eux même sont composées des différentes unités de production, comme suite :

La figure suivante monte une présentation le plan de la raffinerie :



Figure I.3 : Plan de la raffinerie d'Arzew [1].

I.7.1. 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. Elle est constituée des zones suivantes :

1) Zone 03 (Les utilités)

Cette zone est construit pour l'alimentation des autres zone en : air, vapeur, eau, électricité, et gaz qui sont très importants pour les unités de traitement. Elle se divise en plusieurs unités :

- **Unité 31** : Production de vapeur et d'électricité à haute pression qui sert au stripage, et comme énergie motrice des turbos générateurs.
- **Unité 32** : Production de l'eau distillée qui est utilisé comme eau d'alimentation pour les chaudières.
- **Unité 33** : Circuit d'eau de refroidissement.
- **Unité 34** : Station de pompage d'eau.
- **Unité 35** : Récupération et distribution du gaz combustible au niveau des chaudières et des fours.
- **Unité 36** : Unité d'air comprimé.
- **Unité 67** : Pompiers du réseau d'eau anti-incendie.

2) Zone 04 (Les carburants)

C'est le point de départ du procédé de raffinage du pétrole brut. Elle comprend 6 unités :

- **Unité 11** : Unité de distillation atmosphérique « Topping ». 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 :
 - GPL
 - Naphta léger (LSRN).
 - Naphta lourd (HSRN).
 - Kérosène
 - Gasoil léger et lourd.
 - Le résidu atmosphérique (BRA).

- **Unité 12** : Unité de 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.
- **Unité 13** : Séparation des gaz « Gaz Plant ». Elle traite le gaz obtenue de l'unité 11, 12 et 17 en le séparant en produits purs, tel que le propane et le butane (C₃H₈, C₄H₁₀).
- **Unité 17** : Unité d'isomérisation. Elle traite le naphta léger (LSRN) provenant de la distillation atmosphérique, afin d'améliorer leur l'indice d'octane.
- **Unité 18** : Huile chaude « hot oil ». le rôle de cette unité est de fournir la chaleur (par l'utilisation d'un fluide caloporteur) pour les unités 11 et 17.
- **Unité 65** : Torche des gaz.

3) Zone 07 (Les lubrifiants P1)

Cette zone a pour tâche de produire les huiles de base à partir du brut réduit atmosphérique (BRA) provenant de la zone 4, elle comprend :

- **Unité 21** : Distillation sous vide.
- **Unité 22** : Désasphaltage au propane.
- **Unité 23** : Extraction au furfural des aromatiques.
- **Unité 24** : Déparaffinage au MEC-Toluène.
- **Unité 25** : Hydrofinishing.

4) Zone 10 (production de bitumes)

- **Unité 14** : Bitumes routiers (distillation flash sous vide).
- **Unité 15** : Bitumes Oxydés.
- **Unité 45** : Conditionnement et stockage des bitumes.

I.7.2. Département de production P2

En 1978, suite aux besoins importants en lubrifiants la réalisation d'un ensemble de production de 120000 tonnes/an d'huile de base fut lancée. Le démarrage de cet ensemble fut en 1982. Il comprend deux zones :

1) Zone 19 (Les utilités)

Cette unité entre dans le plan de l'extension de la raffinerie, elle a les mêmes tâches que la zone 3 Elle comprend les unités suivantes :

- **U1100** : Production de la vapeur
- **U1200** : Production de l'électricité.
- **U1300** : Tour de refroidissement
- **U1400** : Fuel gaz.
- **U1500** : Unité d'air comprimé ((air instrument et air de service).
- **U1600** : Production de l'eau distillée.
- **U1700** : La torche.
- **Unité 1800** : traitement des affluents.
- **Unité 280** : production de gaz inerte (azote)

2) 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 : **HB3** et **HB4**

HB3 : 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 : comprend les unités suivantes :

- **Unité 400** : déparaffinage au MEC/Toluène.
- **Unité 500** : hydrofinishing.
- **Unité 600** : hydrogénation des paraffines.

I.7.3. Département de production P3

1) Zone 6 (Fabrication des huiles finies et graisses)

- **Unité 3000** : huiles finies.
- **Unité 3100** : Blending des huiles.
- **Unité 3200** : Graisses.
- **Unité 3300** : Conditionnement de la paraffine.
- **Unité 3600** : Remplissage des huiles en vrac.
- **Unité 3900** : Conditionnement et emballage des huiles finies.

I.7.4. Département de production P4

1) Zone 28 (Stockage et d'expédition)

C'est une zone de stockage des matières premières, des mélanges, des expéditions et des produits semi-finis et finis, ainsi que le pétrole brut.

2) Zone 30 (chargement des produits finis)

Cette zone est spécialisée dans le chargement des carburants (essences, gasoil.....) dans les camions.

3) Zone 27 (Unité 1800 « Station de traitement des effluents »)

Le rôle de cette zone est récupérer les eaux usées et les traiter. Elle est composée de deux bassins de séparation et de décantation physique (API et PPI).

4) Description des autres zones

- **Zone 1** : Parking
- **Zone 2** : Station de veille
- **Zones 8A, 8B** : Stockage intermédiaire des huiles de base.
- **Zone 9** : Stockage du brut et résidu.
- **Zones 11, 12,13** : Stockage du pétrole brut provenant des bacs de stockage de RTO.
- **Zone 14** : Administration générale.
- **Zone 15** : Laboratoire
- **Zone 16** : Stockage du NAPHTA et de l'eau brut pour incendie.

- **Zone 17** : Stockage du kérosène et de l'essence de la première distillation (pour U12).
- **Zone 18** : Stockage du fuel pour mélange et stockage du slop.
- **Zone 20** : Réception et approvisionnement des produits chimiques et pièce de recharges.
- **Zones 22 et 23** : Stockage des carburants.
- **Zone 24** : Stockage du gas-oil.
- **Zone 25** : Stockage du fuel.
- **Zone 26** : Stockage du GPL (gaz de pétrole liquéfié).
- **Zones 29** : Stockage du brut réduit importé (BRI).

I.7.5. Laboratoire de contrôle

Durant toutes les étapes de raffinage au niveau des différentes unités, les produits semi-finis et finis sont soumis selon un programme bien défini à un contrôle de qualité rigoureux au niveau du laboratoire.

Le laboratoire contrôle aussi la qualité des eaux, les rejets et procéde aux analyses des différents échantillons spéciaux [2].

I.7.6. Département de sécurité industriel

Etant donnés les dangers, et les risques continuels qui peuvent se présenter dans une raffinerie de pétrole tel qu'explosions, incendies, intoxications, et électrocution. Le rôle du département de sécurité dans ce contexte est primordial pour la préservation du patrimoine humain et matériel. Il comporte 3 services :

- Service surveillance ;
- Service prévention ;
- Service intervention.

Chapitre II. Fabrication des huiles de base

II.1. Généralités sur les huiles lubrifiantes

Les lubrifiants jouent un rôle crucial dans le bon fonctionnement des machines et des équipements mécaniques. Ils sont utilisés pour réduire les frottements et l'usure entre les pièces métalliques en mouvement, ce qui peut prolonger la durée de vie de ces dernières et améliorer leur performance. Un lubrifiant est une substance visqueuse qui se présente sous forme liquide, semi-solide ou solide.

En réalité, la définition précédente englobe un ensemble de fonctions principales souvent mal connues dont les principales sont :

- Réduire les frottements et par conséquent économiser de l'énergie ;
- Protéger les organes des machines contre les différentes formes de corrosion ;
- Participer au refroidissement des éléments d'une machine ;
- Transmettre de l'énergie dans les systèmes hydrauliques, et transmettre de l'énergie thermique comme fluide caloporteur ;
- Absorber les chocs et réduire le bruit ;
- Assurer d'autres fonctions passives permettant d'accroître la longévité et la fiabilité des mécanismes ;
- Contribuer à l'étanchéité aux gaz, liquides et contaminants solides ; tel l'étanchéité des segments et joints.

Un lubrifiant est préparé à partir d'un mélange d'huiles de base et d'additifs sont ajoutés pour lui donner les propriétés spécifiques nécessaires à une application particulière. Les bases pour les lubrifiants peuvent être soit d'origine minérale à base de pétrole, soit synthétiques, dont les proportions sont en général :

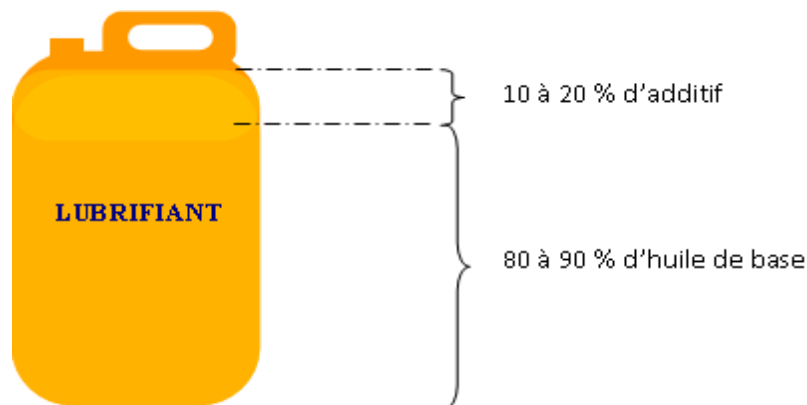


Figure II.4 : Composition d'une huile lubrifiante.

II.2. Tendance des huiles de base

Les huiles de base sont classées en fonction de la nature du pétrole brut d'origine et des processus de raffinage utilisés, telles que les huiles à tendance paraffinique, naphthénique ou aromatique.

a) Les paraffines (alcanes)

Sont des hydrocarbures saturés linéaires (n-paraffines) ou ramifiés (iso paraffines), la formule générale des paraffines est : C_nH_{2n+2} , sont caractérisés par :

- Une assez bonne stabilité à l'oxydation ;
- Un indice de viscosité élevé de l'ordre de 100 ;
- Un pouvoir solvant limité et un point de congélation élevé [3].

b) Les naphthènes (cyclo-alcanes)

Sont des hydrocarbures saturés cycliques, la formule générale est C_nH_{2n} , caractérisés par :

- Ils sont moins stables à l'oxydation que les paraffines ;
- Un indice de viscosité faible (60) ;
- Un bon pouvoir solvant et possèdent de meilleures caractéristiques d'écoulement aux basses températures.

c) Les aromatiques (benzènes)

Sont des hydrocarbures insaturés cycliques, leur formule générale est : C_nH_{2n-6} , caractérisés par :

- Ils sont très denses et peu stables à l'oxydation ;
- Un indice de viscosité sont très bas ;
- Compte tenu de leurs mauvaises caractéristiques, ils nécessitent un traitement très poussé au niveau des unités de raffinage ;
- Un pouvoir solvant est élevé [3].

II.3. Les caractéristiques d'un lubrifiant

❖ Densité

C'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. Le résultat est donné directement à l'aide d'un densimètre plongeant dans un tube à essais.

❖ La viscosité

C'est la propriété la plus connue des huiles lubrifiantes, est une grandeur physique qui mesure la résistance interne d'un fluide à l'écoulement. Cette résistance est due au frottement des molécules qui glissent les unes sur les autres.

❖ Indice de viscosité

C'est un nombre conventionnel qui a pour but l'indiquer l'effet du variation de la température sur la viscosité d'une huile dans un intervalle de température déterminé (40°C et 100 °C), plus la valeur de cet indice est élevée, plus la variation de la viscosité avec la température est faible. Cette propriété peut être améliorée par des additifs.

❖ Point d'écoulement (point de congélation)

C'est la basse température à laquelle l'huile doit rester encore couler.

❖ Point d'éclair

C'est la température minimale à laquelle l'huile doit être portée pour que les vapeurs émises s'enflamment et s'éteignent instantanément à l'approche d'une flamme.

❖ Couleur

C'est un critère de la qualité de fractionnement des huiles, son intensité est fonction du degré de raffinage [4].

❖ Résistance à l'oxydation et stabilité

C'est la dégradation des caractéristiques des huiles sous l'influence de l'oxygène et de la température [5].

II.4. Généralités sur les additifs

Les additifs sont des produits chimiques complexes ajoutés aux huiles de base pour améliorer leurs propriétés existantes ou en introduire de nouvelles.

Les additifs jouent un rôle crucial irremplaçable dans la formulation des lubrifiants, car Ils apportent aux huiles de base les caractéristiques et les performances nécessaires au bon fonctionnement des machines, notamment des moteurs thermiques, des réducteurs à engrenages variés et des transmissions hydrauliques etc.

Les fonctions des additifs sont de remplir l'un ou plusieurs des rôles suivants :

- ✓ Couleur et luminescence ;
- ✓ Améliorer viscosité et l'indice de viscosité ;
- ✓ Retarder l'oxydation ;
- ✓ Protéger les surfaces métalliques de la corrosion et de la rouille ;
- ✓ Augmenter les propriétés d'écoulement à froid ;
- ✓ Réduire la mousse [6].

II.5. Chaîne fabrication des huiles de base dans la raffinerie d'Arzew

Les installations de fabrication des huiles regroupent un ensemble de cinq unités disposées en chaîne, ayant chacune un procédé de traitement spécifique. La zone de lubrifiants 2 (zone 5) assure la production des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA), La figure suivante représente une image réelle de la zone 5 :



Figure II.5 : Image réelle de la zone 5.

Le schéma présenté par la figure II.3 ci-après décrit la chaîne de fabrication des huiles de base, pour plus de détail consulter les manuels opératoires de la zone 5.

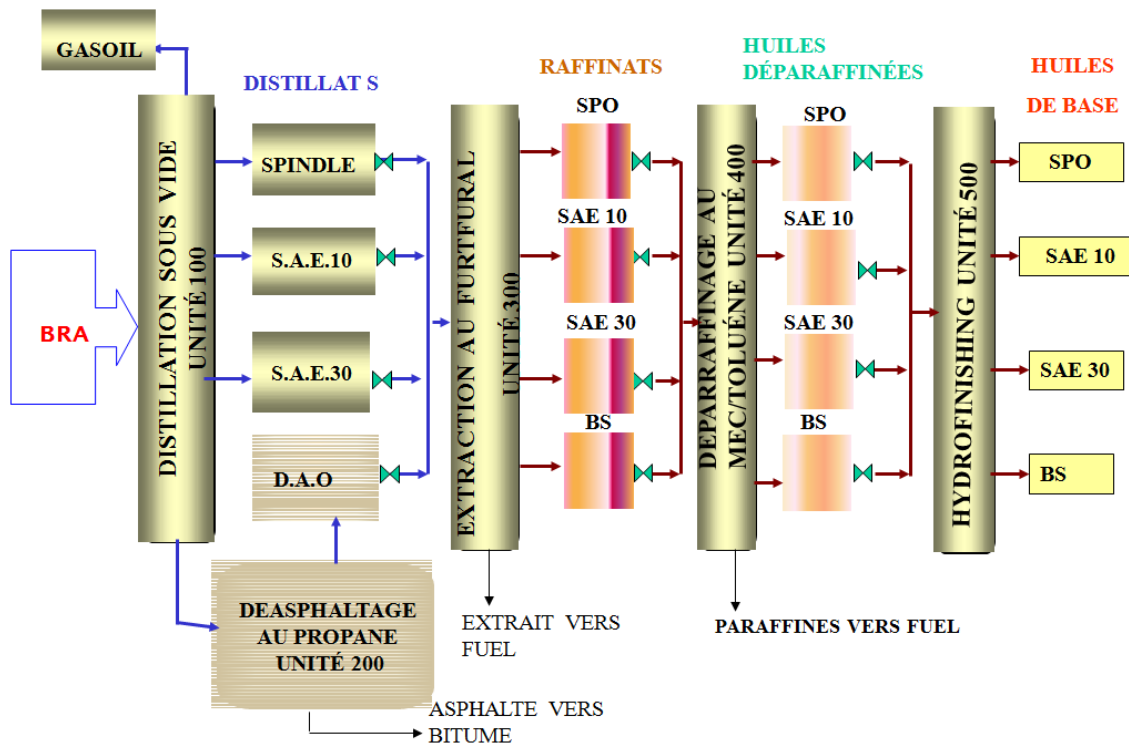


Figure II.6 : Chaîne de fabrication des huiles de base au niveau de la zone 5.

II.5.1. Distillation sous vide (Unité 100)

La distillation sous vide est la première étape de raffinage des huiles, elle est nécessaire pour éviter la décomposition des molécules (cracking) à haute température, elle permet de 380 °C qui est. Le vide est assuré par un dispositif d'aspiration des gaz résiduels en tête de colonne.

Cette unité consiste à séparer le résidu atmosphérique sortant au fond de la colonne atmosphérique et d'extraire des coupes des distillats destinées pour la production des huiles lubrifiantes de hautes qualités.

Elle a pour but de fractionner le BRA obtenue de la distillation atmosphérique du pétrole brut venant de la zone 4 sous une pression inférieure à 1 atm. Le fractionnement du BRA est assuré dans une colonne sous vide comprenant des plateaux à clapets.

Les différentes coupes recherchées sont :

- Gasoil sous vide (VGO) ;

- Spindle-oil (SPO) ;
- SAE 10 ou MVO (mi visqueuse) ;
- SAE30 ou VO (visqueuse) ;
- Résidu sous vide (RSV).

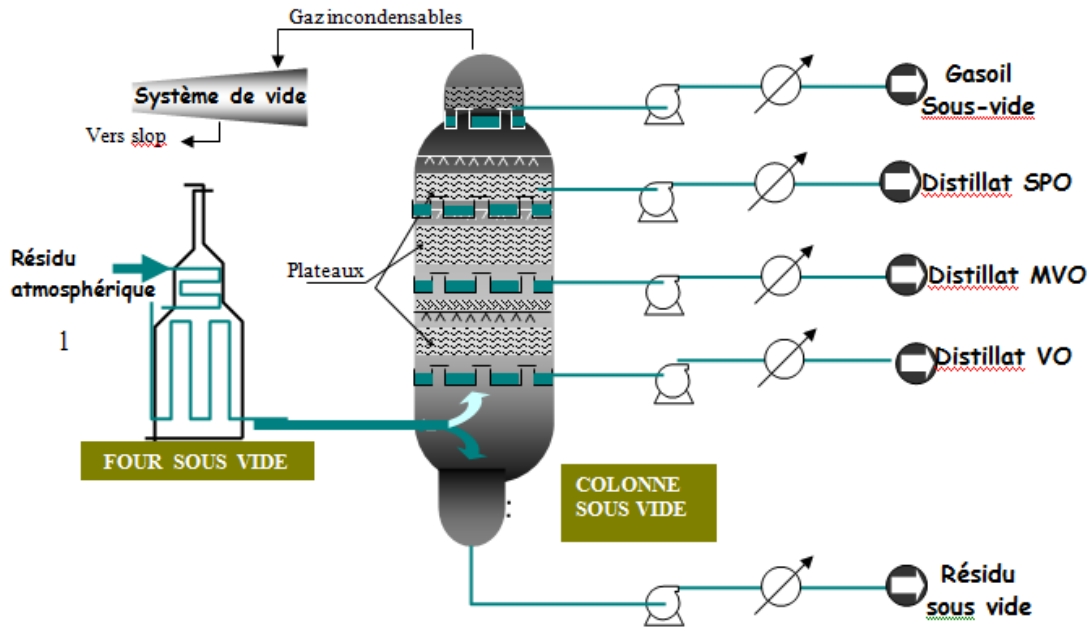


Figure II.7 : Schéma simplifié de la distillation sous vide.

II.5.2. Désasphaltage au propane (Unité 200)

Le désasphaltage est un procédé d'extraction par du solvant, d'une huile lourde à partir du résidu sous vide. Les solvants qui peuvent être utilisés sont : le propane, le butane, le pentane, l'hexane ou même un mélange entre eux [8].

L'objectif est d'éliminer les asphaltes et les résines contenus dans le résidu sous vide qui nuisent à la stabilité thermique de l'huile et donnent une mauvaise couleur. L'asphalte constitue la charge d'une unité de production de bitume.

Le résidu de distillation sous vide des pétroles bruts, c'est-à-dire la partie la plus lourde, la plus réfractaire à la distillation est séparé en deux mélanges (DAO+solvant et Asphalte +solvant) qui permet l'obtention des huiles Bright-stock (BS). La séparation se fait dans une colonne d'extraction à disques rotatifs (RDC) à contre courant où le solvant utilisé est propane, car il a une faible viscosité, une faible tension superficielle et

une bonne capacité à dissoudre les composés lourds présents dans le résidu. Les mélanges DAO-solvant et asphalte-solvant sont dirigés vers le système de récupération

L'huile désasphaltée ou extrait (DAO) constitue une charge de meilleure qualité pour les unités de traitement en aval [5].

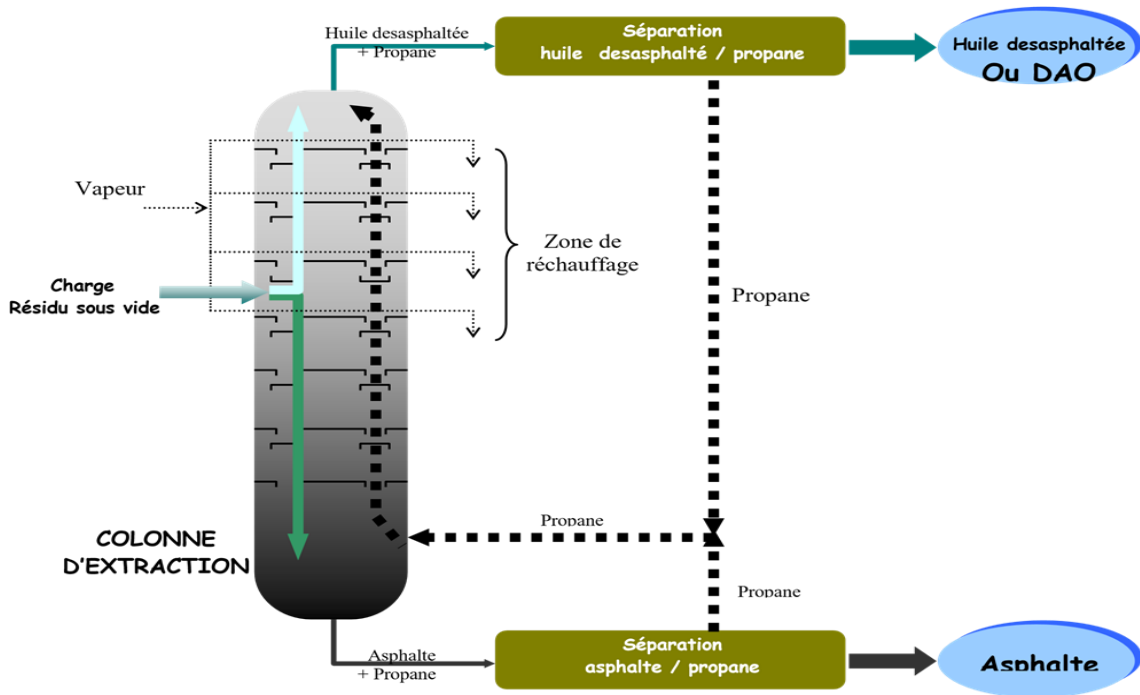


Figure II.8 : Schéma simplifié du désasphaltage au propane.

II.5.3. Extraction au furfural (Unité 300)

L'extraction est une technique qui consiste à isoler un ou plusieurs composants qui ne se mélangent pratiquement pas (non-miscibles). Dans le domaine du traitement pétrolier, l'extraction c'est l'élimination des hydrocarbures aromatiques qui ont un mauvais indice de viscosité et qui sont facilement oxydable.

Le principe de unité est d'éliminer les aromatiques dans les huiles de base pour but d'améliorer l'indice de viscosité des distillats sous vide et du DAO.

Cette opération consiste à injecter le solvant en parallèle avec la charge (distillat) dans une colonne à disque rotatif (RDC) à contre courant. Après le mélange des deux produits, on obtient à la sortie de la colonne deux phases distinctes :

- Un mélange de raffinat (phase aqueuse) en tête de colonne, qui est une phase riche en huile contient les composés désirables à haut indice de viscosité ;
- Un mélange d'extrait (phase organique) au fond de la colonne, qui est riche en furfural et contient des aromatiques et des matières indésirables.

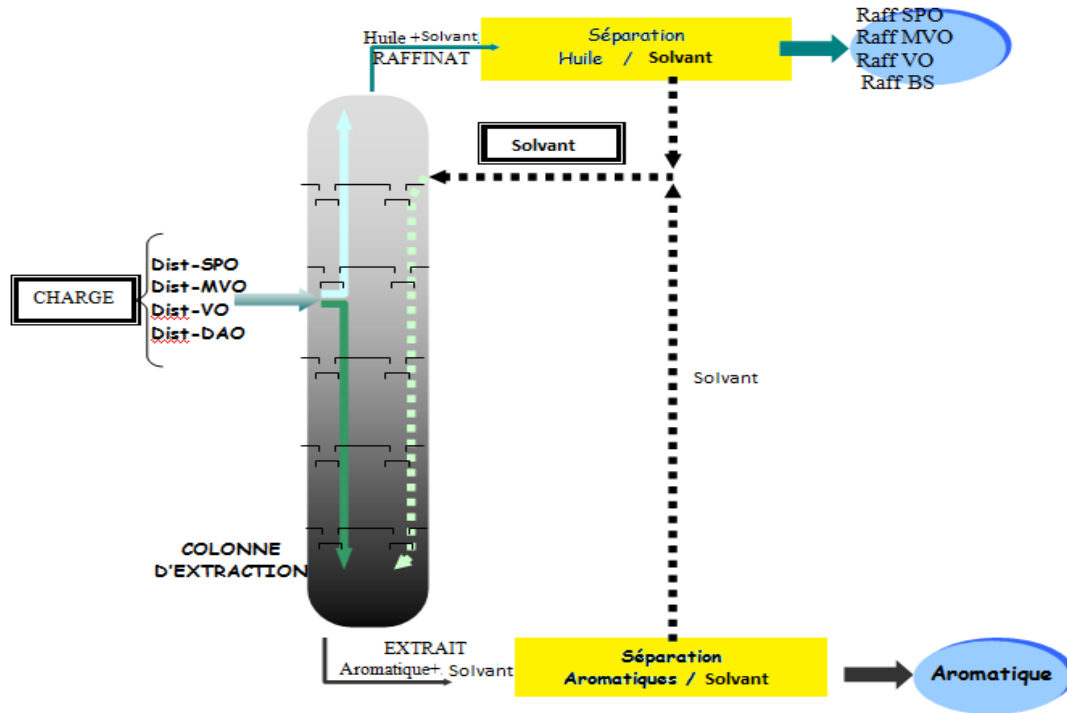


Figure II.9 : Schéma simplifié de l'extraction des aromatiques au furfural.

II.5.4. Déparaffinage au MEC/Toluène (Unité 400)

Le déparaffinage est un processus de raffinage pétrolier. À la sortie de l'unité d'extraction au solvant, la future huile de base, qui est appelée à ce stade de la fabrication «raffinat» se traite avec l'utilisation des solvants spécifiques dans un l'objectif d'éliminer les paraffines, les cires pour optimiser de la qualité des produits finaux et améliorer le point d'écoulement.

Pour ce faire, la méthode utilisée consiste à cristalliser par refroidissement les paraffines (phase solide), puis à les séparer de l'huile (phase liquide) par filtration et l'utilisation des solvants dispersant et précipitant, comprenant de la méthyle-éthyle-cétone et du toluène.

➤ **MEC**

C'est un composé polaire qui provoque la précipitation de la paraffine au cours du refroidissement et permet ainsi d'avoir une température de filtration voisine du point d'écoulement d'huile.

➤ **Toluène**

C'est un composé aromatique qui a un bon pouvoir solvant pour l'huile même à basse température donc est permis d'augmenter la solubilité d'huile ceci de régler le taux de dilution au minimum.

Les cristaux de paraffines sont retenus dans un filtre rotatif où il en résulte une huile pauvre en paraffine à bas point d'écoulement recherché, et une paraffine riche en huile qui, une fois déshuilée sera un sous produit.

L'unité comprend trois sections principales qui sont :

- La cristallisation en présence du solvant ;
- La filtration de l'huile ;
- La section de récupération du solvant (séparation entre le solvant et l'huile et entre le solvant et la paraffine) [3].

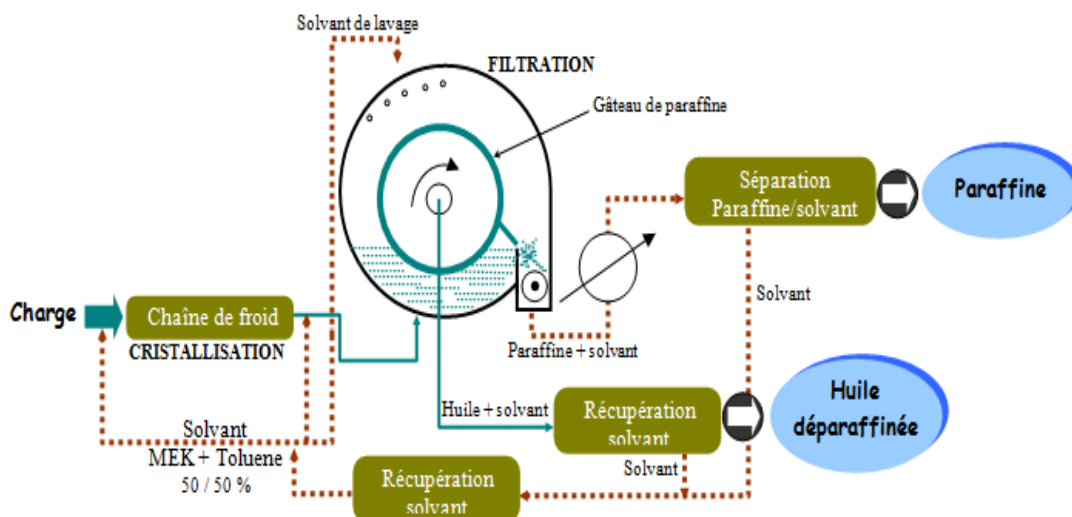


Figure II.10 : Schéma simplifié du déparaffinage au MEC/Toluène.

II.5.5. Hydrofinishing (Unité 500)

La section d'hydrofinissage est une unité de faible sévérité. Elle a pour rôle d'éliminer les insaturés, le soufre et l'azote dans le but d'améliorer les propriétés suivantes :

- Stabilité de la couleur ;
- Stabilité à l'oxydation ;
- Minimiser le teneur en impuretés.

Le traitement consiste essentiellement à faire passer l'huile et de l'hydrogène à travers un lit catalytique sous des conditions modérées de température et de pression.

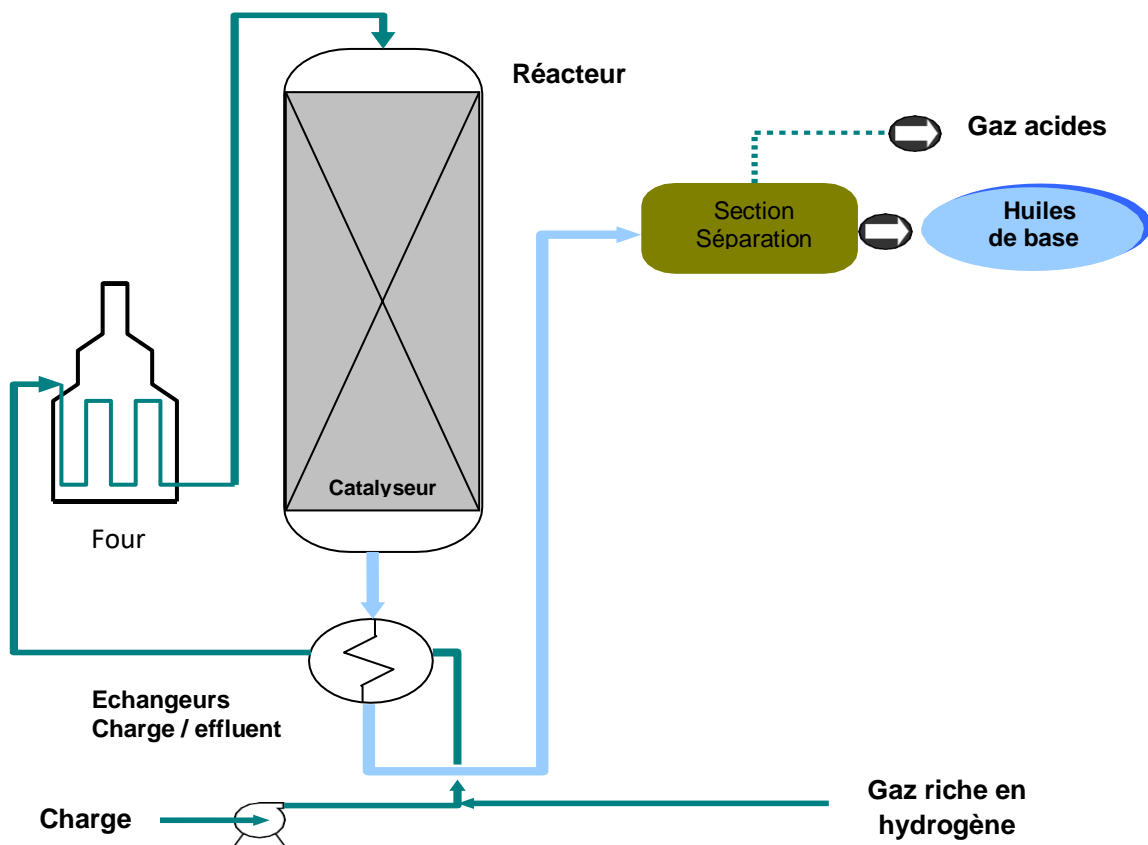


Figure II.11 : Schéma simplifié de l'hydrofinishing.

Chapitre III. Extraction des aromatiques au furfural

III.1. Introduction

L'extraction par solvant est une technique de séparation et de raffinage largement utilisée dans l'industrie pétrolière, dans des domaines aussi variés que l'hydrométallurgie classique, l'industrie nucléaire, la pétrochimie, l'industrie pharmaceutique ou encore l'industrie agroalimentaire. Bien que le principe de cette technique soit relativement simple, les séparations qu'elle permet de réaliser sont en réalité le résultat de la conjonction d'un grand nombre de phénomènes physico-chimiques [9].

L'utilisation des solvants dans les procédés d'extraction pour l'obtention des huiles lubrifiantes utiles est très récente. Avant 1935, il était de règle que les distillats lourds soient traités à l'acide sulfurique concentré avant d'être des huiles pour la lubrification des moteurs ou des éléments mécaniques soumis au frottement. Les traitements par solvant qui sont mis en œuvre aujourd'hui présentent de très sérieux avantages sur le procédé à l'acide.

Les solvants sélectifs séparent les huiles en deux fractions distinctes : le raffinat qui est le lubrifiant de haute qualité, et l'extrait qui est de moins bonne qualité mais peut être utilisé pour diverses applications telles que la plastification du caoutchouc, la lubrification simple, la fabrication de bitumes et de fuel-oils. Le raffinat est généralement insoluble dans le solvant tandis que l'extrait est entièrement dissous.

Le traitement par solvants a permis de fabriquer par exemple des huiles lubrifiantes pour les moteurs d'avion à partir de certains pétroles bruts. L'industrie du raffinage a choisi de se concentrer sur quatre solvants principaux, à savoir le phénol, le furfural, le mélange propane-crésol (duosol) et l'anhydride sulfureux.

III.2. Extraction au furfural (Unité 300)

Par élimination des aromatiques, l'extraction au solvant améliore donc sensiblement la qualité des produits servant de base à la fabrication des huiles. En traitant l'huile avec le furfural dans le RDC, il s'effectue un flux par différence de densité et de température se divise en deux phases :

- La phase extraite qui est la plus lourde à cause de la grande quantité de furfural qui contient l'huile à très bas indice de viscosité, descend jusqu'au fond de la tour, c'est « extrait ».
- L'autre phase qui est la plus légère à cause pauvre en furfural qui contient l'huile à haut indice de viscosité (VI), monte dans l'interface à cause de sa densité inférieure et est récupérée au sommet de RDC, c'est « raffinat ».

III.3. Choix du solvant

Les caractéristiques essentielles d'un bon solvant d'extraction sont sa selectivité et son pouvoir solvant.

La sélectivité correspond à l'affinité préférentielle du solvant pour tel ou tel corps, de sorte qu'il pourra extraire préférentiellement ce composé du mélange d'hydrocarbures constituant la charge de l'unité d'extraction.

Le pouvoir solvant s'exprime par la quantité d'huile matière première qui peut se dissoudre par unité de volume ou de poids de solvant.

Un bon solvant d'extraction des aromatiques doit donc avoir une sélectivité élevée pour les molécules aromatiques et un bon pouvoir solvant. Outre ces deux caractéristiques, les points suivants entrent également en ligne de compte dans le choix d'utilisation du solvant :

- Température d'extraction élevée pour un bon transfert de masse ;
- Récupération facile, si possible par un simple flash ;
- Faible tension de vapeur pour éviter un équipement haute pression ;
- Haute densité pour une séparation rapide des phases huile et solvant ;
- Stabilité, soit pas de dégradation thermique et/ou chimique ;
- Disponibilité à coût raisonnable ;

- Non corrosif aux équipements ;
- Non toxique pour l'environnement et la sécurité.

Les trois solvants les plus souvent retenus, car répondant bien aux critères du cahier des charges d'un bon solvant pour l'extraction des aromatiques, sont représentés dans le tableau ci-dessous [6]:

Tableau III.2 : Comparaison entre les trois solvants.

Caractéristiques	Furfural	NMP	Phénol
Coût relatif	1.0	1.5	0.36
d_4^{15}	1.162	1.04	1.08
Point d'ébullition (°C)	162	202	182
Enthalpie de vaporisation (kJ/kg)	451	493	479
Sélectivité	Excellente	Très bonne	Bonne
Pouvoir solvant	Bon	Excellente	Très bon
Stabilité	Bonne	Excellente	Très bonne
Biodégradabilité	Bonne	Bonne	Bonne
Toxicité	Modéré	Faible	Forte

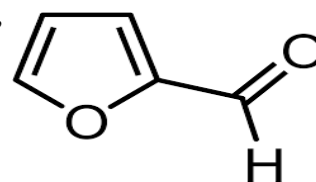
❖ Remarque

Dans le cas de la raffinerie d'ARZEW, le solvant utilisé par l'extraction des huiles minérales est le furfural, sont tous ci-après une brève désignation.

III.3.1. Présentation du furfural

Le furfural est un composé organique industriel de type aldéhyde cyclique de la formule $C_5H_4O_2$. Il est un liquide inflammable et d'aspect sans couleur à jaunâtre, c'est un liquide huileux et combustible qui s'obscurcit à rouge-brun au contact de la lumière et de l'air et son odeur est celle de l'amande, avec la structure suivante :

2-furaldéhyde, furfuraldéhyde, huile artificielle de fourmi fural, 2-furancarboxaldéhyde.



III.3.2. Propriétés physiques du furfural

- Densité liquide à 15 °C : 1 ,160 ;
- Poids moléculaire : 96. 1 ;
- Température d'ébullition / 1 atm : 161, 5 °C ;
- Température critique : 396, 7 °C ;
- Pression critique : 54 ,3 atm ;
- Conductivité thermique à 38 °C : 0,227 kcal / h m ;
- Chaleur spécifique moyen 100 – 150°C : 0, 47 kcal /kg °C ;
- Température auto inflammation : 315 °C ;
- Solubilité partielle solvant / eau : 9 poids à 38 °C ;
- Solubilité partielle eau /solvant : 6,3 poids à 38 °C ;
- Acide : 0 ,02 / litre max ;
- Température de cokage à 2 bras / 232 : 0,02 acide max [5].

III.4. Principe de fonctionnement de l'unité de traitement de l'extraction au furfural (Unité 300)

L'unité a été conçue sur la base du procédé TEXACO (USA) pour l'extraction au furfural des huiles de base de quatre sections principales qui sont :

- La section de traitement de la charge ;
- La section de récupération du raffinat ;
- La section de récupération de l'extrait ;
- La section de récupération du solvant.

Le schéma suivant ci-après explique et montre les équipements principaux constituant l'opération d'extraction de la raffinerie d'Arzew.

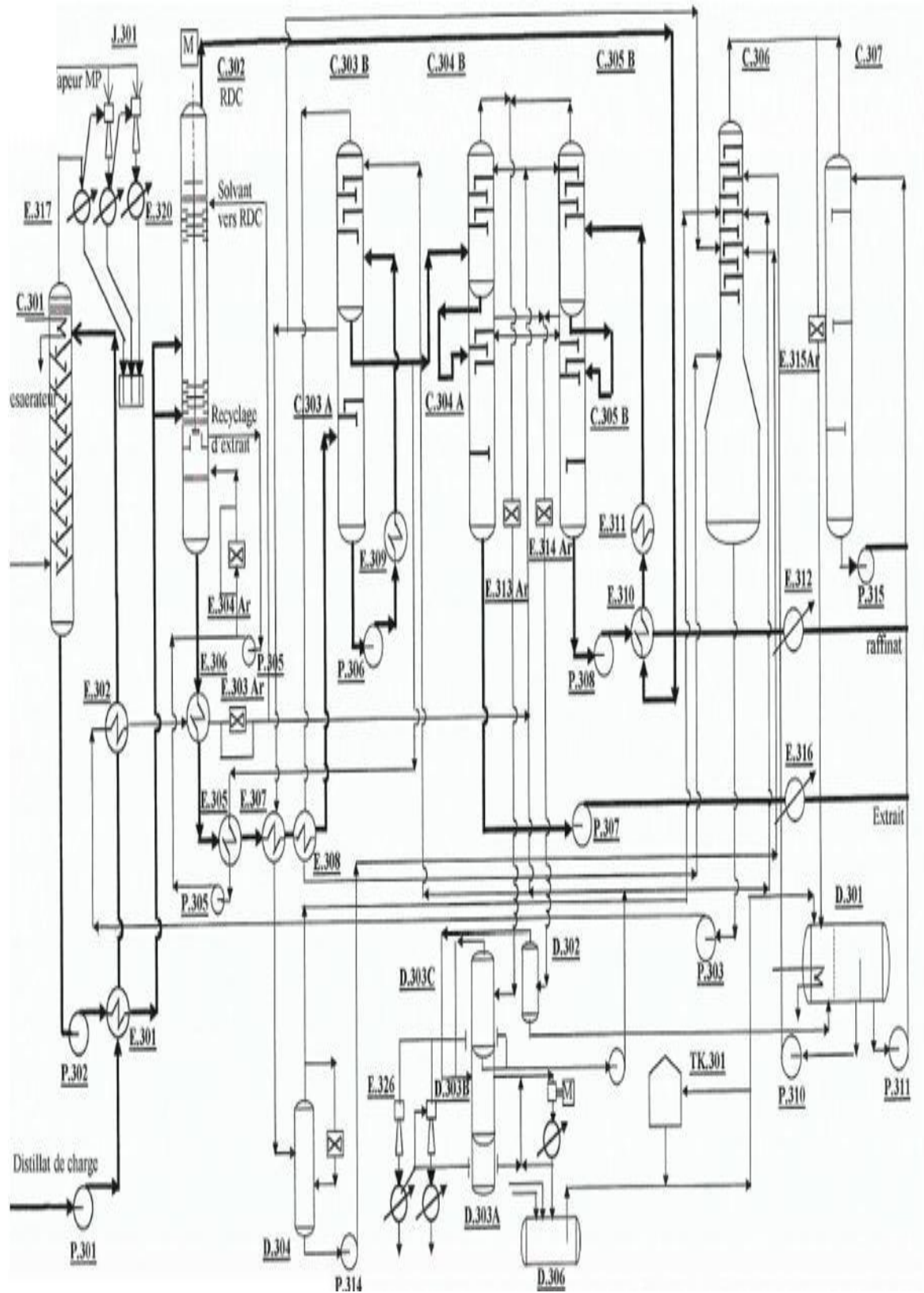


Figure III.12 : Unité d'extraction des aromatiques à l'aide de furfural « unité 300 » [7].

III.4.1. Section de traitement de la charge

a. Equipements

- ❖ Le désaérateur (C.301) ;
- ❖ Une colonne d'extraction au solvant (C.302) ;
- ❖ Les échangeurs de chaleur (E.301 – E.302) et l'aéroréfrigérant (E.304 Ar).

b. Fonctionnement

Tout d'abord, la charge est soutirée des bacs par la pompe P.301 et dirigée vers l'échangeur E.301 où elle est chauffée par la charge désaérée provenant de la colonne C.301, puis elle passe dans l'échangeur E.302 coté calandre où elle est préchauffée par le solvant chaud venant de la section solvant sous le contrôle de la température.

Dans le désaérateur C.301, la charge est débarrassée de l'air dissous sous l'action conjuguée de la vapeur BP surchauffée introduite au fond de la colonne et le vide créé par les éjecteurs J.301 A/B. L'air présent dans la charge est retiré afin de réduire les possibilités d'oxydation du furfural et la formation de coke dans les équipements en aval. La charge désaérée est reprise par la pompe P.302, sa température est réglée à l'aide de l'échangeur E.301 puis la charge est introduite sous contrôle du débit FRC3 dans la colonne d'extraction C.302.

Le système d'extraction se déroule à travers la colonne, où un flux par différence de densité et de température se produit. Le raffinat entraîne un peu de solvant vers le haut et pénètre dans la section de stabilisation appelée interface qui sépare le raffinat du solvant. Le furfural entraîne les aromatiques et les composants à faible l'indice de viscosité vers le bas. La pression dans la colonne C.302 est régulée par action sur la vanne d'évacuation de la phase lourde de solvant et extrait.

Le soutirage latéral d'extrait est repris par la pompe P.304 et mélangé sous contrôle de débit avec le recyclage d'extrait de la pompe P.305. La température de mélange est régulée par l'aéroréfrigérant E.304 Ar [7].

III.4.2. Section de récupération du raffinat

a. Equipements

- ❖ Les colonnes C.305A et C.305B ;
- ❖ Les échangeurs de chaleur E.310, E.311 et E.312.

b. Fonctionnement

Cette section récupère le solvant qui est entraîné par le raffinat sortant de la colonne d'extraction C.302. Le mélange de raffinat et de solvant est d'abord préchauffé dans l'échangeur tubulaire E.310 à contre-courant avec le raffinat puis pénètre dans l'échangeur à huile chaude E.311 côté calandre où le solvant est vaporisé partiellement et porté à 204°C. La séparation du solvant vaporisé et du liquide est effectuée dans la colonne sous vide C.305 B. Cette colonne est équipée d'un reflux de solvant sec dont le débit est asservi par la température des vapeurs en tête. Ces vapeurs sont ensuite condensées dans l'échangeur E.313 Ar et sont recueillies dans le ballon D.303 C.

Le liquide non flashé descend par gravité dans la colonne sous vide C.305 A, vers un plateau intermédiaire. Le solvant résiduel est entraîné à la vapeur d'eau de basse pression surchauffée dont le débit est réglé. Les vapeurs issues de la colonne sous vide C.305 A sont refroidies par un reflux de solvant humide (9% d'eau) jusqu'à leur point de rosée sous contrôle automatique de température avant d'être condensées dans l'aéroréfrigérant E.314 Ar, puis ceux recueillies dans le ballon D.302. Le raffinat débarrassé de toutes traces de solvant est repris en fond de la colonne par la pompe P.308 où il cède comme une partie de sa chaleur à la charge de cette section et ensuite refroidi par l'eau tempérée dans l'échangeur E.312 côté calandre avant d'être stocké dans le bac tampon approprié [7].

III.4.3. Section de récupération de l'extrait

a. Equipements

- ❖ Les colonnes C.303 A et B ;
- ❖ Les colonnes sous vide C.304 A et B ;
- ❖ Les échangeurs de chaleur E.305 - E.306 - E.307 - E.308 - E.309 A/B/C et l'aéroréfrigérant E.316Ar.

b. Fonctionnement

Cette section récupère en fait, la plus grande partie de solvant. Cette récupération s'effectue en deux stades, l'un sous pression et l'autre sous vide. Le mélange solvant extrait provenant du fond de la colonne d'extraction C.302 traverse une série d'échangeurs destinés à permettre la vaporisation de la plus grande quantité possible de solvant dans la colonne C.303 A qui est sous une pression très peu en dessus de la pression atmosphérique.

- L'échangeur E.305 côté calandre pour la chaleur cédée vient de la circulation d'extrait entre la colonne C.303 B et la colonne d'extraction C.302 ;
- L'échangeur E.306 où le mélange d'extrait est chauffé par le solvant allant à l'extraction après son premier échange dans l'échangeur E.302 ;
- L'échangeur E.307 côté tubes où la chaleur est obtenue par condensation des vapeurs de solvant obtenu par le flash établi dans la colonne C.303 A ;
- L'échangeur E.308 où la chaleur reçue vient de la condensation de solvant vaporisé sous pression issue de la colonne C.303 B.

L'extrait venant du fond de la colonne C.303 A contient beaucoup de solvant et éventuellement des traces d'eau. Le mélange repris par la pompe P.306 et chauffé pour atteindre la température de 225°C sous pression de 2 bars.

Les vapeurs sont séparées dans la colonne sous pression C.303 B. Les vapeur de tête sont condensées dans l'échangeur E.308 puis vont vers la colonne de solvant C.306 sous contrôle de la pression de la colonne C.303 B, tandis que le liquide recueilli au fond de cette colonne va vers la colonne C.304 B où un système de récupération de l'extrait sous vide analogue au système utilisé pour le raffinat.

L'extrait débarrassé de toutes traces de solvant est repris par la pompe P.307 et dirigé vers le refroidisseur final avec l'échangeur E.316 côté calandre, d'où il est stocké vers le bac de stockage d'extrait [7].

III.4.4. Section de récupération du solvant

a. Equipements

- ❖ Les colonnes de fractionnement C.306 et C.307 ;
- ❖ Les ballons de recette D.302, D.303 A/B/C et D.304;
- ❖ Le ballon de séparation eau/ solvant D 301;
- ❖ Echangeurs et aéroréfrigérantes.

b. Fonctionnement

Cette section permet de collecter toutes les vapeurs de solvant issues des colonnes, sépare l'eau qu'elles contiennent et redistribue du solvant à toute l'unité. Le solvant est récupéré dans deux systèmes différents selon qu'il est sec ou humide.

Dans le ballon D.301, l'eau et le solvant se séparent en deux phases liquides distinctes. La phase solvant plus lourde est reprise par la P.310 et constitue la charge de solvant pour la colonne de fractionnement C.306, qui assure également les reflux des colonnes de stripping C.304 A et C.304 B.

Les vapeurs de tête de la colonne C.307, qui contiennent un peu d'eau, sont mélangées avec celles de la colonne C.306, condensées dans l'aéroréfrigérant E.315 Ar, puis retournent dans le ballon D.301. Le solvant recueilli au fond de la colonne C.306 est chaud (163°C normalement) et ne contient que très peu d'eau. Ce solvant est repris par la pompe P.303 après avoir traversé les filtres F.304 A et B et renvoyé vers la colonne C.302 [7].

c. Consommation de furfural

Il y a deux causes essentielles de consommation de furfural : par dégradation (thermique ou oxydation) et par perte à l'égout.

Chapitre IV : Suivi de l'influence des variables opératoires sur la qualité de l'huile SAE30 et les pertes du furfural

IV.1. Introduction

Dans l'unité d'extraction au furfural, l'appareil principal utilisé est le contacteur à disques rotatifs (RDC), qui prend la forme d'une tour cylindrique verticale. Cette tour est divisée en compartiments grâce à une série de disques annulaires fixés sur les parois. À l'intérieur de chaque compartiment, des disques supplémentaires sont fixés et centrés, soutenus par un seul arbre en rotation avec une vitesse d'environ vingt tours par minute (20 tr/min).

Depuis la mise en service de l'unité d'extraction au furfural U300, la raffinerie d'Arzew a fait face à des défis pour obtenir une huile de haute qualité après l'élimination des aromatiques par le furfural.

Cette difficulté est principalement attribuée à l'instabilité de l'unité de production, résultant des changements de paramètres de fonctionnement, notamment le débit relatif du solvant et la température d'extraction. Ces paramètres jouent un rôle crucial dans le processus d'extraction, et leur variation peut avoir un impact significatif sur l'efficacité de l'extraction et la qualité des produits finaux.

Durant notre stage dans la raffinerie U300, les opérateurs ont traité le SAE30 comme une charge à part entière pendant une semaine.

Le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats de notre recherche. Dans sa première partie, nous effectuons une analyse approfondie du bilan de matière de l'extracteur C302, en évaluant les débits de matière entrants et sortants.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, notre attention se porte sur le suivi des paramètres de fonctionnement de la colonne d'extraction. Nous examinons de près des facteurs tels que les débits de circulation, les températures de fond et de sommet, la densité et les taux de solvant ainsi que l'indice de réfraction et la qualité de produit final.

Dans la dernière partie de ce chapitre, on met notamment l'accent sur la consommation de furfural et les pertes de lui.

IV.2. Problématique

En effet, la consommation excessive de furfural dans le processus d'extraction des aromatiques à partir des huiles de base entraîne des pertes économiques importantes et a un impact négatif sur l'environnement. La perte de solvant non récupéré dans l'unité 300 conduit à une dépense supplémentaire, car le furfural est un matériau coûteux.

Alors, nous passons à poser la question comment on peut optimiser la récupération du furfural et quels sont les facteurs clés qui influencent la perte de furfural dans le processus d'extraction et comment peuvent-ils être maîtrisés ?

Partie A. Calcule de l'extracteur C302 RDC

Charge SAE30, raffinat SAE30

Teneur en furfural dans la solution raffinat = 15% vol

Rendement de raffinat=55 %

Fraction massique de furfural dans l'extrait mixte= 95%

VI.A.1. Débit volumique

Les valeurs des débits volumiques nécessaires étaient obtenues à partir des tableaux de la salle de contrôle de la HB3.

Tableau VI.3: Les débits volumiques d'entrée et sortie de RDC.

	Charge	Solvant	Raffinat	Extrait
Débit (m ³ /h)	28	74	26,5	76

VI.A.2. Bilan de matière

Pour faire le bilan de matière de la colonne RDC il faut convertir les débits volumiques pour chaque constituant en débit massique.

Connaissant les densités à différents températures d'entrées et de sorties vers la colonne, donc l'équation suivante est utilisée pour convertir les débits volumiques de la charge, solvant, raffinat et de l'extrait donnés respectivement par le FRC3 et FRC2 au niveau de la salle de contrôle en débits massiques.

$$Q_m = Q_v \times d_4^T$$

Avec : Q_m , Q_v et d_4^T sont respectivement le débit massique le débit massique en (t/h), le débit volumique en (m³/h) et la densité à la température d'entrée.

IV.A.2.1. Détermination de la densité

La densité d'une huile désignée par d_4^T est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à une température donnée (généralement indiquée à 15°C) à celle du même volume d'eau à 4°C. La densité à une température (T) peut être obtenue à partir de la densité à 15°C par la relation approchée donnée par l'équation :

$$d_4^T = d_4^{15} + \alpha(T - 15)$$

Pour le mélange hydrocarbure :

$$\alpha = 0,001828 - \left[\left(\frac{0,0032}{1,066} \right) * d_4^{15} \right]$$

Pour le furfural :

$$\alpha = -0,0010629$$

Tableau VI.4 : La densité calculée pour chaque constituant à la T° correspond.

	Charge	Solvant	Raffinat	Extrait
d_4^{15}	0,8992	1,1600	0,8738	0,8972
T(°C)	115	135	133,32	110
α	-0,0008713	-0,0016540	-0,0007950	-0,0008653
d_4^T	0,8121	1,0325	0,7797	0,8149

Pour la charge :

$$\alpha = 0,001828 - \left[\left(\frac{0,0032}{1,066} \right) \times 0,8992 \right]$$

$$\alpha = -0,0008713$$

$$d_4^T = 0,8121 - 0,0008713 \times (115 - 15)$$

$$d_4^T = 0,8121$$

IV.A.2.2. Calcul des débits massiques

Pour la charge :

$$Q_m = 28 \times 0,8121$$

$$Q_m = 22,7388 \text{ t/h} = 22738,8 \text{ Kg/h}$$

Tableau VI.5 : Débit massique calculé pour chaque constituant.

	Charge	Solvant	Raffinat	Extrait
Débit massique (Kg/h)	22738,8	76405,0	20662,1	61932,4

Composition du raffinat mixte

- Détermination de la quantité massique de furfural et de raffinat pur dans le raffinat mixte

$$X_i = \frac{m_i}{m_{moy}} = \frac{\rho_i \times v_i}{\rho_{moy} \times v_{moy}}$$

$$X_i = V_i \left(\frac{\rho_i}{\rho_{moy}} \right)$$

Avec :

$$\rho_{moy} = \sum \rho_i \times v_i$$

Où :

X_i : Fraction massique du constituant i dans le mélange.

V_i : Teneur du constituant i dans le mélange.

ρ_i : Masse volumique du constituant i.

ρ_{moy} : Masse volumique moyenne des constituant.

$$X_{furf/raf} = \frac{0,15 \times 1,02}{(0,15 \times 1,02) + (0,85 \times 0,75)}$$

$$X_{furf/raf} = 0,1935$$

Alors :

$$X_{raf,pur} = 1 - 0,1935 = 0,8065$$

Le débit massique du furfural sorti de la tête du RDC :

$$Q_{furf/raf} = Q_{raf} \times X_{furf/raf}$$

$$Q_{furf/raf} = 20662,1 \times 0,1935 = 3998,12 \text{ Kg/h}$$

Le débit massique de raffinat pur sorti de la tête du RDC :

$$Q_{raf,pur} = Q_{raf} - Q_{furf/raf}$$

$$Q_{raf,pur} = 20662,1 - 3998,12 = 16663,98 \text{ Kg/h}$$

Composition du l'extrait mixte

➤ Détermination de débit de furfural dans l'extrait

$$Q_{furf/ext} = Q_{ext} \times X_{furf/ext}$$

$$Q_{furf/ext} = 61932,4 \times 0,95 = 58835,78 \text{ Kg/h}$$

➤ Détermination de débit de l'extrait pur

$$Q_{ext,pur} = Q_{ext} - Q_{furf/ext}$$

$$Q_{ext,pur} = 61932,4 - 58835,78 = 3096,62 \text{ Kg/h}$$

VI.A.3. Bilan de matière de la colonne RDC

Tableau VI.6 : Bilan de matière de RDC.

Constituant	%Solution	Débit massique (Kg/h)
Entrée de RDC :		
Charge	100	22738,8
furfural	100	76405,0
Totale	200	99143,8
Sorti de RDC :		
Raffinat mixte :		
Raffinat pur	80,65	16663,98
Furfural	19,35	3998,12
Extrait mixte :		
Extrait pur	5	3096,62
Furfural	95	58835,78
Totale	200	82594,5

Interprétation des résultats

L'analyse du bilan de matière de la colonne d'extraction montre une différence entre les débits totaux des entrées et des sorties. Cette disparité est prévisible et s'explique par le processus d'extraction, qui entraîne la séparation d'une partie de la charge à l'intérieur de la colonne. Il convient de souligner que les valeurs du bilan ont été enregistrées pendant le fonctionnement de la colonne, ce qui justifie l'écart constaté.

Partie B. Evolution des paramètres de performance de l'unité

IV.B.1. Détermination du taux de solvant (cas réel)

Le taux de solvant, cas design, a été déterminé pour le grade d'huile SAE30 à partir des consommations massiques ou volumiques relatives à la charge. L'équation suivante indique clairement la détermination du taux de solvant :

$$\text{Taux de solvant} = \frac{Q_{\text{sol}}}{Q_{\text{Chrg}}}$$

Ou :

Q_{sol} : est le débit volumique du solvant en m^3 / h ;

Q_{char} : est débit volumique de la charge en m^3 / h .

Le tableau suivant représente le calcul de taux de solvant pour un seul grade d'huile SAE30 (cas réel) :

Tableau VI.7 : Taux de solvant de SAE30 dans les cas réel et design.

Les jours	Le débit de solvant (m^3 / h)	Le débit de charge (m^3 / h)	Taux de solvant (cas réel)	Taux de solvant (cas design)
05/06/2024	66	31	2,129	4,5
06/06/2024	68,50	32	2,140	4,5
07/06/2024	68,1	30,30	2,247	4,5
08/06/2024	68,13	29	2,349	4,5
09/06/2024	67,50	28,9	2,335	4,5
10/06/2024	67,95	26,7	2,544	4,5

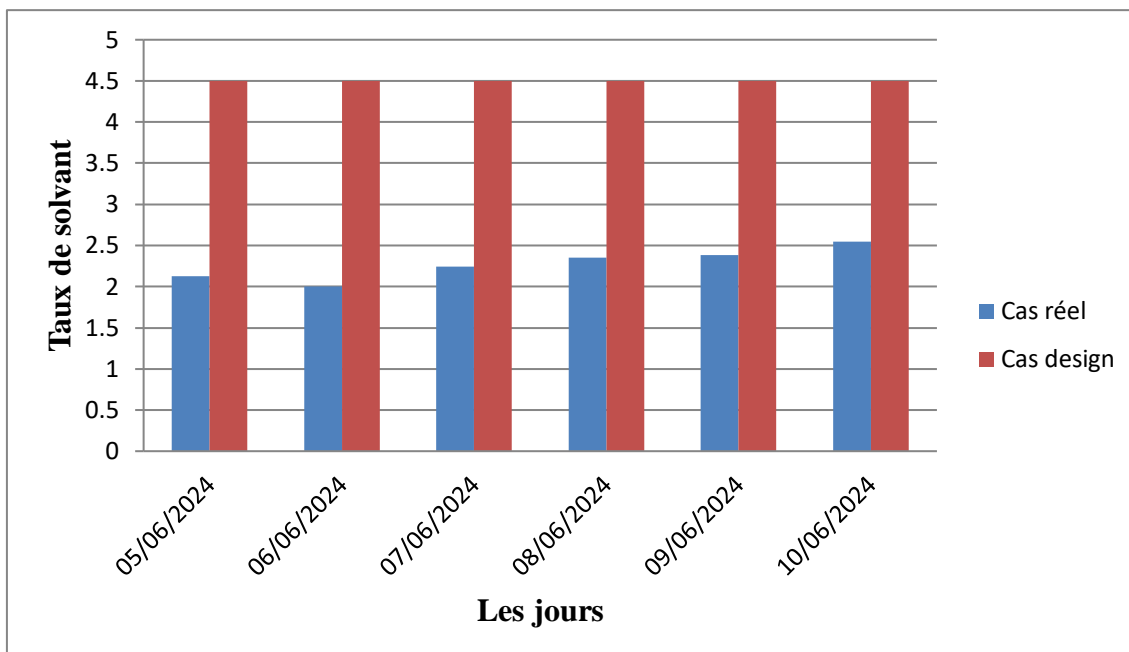


Figure VI.13 : Histogramme comparative de taux de solvant sur le grade SAE30.

Interprétation

La figure montre clairement une réduction significative du taux de solvant dans la réalité, que constate sur toute la période de suivi est inférieur à la valeur de design, entraînant ainsi une économie de solvant non utilisé. Le taux du solvant c'est la principale variable permettant d'améliorer la qualité de l'huile et son rendement, donc cette variation va influencer négativement sur la sélectivité de l'opération de l'extraction des aromatique.

IV.B.2. Le rendement de la colonne

L'importance du rendement de raffinat dans l'extraction des aromatiques réside dans sa relation directe avec la rentabilité et l'efficacité du processus. Un rendement élevé indique une extraction efficace.

Le rendement de raffinat c'est le rapport entre le débit massique de sortie et le débit massique de la charge, alors le tableau suivant représente une comparaison entre le rendement cas design et cas réel.

Tableau IV.8 : Rendement de raffinat SAE30.

Les jours	Débit de raffinat (t/h)	Débit de charge (t/h)	Rendement % (cas réel)	Rendement % (cas design)
05/06/2024	371	664	55,87	55
06/06/2024	309	585	52,82	55
07/06/2024	314	615	51,06	55
08/06/2024	295	581	50,77	55
09/06/2024	328	597	54,94	55
10/06/2024	314	587	53,49	55

Nous avons tracé le graphe suivant pour représenter l'évolution du rendement de raffinat SAE30 par rapport au design.

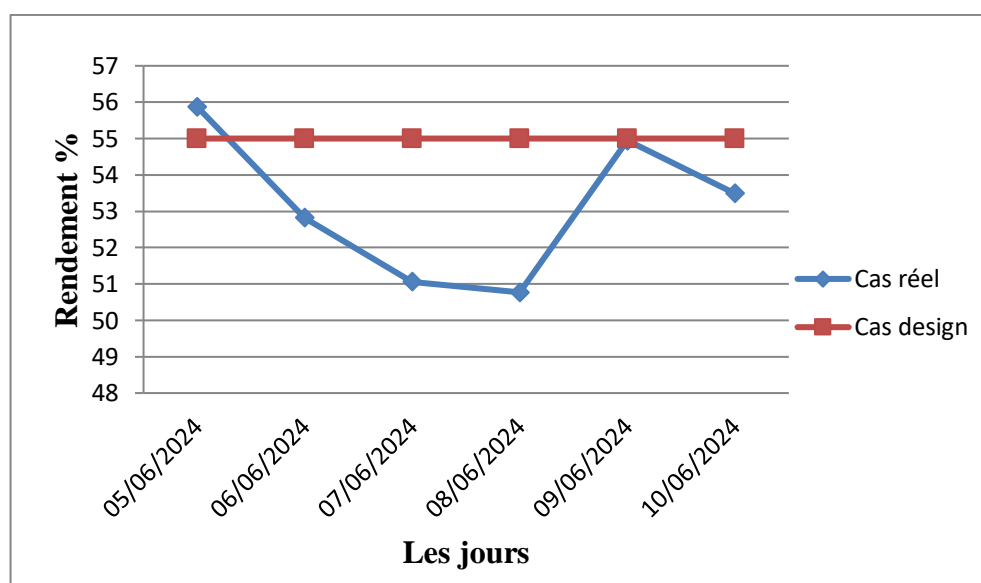


Figure IV.14 : L'évolution du rendement en fonction des jours.

Interprétation

L'analyse du graphe de rendement du raffinat révèle des variations significatives des valeurs, qui se situent entre 50,77 et 55,87. Cette variation peut être influencée par plusieurs facteurs, tels que les conditions opératoires, la qualité des matières premières et le changement des taux de solvant.

IV.B.2.1. L'influence de taux de solvant sur le rendement

Tableau IV.9 : L'influence de taux de solvant sur le rendement de SAE30

Les jours	Taux de solvant (cas réel)	Rendement % (cas réel)
05/06/2024	2,129	55,87
06/06/2024	2,140	52,82
07/06/2024	2,247	51,06
08/06/2024	2,349	50,77
09/06/2024	2,335	54,94
10/06/2024	2,544	53,49

Interprétation

D'après le tableau ci-dessus on remarque que la relation entre taux de solvant et le rendement est inversement proportionnelle, c'est à dire plus le taux de solvant diminue plus le rendement du procédé d'extraction est meilleur, ce logique phénomène peut être expliqué par une forte sélectivité du furfural vis-à-vis des molécules aromatiques et même les naphéniques qui se dissolvent dans le solvant.

IV.B.3. L'indice de réfraction (RI)

L'indice de réfraction dépend de la température à laquelle on fait la détermination de la longueur d'onde de la lumière, il est important car il permet de caractériser les différents composants présent dans l'huile. Chaque grade a une plage de variation spécifique pour l'indice de réfraction, dans ce travail nous avons fait un suivi de fonctionnement de l'unité d'extraction des aromatique ou nous avons constaté un écart entre les valeurs réelles et les valeurs de spécification de grade SAE30.

Tableau IV.10 : Un suivi de RI du raffinat SAE30 avec son intervalle de spécification.

Les jours	RI min	RI de SAE30	RI max
05/06/2024	1,4650	1,4650	1,4660
06/06/2024	1,4650	1,4655	1,4660
07/06/2024	1,4650	1,4657	1,4660
08/06/2024	1,4650	1,4660	1,4660
09/06/2024	1,4650	1,4650	1,4660
10/06/2024	1,4650	1,4658	1,4660

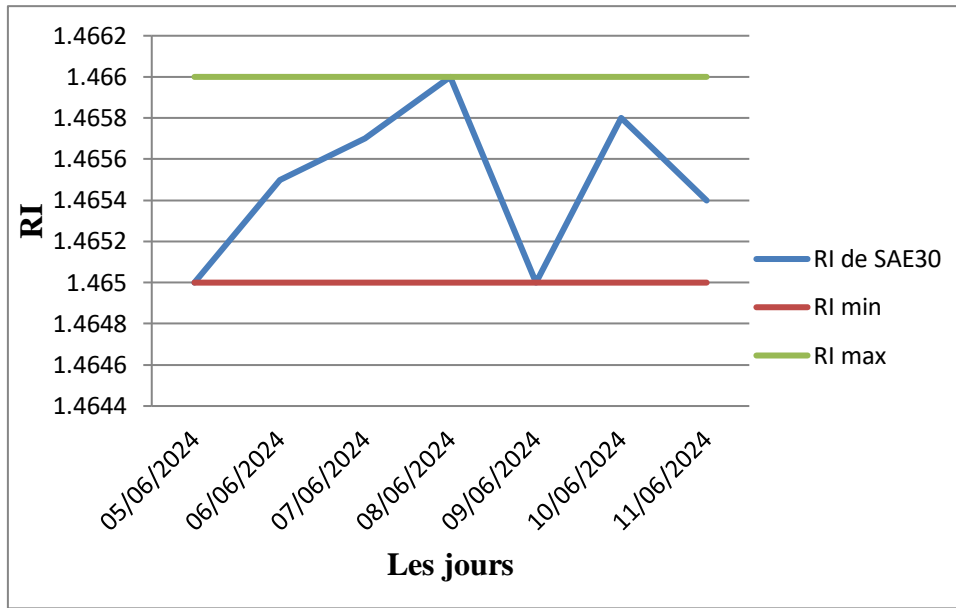


Figure IV.15 : Indice de réfraction du raffinat SAE30.

Interprétation

D'après le graphique on constate que les valeurs de RI étaient conformes à l'intervalle de spécification donc la qualité du raffinat est stable et il n'influence pas sur le taux de solvant.

IV.B.4. La variation de viscosité de raffinat SAE30

La viscosité est un paramètre important car il peut varier en fonction de leur composition chimique et de leur traitement, la figure suivante récapitule les viscosités de raffinat SAE30 dans la période de suivi de 05/06 au 10/06/2024.

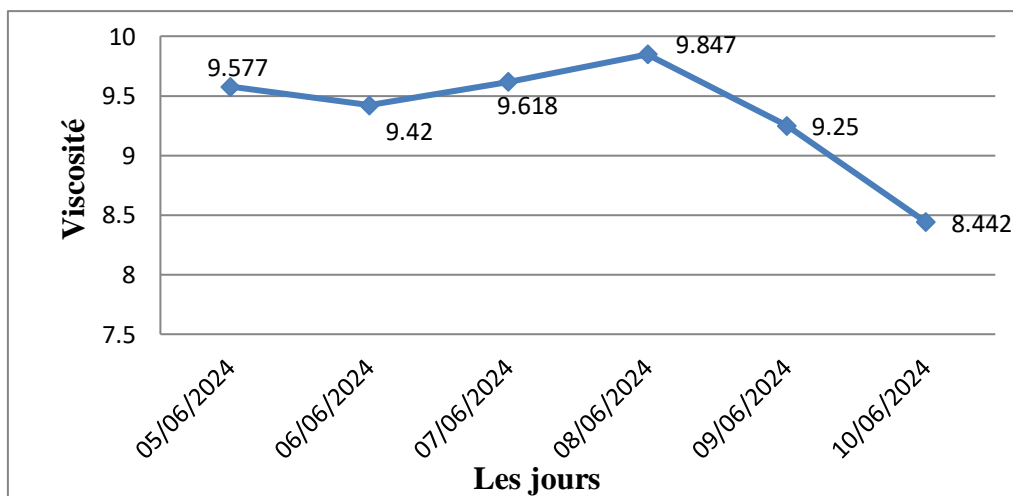


Figure IV.16 : Evolution de viscosité en fonction du temps.

Interprétation

D'après les résultats obtenus, Une diminution de la viscosité peut indiquer que les composés aromatiques indésirables ont été efficacement extraits de la charge, cela indique qu'une viscosité faible facilite l'interaction entre le solvant et les composés à extraire.

IV.B.5. La variation de densité de raffinat SAE30

La densité joue un rôle essentiel dans le processus d'extraction des aromatiques à partir des huiles de base. Elle est un indicateur clé de la composition et de la qualité des huiles, et elle exerce une influence directe sur l'efficacité de l'extraction, Le tableau suivant récapitule une suivie de la densité du raffinat SAE30 et de la charge SAE30.

Tableau IV.11 : L'évolution de densité de la charge et de raffinat.

Les jours	Densité de raffinat SAE30	Densité de la charge SAE30
05/06/2024	0,8848	0,9050
06/06/2024	0,8885	0,9072
07/06/2024	0,8857	0,9052
08/06/2024	0,8883	0,9078
09/06/2024	0,8873	0,9068
10/06/2024	0,8869	0,9059

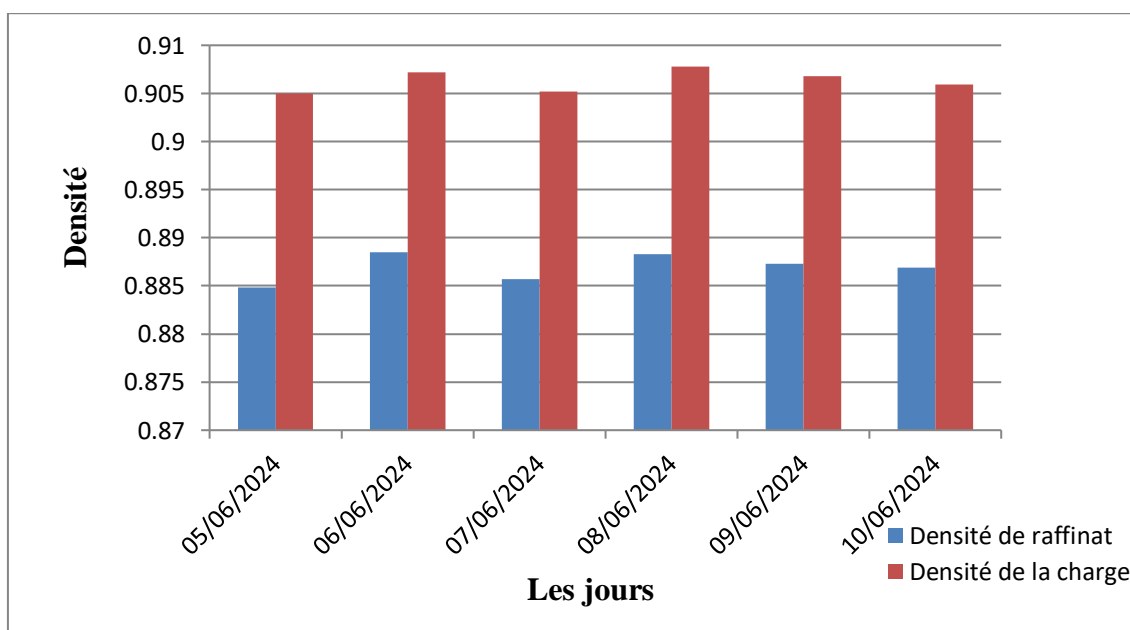


Figure IV.17 : Comparaison entre la densité de la charge et de raffinat SAE30.

Interprétation

D'après l'histogramme, On remarque que la majorité des valeurs de densité du raffinat sont inférieures à celles de la charge c'est-à-dire que l'extraction des aromatiques dans l'unité est fait avec une réalisation de notre but (diminution de densité de raffinat due à une diminution des composés aromatique), donc c'est un bon procédé de séparation des aromatiques à l'aide d'un solvant sélective furfural.

IV.B.6. Température d'extraction

L'augmentation de la température d'extraction, augmentant la solubilité des molécules aromatiques dans le furfural, ce qui se traduit par l'obtention d'un rendement raffinat plus faible à indice de viscosité égal et limitée par la miscibilité du raffinat dans le furfural.

IV.B.7. Gradient de température

Par l'utilisation du gradient de température optimale, on peut obtenir la sélectivité maximale pour une proportion minimale de solvant et par conséquent la production maximale de raffinat, la température diminue du sommet vers le bas du RDC.

Le gradient de température entre le sommet et le fond de l'extracteur est essentiel pour obtenir une séparation efficace des composés aromatiques.

La haute température au sommet permet d'augmenter la solubilité des aromatiques dans le solvant et donc l'élimination des composants à faible indice de viscosité du raffinat. La diminution de la température au fond de l'extracteur fait augmenter la sélectivité des aromatiques dans le solvant [6].

Le tableau suivant représente les valeurs de températures données en tête et pied de la RDC dans la période 05 au 10 juin 2024 suivis avec celle du design.

Tableau IV.12 : Représente les températures de tête et de fond de la colonne RDC.

Les jours	Température de tête (°C)		Température de fond (°C)	
	Cas réel	Design	Cas réel	Design
05/06/2024	135	135	110,8	105
06/06/2024	132,2	135	111	105

07/06/2024	134,2	135	113,7	105
08/06/2024	134,5	135	113,5	105
09/06/2024	134,02	135	111,5	105
10/06/2024	133,32	135	110,9	105
11/06/2024	133,75	135	111	105

Interprétation

Je remarque d'après le tableau que les valeurs de température de sommet de la colonne presque égale au design donc l'influence de ce dernier sur le rendement, le RI et la viscosité du raffinat SAE30 est négligeable. Tandis que, je constate une grande différence entre les températures du fond et du design, ceci va sûrement influencer à la sélectivité de l'extraction ainsi la qualité de SAE30.

IV.B.7.1. Influence de température de fond sur le rendement de raffinat

Les courbes illustrées dans la figure suivante représentent la relation entre la température de fond et le rendement de raffinat SAE30.

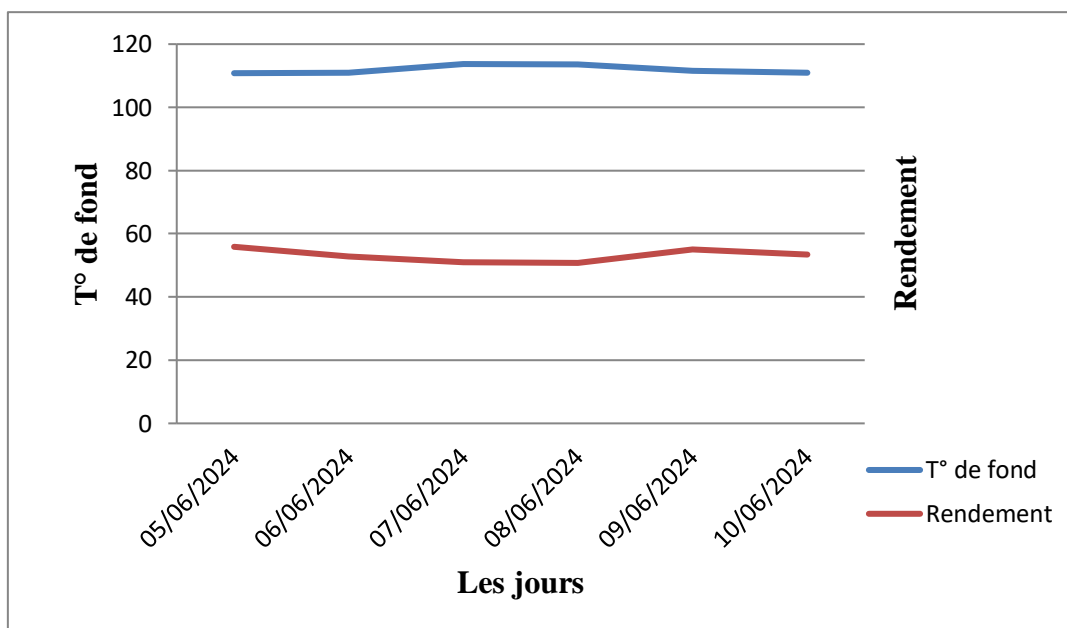


Figure IV.18 : La relation entre la température de fond et le rendement de raffinat.

Interprétation

D'après la figure, on montre que le rendement de raffinat SAE30 est varié en fonction de température de fond à travers un période de suivi. Nous avons remarqué

que lorsque la température de fond augmente le rendement de raffinat diminue cela est expliquée par la sélectivité du furfural pour les molécules aromatiques qui augmente quand la température diminue jusqu'à la valeur optimale.

IV.B.7.2. Influence de température de fond sur l'indice de réfraction (RI)

Tableau IV.13 : La relation entre température de fond et RI de raffinat SAE30.

Les jours	RI de SAE30	Température de fond (°C)
05/06/2024	1,4650	110,8
06/06/2024	1,4655	111
07/06/2024	1,4657	113,7
08/06/2024	1,4660	113,5
09/06/2024	1,4650	111,5
10/06/2024	1,4658	110,9

Interprétation

Durant la période de suivi, on conclure que le RI de raffinat varie en fonction de température de fond. Tandis que, elle augmente donc l'indice de réfraction augmente et contraire vrai.

IV.B.7.3. Influence de température de fond sur la viscosité

Les jours	Température de fond (°C)	La viscosité
05/06/2024	110,8	9,577
06/06/2024	111	9,420
07/06/2024	113,7	9,618
08/06/2024	113,5	9,847
09/06/2024	111,5	9,250
10/06/2024	110,9	8,442

Interprétation

D'après le tableau précédent, on remarque que la relation entre la température de fond et viscosité généralement est proportionnelle donc la température de fond augmente la viscosité augmente. Cette relation explique le bon déroulement de l'extraction.

Partie C. Les pertes de furfural

IV.C.1. Consommation du furfural

Il est nécessaire de noter, qu'au cours de l'extraction par solvant cette masse de furfural consommée par l'unité 300 se traduit comme suite :

- Une quantité de solvant reste dans le mélange extrait final qui est expédiée directement vers fuel.
- Une quantité de solvant reste dans le mélange raffinat final devant être traité en aval.
- Une quantité mélangée avec l'eau sortant de la colonne azéotropique et qui passe directement vers les égouts.
- Perte en solvant sous forme de coke et qui reste le paramètre le plus important, souvent résultant de la dégradation chimique du furfural.

IV.C.2. Les pertes du furfural

IV.C.2.1. Perte du furfural en raffinat et extrait

Durant notre travail, nous avons fait un suivi de la teneur en furfural dans l'extrait et dans le raffinat. Selon le design la teneur en furfural dans l'extrait ne doit pas dépasser 100 ppm, et dans raffinat ne doit pas dépasser 50 ppm, le tableau suivant illustre les variations de la teneur en furfural dans ces deux phases du 05 juin au 10 juin 2024.

Tableau IV.14 : Les variations de la teneur en furfural dans le raffinat et l'extrait.

Les jours	Teneur en raffinat (ppm)	Teneur en l'extrait (ppm)
05/06/2024	24,09	64,33
06/06/2024	45,21	65,23
07/06/2024	21,52	39,40
08/06/2024	22,58	49,36
09/06/2024	12,42	21,88
10/06/2024	15,15	26,33

A partir des résultats du tableau, nous avons tracé histogramme suivant :

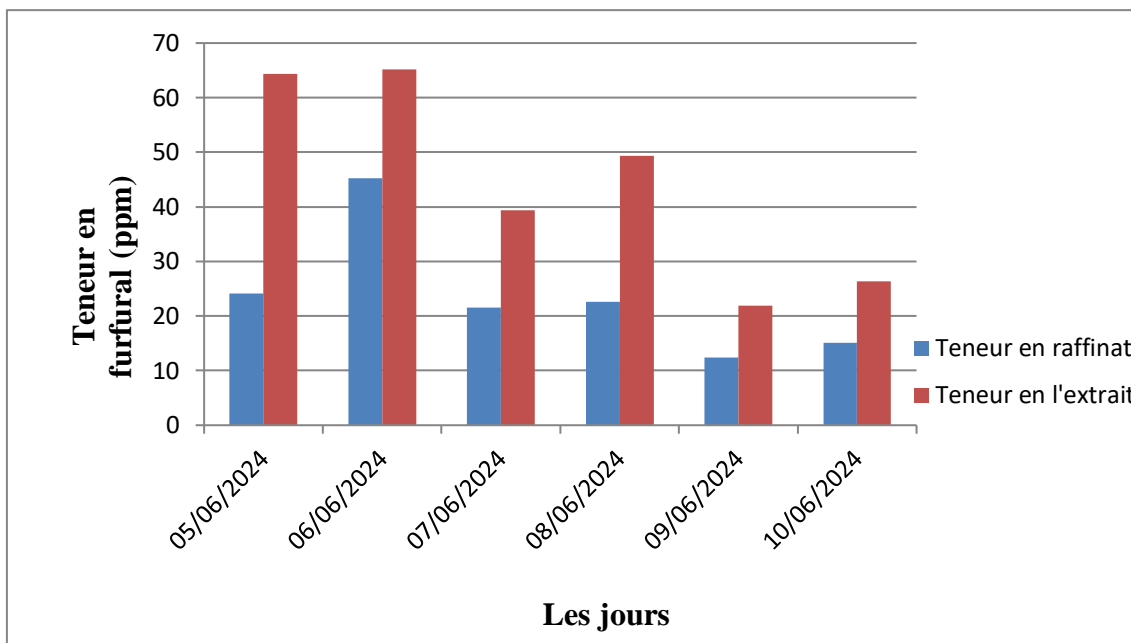


Figure IV.19 : Variation de teneur en furfural dans le raffinat et l'extrait.

Interprétation des résultats

A partir des résultats du tableau et de la figure, on observe que la concentration de furfural varie entre 21,88 et 65,23 ppm dans l'extrait, et entre 12,42 et 45,21 ppm dans le raffinat. En comparant avec les valeurs du design, on constate que la colonne traite par les normes de design.

IV.C.2.2. Perte du furfural par oxydation d'air

Au contact de l'air le furfural s'oxyde facilement, engendrant un mélange d'acides qui conduit toutefois à la formation de coke.

La dégradation du furfural en acides conduit à la corrosion des équipements, pour éviter l'oxydation du furfural aboutissant invariablement à la formation d'acides, du MEA est injecté dans le ballon D.301. Le moyen de détection le plus simple est la mesure d'acidité. Selon le design l'acidité du furfural ne doit pas dépasser 0,15 mg KOH/ml. Durant notre travail, nous avons fait un suivi au niveau de laboratoire de l'acidité du furfural dans la colonne C306.

Tableau IV.15 : L'acidité en (mg KOH/ml) dans la colonne C.306.

Les jours	Acidité (mg KOH/ml) (C306)
05/06/2024	0,0640
06/06/2024	0,0653
07/06/2024	0,0773
08/06/2024	0,0765
09/06/2024	0,0435
10/06/2024	0,0380

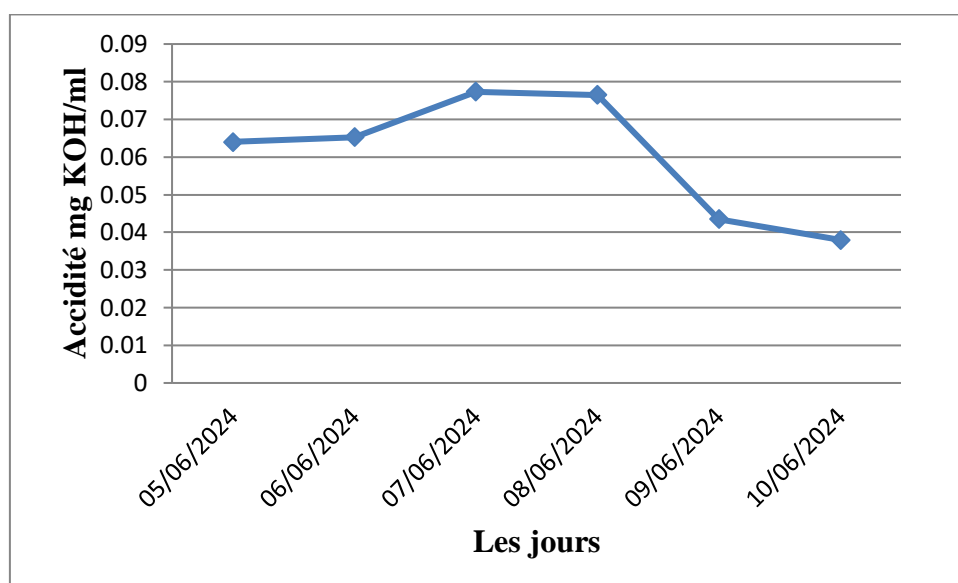


Figure IV.20 : L'acidité dans la colonne C.306.

IV.C.2.3. Perte du furfural par décomposition thermique

Le taux de décomposition dépendra de la température, de la pression et de la durée du chauffage. À une température 230 °C le furfural subit une forte dégradation, ce qui provoque la formation de coke.

Au niveau des échangeurs et du four la formation du coke est importante au niveau des coudes des tubes ce qui va créer des points chauds qui contribuent à la dégradation thermique du furfural.

IV.C.3. Optimisation des pertes de furfural

Dans le but d'optimiser l'utilisation du furfural, il est essentiel de trouver des solutions pour réduire les pertes associées à sa dégradation thermique et à la formation de coke.

a. Désaération de la charge

Il est essentiel d'effectuer une désaération adéquate de la charge en éliminant soigneusement l'air avant son contact avec le solvant. Cela implique de créer un vide optimal dans les désaérateurs afin d'éliminer tout excès d'oxygène.

b. L'acidité du furfural dans l'unité

L'acidité du furfural doit être maintenue à une valeur très faible car les acides sont des catalyseurs d'oxydation. Cette opération est réalisée par addition de MEA afin de neutraliser le milieu.

c. Elimination de l'eau

La présence d'humidité peut accélérer la dégradation du furfural, ce qui entraîne des pertes plus importantes. Par conséquent, il est essentiel de veiller à ce que le solvant soit soigneusement séché afin de réduire au maximum la teneur en humidité.

d. Diminution de la température des parois dans les fours

Il est important de veiller à ne pas trop monter la température du four. L'augmentation de cette température n'améliore que très temporairement l'efficacité de l'appareil, elle favorise l'encrassement par décomposition du furfural.

Conclusion

D'après le suivi des unités en amont, on constate des décalages dans certains paramètres physiques tels que le rendement, RI, densité et viscosité du SAE30 cet écart va influencer énormément sur la qualité de séparation de procédé en aval tels que l'extraction des aromatiques.

On a constaté que le taux de solvant n'est pas respecté dans le procédé d'extraction des aromatique, qui va influencer sur la qualité des produits finis, que Le rendement de raffinat SAE30 prend des valeurs peu loin au design en fonction de la variation du taux de solvant.

La température de tête de l'extracteur est presque proche à la valeur de design ce qui informent que son influence sur le rendement, le RI et la viscosité n'est pas perceptible. Une augmentation de la température en fond décroît la sélectivité des composants lourds et entraîne une augmentation du rendement du raffinat (par analogue d'une diminution du rendement de l'extrait).

Les résultats trouvés pour la densité et la viscosité montrent un bon fonctionnement du procédé de l'extraction.

Conclusion générale

Au cours de mon projet de fin d'études à la raffinerie d'Arzew, j'ai d'une part exploré le monde industriel et sa complexité, et d'autre part, mis en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de mon parcours, ce qui m'a été très utile pour résoudre une problématique concrète.

Malgré la courte durée de la période accordée et les difficultés à recueillir les informations et données nécessaires, en particulier lors de mon stage dans l'unité 300 zone 5, j'ai tiré parti de cette expérience enrichissante pour approfondir ma compréhension du monde industriel.

Dans le présent travail, j'ai présenté le suivi de fonctionnement de l'unité 300. L'objectif de cette unité est l'amélioration de l'indice de viscosité des huiles de base utilisées pour la lubrification, par l'extraction des hydrocarbures aromatiques qui ont un faible VI en utilisant un solvant sélectif qui est le furfural.

Mon travail consistait à faire une comparaison entre le fonctionnement en design et au réel, j'ai pu rapprocher les connaissances théoriques à celle de la pratique et donner une conclusion suivante :

- Une diminution du taux de solvant réel et de la quantité de charge traitée, ce qui suggère une sous-utilisation de l'unité. la situation présente des avantages économiques en termes d'économie de solvant.
- Le taux de solvant est largement élevé dans le design par rapport au fonctionnement réel dans le cas du grade SAE30, pour éviter les pertes en Furfural et la perturbation de la colonne d'extraction RDC, donc Travailler avec un taux de solvant 2,5 au lieu de 4,5, bien que cette valeur est très loin à la valeur de design mais elle est optimale, car à la fin de l'opération on obtient une huile de base avec un rendement assez proche. Ainsi une viscosité et une densité dans les normes. Aussi on amène la RDC de fonctionner son perturbation technique, et on évite la formation du coke.
- On a suivi l'influence de la température bien que c'est un paramètre peu importe pour l'extraction, comparé avec le taux de solvant, on a déduit que la température de tête de la colonne est dans les normes, alors que la température du fond est hors design et d'après les résultats, il est indispensable de travailler à des faibles

températures que celles en réalité car les valeurs actuelles sont élevées. Cette élévation influe sur l'RI plus que sur le rendement et la viscosité. On a trouvé que la valeur optimale est 113,7 °C (comparée au design avec une valeur de 105 °C).

Dans mon problématique axée sur la consommation et les pertes du furfural, j'ai identifié plusieurs points importants nécessitant une attention particulière, afin d'optimiser la consommation de furfural.

À terme, le stage était très bénéfique pour l'application de mon connaissances théoriques, surtout dans le domaine des huiles.

Recommandation

Pour éviter la dégradation thermique du furfural pendant le processus d'extraction, voici quelques recommandations :

- Utilisation des additifs peuvent être ajoutés au furfural pour stabiliser sa composition chimique et minimiser la dégradation thermique.
- Limiter le temps d'extraction pour réduire l'exposition prolongée à la chaleur.
- Installer des capteurs pour surveiller la température et la composition en temps réel afin d'ajuster les conditions si nécessaire.
- Utilisation des phosphates, peuvent être utilisés comme agents de passivation pour réduire les réactions de dégradation du furfural à des températures élevées. Ils forment une couche protectrice sur les surfaces métalliques en contact avec le solvant, empêchant ainsi les réactions indésirables.
- Utilisation des récipients contenant du furfural seront stockés dans des locaux bien ventilés à l'abri de la lumière et toutes sources d'ignition et de chaleur, le sol sera incombustible et fermera une cuvette afin qu'en cas de débris le liquide ne puisse se répandre en dehors. il est interdit de fumer.

Références bibliographiques

- [1] Situation du complexe, direction technique, description du complexe RA1Z, activité aval, Sonatrach, 2001.
- [2] Manuel opératoire laboratoire (RA1Z), Sonatrach.
- [3] H.P.Loh, "Process Equipment Cost Estimation Final Report", January, 2002.
- [4] Les huiles usagées « Raffinage et valorisation énergétique » François AUDIBERT, édition technique. IFP. Paris 2003.
- [5] J-P WAUQUIER, "Procédé de séparation", Tome. II, 1994.
- [6] J. P. WAUQUIER. « Le raffinage du pétrole ». Tome I, édition technique, IFP.1994.
- [7] Manuel opératoire sur les procédés de fabrication des huiles de base {au niveau de la raffinerie d'Arzew }.
- [8] P. Wuithier, "Raffinage et génie chimique", Tome. II, Edition Technip, Paris, 1972.
- [9] Gérard Cote, "extraction liquide-liquide", technique de l'ingénieur, 10 juin 2017.