



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
Abdel Hamid Ibn Badis University - Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم هندسة الطرائق
Department of Process Engineering



N° d'ordre : M...../IP/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Industries pétrochimiques

Spécialité : Génie pétrochimique

Thème

***Les causes de diminution de la production de l'unité de traitement
déparaffinage Zone 5 unité 400***

Présenté par

1- Mlle BENDRAOU Halima

Soutenu le 13/07/ 2021 devant le jury composé de :

| | | | |
|----------------|-------------------|-----|--------------------------|
| Président : | R.M. GHEZZAR | Pr | Université de Mostaganem |
| Encadrante : | Z. MOHAMED SEGHIR | MAA | Université de Mostaganem |
| Examineur : | B. SMAIL | MAA | Université de Mostaganem |
| Examinatrice : | K. BELHADJI | MCB | Université de Mostaganem |

Année Universitaire 2020/2021

Remerciement

Le plus grand merci revient a mon Dieu qui lui seul m'a guidé dans le bon chemin durant ma vie et qui m'aide à réaliser ce modeste travail.

A mes parents pour m'avoir encouragé et permis d'entreprendre la formation. Sans eux, je n'en serais pas là.

Je tiens à remercier vivement Mm. Mohamed Seghir Zahira, qui a accepté de diriger ce travail de recherche. Qu'elle trouve ici l'expression de ma plus grande gratitude pour son soutien bienveillant et la confiance qu'elle m'a manifestée dans les moments les plus difficiles. Qu'elle soit assurée de ma profonde gratitude reconnaissance et de ma plus grande sympathie.

Mes vifs remerciements aux membres de jury :

Pr. GHEZZAR d'avoir accepté de présider ce jury, Mr B. SMAIL, Dr K. BELHADJI
d'accepter d'examiner ce travail

Je teins a remercier l'ensemble du personnel de la zone 5 de fabrication des huiles de base.

Je tiens remercier évidemment l'ensemble du personnel de la Raffinerie D'Arzew

Merci à tous ceux qui ont répondu à nos questions, qui nous ont donné un coup de main.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Liste des abréviations | 4 |
| Liste des figures..... | 5 |
| Liste des tableaux | 6 |
| Introduction générale | 1 |
| I.1. Historique de la raffinerie d'Arzew : | 4 |
| I.1.1. Situation géographique et donnée élémentaires :..... | 4 |
| I.1.1.1 Mission et Objectifs assignés :..... | 4 |
| I.1.1.1.2. Les capacités annuelles de traitement et de production : | 5 |
| I.1.4. Présentation des principales installations de RA1Z :..... | 5 |
| II.1. Introduction..... | 11 |
| II.2. Les lubrifiants et les huiles de graissages | 11 |
| II.2.1. Définition d'un lubrifiant | 11 |
| II.2.2. Classification des huiles lubrifiantes | 11 |
| II.2.3. Rôle et importance de lubrification : | 11 |
| II.2.4. Composition d'huile lubrifiante :..... | 12 |
| II.2.5 Fabrication des huiles lubrifiantes :..... | 14 |
| II.2.6. Les différents types des huiles de base | 14 |
| II.2.7. Caractéristiques principales d'une huile de base | 15 |
| II.2.7.1. Les Caractéristiques physiques:..... | 15 |
| II.2.7.2. Les Caractéristiques chimiques | 16 |
| II.3. Chaine de fabrication des huiles | 18 |
| II.3.1 Unité 100 : La distillation sous vide | 18 |
| II.3.2. Unité 200 : Désasphaltage au propane..... | 19 |
| II.3.3. Unité 300 : Extraction au furfural :..... | 21 |
| II.3.4 Unité 400 : Déparaffinage au MEC/Toluène | 21 |
| II.3.5. Unité 500 : | 22 |
| II.3.6. Unité 150 (Description du Système d'huile caloporteur) | 23 |
| III.1. Introduction | 26 |
| III.2. Principe du procédé de déparaffinage | 26 |
| III.2.1. Choix Du Solvant | 26 |
| III.2.2. Les caractéristiques des solvants MEK/TOLUENE : | 26 |
| III.3. Description du procédés | 28 |
| III.3.1. Déparaffinage | 28 |
| III.3.2. Fractionnement des paraffines..... | 29 |

| | |
|---|----|
| III.3.3. Fractionnement des paraffines-opération de « repulp » | 29 |
| III.3.4. Refroidissement du solvant | 30 |
| III.3.5 : Récupération de l'huile déparaffinés | 30 |
| III.3.6. Récupération de la paraffine dure | 31 |
| III.3.7. Récupération de la paraffine molle (ou de gatsh)..... | 32 |
| III.3.8. Récupération de cétone | 33 |
| III.3.9. Réfrigération au propane | 33 |
| III.3.10. Système gaz inerte | 34 |
| IV.1. Introduction | 37 |
| IV.2. Présentation de problème | 37 |
| IV.3. Vérification des performances des Schillers | 39 |
| IV.3.1. SchillersE403A/B/C/D | 39 |
| IV.3.1.1. Différence moyenne logarithmique de température | 41 |
| IV.3.1.2. Expression de la température calorique T_c | 41 |
| IV.3.1.3. Détermination des caractéristiques physico-chimiques à T_c , t_c | 42 |
| IV. 3.1.4.3.Calcul du coefficient de transfert propre | 46 |
| IV. 3.1.4.4 Surface d'échange calculé | 46 |
| IV.3.2. Schiller à propane E404A/B/C/D | 47 |
| IV.3.2.1. Quantité de chaleur dégagée par le mélange d'alimentation Q_1 | 47 |
| IV. 3.2.2. Détermination de la quantité de chaleur dégagé lors de cristallisation Q_2 | 48 |
| IV. 3.2.3. Détermination de la surface d'échange de Schiller E404 A : | 49 |
| IV.4. Détermination de la surface d'échange total des Schillers E403 et E404 | 49 |
| IV.4.1 Détermination du nombre des Schillers calculé : | 50 |
| IV.5. Interprétation générale : | 50 |
| Conclusion..... | 51 |
| Références bibliographiques | 53 |

Liste des abréviations

| | |
|--|---|
| BRA: Brut Réduit Atmosphérique | BRI: Brut Réduit Importé |
| SPO: huile de broche | SAE: Société d'ingénieurs automobiles |
| JGC: compagnie d'essence du japan | GPL: Gaz du pétrole liquéfié |
| RSV: Résidu Sous Vide | DAO: huile désasphaltée |
| DO: huile déparaffinée | LSRN: Naphta léger |
| HSRN: Naphta lourd | LGO: Gasoil léger |
| HGO: Gasoil lourd | LVGO: gasoil léger sous vide |
| MVGO: gasoil sous vide moyen | HVGO: gasoil lourd sous vide |
| VI: Indice de viscosité | Tol: Toluène |
| MEC: Méthyle éthyle cétone | MVO: Huile mi-visqueuse |
| Vo: Huile visqueuse P. | P: Poor point (point d'écoulement) |
| F401: filtre | E401: échangeur de chaleur |
| C402: colonne | P401: pompe |
| K401: compresseur | D401: ballon |
| ΔP : Perte de charge | K: coefficient de résistance |
| d: densité | μ : viscosité dynamique |
| v: viscosité cinématique | ρ : masse volumique |
| BS: Stock brillant | SAE 30(VO): huile visqueuse |
| Cst: Centi stock | Gatsh: Paraffine issue de la filtration |
| NAFTEC: Société national du raffinage du pétrole | |
| ASTM: Société américaine pour les tests et matériels | |
| SAE 10(MVO): huile mi-visqueuse | |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I: Situation géographique de raffinerie d'Arzew. | 4 |
| Figure II : Capacité de production de la raffinerie d'Arzew.[1] | 5 |
| Figure III: Plan de la raffinerie d'ARZEW [1] | 9 |
| Figure IV: Constituants d'une huile lubrifiante. | 14 |
| Figure V: Chaine de fabrication des huiles de base [3] | 18 |
| Figure VI: Schéma simplifié de la distillation sous vide. | 19 |
| Figure VII: Schéma simplifié du désasphaltage au propane. | 20 |
| Figure VIII: Schéma simplifié de l'extraction au furfural. | 21 |
| Figure IX: Schéma simplifié du déparaffinage. | 22 |
| Figure X: Schéma simplifié d'hydrofinishing. | 23 |
| Figure XI: Schéma simplifié de l'unité de déparaffinage [5] | 35 |
| Figure XII: Suivis de la variation de point d'écoulement et température de filtration par rapport au design. | 38 |
| Figure XIII: Teneur en eau dans le solvant sec. | 39 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau I: Composition des huiles et leur structure..... | 13 |
| Tableau II: Caractéristiques physico-chimiques des différents solvants MEK/TOLUENE . | 27 |
| Tableau III: les surfaces d'échange calculées des échangeurs E403. | 47 |
| Tableau IV: Quantité de chaleur dégagée par le mélange d'alimentation Q1 | 48 |
| Tableau V: les surfaces d'échange calculées des réfrigérants E404 | 49 |

Introduction générale

Le raffinage du pétrole désigne l'ensemble des traitements de transformation visant à tirer du pétrole le maximum de produits à haute valeur commerciale. Selon l'objectif visé en général, ces procédés sont réunis dans une raffinerie. La raffinerie est l'endroit où l'on traite le pétrole pour extraire les fractions commercialisables.

Le pétrole figure actuellement comme le promoteur de développement industriel et économique de nombreux pays dans le monde. Il constitue une source d'énergie indispensable dans la vie quotidienne grâce au raffinage. Mis à part l'utilisation du pétrole comme source d'énergie et de chaleur, il a permis de fabriquer les lubrifiants dont l'industrie a besoin.

Avec le développement de la technique des machines et le changement dans les habitudes d'utilisation des véhicules, les huiles lubrifiantes sont devenues un pôle central d'intérêt ce qui rend important de produire des huiles de haute qualité.

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

L'Algérie possède cinq raffineries, dont la raffinerie d'Arzew (RA1/Z). Cette raffinerie est la seule qui produit les lubrifiants. Les lubrifications produites par la raffinerie d'Arzew sont comparables du point de vue qualitatif aux meilleures productions mondiales.

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 présent travail traite les lubrifiants. Il a été effectué dans la zone 5 à unité 400 de déparaffinage au Mec/Toluène. Ces derniers ont pour but d'améliorer le point d'écoulement des huiles lubrifiantes et d'éliminer les paraffines de l'huile de base finie.

La paraffine, que certains pétroles bruts contiennent en abondance, est employée dans la fabrication des bougies et des produits d'entretien. De plus, elle entre dans la fabrication des protéines alimentaires par l'action des bactéries sur certaines coupes pétrolières. Ces produits sont très utiles pour la nourriture du bétail notamment dans les pays en voie de développement.

Au niveau d'unité, le déparaffinage est opéré sur la base d'une cristallisation des paraffines à basse température avec solvants. L'huile de base produite a un mauvais point d'écoulement ce qui se traduit par un rendement faible. Notre étude consiste à étudier le processus de déparaffinage pour connaître les causes de diminution de produit limite de l'unité de traitement déparaffinage.

Pour ce faire, une étude de l'unité 400 a été réalisée. Elle permettra de comprendre le problème et facilitera la proposition d'une solution.

Afin de répondre à cette préoccupation nous avons structuré notre travail comme suit:

Les trois premiers chapitres sont consacrés à la présentation de la raffinerie d'Arzew et de ses différentes sections, fabrication des huiles lubrifiantes et le déparaffinage au solvant.

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 de déparaffinage (400).

Nous terminerons ce travail par une conclusion générale sans oublier de citer quelques perspectives.

Chapitre I : Généralité sur la raffinerie d'Arzew

I.1. Historique de la raffinerie d'Arzew :

La construction du complexe a été réalisée par la société japonaise « JAPAN GAZOLINE COMPANY (JGC) » en collaboration avec l'entreprise Sonatrache.

La pose de la première pierre a eu 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 [1].

I.1.1. Situation géographique et donnée élémentaires :

La raffinerie est située dans la zone industrielle d'Arzew sur le plateau d'El-Mohgoun à 2Km d'Arzew et occupe une surface de 150 Hectares. Elle a pour principales taches :

- Traitement et raffinage du pétrole brut venant de Hassi-Rmel à travers la RTO et le brut réduit importé (BRI).
- Satisfaire la demande nationale et internationale en carburants, combustibles, lubrifiants, bitumes, et de plus en plus, en produits de base pour la pétrochimie (naphta, kérosène, fiouls).

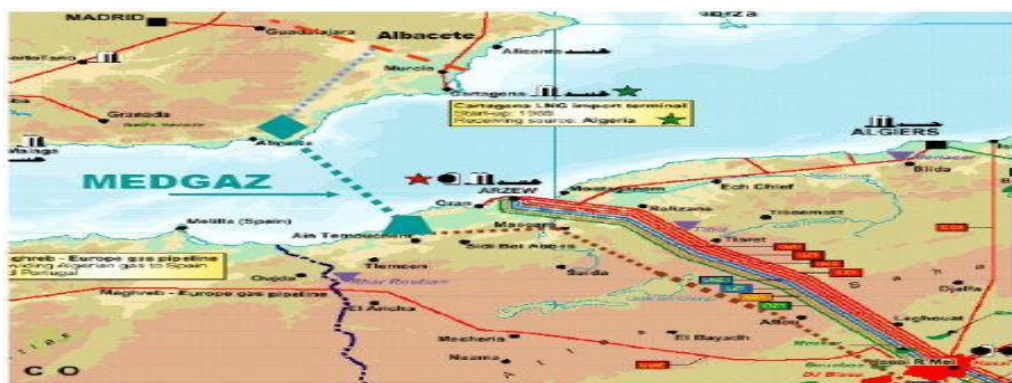


Figure I: Situation géographique de raffinerie d'Arzew.

I.1.1.1 Mission et Objectifs assignés :

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 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.1.1.1.2. Les capacités annuelles de traitement et de production :

La raffinerie d'Arzew traite en moyenne :

- 3,75 millions de tonnes par an de pétrole brut Saharien (Hassi Messaoud) ;
- 190960 tonnes par an de brut réduit importé(BRI) pour la production de bitume.

Les capacités annuelles de production des différents produits sont représentées dans la figure I.2.

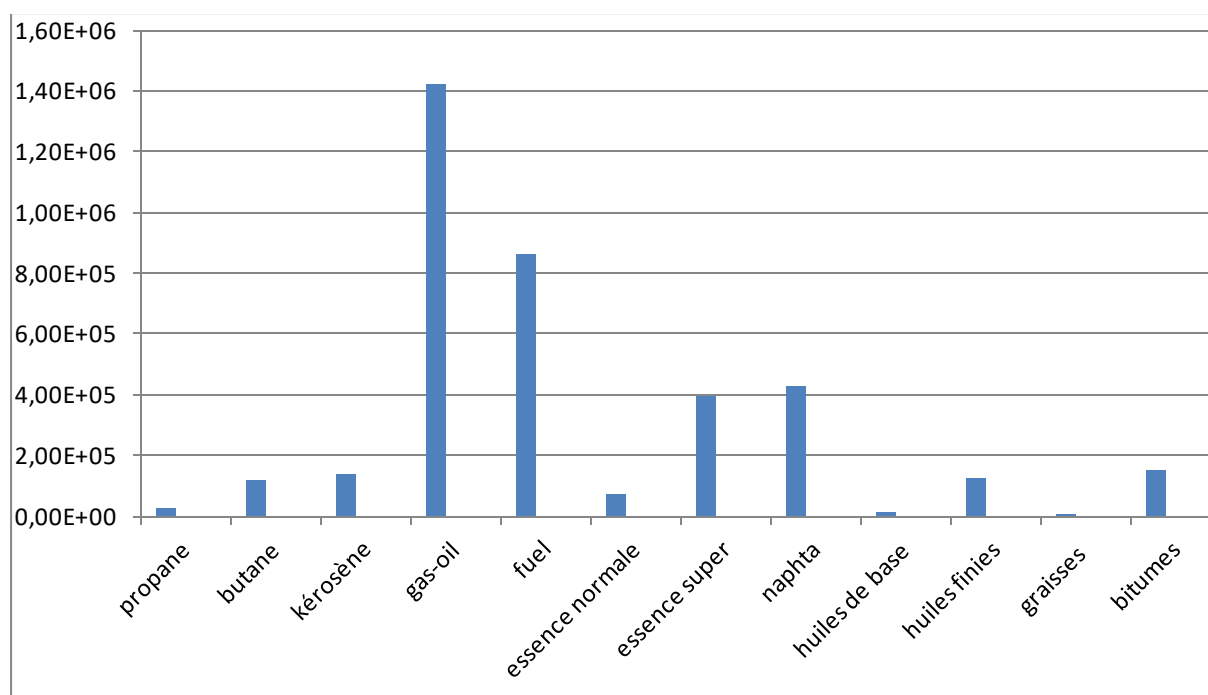


Figure II : Capacité de production de la raffinerie d'Arzew.[1]

I.1.4. Présentation des principales installations de RA1Z :

La raffinerie d'Arzew comprend quatre départements de production le P1, P2, P3 et P4, chaque département est constituée de plusieurs zones ayant des activités spécifiques.

❖ Département Production P1 :

Les installations sont constituées de :

- **Zone 3** : Utilités : Elle comprend les unités suivantes :
 - ✓ Unité 31 : Production de vapeur et d'électricité ;
 - ✓ Unité 32 : Production de l'eau distillée ;
 - ✓ Unité 33 : Circuit d'eau de refroidissement ;
 - ✓ Unité 34 : Station de pompage d'eau ;
 - ✓ Unité 35 : Récupération et distribution du gaz combustible ;
 - ✓ Unité 36 : Unité d'air comprimé ;
 - ✓ Unité 67 : Pompier du réseau d'eau anti-incendie.

- **Zone 4** : Carburants : Elle comprend les unités suivantes :
 - ✓ Unité 11 : Unité de distillation atmosphérique « Topping » ;
 - ✓ Unité 12 : Unité de reforming ;
 - ✓ Unité 13 : Séparation des gaz « Gas Plant » ;
 - ✓ Unité 17 : Unité d'isomérisation ;
 - ✓ Unité 18 : Huile chaude « hot oil » ;
 - ✓ Unité 65 : Torche des gaz.

- **Zone 7** : Lubrifiants : Elle comprend les unités suivantes :
 - ✓ Unité 21 : Distillation sous vide ;
 - ✓ Unité 22 : Désasphaltage au propane ;
 - ✓ Unité 23 : Extraction au furfural des aromatiques ;
 - ✓ Unité 24 : Déparaffinage au MEK-Toluène ;
 - ✓ Unité 25 : Hydrofinishing.

- **Zone 10** : Bitumes : Cette zone est composée des unités suivantes :
 - ✓ Unité 14 : Bitumes routiers ;
 - ✓ Unité 15 : Bitumes Oxydés ;
 - ✓ Unité 45 : Conditionnement et stockage des bitumes.

❖ **Département Production P2 :**

En 1978, suite aux besoins importants en lubrifiants, la réalisation d'un ensemble de production de 120000 T/an d'huile de base fut lancé .Le démarrage de cet ensemble fut en 1982. Il comprend deux zones :

➤ **Zone 19** : Utilités : Elle comprend les unités suivantes :

- ✓ Unité 1100 : Production de la vapeur ;
- ✓ Unité 1200 : Production de l'électricité ;
- ✓ Unité 1300 : Tour de refroidissement ;
- ✓ Unité 1400 : Fuel gaz ;
- ✓ Unité 1500 : Unité d'air comprimé ;
- ✓ Unité 1600 : Production de l'eau distillée ;
- ✓ Unité 1700 : La torche ;
- ✓ Unité 280 : Production de gaz inerte (azote).

➤ **Zone 5** : Lubrifiants : Elle comprend les unités suivantes :

- ✓ Unité 100 : Distillation sous vide ;
- ✓ Unité 200 : Désasphaltage au propane ;
- ✓ Unité 300 : Extraction des Aromatiques ;
- ✓ Unité 150 : HOT OIL ;
- ✓ Unité 160 : Traitement des eaux acide ;
- ✓ Unité 400 : Déparaffinage au MEK-Toluène ;
- ✓ Unité 500 : Hydrofinishing ;
- ✓ Unité 600 : Hydrotraitement de la paraffine.

❖ **Département Production P3 :**

➤ **Zone 6** : Fabrication des huiles finies et graisses.

Elle comprend les unités suivantes :

- ✓ 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.

❖ **Département de production P4 :**

- **Zones 28 :** Stockage et d'expédition ;

- **Zones 27 et Unité 1800 :** Traitement des effluents.

❖ **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 procède aux analyses des différents échantillons spéciaux.

La figure suivante montre une présentation le plan de la raffinerie.

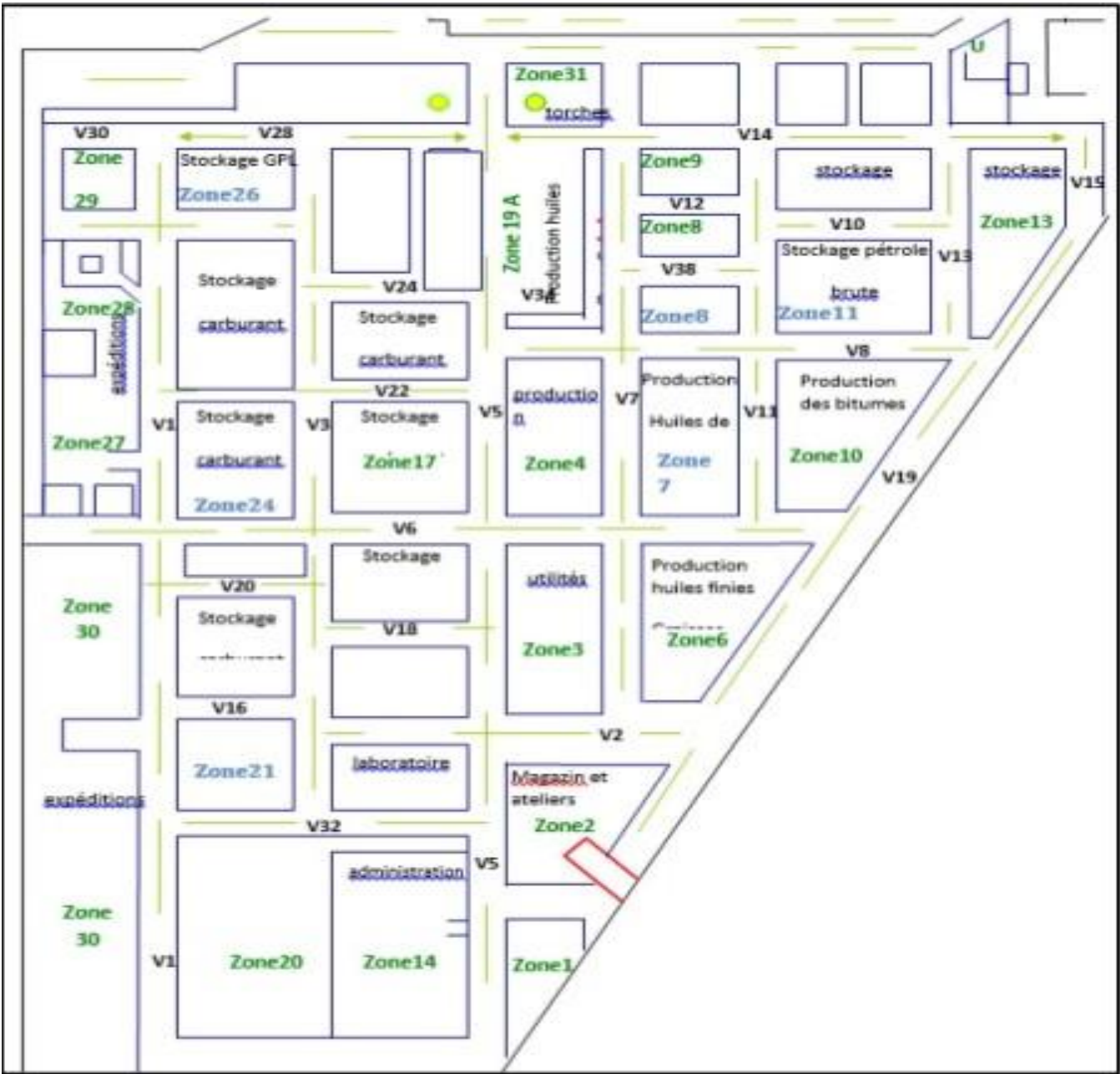


Figure III: Plan de la raffinerie d'ARZEW [1]

Chapitre II : Chaine de fabrication des huiles

II.1. Introduction

Avec le développement et l'évolution de la technologie de la machine, les huiles lubrifiantes sont devenues un pôle central d'intérêt. Les règlements et les spécifications techniques sont demandés à l'industrie pétrolière presque tous les jours. Une série de nouveaux procédés plus en plus perfectionnés dont la mise au point a impliquée des efforts de recherche et des investissements considérables et coûteux afin de satisfaire la demande aussi bien au point de vue quantitatif que qualitatif.

L'huile lubrifiante intègre de nombreux rôles dans l'industrie et ses différentes caractéristiques répond ainsi aux besoins du marché et s'évolution. Parmi les différents domaines de l'utilisation dans transports, travaux publics, agriculture et d'autres.

II.2. Les lubrifiants et les huiles de graissages

II.2.1. Définition d'un lubrifiant

Les huiles lubrifiantes sont des fractions pétrolières non énergétiques, visqueuses à haut point d'ébullition obtenues à partir du résidu atmosphérique dans une colonne sous vide. Ce sont des substances de nature onctueuse d'une couleur claire, elles peuvent être liquides (huiles), semi-plastiques (graisse ou gel de silicone), ou solides (graphite, téflon). [1]

II.2.2. Classification des huiles lubrifiantes

- Huiles lubrifiantes pour moteur représentent environ 81% du tonnage produit:
- Huiles pour moteur à essence (NAF 20W50, NAF MONO).
- Huiles pour moteurs diesel (CHIFFA, CHELIA).
- Huiles pour transmission (TASSILIA, TASSILIA EP).
- Les huiles industrielles représentent environ 19% du tonnage produit [12] :
- Huiles hydrauliques (TISKA).
- Huiles turbines (TORBA).
- Huiles engrenages (FODDA).
- Huiles compresseurs (TORADA).

II.2.3. Rôle et importance de lubrification :

L'importance de lubrification a pour but de réduire le frottement et l'usure par :


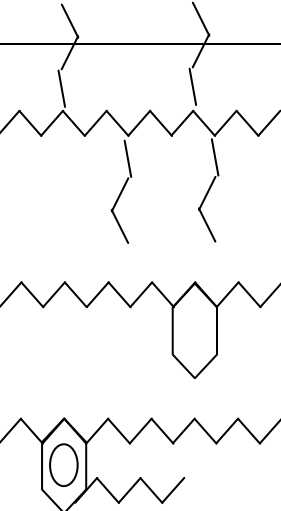
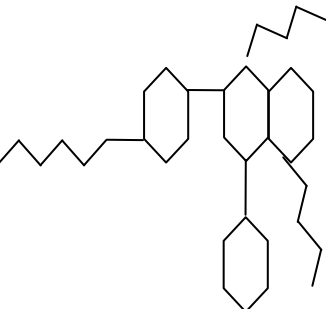
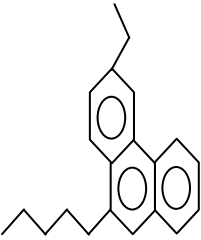
- Gain d'énergie (réduction de l'effet du frottement)
- Gain de matière (réduction de l'usure)

- Assurer la sécurité de fonctionnement en évitant les contacts métal-métal
- Protection des surfaces métalliques
- Protection contre la corrosion
- Diminution des bruits de moteurs
- Transmettre de la chaleur et de l'énergie
- Protection de l'usure et de frottement
- Elimination des résidus et les impuretés.

II.2.4. Composition d'huile lubrifiante :

Une huile lubrifiante est constituée d'un mélange d'hydrocarbures appartenant aux séries des paraffines, des naphènes et cycles aromatiques et quelques proportions de soufre, d'azote et d'oxygène

Tableau I: Composition des huiles et leur structure.

| Famille d'hydrocarbures | Structure type | Propriétés principales | |
|--|---|--|--|
| | | Recherchées | Nuisibles |
| Paraffines en chaîne droite |  | <ul style="list-style-type: none"> - Point d'écoulement élevé - Bonne résistance à l'oxydation | <ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité élevée |
| Paraffines ramifiées et paraffines avec peu de cycles |  | <ul style="list-style-type: none"> - Résistance à l'oxydation assez à bonne, - Point d'écoulement bas le plus souvent. | <ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité bon a élevé, |
| Naphténiques |  | <ul style="list-style-type: none"> - Bonne résistance à l'oxydation - Point d'écoulement bas, | <ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité faible |
| Aromatiques |  | <ul style="list-style-type: none"> - Point d'écoulement généralement bas, - Très mauvaise résistance à l'oxydation | <ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité bas, |

II.2.5 Fabrication des huiles lubrifiantes :

Les lubrifiants sont fabriqués à partir d'un mélange d'huile de base et d'additifs qui confèrent aux produits finis des propriétés physico-chimiques selon le domaine d'application.[2]

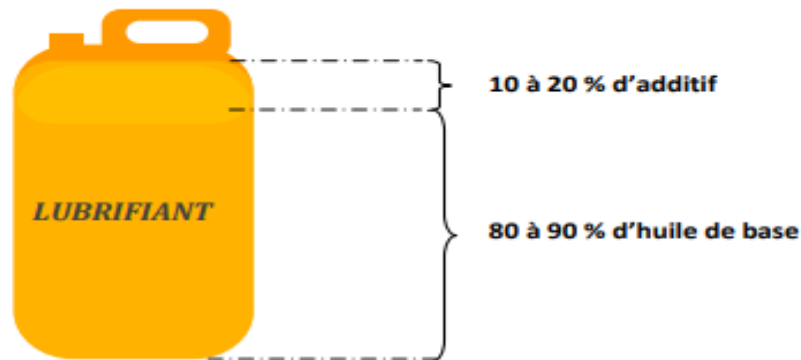


Figure IV: Constituants d'une huile lubrifiante.

II.2.6. Les différents types des huiles de base

Il existe trois types d'huiles de base :

- **Les huiles de base minérales:**

Elles sont fabriquées à partir du pétrole après diverses séparations dans le complexe du raffinage, elles sont utilisées dans le domaine automobile et industriel.

- **Les huiles base synthétiques:**

Les huiles de base de synthèse sont obtenues par une réaction chimique de deux grandes familles qui sont les esters d'origine végétale, les **PAO (Poly-Alpha –Oléfines)** et l'**Ethylène**.

Ces produits présentent d'excellentes propriétés physiques telles que :

- Un indice de viscosité élevé.
- Un point d'écoulement très bas.
- Une volatilité faible.
- Une stabilité thermique [3].

- **Les huiles de base semi-synthétiques:**

Les huiles de base semi-synthétiques s'obtiennent à partir d'un mélange d'huiles de base minérales avec un pourcentage de (70 à 80) et de (20 à 30) % d'huile de Synthèse [4]

II.2.7. Caractéristiques principales d'une huile de base

II.2.7.1. Les Caractéristiques physiques:

Ces huiles de base doivent avoir des propriétés précises, déterminées au niveau de laboratoire [5], qui sont :

-Viscosité :

La viscosité décrit les caractéristiques d'écoulement d'un fluide, plus grande est la viscosité d'un liquide, plus grande est la durée de son écoulement. La notion de viscosité implique donc celle de mouvement. On peut dire que la viscosité est la résistance qu'oppose un fluide au glissement de ses molécules les unes sur les autres. [6]

-Point d'éclair :

C'est la température minimale à laquelle s'allument les vapeurs d'un liquide spontanément en présence d'une flamme dans des conditions normalisées, exprimée en °C. [1].

-Densité :

C'est le rapport de la masse d'un certain volume de cette huile à une température donnée (généralement 15 ou 20 °C) et à celle du même volume d'eau à 4 °C. Le résultat est donné directement à l'aide d'un densimètre automatique.

-Indice de viscosité :

C'est un nombre conventionnel qui a pour but d'indiquer l'effet du changement de température sur la viscosité d'une huile dans un intervalle de température déterminé (40 °C et 100 °C). Plus ce nombre est élevé, moins la viscosité varie avec la température. Cette propriété peut être améliorée par des additifs [3].

-Point d'écoulement :

C'est la température minimale à laquelle l'huile peut encore couler après avoir été refroidie jusqu'au point de figeage (point de congélation) sans agitation dans des conditions normalisées. Celui-ci doit être très bas pour assurer le démarrage du moteur à froid. Il est lié à la viscosité et à l'indice de viscosité [3].

-Résistance à l'oxydation et stabilité thermique :

C'est dégradation des caractéristiques des huiles sous l'influence de l'oxygène et de la température, ne doit pas se dégrader par réaction avec l'oxygène ce qui conduit à la formation des substances corrosives pour les pièces métalliques du moteur.

La stabilité thermique d'une huile est sa capacité de résister aux changements chimiques, notamment en raison d'une hausse de température en l'absence d'oxygène.

La stabilité à l'oxydation d'une huile est sa capacité de résister aux changements chimiques, en raison d'une hausse de température et en présence d'oxygène [1].

-Couleur :

La couleur est un critère de la qualité du fonctionnement des huiles, son intensité est fonction du degré de raffinage [1].

II.2.7.2. Les Caractéristiques chimiques

-Indices de neutralisation (acidité et /ou basicité des huiles) :

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes de potasse, nécessaires à la neutralisation des acides organiques ou minéraux contenus dans un gramme d'huile (mg KOH/g d'huile). Des corps très différents peuvent en effet acidifier les huiles : acides résiduels après la distillation, composés oxydés désignés sous le nom d'acides du pétrole, polluants acides. Dans la plupart des cas, l'indice d'acide croît lentement avec le temps de service .

-Taux de carbone Conradson :

Il détermine la teneur en corps résineux et en hydrocarbures polycycliques. Il peut être considéré comme degré de raffinage (épuration) de l'huile. Cette mesure caractérise la tendance d'une huile à former des dépôts carbonés lorsqu'elle est soumise à une carbonisation.

Lorsqu'une huile de base est portée à une température élevée, en atmosphère confinée, pendant un temps assez long, les constituants légers se volatilisent alors que les constituants lourds se cokéfient en un résidu charbonneux. Le pourcentage de carbone transformé en coke, appelé Taux de Carbone Conradson. L'huile de bonne qualité doit donner le moins possible de carbone pour le diminuer on épure les huiles par élimination des aromatiques à chaînes latérales courtes qui ont un indice de Conradson élevé par des solvants sélectifs.

II.2.8. Les additifs

II.2.8.1. Définition des additifs

Les additifs sont des produits chimiques complexes qui sont incorporés aux huiles de base, dont le but d'améliorer certaines propriétés ou de leur en apporter de nouvelles. Il existe des additifs ne possédant qu'une seule fonction tandis que d'autres, à structure souvent plus complexe sont «multi-fonctionnels». Le rôle essentiel des additifs est de permettre aux lubrifiants de s'interposer entre les surfaces des pièces mécaniques en mouvement rotatif pour diminuer les frottements et éviter l'usure. Pour le moteur, les additifs permettent également aux lubrifiants d'assurer des démarrages à des températures pouvant être très basses et de supporter des températures très élevées au niveau des premières gorges de piston. Ils sont vendus au marché sous leurs formulations commerciales.

II.2.8. 2.Rôle des additifs

Les additifs ont les rôles suivants :

- Retarder l'oxydation;
- augmenter l'indice de viscosité ;
- augmenter les propriétés d'écoulement à froid ;
- améliorer la qualité des films de la lubrification dans les conditions de pression extrême;
- maintenir la propreté des pièces des moteurs ;
- réduire la mousse ;
- former des émulsions huile/eau stable ;
- accroître la capacité perméable du métal.

II.3. Chaîne de fabrication des huiles

Les installations de fabrication des huiles regroupent un ensemble de cinq unités distinctes, complémentaires et disposées en chaîne, ayant chacune un procédé de traitement spécifique. Le schéma présenté par la figure II.2 ci-après décrit la chaîne classique du raffinage des huiles de base et explique l'objectif recherché à travers le procédé de chaque unité.

Le schéma suivant représente la chaîne de fabrication des huiles de base :

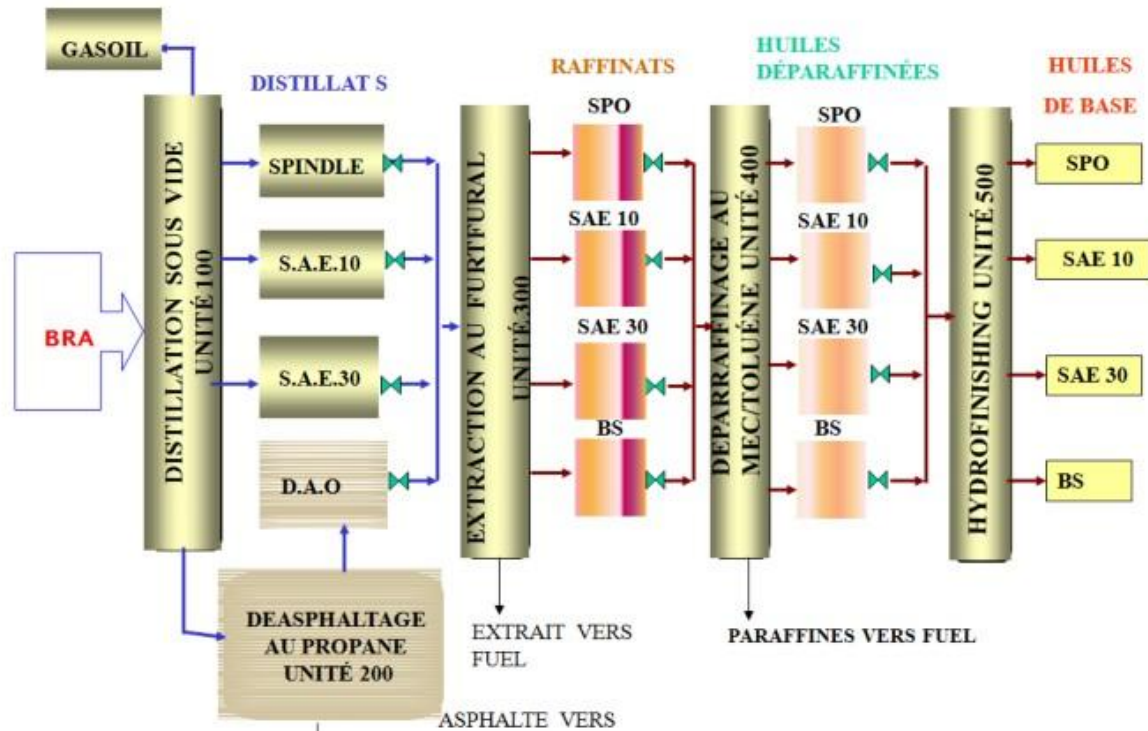


Figure V: Chaîne de fabrication des huiles de base [3]

II.3.1 Unité 100 : La distillation sous vide

Selon la distillation atmosphérique, où l'on obtient les fractions claires des carburants, la distillation sous vide est destinée au fractionnement des produits contenant les hydrocarbures lourds dont les températures d'ébullition normales seraient supérieures au seuil de craquage. Elle permet donc d'obtenir des fractions huileuses de base à partir du résidu atmosphérique. L'opération sous-vide permet d'abaisser les températures de distillation à l'ordre de la température limite de stabilité des hydrocarbures et d'éviter ainsi la dégradation thermique des hydrocarbures à haute température d'ébullition.

Le vide ou la dépression est réalisée dans la colonne sous-vide à l'aide d'une série d'éjecteurs. On obtient trois coupes de distillat : - Spindle ou huile légère (SPO). - Huile mi-visqueuse (MVO). - Huile visqueuse (VO).

Chacune de ces coupes a un intervalle de distillation dont dépendent leurs caractéristiques usuelles telles que : couleur, densité, viscosité et inflammabilité.

Enfin du fond de colonne on obtient le résidu sous-vide qui est une coupe d'huile résiduelle noire, épaisse qui sera la matière première des huiles lubrifiantes très visqueuses appelées « bright stock ».

Les huiles de base ne seront pas prêtes à l'emploi. Il faudra leur subir une série d'opérations qui élimineront les hydrocarbures indésirables du point de vue de la viscosité, du point de congélation, du carbone conradson et d'autres, avant de recevoir les additifs qui vont parfaire leurs qualités.

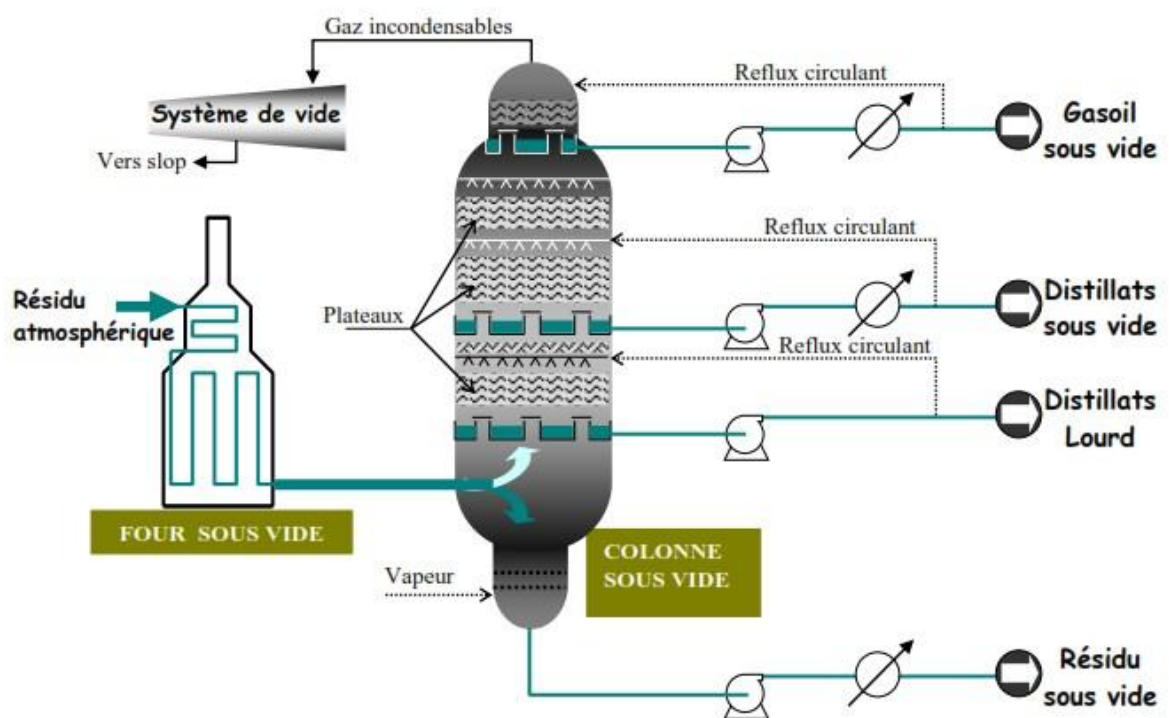


Figure VI: Schéma simplifié de la distillation sous vide.

II.3.2. Unité 200 : Désasphaltage au propane

La coupe résiduelle de l'unité précédente est riche en asphaltées et en hydrocarbures lourds. C'est une base excellente pour la fabrication de bitume de meilleure qualité. Mais un lubrifiant de telle qualité ne doit pas contenir d'asphaltes, même à l'état de trace.

La présence de ces hydrocarbures peut réduire la capacité de l'huile à résister devant la chaleur ce qui peut provoquer facilement son oxydation en laissant des gommages se déposant sur les parois des pistons et cylindres causant l'augmentation de frottement, l'élévation de température enfin une réduction d'efficacité du moteur.

On procède donc à l'élimination de ces asphaltes à l'aide d'un solvant, le propane. Le propane précipite sélectivement les matières asphaltiques et résineuses et dissout l'huile dans des conditions bien déterminées.

Le désasphaltage se réalise par extraction dans une colonne à disques rotatifs par contact à contre-courant d'un flux du résidu sous-vide et flux de propane. une phase huileuse appelée désasphaltis-oil (DAO) obtenue au sommet de la colonne sert comme charge pour l'obtention du Bright Stock et la mélange résine-asphaltes qui décante au fond de la colonne constitue une charge pour l'obtention des bitumes.

A la fin de l'opération, on a un brai asphaltique et une huile épaisse qui sera soumise aux mêmes traitements que les autres distillats de l'unité sous-vide.

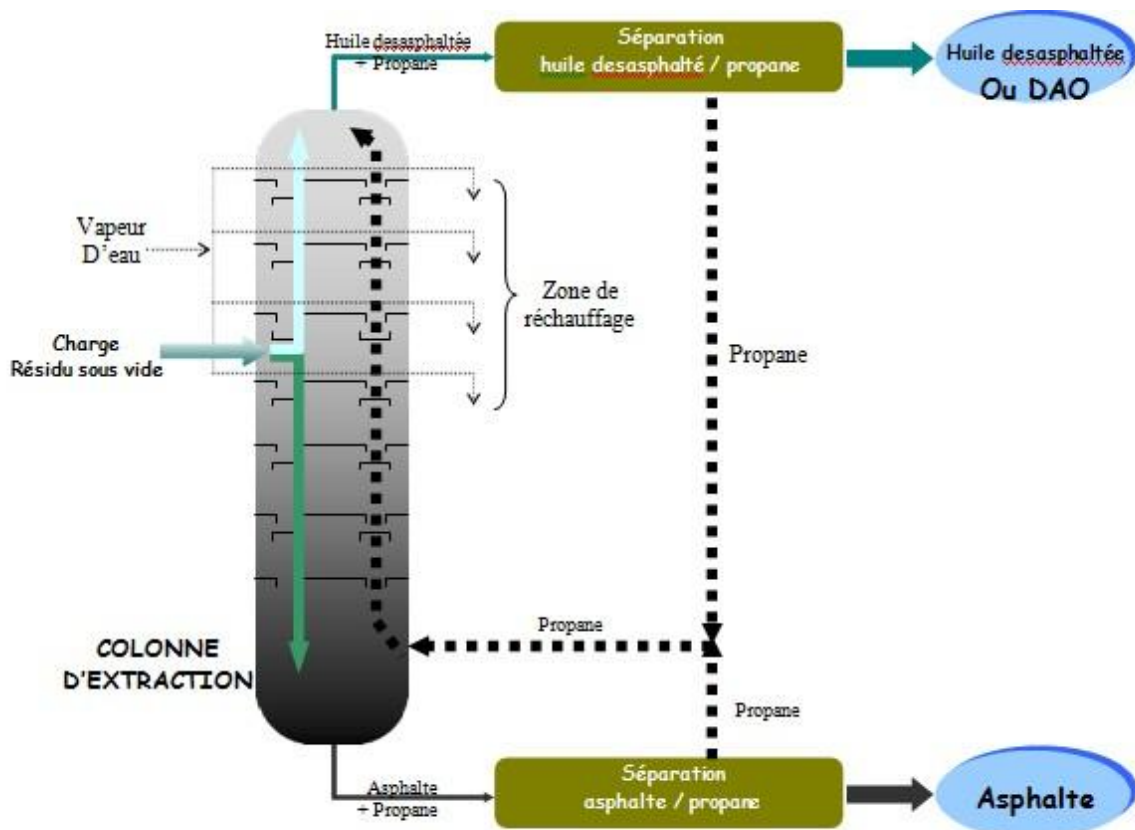


Figure VII: Schéma simplifié du désasphaltage au propane.

II.3.3. Unité 300 : Extraction au furfural :

Le but du procédé d'extraction est l'amélioration de l'indice de viscosité des huiles lubrifiantes par précipitation des hydrocarbures aromatiques contenus dans les huiles de bases (SPO, MVO, VO, BS) à l'aide d'un solvant sélectif tel que ; le furfural. Cette opération s'effectue par l'injection d'un solvant à contre-courant avec la charge dans une colonne à disques rotatifs (RDC). Deux phases distinctes sont récupérées à la sortie de la colonne dont la première est le raffinat en tête de colonne (phase riche en huile) et la deuxième un extrait au fond de la colonne (riche en solvant contenant des aromatiques).[6]

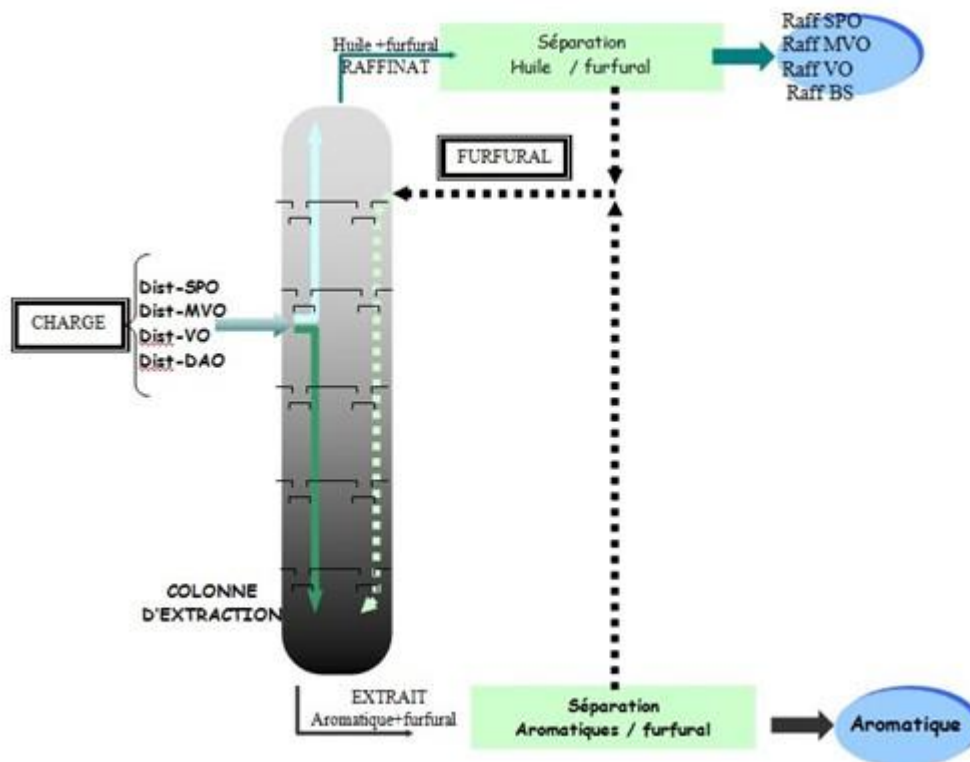


Figure VIII: Schéma simplifié de l'extraction au furfural.

II.3.4 Unité 400 : Déparaffinage au MEC/Toluène

C'est encore un traitement au solvant, il fait suite au procédé d'extraction au furfural qui laisse dans les huiles des hydrocarbures paraffiniques à basse température, ces hydrocarbures se solidifient et forment dans les huiles un réseau cristallin qui lui font perdre leur mobilité. Donc pour éliminer ces hydrocarbures solides (les paraffines, les cires,...) et conserver la mobilité des huiles, on procède au déparaffinage par solvants sélectifs qui, à basse température, dissolvent l'huile et précipitent les paraffines. Mais le solvant idéal qui réalise ces deux fonctions est introuvable. Pour cela on a mélangé deux solvants dans des proportions convenables, l'un Dissout l'huile l'autre précipite la paraffine. D'ou son appellation est

dissolvant. Le dissolvant le plus utilisé est le mélange de la méthyl-éthyl-cétone et le toluène (MEC/Toluène) [3].

A la fin de l'opération de déparaffinage, il en résulte une huile pauvre en paraffine à bas point d'écoulement recherché, et une phase solide retenue dans un filtre rotatif appelée gastch composée essentiellement de la paraffine et un peu d'huile qui, une fois déshuilée sera un sous produit pour la pétrochimie.

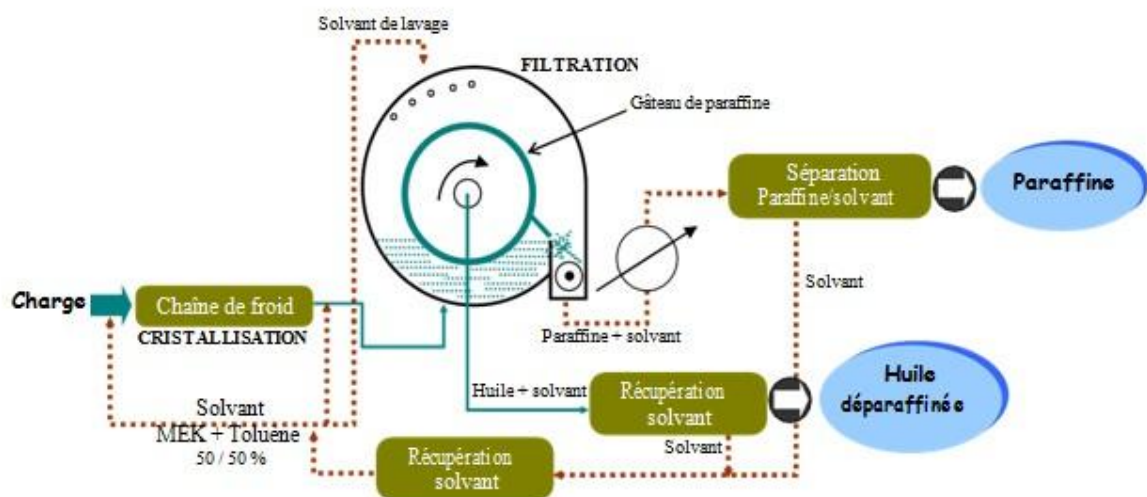


Figure IX: Schéma simplifié du déparaffinage.

II.3.5. Unité 500 :

Hydrorafinage Les huiles ayant subi les opérations précédentes, Elles possèdent encore d'un autre traitement. Il s'agit débarrasser les composés insaturés (dioléfines), non hydrocarbures (Composés azotés, oxygénés, sulfurés) ou composés instables qu'elles peuvent contenir. Pour cela, il est nécessaire de les faire subir une opération appelée hydro finissage ou traitement de finition.

Le but de cette opération consiste à clarifier et à stabiliser ces huiles en éliminant les composés indésirables sous forme H_2S , NH_3 et H_2O en vu d'obtenir des produits répondant aux exigences commerciales du marché par les caractéristiques imposées.

Ce traitement réalisé par présence d'hydrogène sur catalyseur à base de fer-cobaltmolybdène sur support d'alumine (Al_2O_3). On appelle les huiles ainsi obtenues des huiles semi-finies.

Le schéma présenté par la figure II.7 ci-après, explique et montre les équipements principaux constituant l'opération d'hydro finissage.

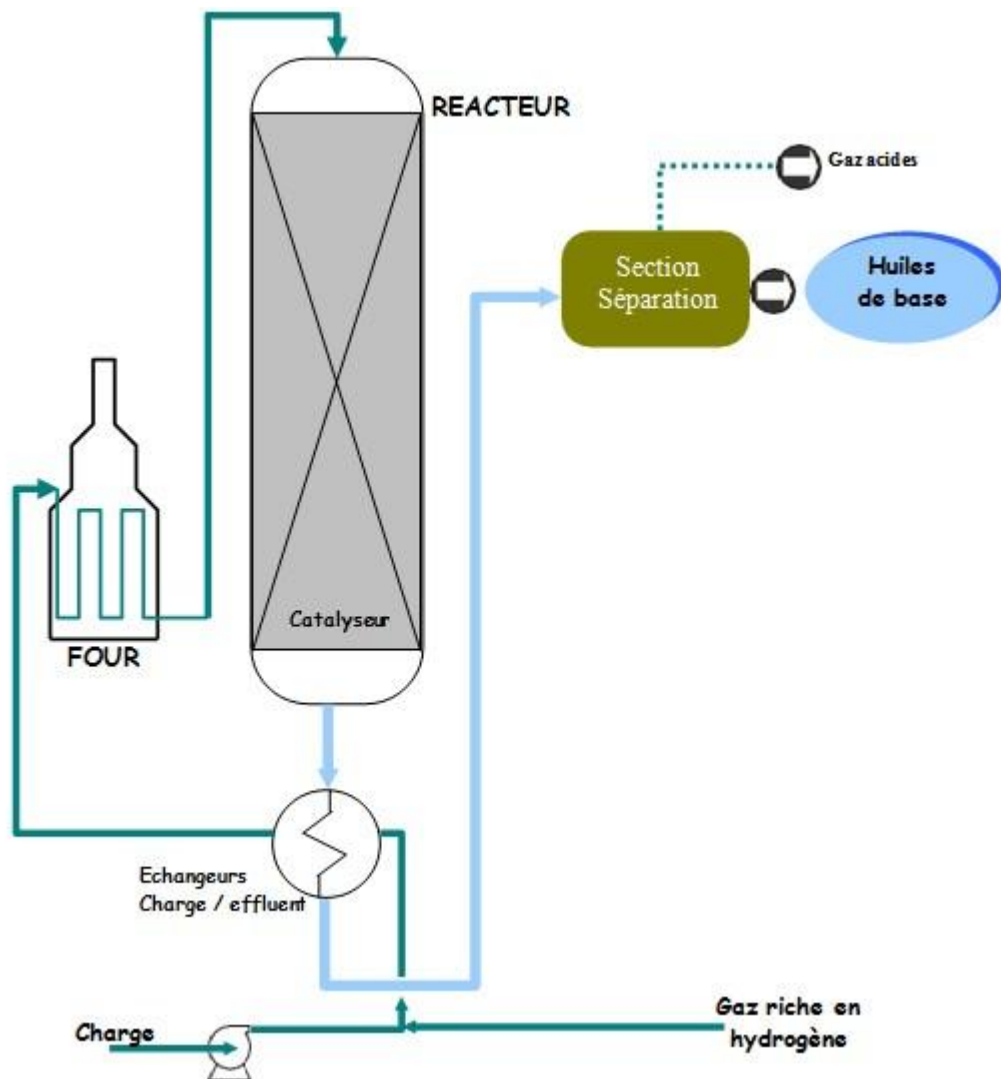


Figure X: Schéma simplifié d'hydrofinishing.

II.3.6. Unité 150 (Description du Système d'huile caloporteur)

L'unité 150 a pour but d'assurer la chauffe des différents produits des unités de la chaîne de fabrication des huiles de base(lazone5).

Le four H151 qui réchauffe l'huile de base (SAE10) est de type cylindrique qui comprend une zone de radiation et une zone de convection. Il est équipé de neuf brûleurs à air induit. Le four H151 fonctionne dans les conditions de service suivantes:

- Température d'entrée $T_e=260^{\circ}\text{C}$
- Température de sortie $T_s=300^{\circ}\text{C}$
- Débit =1365m³/h.

II.4. Compound âge des huiles finies

La production des huiles lubrifiantes pour les installations déjà vues ne peut pas donner toutes les qualités désirables assurant pleinement le fonctionnement normal des moteurs et des machines même par les moyens les plus modernes. Donc La dernière étape essentielle pour obtenir les huiles finies est l'opération de compound âge qui consiste à mélanger les huiles de base traitées précédemment, dans des proportions bien déterminées additionnées de quelques produits spéciaux appelés additifs ou dopes, améliorant les qualités de service et assurant leur stabilité au stockage.

Le choix des additifs à ajouter et leur action dépendent beaucoup de l'origine des huiles, du procédé de raffinage, de la nature des hydrocarbures aromatiques, des résines et leur concentration dans les huiles.

Chapitre 3 : Déparaffinage au MEC/ TOLUENE

III.1. Introduction

A la sortie de l'unité d'extraction des aromatiques, les quatre grades d'huiles contiennent à ce stade de traitement des molécules paraffiniques. Parmi ces molécules, celles de chaîne droite ramifiée, ont tendance à précipiter à la température ambiante. Pour éviter la précipitation d'huile il doit les éliminer et donc baisser leur point d'écoulement.

Cette opération est atteinte grâce au procédé de déparaffinage qui consiste à provoquer à l'aide d'un couple de solvant Méthyle-Ethyle-Cétone et Toluène, à des proportions contrôlées, la précipitation des composés indésirables.

III.2. Principe du procédé de déparaffinage

Le procédé utilise la différence de solubilité des huiles et des paraffines dans un solvant composé de toluène-méthyl-éthyl-cétone. La charge mélangée à du solvant est refroidie à une température laissant les paraffines insolubles. Celle-ci sont séparées en continu par les filtres rotatifs.

L'ensemble de l'installation comprend des échangeurs et réfrigérants à grattoirs, des filtres rotatifs, section de récupération de solvant, une centrale à froid et un système de gaz inerte.

III.2.1. Choix Du Solvant

Le mélange le plus utilisé est celui du toluène et de La méthyle-éthyle-cétone.

- Le toluène a un bon pouvoir solvant pour l'huile et la paraffine même à basse température.
- La méthyle-éthyle-cétone (MEK), composé polaire ne dissout pas très bien l'huile, mais elle précipite très bien la paraffine. On appelle ce corps un anti-solvant.

III.2.2. Les caractéristiques des solvants MEK/TOLUENE :

Les caractéristiques physico-chimiques des différents solvants utilisés dans le déparaffinage des huiles de base de la raffinerie d'Arzew sont données dans le tableau III.1.

Tableau II: Caractéristiques physico-chimiques des différents solvants MEK/TOLUENE

| Propriétés | MEK | Toluène |
|---|---|--|
| Formule chimique développée | C ₂ H ₅ -CO-CH ₃ | C ₆ H ₅ -CH ₃ |
| Masse moléculaire (g/mol) | 72 | 92 |
| Densité d ₄ ²⁰ | 0,805 | 0,867 |
| Température d'ébullition à pression Atmosphérique | 79,6°C | 110,6°C |
| Point d'éclair | 6,1 °C | 4,4 °C |
| Température d'auto inflammation | 516 °C | 552 °C |

III.2.2.1. Les avantages des solvants MEK/TOLUENE :

- Le MEC et le toluène sont miscibles en toutes proportions requises pour le fonctionnement optimum.
- Le MEC et le toluène ont des points de congélation très bas et des viscosités faibles aux températures de déparaffinage.
- Le MEC et le toluène facilement récupèrent des huiles et des paraffines produites par flash et stripage.

III.2.2.2. Les inconvénients des solvants MEK/TOLUENE

- La cristallisation des paraffines requiert souvent des appareils d'échange thermique à grattoirs, très coûteux et difficiles à entretenir.
- Les deux solvants sont inflammables. tout l'équipement doit être bien fermé et sous un circuit continue de gaz inerte.

III.2.3. Conditions d'emploi des solvants pour le déparaffinage.

Les conditions d'emploi de bi-solvant de manière à obtenir un point d'écoulement fixé au préalable pour de filtrats avec un meilleur rendement et le moins de frais possible sont les suivants:

- Les proportions des deux solvants dans le bi-solvant.
- La dilution totale (proportion de bi-solvant par rapport à l'huile à déparaffiner).
- Le refroidissement du mélange d'alimentation.
- Le Lavage du gâteau de mélange du gatsch .
- Le réglage des filtres.

On règle la composition du solvant en fonction du grade le plus lourd qui sera à traiter dans l'unité de déparaffinage [4].

III.3. Description du procédés

III.3.1. Déparaffinage

La charge introduit dans l'unité par la pompe P.401 sous contrôle de débit, est mélangée avec une quantité déterminée de solvant humide. De dilution primaire, le mélange est chauffé dans E.401, afin d'éliminer tout germe solide est d'assurer une solution complète, puis refroidir dans l'aéroréfrigérant E.402 avant d'être introduit dans les échangeurs et réfrigérants à grattoirs . A la sortie de E.402 AR, le mélange est séparé en deux courants, l'un contrôlé par mesure de débit FRC.3, l'autre sous contrôle de pression (PRC.1) montés en série (E.403 AB/C-D). Ces échangeurs consistent essentiellement en deux tubes coaxiaux. La charge (et son solvant) introduite dans le tube interne est refroidie dans l'espace annulaire; la paraffine précipité et est détachés de la paroi par l'action de grattoirs tournants appliquées par des ressorts. Après leur passage dans les échangeurs les deux courants pénètrent dans deux réfrigérants à grattoirs montés en série (E.404 A-B/C-D) où l'évaporateur de propane liquide les refroidit à la température de la filtration.

Une dilution secondaire constituées par du solvant sec contrôle du débit, est introduite soit en amont, soit en aval, soit au milieu du dernier réfrigérant. L'introduction de filtrant recerclé a été prévue sur ou après le dernier réfrigérant.

Cependant, pour les bases BS, au lieu de recercler de déparaffinage on recerclé du gatsch à l'aspiration de P.401).

Le mélange d'huile et de paraffine précipitée venant des réfrigérants est introduit dans le ballon d'alimentation des filtres D.401, puis dans les filtres par gravité. L'huile déparaffinée en solution passe sous l'action du vide à travers le filtre constitué par le tissu et s'écoule vers un ballon de recette du filtrat de déparaffinage D.405, un couteau fixe détourne le gâteau de paraffine vers un convoyeur à vis qui le pousse dans un accumulateur de paraffine vertical.

Ce gâteau de paraffine dénommé « gatsh » est mélangé à du gatsh réchauffé et fondu, afin d'obtenir un mélange facilement pompable. Il est repris par une pompe P.407 est chauffé dans le réchauffeur E.413 où la paraffine en suspension est fondue et mise en solution et envoyée dans le réservoir tampon de mélange de gatsch TK.402. Le filtrat d'huile

déparaffinée est pompé à travers les filtres finisseurs F.407 A/B (ΔP max à 1.8 bar) et E.405 A/B (solvant sec/filtrat de déparaffinage) où une quantité considérable de frigories est récupérée. Le filtrat entre en suite dans le système de récupération d'huile.

III.3.2. Fractionnement des paraffines

Le mélange de gatsh du réservoir tampon TK 402 est repris par la P410. Une quantité prédéterminée de solvant de dilution primaire lui ajoutée sous contrôle de débit. Le mélange obtenu est chauffé dans le réchauffeur E.439, puis refroidie dans deux échangeurs à grattoirs monté en série E.403 E.F. Le mélange de gatsh est ensuite introduit dans le réfrigérant à grattoirs E.404.E.

A la sortie d'E.404.E, le mélange de gatsh est introduit dans le ballon d'alimentation du fractionnement D.402 d'où il s'écoule par gravité sous contrôle de niveau dans la cuve du filtre F.405. Le filtrat est recueilli dans le ballon de recette D.406, il est repris par la pompe P.405, passe dans les échangeurs à grattoirs E.403.E.F, puis parvient dans la section de récupération des paraffines molles. Le gâteau paraffinée est lavé avec du solvant sec. Détaché et recueilli dans un convoyeur à vis du filtre. Ce gâteau est dénommé paraffine primaire. [5].

III.3.3. Fractionnement des paraffines-opération de « repulp »

Par cette opération, on récupère la paraffine molle entraînée dans la paraffine primaire. On obtient ainsi une paraffine dure très basse teneur en huile. La paraffine primaire sortant à l'accumulateur de paraffine du filtre de fractionnement est mélangée avec une quantité de solvant, ensuite introduite dans un réfrigérant à grattoirs E.404f.

Le mélange de paraffine primaire refroidi et introduit dans le ballon d'alimentation du filtre de repulp D.403 il s'écoule ensuite par gravité sous contrôle de niveau dans la cuve du filtre de repulp.

Le filtrat de repulp est recueilli dans le ballon de recette D.407. IL consiste pratiquement en solvant mélangé d'un peu de paraffine molle en solution et peut être réutilisé comme solvant en amont du repulp. Le mélange de paraffine dure est mélangé avec une partie du mélange réchauffé, afin d'obtenir une boue facilement pompable. La pompe P.409 expédie le tout vers le réchauffeur de mélange de paraffine dure, E 415 où la paraffine en suspension est

fondue. La solution obtenue est envoyée vers le réservoir de mélange de paraffine dure TK.401.

III.3.4. Refroidissement du solvant

L'unité dispose de trois qualités de solvant:

- **Le solvant sec** : Sera utilisé pour le lavage des gâteaux, pour les dilutions secondaires, comme reflux des différents tours de récupération de solvant, pour le traçage et les lavages chauds des filtres
- **Le solvant humide** (venant tous les deux des sections de récupération) : Sera utilisé pour les dilutions primaires. Ces deux qualités de solvant viennent des sections de récupération et sont rassemblés dans le ballon D.408. Il arrive toujours dans ce ballon un excès de solvant sec sera déversé vers le solvant humide.
- **Le filtrat de repulp** : Sera utilisé comme solvant de dilution pour la partie de l'unité située immédiatement en amont du repulp [5].

III.3.5 : Récupération de l'huile déparaffinés

Le système de récupération d'huile déparaffinée qui sépare l'huile du solvant, utilise une évaporation à double effet, la principale source de chaleur étant constituée par évaporateur sur hot oil.

Le filtrat du déparaffinage, après avoir récupéré les calories du solvant sec dans l'échangeur E.405 A/B, est préchauffé dans l'échangeur E.416 (la vapeur du solvant à pression atmosphérique) et dans l'échangeur E.417 (filtrat déparaffinage). Il est ensuite partiellement vaporisé (50% environ) dans l'échangeur E.420 A/B où se condense partiellement les vapeurs de solvant sous pression venant de C.402B. Le filtrat est introduit dans la colonne, C.402A d'évaporation atmosphérique.

Les vapeurs produites sont désurchauffées par un léger reflux de solvant sec et sont envoyées vers E.416, où elles se condensent et se refroidissant avant de s'écouler par gravité dans le coté sec du ballon D.408.

Le liquide restant du filtrat de déparaffinage est repris par la pompe P.402 et envoyé dans le rebouilleur hot oil, E.440 sous contrôle de débit. Il se détend dans la colonne d'évaporation sous pression C.402B. Les vapeurs passent en tête, sont désurchauffées par un léger reflux de

solvant sec avant de vaporiser partiellement le filtrat de déparaffinage, par leur commencement de condensation dans l'échangeur E.420 AB.

Elles sont complètement condensées par E.421 avant de parvenir au côté sec de D.408. Le mélange d'huile déparaffinée venant de C.402B est ensuite détendu dans la colonne d'évaporation atmosphérique finale, C.403A.

Les vapeurs de solvant restantes sont désurchauffées par un léger reflux et rejoignent les vapeurs venant de C.402A.

L'huile déparaffinée contenant encore des traces de solvant s'écoule par gravité dans le stripeur C.403 B pour y être épuisée par de la vapeur de stripping surchauffée.

Les vapeurs s'échappent en tête, désurchauffée par un reflux, sont condensées dans E.422 avant de rejoindre le réservoir TK403.

L'huile déparaffinée reprise par la pompe P.413 cède ces calories au filtrat de déparaffinage dans E.417 puis refroidie dans E.418 AR avant de prévenir aux limites de l'unité, sous contrôle de niveau de C.403 B [5]

III.3.6. Récupération de la paraffine dure

Le mélange de paraffine dure décanté dans TK.401 est repris par la pompe P.411, et chauffé par les vapeurs de solvant à pression atmosphérique venant de C.406A et C.407A dans l'échangeur E.429. Il parvient ensuite dans l'échangeur E.432 chauffé par la vapeur de solvant sous pression en provenant de C.406B. Le mélange de paraffine dure est introduit dans la colonne C.406A d'évaporation atmosphérique. Les vapeurs produits sont désurchauffées par un léger reflux de solvant sec, puis envoyées dans E.429 où il y a condensation partielle puis dans E.431 AR où il y a condensation totale et sous refroidissement avant de s'écouler par gravité du côté humide de D.408.

Le mélange de paraffine sortant de C.406A repris par la pompe P.414, sous contrôle de débit, est envoyé dans l'évaporateur sous pression, E.433 chauffé à la vapeur MP désurchauffée.

La phase mixte sortant d'E.433 se détient dans la colonne d'évaporation sous pression, C.406B. Les vapeurs passent en tête, sont désurchauffées par un léger reflux de solvant sec,

sont condensées dans E.432, puis refroidies dans E.435 AR et parviennent au cotée sec de D.408.

Le mélange de paraffine restant est détendu dans la colonne d'évaporation finale, C.407A après un dernier chauffage dans l'évaporation finale E.434 chauffé à la vapeur MP désurchauffée.

Les vapeurs désurchauffées par un reflux de solvant sec, et rejoignent les vapeurs venant de C.406A avant de parvenir au E429 et E431 et s'écouler par gravité dans le ballon D.408 (sec ou humide).

La paraffine dure contenant encore les traces de solvant est épuisée à la vapeur de stripping dans la colonne C.407B.

Les vapeurs de tête désurchauffées sont condensées dans E.422AR avant de parvenir au réservoir TK.403. La paraffine dure sortant du fond de C.407B est reprise par P.415 et refroidie dans l'échangeur E.430 à l'eau tempérée avant d'être expédiée aux limites de l'unité sous contrôle de niveau de C.407B par la paraffine nette produites [5].

III.3.7. Récupération de la paraffine molle (ou de gatsh)

Le mélange de paraffine molle après s'être échauffée au contact des vapeurs à pression atmosphériques dans E.423 est vaporisé partiellement dans E.426 par la condensation des vapeurs sous pression venant de C.404B. Le mélange est détendu dans la colonne d'évaporation atmosphérique C.404A.

Les vapeurs désurchauffées par un reflux de solvant sec vont se condenser partiellement dans E.423.

La condensation totale et le refroidissement s'effectuent dans E.425 AR. Le solvant obtenu est dirigé au coté sec du ballon D.408.

Le mélange de paraffine molle contenant encore des traces de solvant est ensuite détendu à pression atmosphérique dans C.405A où les vapeurs restantes de solvant désurchauffées par un reflux de solvant sec, rejoignent les vapeurs de C.404A.

La paraffine molle contenant encore des traces de solvant est ensuite épuisée à la vapeur de stripping dans C.405B. Les vapeurs de tête désurchauffées par du solvant sec sont envoyées vers E.422 AR avant de rejoindre TK.403.

La paraffine molle est envoyée par la pompe P.417 aux limites de l'unité sous contrôle de niveau après refroidie à l'eau tempérée dans l'échangeur E.424.

Quand on ne produit pas de paraffine dure, cette section de récupération de paraffine molle est utilisée pour le gatsch.

Dans les cas de BS et DAO, une fraction supplémentaire de gatsch sortie E.424 peut être recyclée vers la filtration au déparaffinage sous contrôle de débit. [5].

III.3.8. Récupération de cétone

Les couches aqueuses des différents réservoirs expédiés par la pompe P.421, et le solvant strippé dans les différentes colonnes d'épuisement etc... sont recueillis dans le réservoir de solvant pollué TK.403

Dans ce réservoir, une séparation en deux couches s'effectue. La couche supérieure consiste principalement en solvant contenant un peu d'huile, alors que la couche inférieure est un mélange d'eau et de cétone dans un rapport pondéral d'environ 83 à 17 %.

La couche aqueuse est reprise par la pompe P.418 est envoyée au strippeur de cétone C.401. De la vapeur BP surchauffée est injectée au bas de la colonne comme source de chaleur. Un azéotrope passe en tête qui contient environ 88% en poids de cétone et est condensé dans E.428 AR avant de parvenir par gravité au TK.403 où la couche riche en solvant soutirée par P.419 est utilisée comme dilution initiale du déparaffinage. L'eau séparée au fond de C.401 est envoyée à l'égout d'eau chimique en étant reprise par P.424 sous contrôle de niveau, avec la recirculation vers E.428 AR [5].

III.3.9. Réfrigération au propane

Le système de réfrigération comporte un compresseur centrifuge à deux entrées entraînées par turbine, les ballons d'aspiration correspondant un ballon accumulateur, un économiseur.

Le propane vapeur provient des utilisateurs (réfrigérants à propane pour les charges à traiter, réfrigérants de solvant, de gaz inerte), à différents niveaux de froid correspondant à différentes températures d'évaporation.

Les vapeurs comprimées sont condensées dans E.438 A/B et parviennent au ballon D.418. Le liquide provenant de ce ballon passe dans l'économiseur E.437 où une partie de ce liquide est vaporisée et le reste est envoyé aux utilisateurs. [5].

III.3.10. Système gaz inerte

Du gaz inerte est utilisé comme gaz de couverture dans tous les récipients contenant du solvant afin d'éviter la formation de mélanges explosifs et aussi pour fournir un gaz de balayage et de décollement du gâteau dans les filtres.

Un système de gaz inerte situé hors batterie limite de l'unité 400 et comprenant générateur de gaz inerte, compresseurs, échangeurs, sécheurs, permettant de fabriquer deux qualités de gaz inertes:

- Un gaz inerte humide BP
- Un gaz inerte sec HP

Le gaz inerte humide BP couvre les besoins continus de l'unité 400 et est stocké dans le gazomètre T.406

La pression nécessaire pour le balayage des compartiments et de décollement du gâteau et le vide dans les compartiments des filtres sont obtenus au moyen du compresseur à gaz inerte K.402.

Le gaz inerte sec HP permet de souffler les échangeurs et réfrigérant à grattoirs avec du gaz inerte. Un éjecteur à vapeur j.401 permet au démarrage la mise sous vide du système de réfrigérant ainsi que celle de l'aspiration de k.402.

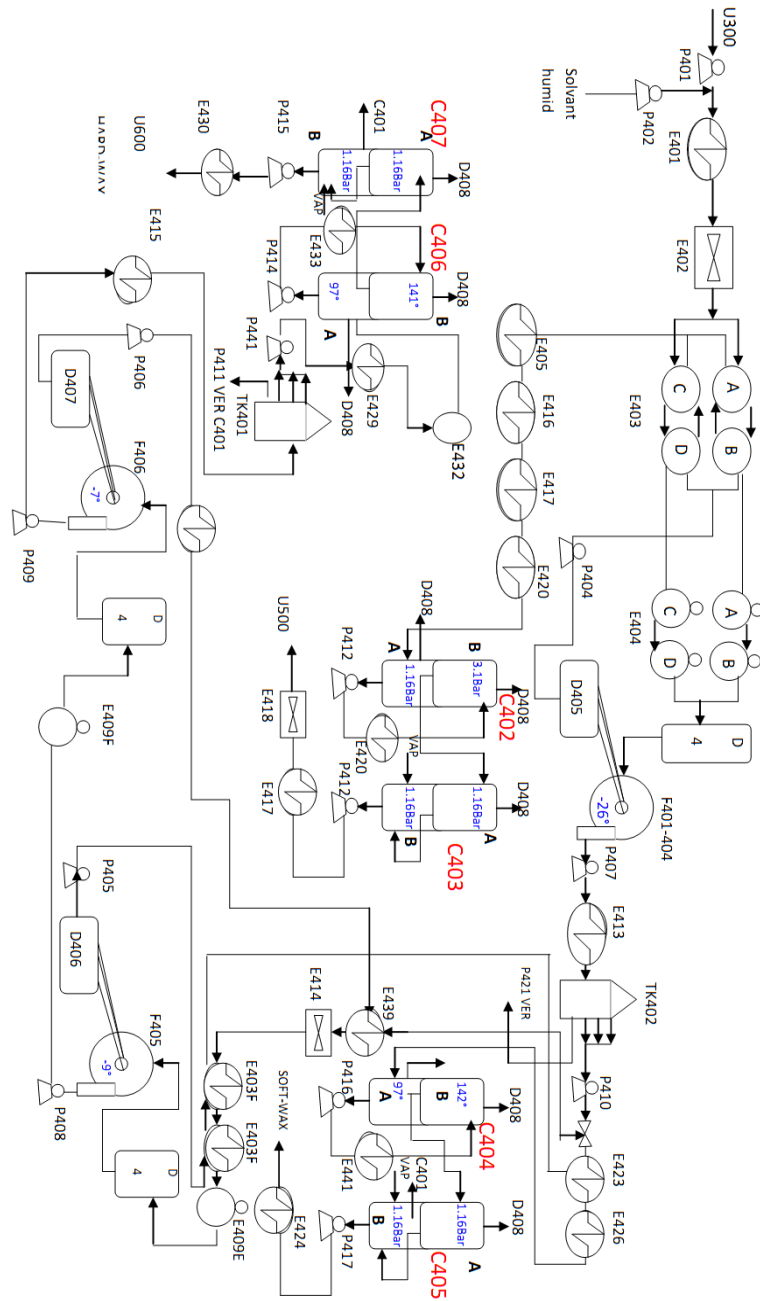


Figure XI: Schéma simplifié de l'unité de déparaffinage [5]

Chapitre 4 : Présentation de problème et la solution

IV.1. Introduction

L'unité de déparaffinage au mec connaît certains problèmes mécaniques au niveau de ses équipements tels que les Schillers et les filtres.

Parmi ces problèmes, le bouchage répétitif dans les tubes intérieur des schillers causé par détérioration des racleurs et donc vont stopper la rotation de l'arbre qui influent directement sur le refroidissement de la charge.

Le point d'écoulement dépend de plusieurs facteurs :

- ❖ Le refroidissement uniforme dans les schillers.
- ❖ La température de filtration.
- ❖ La composition du solvant (MEC/Toluène).
- ❖ L'état des filtres.
- ❖ Température du solvant froid.

Dans ce chapitre on va présenter en premier lieu la problématique et en suite la vérification des performances des Schillers.

IV.2. Présentation de problème

❖ Problème sur grade SAE 30 :

Durant ce suivi, le point d'écoulement varie entre -9°C et -6°C pour la charge SAE30 malgré qu'on travaille avec 100% de taux de charge.

Pour pouvoir connaître la cause de variation de point d'écoulement, on a fait un suivi de point d'écoulement et température de filtration pour la charge SAE30 avec :

- Taux de charge 100%
- Rapport de solvant 50% MEC et 50% toluène.
- Filtres en bon état.

Les résultats obtenus sont reportés dans la figure suivante :

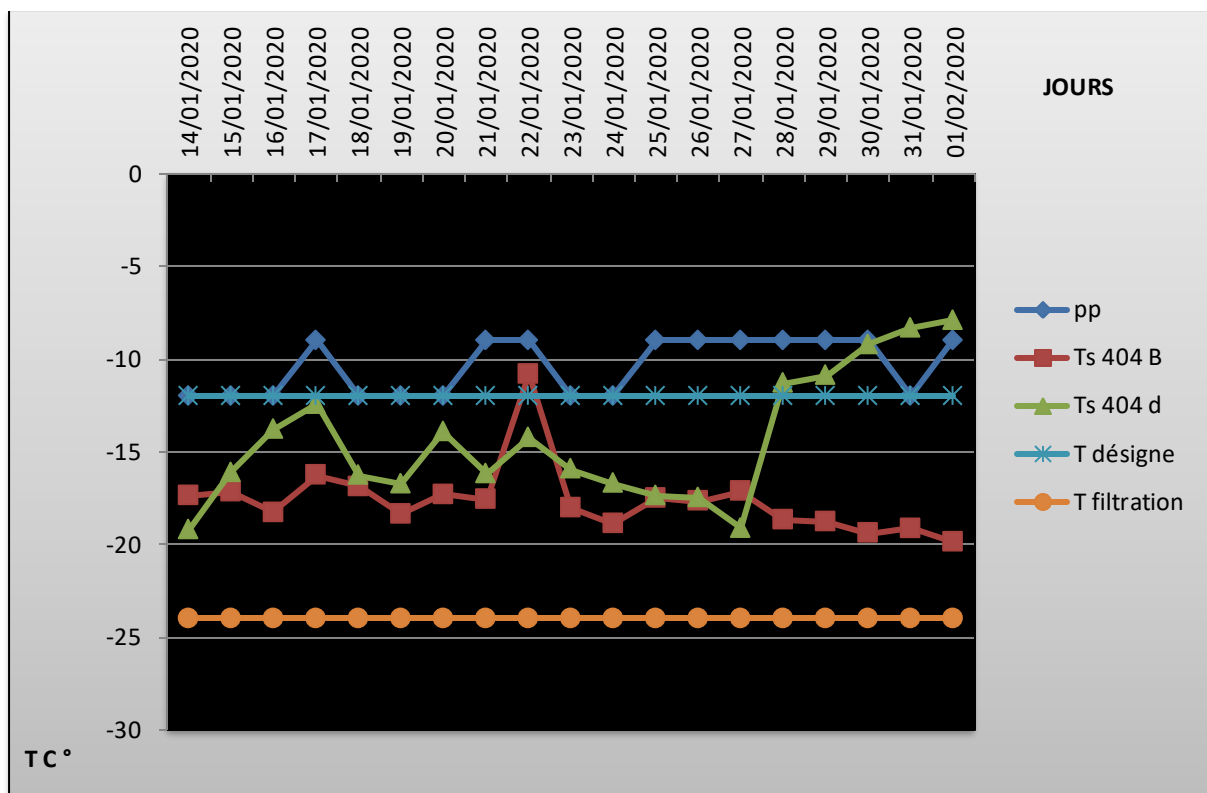


Figure XII: Suivis de la variation de point d'écoulement et température de filtration par rapport au design.

A partir de ces résultats, on remarque que la température de filtration actuel (varie entre -7 °C à -20 °C) est loin par rapport à la température de filtration de design qui influe directement sur le point d'écoulement (varie entre -9 °C à -12 °C).

❖ **Variation de la teneur en eau dans le solvant sec :**

La teneur en eau du solvant sec est déterminée au niveau de laboratoire par chromatographie en phase gazeuse, elle ne doit pas dépasser la valeur de 0,05%. Par contre et d'après la figure XIII , la teneur réelle en eau dans le solvant sec est très élevée par rapport à celle de design

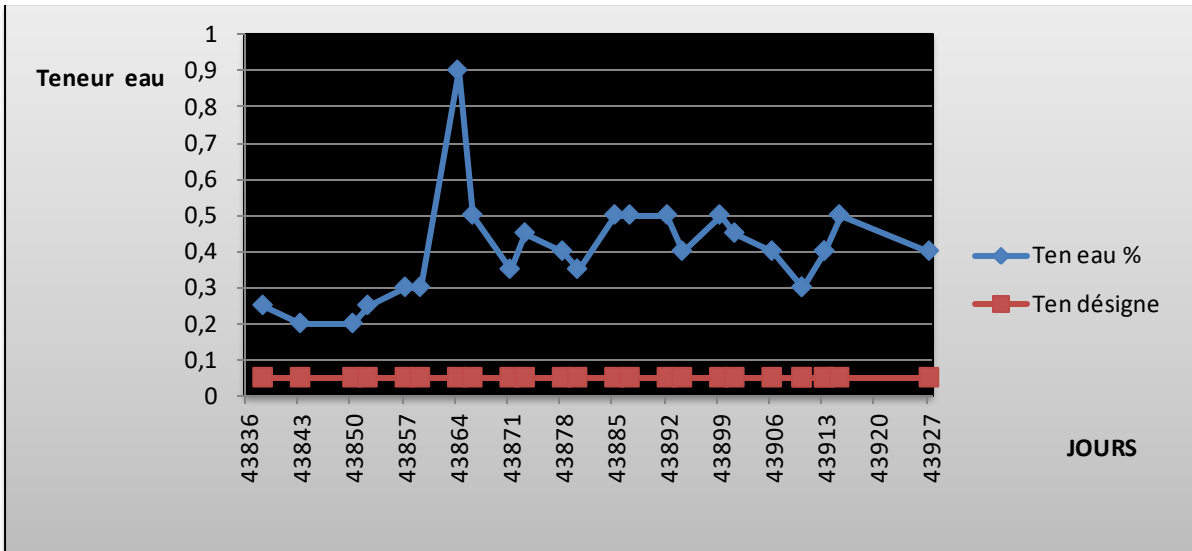


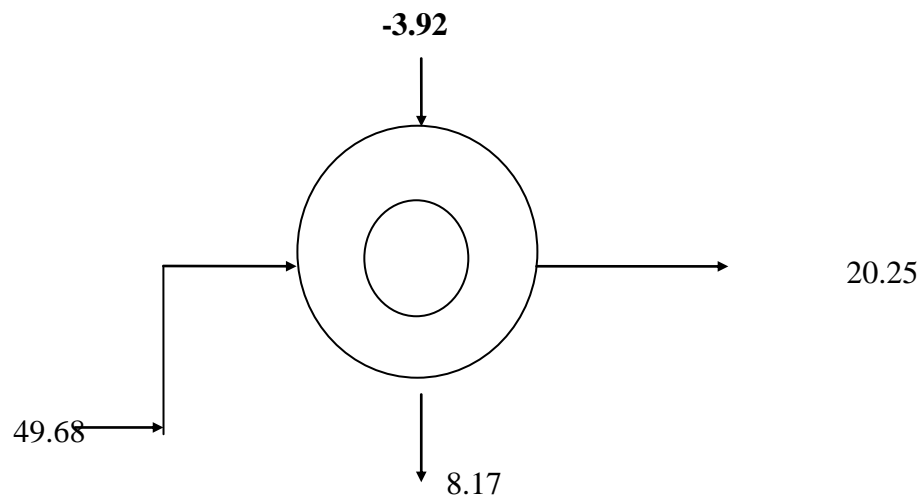
Figure XIV: Teneur en eau dans le solvant sec.

Cette augmentation allée jusqu'à 0,9% peut être expliquée par la présence de déchirures au niveau de la toile filtrante, ce qui permettra le passage des cristaux d'eau à travers cette dernière. L'eau provient de la charge traitée et de la série de dilutions injectées lors du traitement.

IV.3. Vérification des performances des Schillers

IV.3.1. SchillersE403A/B/C/D

➤ Schiller E403A



Les données de base:

❖ **Grade SAE30**

- Côté tube interne circule la charge (huile paraffinée (VO) + solvant)
- Côté tube externe circule filtrat (huile déparaffinée (DO) + solvant)

Charge: $M = 26,6 \text{ m}^3 / \text{hr}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{VO} = 8,9 \text{ m}^3 / \text{hr} \\ \text{Solvant} = 17,7 \text{ m}^3 / \text{hr} \end{array} \right.$$

Filtrat: $M' = 57 \text{ m}^3 / \text{hr}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{DO} = 8,55 \text{ m}^3 / \text{hr} \\ \text{Solvant} = 48,45 \text{ m}^3 / \text{hr} \end{array} \right.$$

Proportion volumique:

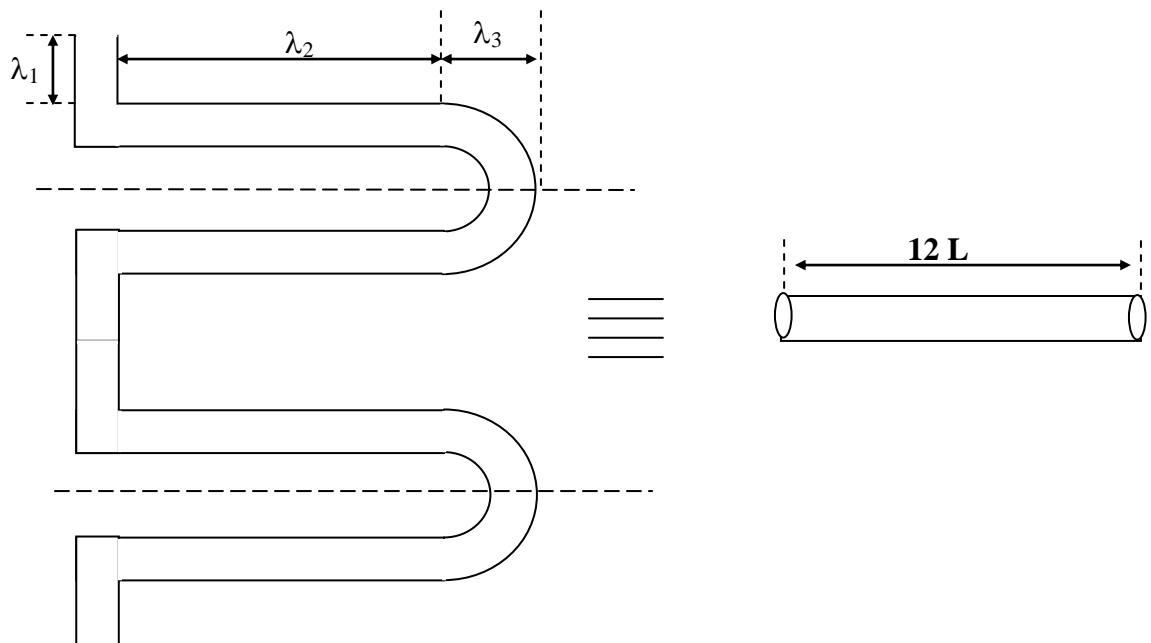
Charge (VO + S)

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{\text{VO}} = 33,33 \% \\ X_{\text{S}} = 66,66 \% \end{array} \right.$$

Filtrat (DO + S)

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{\text{DO}} = 15 \% \\ X_{\text{S}'} = 85 \% \end{array} \right.$$

Hypothèse : pour appliquer la méthode de **Ken**, on suppose que l'échangeur à double tuyaux est un échangeur à double tube.



IV.3.1.1. Différence moyenne logarithmique de température

$$DTLM = \frac{\Delta t_e - \Delta t_s}{\ln \Delta t_e / \Delta t_s}$$

$$\Delta t_e = T_1 - t_2$$

$$\Delta t_s = T_2 - t_1$$

Donc :

$$\Delta t_e = T_1 - t_2 = 41.51 \text{ °C}$$

$$\Delta t_s = T_2 - t_1 = 24.17 \text{ °C}$$

Et donc :

$$DTLM = 32.06 \text{ °C}$$

IV.3.1.2. Expression de la température calorique T_c

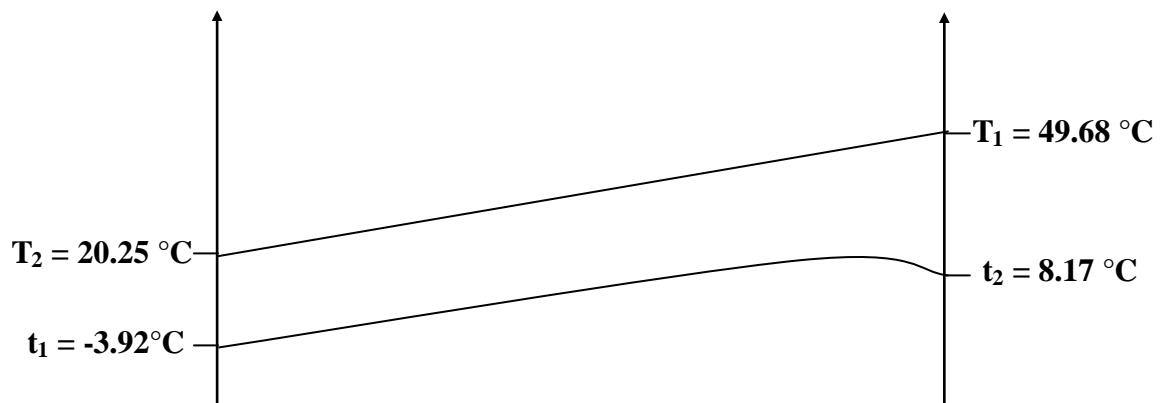
$$t_c = 0.5 (t_2 + t_1)$$

$$T_c = 0.5 (T_1 + T_2)$$

Donc :

$$T_c = 34.97 \text{ °C}$$

$$t_c = 2.13 \text{ °C}$$



IV.3.1.3. Détermination des caractéristiques physico-chimiques à T_c , t_c

IV.3.1.3.1. La densité

a. Coté tube interne

1. Huile

$$d_{4vo}^{15} = 0,865$$

$$d_{vo}^{T_c} = d_{vo}^{15} + K (15 - T_c) \quad \Rightarrow \quad d_{vo}^{T_c} = 0,852$$

$$K = 0,00065 \quad (\text{voir annexe 1})$$

2. Solvant (MEC, toluène)

Pour un mélange on a :

$$d_{sol}^{15} = (d_{tol}^{15} \cdot X_{tol}) + (d_{mec}^{15} \cdot X_{mec})$$

$$d_{tol}^{15} = 0,870 \quad , \quad X_{tol} = 0,5 \quad \Rightarrow \quad d_{sol}^{15} = 0,839$$

$$d_{mec}^{15} = 0,807 \quad , \quad X_{mec} = 0,5$$

$$d_{sol}^{T_c} = d_{sol}^{15} + k (15 - T_c)$$

$$K = 0,00075 \quad (\text{voir annexe 1}) \quad \Rightarrow \quad d_{sol}^{T_c} = 0,852$$

3. Densité de la charge

$$d = d_{4vo}^{15} \cdot X_{vo} + d_{4sol}^{15} \cdot X_{sol} = 0,847$$

$$d = d_{vo}^{T_c} \cdot X_{vo} + d_{sol}^{T_c} \cdot X_{sol} \quad \Rightarrow \quad d_{vo+sol}^{T_c} = 0,840$$

a. Coté tube externe

1. Huile déparaffinée (filtrat)

$$d_{do}^{15} = 0,875$$

$$d_{Do}^{t_c} = d_{do}^{15} + K (15 - t_c) \quad \Rightarrow \quad d_{Do}^{t_c} = 0,883$$

$$K = 0,00065 \quad (\text{voir annexe 1})$$

2. Solvant (MEC, toluène)

$$d_{sol}^{15} = 0,839$$

$$d_{sol}^{t_c} = d_{sol}^{20} + K(15 - t_c) \quad \Rightarrow \quad d_{sol}^{t_c} = 0,848$$

$K = 0,00075$ (voir annexe 1)

3. Densité de filtrat (huile déparaffiné + solvant)

$$d_{4do+sol}^{15} = 0,844$$

$$d' = d_{vo}^{t_c} * x'_{vo} + d_{sol}^{t_c} * x'_{sol} \quad \Rightarrow \quad d_{do+sol}^{t_c} = 0,853$$

IV.3.1.3.2. La masse volumique

$$\rho = \rho^{T_c}(\text{charge}) = 833 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho' = \rho^{t_c}(\text{filtrat}) = 850 \text{ Kg/m}^3$$

IV.3.1.3.3. La chaleur spécifique

a) Coté tube interne

On a : $d_{vo} = 0,865$ et v_{vo} à $50^\circ\text{C} = 50 \text{ cst}$ (analyse de laboratoire)

a partir des annexes 2,4, $C_{p_{vo}} = 0,5 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$

a partir des annexes 2,4, $cp_{sol} = 0,47 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$

$$cp = (x_{vo} \cdot cp_{do} + x_{sol} \cdot cp_{sol})$$

x : fraction massique

donc : $cp = 0,48 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$

b) Coté tube externe

On a : $d_{do} = 0,875$ et v_{do} à $50^\circ\text{C} = 55 \text{ cst}$

a partir des annexes 2,4, $C_{p_{do}} = 0,468 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$

a partir des annexes 2,4 $cp_{sol} = 0,440 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$

$$cp = (x_{do} \cdot cp_{do} + x_{sol} \cdot cp_{sol})$$

x : fraction massique

donc : $cp = 0,444 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$

IV.3.1.3.4. La conductivité thermique

a) Coté tube interne

T_c en $^\circ\text{K}$

$$\lambda = 0,17 - 1,418 \times 10^{-4} \times T_c$$

$$\lambda = 0,165 \text{ W/m.}^\circ\text{K}$$

$$\lambda = 0,1419 \text{ kcal/h.m.}^\circ\text{C}$$

b) Coté tube externe

$$\lambda = 0,17 - 1,418 \times 10^{-4} \times T_c$$

$$\lambda = 0,1697 \text{ W/m} \cdot \text{°K}$$

$$\lambda = 0,1459 \text{ kcal/h} \cdot \text{m} \cdot \text{°C}$$

IV.3.1.3.5. La viscosité

a) Coté tube interne

(T_c en °F) (voir annexe 3)

$$\nu = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec} \Rightarrow \mu = 1,083 \times 10^{-3} \text{ Kg/m} \cdot \text{sec}$$

b) Coté tube externe

(t_c en °F) (voir annexe 3)

$$\nu' = 1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec} \Rightarrow \mu' = 0,977 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{sec}$$

IV.3.1.3.6. Quantité de chaleur thermique

$$Q_1 = p \cdot M \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2) \Rightarrow Q_1 = 313541.73 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_2 = p' \cdot M' \cdot C_p' \cdot (t_2 - t_1) \Rightarrow Q_2 = 260077.66 \text{ Kcal/h}$$

$$Q = (Q_1 + Q_2)/2 \Rightarrow Q = 286809.7 \text{ Kcal/h}$$

IV.3.1.4. Calcul du coefficient de transfert U_s

IV.3.1.4.1. Calcul du coefficient de transfert de chaleur coté tube h_{i_o}

➤ Régime d'écoulement :

$$Re_t = \frac{Gt \cdot d_i}{\mu}$$

Gt : Vitesse massique

$$Gt = \frac{\rho \times M}{a_t} \text{ Avec } a = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4}$$

$$\Rightarrow a_t = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow Gt = 193,11 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$Re_t = 36232.6 \{ \text{Régime turbulent} \}$$

a partir ces formules on peut calculer h_{i_o}

$$j_{\eta} = \frac{h_i \cdot d_i}{\lambda} \times \left(\frac{cp \cdot \mu}{\lambda} \right)^{-1/3} \times \phi_t^{-1} = 0.36 Re^{0.55}$$

$$\frac{h_i}{\Phi_t} = j_{\eta} \times \frac{\lambda}{d_i} \times \left(\frac{cp \cdot \mu}{\lambda} \right)^{1/3}$$

$$\frac{h_{io}}{\Phi_t} = \frac{d_i}{d_o} \times \left(\frac{h_i}{\Phi_t} \right)$$

On à $u_t = 0,00125 \text{ kg/m} \cdot \text{sec}$

$$\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_t} \right)^{0.14}$$

t_t : température du tube .

$$t_t = T_c - \frac{\frac{h_{io}/\Phi_t}{h_{io}/\Phi_t + h_o/\Phi_a} \cdot (T_c - t_c)}{\quad} \Rightarrow t_t = 29,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donc :

$$h_{io} = 144,68 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^\circ$$

IV.3.1.4.2 Calcul du coefficient de transfert externe h_o

➤ Régime d'écoulement :

$$Re_a = \frac{Ga \cdot d_e}{\mu'}$$

G_a : Vitesse massique

d_e : Diamètre équivalent

$$d_e = \frac{D_i^2 - d_o^2}{d_o} \Rightarrow d_e = 0,0824 \text{ m}$$

$$G_a = \frac{\rho' \cdot M'}{a_a} \Rightarrow a_a = \frac{\pi}{4} (D_i^2 - d_o^2)$$

$$a_a = 0.01489 \text{ m}^2 \Rightarrow G_a = 950,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$Re_a = 80050,21 \quad \{ \text{Régime turbulent} \}$$

a partir ces formules on peut calculer h_o

$$j'_\eta = \frac{h_o \cdot d_e}{\lambda'} \times \left(\frac{cp' \cdot \mu'}{\lambda'} \right)^{-1/3} \times \phi_a^{-1} = 0.36 \text{ Re}_a^{0.55}$$

$$\frac{h_o}{\Phi_a} = j'_\eta \times \frac{\lambda'}{d_e} \times \left(\frac{cp' \cdot \mu'}{\lambda'} \right)^{1/3}$$

On a $u_t' = 0.000697 \text{ kg/m.sec}$

$$\phi_a = \left(\frac{\mu'}{\mu_t'} \right)^{0.14}$$

$$t_t = T_c - \frac{\frac{h_{io}}{\Phi_t}}{\frac{h_{io}}{\Phi_t} + \frac{h_o}{\Phi_a}} \cdot (T_c - t_c) \quad \Rightarrow \quad t_t = 32.84\text{C}^\circ$$

Donc :

$$h_o = 614,93 \text{ kcal/h.m}^2.\text{C}^\circ$$

IV. 3.1.4.3. Calcul du coefficient de transfert propre

$$U_p = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$U_p = 117,123 \text{ kcal/h.m}^2.\text{C}^\circ$$

$$U_s = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + R_s}$$

R_s : résistance de salissement = $0.0004 \text{ h.m}^2.\text{C}^\circ / \text{kcal}$ (annexe 5)

Donc :

$$U_s = 111,882 \text{ kcal/h.m}^2.\text{C}^\circ$$

IV. 3.1.4.4 Surface d'échange calculé

$$A_s = \frac{Q}{U_s \cdot DTLM}$$

$$A_s = 103.97 \text{ m}^2$$

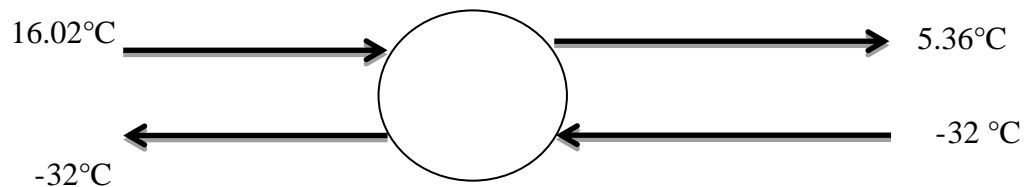
En procédant dans les calculs de la même manière que dans le Schiller E403A pour déterminer la surface d'échange des (E403B, E403C E403D). Les résultats obtenus sont reportés dans les tableaux :

Tableau III: les surfaces d'échange calculées des échangeurs E403.

| chillers | T ₁ | T ₂ | t ₁ | t ₂ | Surface d'échange |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
| E403 A | 49.68 | 20.25 | -3.92 | 8.17 | 103.97 |
| E403 B | 20.25 | 16.02 | -16.01 | 3.92 | 111.76 |
| E403 C | 49.68 | 21.87 | 4.57 | 6.87 | 74.52 |
| E403 D | 21.87 | 12.97 | -16.01 | -4.57 | 70.97 |

IV.3.2. Schiller à propane E404A/B/C/D

➤ Schiller E404A



IV.3.2.1. Quantité de chaleur dégagée par le mélange d'alimentation Q1

IV.3.2.1.1. Différence moyenne logarithmique de température

$$DTLM = \frac{\Delta t_e - \Delta t_s}{\ln \Delta t_e / \Delta t_s}$$

$$\Delta t_e = T_1 - t_2 = 48.02 \text{ °C}$$

$$\Delta t_s = T_2 - t_1 = 37.36 \text{ °C}$$

$$DTLM = 42.64 \text{ °C}$$

IV.3.2.1.2. Détermination la densité d_{15}^{15} des vo, mec, toluène :

1. La densité de vo :

$$d_{4vo}^{15} = 0,865$$

$$d_{15vo}^{15} = d_{4vo}^{15} / 0,99904 \quad \Rightarrow \quad d_{15vo}^{15} = 0,8658$$

2. La densité de mec :

$$d_{4mec}^{15} = 0,807$$

$$d_{15mec}^{15} = d_{4mec}^{15} / 0,99904 \quad \Rightarrow \quad d_{15mec}^{15} = 0,8078$$

3. La densité de toluène :

$$d_{4tol}^{15} = 0,870$$

$$d_{15tol}^{15} = d_{4tol}^{15} / 0,99904 \quad \Rightarrow \quad d_{15tol}^{15} = 0,8708$$

Q₁ est déterminée par l'équation du bilan thermique :

$$Q_1 = G_{mélange} \cdot (h_1 - h_2).$$

D'où

h₁ : chaleur sensible du mélange d'alimentation à T₁

h₂ : chaleur sensible du mélange d'alimentation à T₂

$$h_1 = \sum H_i^{T_1} \cdot x_i$$

$$h_2 = \sum H_i^{T_2} \cdot x_i$$

D'où

H_i : enthalpie du composant « i » dans le mélange.

x_i : composition massique du composant « i ».

On détermine l'enthalpie de la charge à T₁ et T₂

$$h_1(T_1) = 0,403 \cdot T_1 + 0,000405 \cdot (T_1)^2 / \sqrt{\rho_{15}^{15}}$$

$$h_2(T_2) = 0,403 \cdot T_2 + 0,000405 \cdot (T_2)^2 / \sqrt{\rho_{15}^{15}}$$

Tableau IV: Quantité de chaleur dégagée par le mélange d'alimentation Q₁

| Produit | G _i | X _i | h _i (10) kcal/kg | x _i .h _i | h _i (3) kcal/kg | h _i |
|---------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Charge | 7669,7 | 0,3403 | 6.9946 | 2.38 | 2.17 | 0.7385 |
| MEC | 7141.95 | 0,3175 | 7.0042 | 2.22 | 2.17 | 0.6889 |
| toluène | 7669.5 | 0,3423 | 6.9937 | 2.39 | 2.17 | 0.7439 |
| TOTAL | 22511.15 | 1 | - | 6.99 | - | 2.17 |

$$\text{Alors } Q_1 = 22511.15 \cdot (6.99 - 2.17)$$

$$Q_1 = 108503.743 \text{ kcal/h.}$$

IV. 3.2.2. Détermination de la quantité de chaleur dégagée lors de cristallisation Q₂

$$Q_2 = G_{charge} \cdot \alpha \cdot L_c / 100$$

D'où :

L_c : la chaleur latente de cristallisation de la paraffine (L_c = 38,96 kcal/kg)

α : le pourcentage massique des hydrocarbure solide qui se dégagent au cours du refroidissement, $\alpha = [(T_1 - T_2)/(T_H - T_f)] \cdot A \cdot 100$

T_H : température initiale de cristallisation correspond à l'apparition des cristaux, vu que la valeur T_H ne peut être trouvée qu'approximativement, on prend $T_H = T_1$

T_f : température de filtration

A : teneur en paraffine dans le gatsh, pour SAE30 ($A=0,2$)

D'ou

$$Q_2 = 19900.847 \text{ kcal/h}$$

Donc :

$$Q = Q_1 + Q_2 = 128404.59 \text{ kcal/h}$$

IV. 3.2.3. Détermination de la surface d'échange de Schiller E404 A :

$$U_s = 30-100 \text{ kcal/h. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U_s = 70 \text{ kcal/h. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$A_c = \frac{Q}{U_s \cdot DTLM} \Rightarrow A_c = 43.02 \text{ m}^2$$

En procédant dans les calculs de la même manière que dans le Schiller E404A pour déterminer la surface d'échange des (E404B ,E404C,E404D). Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau V: les surfaces d'échange calculées des réfrigérants E404

| chillers | T_1 | T_2 | t_1 | t_2 | Surface d'échange |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| E404 A | 10 | 3 | -32 | -32 | 43.02 |
| E404 B | 3 | -19 | -32 | -32 | 96.85 |
| E404 C | 2 | -6 | -32 | -32 | 120.97 |
| E404 D | -6 | -19 | -32 | -32 | 112.85 |

IV.4. Détermination de la surface d'échange total des Schillers E403 et E404

La surface d'échange total des chillers est la somme de toute les chillers.

$$A_{C \text{ total}} = A_{C \text{ E403A}} + A_{C \text{ E403B}} + A_{C \text{ E403C}} + A_{C \text{ E403D}} + A_{C \text{ E404A}} + A_{C \text{ E404B}} + A_{C \text{ E404C}} + A_{C \text{ E404D}}$$

$$A_{C \text{ total}} = 734.91 \text{ m}^2$$

IV.4.1 Détermination du nombre des Schillers calculé :

Le nombre de chiller est calculé à partir de l'équation suivante :

$$n = A_{C \text{ total}} / A_{\text{reel}}$$

D'où A_{reel} : surface d'échange réel = 129 m² par chiller

$$n = 734.91 / 129 = 5,697 \quad \Rightarrow \quad n \approx 6$$

IV.5. Interprétation générale :

- Pour le schiller E403C on remarque que la surface d'échange calculée est **faible** (A_s calculée $\lll a_s$ installée) 74.52 m² par rapport a 129 m²
- Pour le schiller E403D on remarque que la surface d'échange calculée est **faible** (A_s calculée $\lll a_s$ installée) 70.97 m² par rapport a 129 m²
- Pour le schiller a propane E404A la surface d'échange calculée est faible (A_s calculée $\llll a_s$ installée) 43.02 m² par rapport a 129 m²
- D'après ces résultats, on peut conclure que :
 - La surface des schillers est faible par rapport à la surface réelle.
 - Le nombre des schillers selon les calculs est petit 6 contre 8 réellement.

Depuis l'année 2009, les schillers de déshuilage sont à l'arrêt et d'après les fiches techniques des schillers de l'unité 400, nous avons conclu que les schillers de déshuilage sont identiques que les schillers de déparaffinage, donc on a proposé de faire une modification pour introduire les schillers de déshuilage dans le circuit de déparaffinage pour améliorer le point d'écoulement des huiles de base.

Conclusion

Durant la réalisation de notre projet de fin d'étude effectuée au niveau de la raffinerie d'Arzew, nous avons pu d'une part découvrir le monde industriel et sa complexité, et d'autre part de mettre en application nos connaissances théoriques acquises tout au long des années d'étude qui nous ont été très utiles pour résoudre une préoccupation réelle.

La tâche qui nous a été confiée n'a pas été facile, néanmoins possible à réaliser dans une courte période vue l'importance des installations et des équipements et leur complexité d'une part, et d'autre part la difficulté rencontrée dans le recueil des informations nécessaires pour l'application de notre méthode.

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

L'objectif de l'unité de déparaffinage au Méc/Toluène est d'améliorer le point d'écoulement des huiles de base. Cependant le refroidissement de la charge dans ce procédé confronte un problème majeur qui est l'augmentation de la température de filtration due à la diminution de surface d'échange dans les schillers.

Notre travail consistait à faire une comparaison entre le fonctionnement en design et au réel, et après avoir fait des calculs de vérification de surface d'échange des schillers de l'unité 400, nous avons pu rapprocher les connaissances théoriques à celle de la pratique et donner une conclusion suivante :

- Pour le schiller E403C on remarque que la surface d'échange calculée est **faible** (A_s calculée $\lll a_s$ installée) 74.52 m^2 par rapport à 129 m^2
- Pour le schiller E403D on remarque que la surface d'échange calculée est **faible** (A_s calculée $\lll a_s$ installée) 70.97 m^2 par rapport à 129 m^2
- Pour le schiller à propane E404A la surface d'échange calculée est faible (A_s calculée $\llll a_s$ installée) 43.02 m^2 par rapport à 129 m^2
- D'après ces résultats, on peut conclure que :
 - La surface des schillers est faible par rapport à la surface réelle.

— Le nombre des schillers selon les calculs est petit 6 contre 8 réellement.

A partir de cette étude on a proposé une solution efficace et économique pour diminuer la température de filtration, on a proposé la possibilité d'introduire les schillers de déshuilage dans le circuit de déparaffinage pour pouvoir améliorer le froid et d'augmenter le taux de charge avec une bonne qualité d'huile déparaffiné.

Références bibliographiques

- [1] Fiche Technique de complexe RA1/Z
- [2] P.WUITHIER, raffinage et génie chimique, tome 1.
- [3] Département technique: caractéristique sur les différents équipements d'U400.
- [4] B.M.REBEKH, Analyse de pétrole et des produits pétroliers.1982.
- [5] Manuel opératoire de l'unité de déparaffinage U400
- [6] KERN: instruction méthodique sur le calcul de l'installation de déparaffinage.

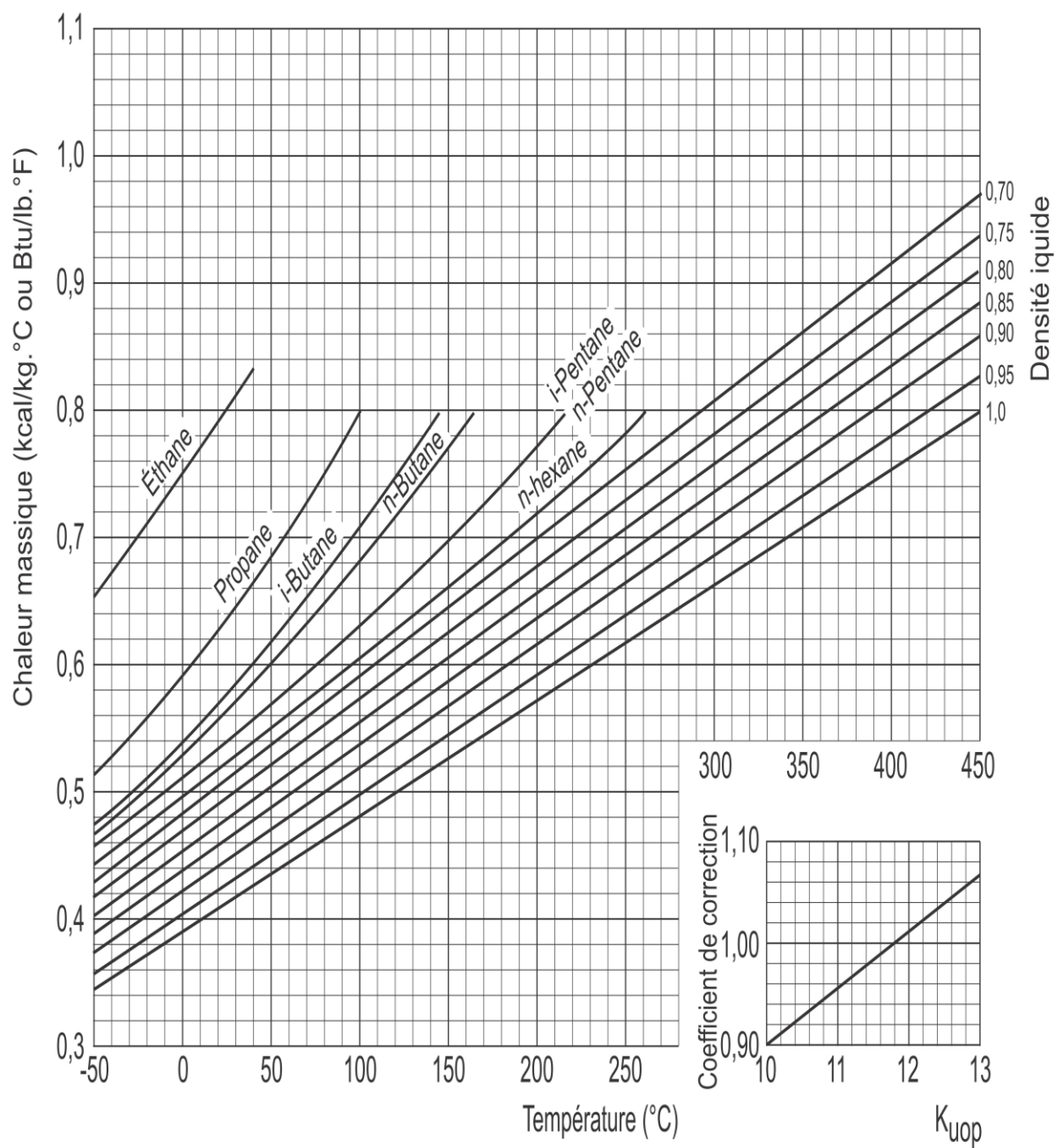
Annexe 1 : détermination de densité

$$d_4^\theta = d_4^t + K(t - \theta)$$

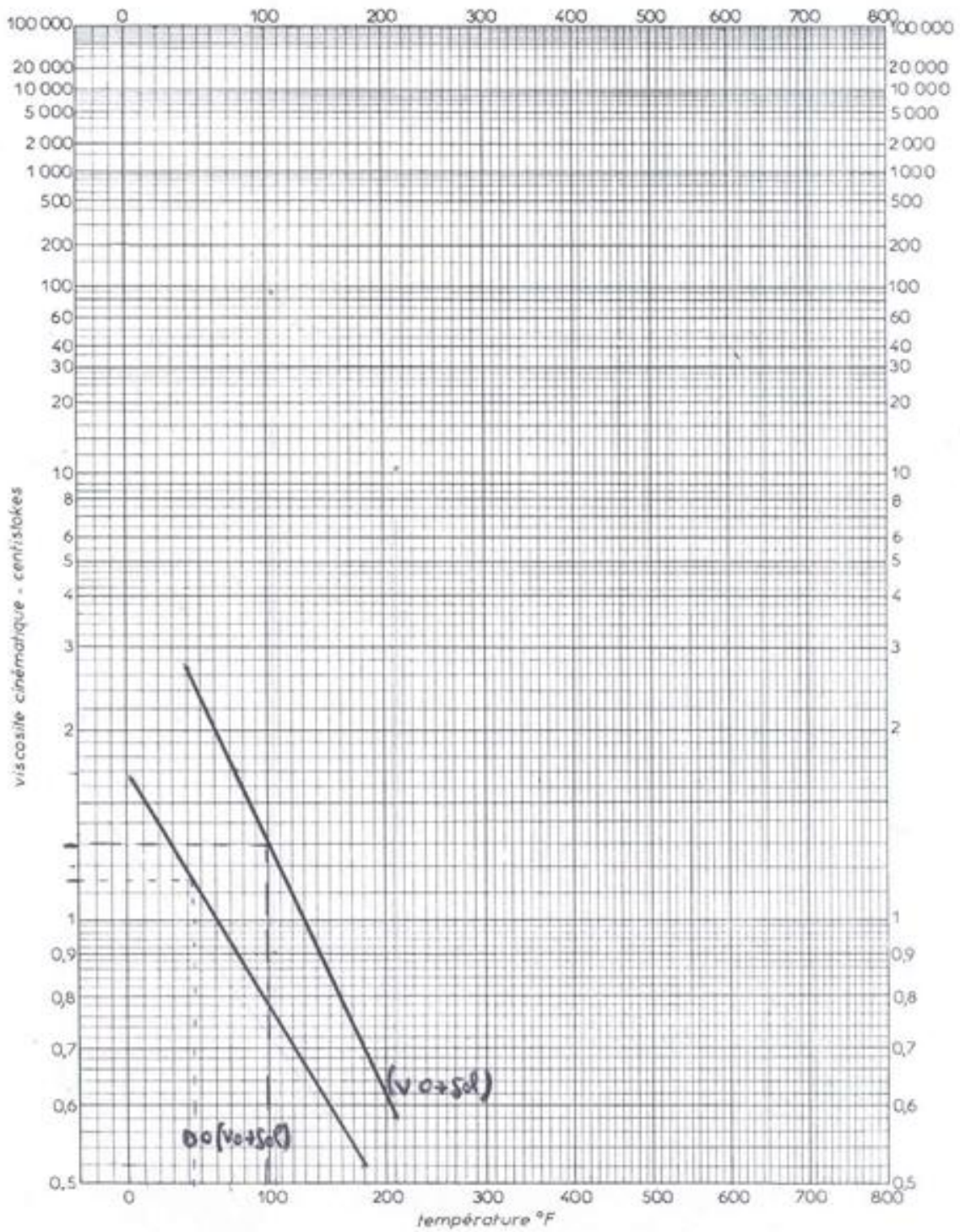
avec K coefficient dépendant de la d_4^{15} du produit pétrolier.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| d_4^{15} | 0,60 - 0,70 | 0,70 - 0,76 | 0,76 - 0,80 | 0,80 - 0,85 | 0,85 - 0,88 | 0,88 - 0,90 |
| K | 0,0009 | 0,00085 | 0,0008 | 0,00075 | 0,00065 | 0,00062 |

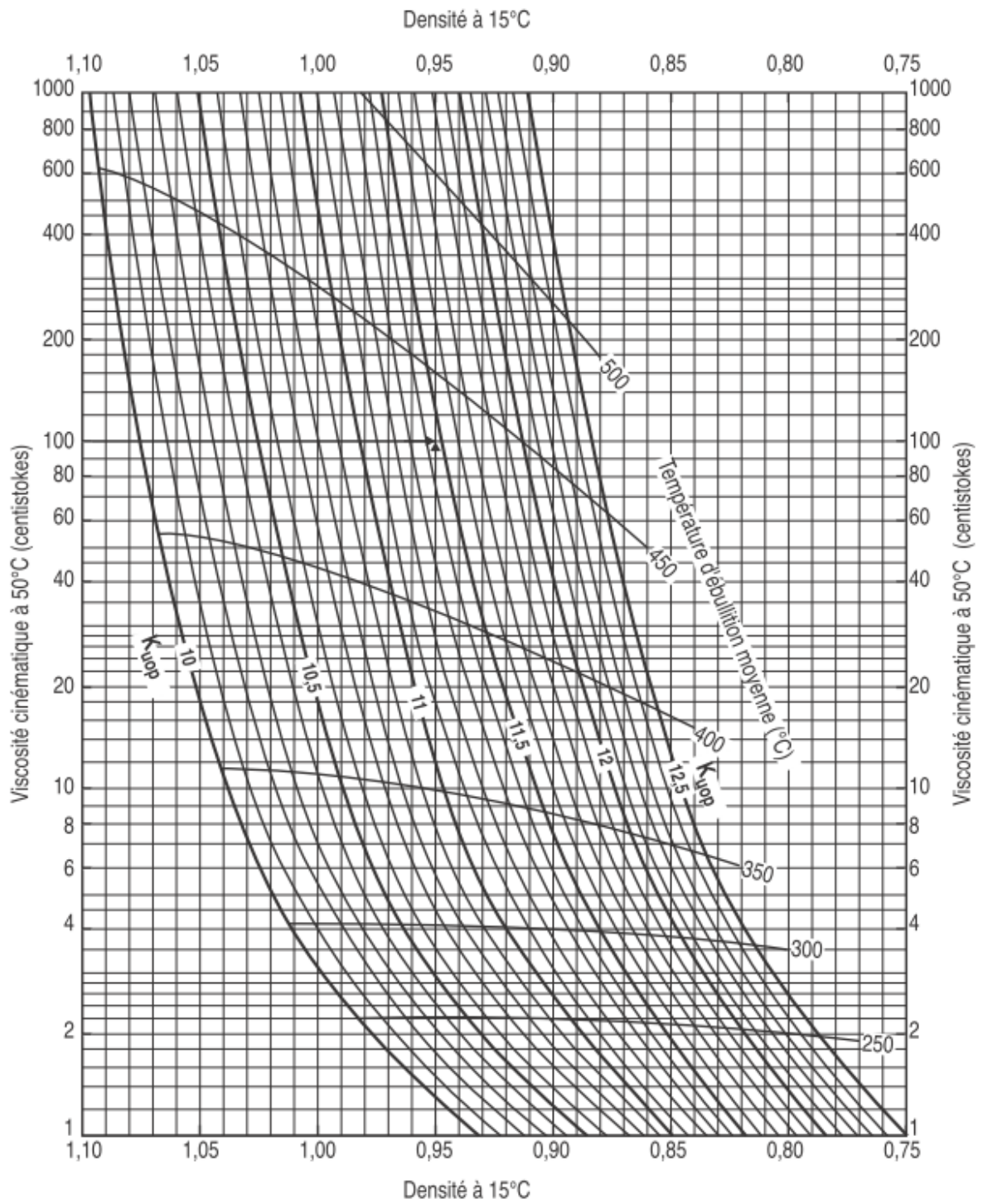
Annexe 2 : détermination de la chaleur massique des liquides.



Annexe 3 :La viscosité cinématique en fonction des températures



Annexe 4 : corrélation viscosité-densité- k_{uop} des liquides



**Annexe 5 : détermination de résistance de salissement en $10^4 \text{Rs h.m}^2.\text{c}^\circ$
/kcal**

| PRODUITS PÉTROLIERS | | | |
|---|------|--|---|
| DISTILLATIONS ATMOSPHÉRIQUES ET SOUS VIDE | | TRAITEMENT DES HUILES | |
| Essences et kérosène | 2 | Huile + solvant | 4 |
| Gasol léger | 4 | Raffinat | 2 |
| Gasol lourd | 6 | Extrait | 5 |
| Résidu atmosphérique | 6-8 | Solvants (furfuol, MEK, propane) | 2 |
| Résidu sous vide | 10 | Huile raffinée | 2 |
| Asphalte | 20 | | |
| UNITÉS DE CRAQUAGE | | FRACTIONNEMENT DES GAZ | |
| Vapeurs de tête | 4 | Alimentation et produits de tête | 2 |
| Distillat léger | 4 | Résidus au rebouilleur | 4 |
| Distillat lourd | 6-10 | | |

Annexe 6 : suivi des paramètres opératoires de section refroidissement pour grade SAE30

| date | 13/01 | 14/01 | 17/01 | 18/01 | 20/01 | 21/01 | 24/01 | 25/01 | 26/01 | 28/01 | 15/02 | 16/02 | 17/02 | 28/02 | 19/10 | 20/10 | 21/10 | 11/11 | 12/11 | 13/11 | 14/11 | 15/11 | 16/11 | 17/11 | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|----|
| 1ere dilution | 44.94 | 41.46 | 38.22 | 41.08 | 43.24 | 30.33 | 32.11 | 35.22 | 25.99 | 28.00 | 34.45 | 36.37 | 00 | 00 | 37.5 | 36.23 | 37.63 | 36.16 | 42.91 | 41.79 | 40.13 | 37.69 | 40.68 | 42.00 | |
| filtrat | 118.94 | 105.92 | 109.82 | 119.07 | 114.85 | 106.94 | 98.03 | 81.43 | 98.05 | 97.53 | 104.67 | 105.16 | 0.96 | 00 | 106 | 103.5 | 105 | 110 | 108.95 | 107.8 | 106.19 | 109.88 | 103.06 | 105.28 | |
| T° entrée E403A | 47.10 | 40.76 | 41.73 | 42.55 | 45.34 | 40.04 | 30.09 | 44.52 | 43.06 | 54.64 | 30.11 | 31.55 | 63.57 | 15.82 | 43.46 | 41.88 | 37.45 | 54.16 | 49.68 | 41.60 | 40.13 | 40.04 | 44.72 | 44.83 | |
| T° sortie E403A | 6.69 | 10.66 | 10.77 | 10.60 | 13.18 | 15.31 | 16.39 | 16.78 | 15.35 | 16.60 | 12.63 | 12.22 | 15.00 | 14.14 | 18 | 26.68 | 20.43 | 18.47 | 20.25 | 18.20 | 17.60 | 17.51 | 18.34 | 17.49 | |
| T° sortie E403B | 20.21 | 18.26 | 16.81 | 16.64 | 18.73 | 18.19 | 18.46 | 22.68 | 16.98 | 23.12 | 14.38 | 13.46 | 48.70 | 15.81 | 19.8 | 21.33 | 18.32 | 16.58 | 16.02 | 18.28 | 17.10 | 18.60 | 23.84 | 19.55 | |
| T° sortie E404A | 18.28 | 15.67 | 12.78 | 12.83 | 11.41 | 11.70 | 11.59 | 17.04 | 11.40 | 18.36 | 9.83 | 4.86 | 49.99 | 15.02 | 9.05 | 8.87 | 8.05 | 4.26 | 4.36 | 6.57 | 5.54 | 5.78 | 13.4 | 8.4 | |
| T° sortie E404B | 15.05 | 17.36 | 17.16 | 18.28 | 16.25 | 16.88 | 18.36 | 42.31 | 17.56 | 10.81 | 18.02 | 18.87 | 45.53 | 14.57 | 17.5 | 17.65 | 17.12 | 18.67 | 18.77 | 19.38 | 19.14 | 19.86 | 9.78 | 16.68 | |
| T° entrée E403B(Filtrat) | 12.64 | 11.3 | 13.45 | 12.99 | 10.33 | 12.41 | 12.69 | 5.10 | 14.19 | 11.62 | 14.58 | 13.12 | 0.69 | 15.52 | 15.5 | 15.41 | 15.17 | 16.57 | 16.01 | 15.05 | 14.41 | 14.13 | 10.89 | 12.21 | |
| T° sortie E403B (Filtrat) | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| T° sortie E403A (Filtrat) | 7.45 | 5.81 | 3.75 | 3.99 | 10.14 | 6.39 | 8.4 | 10.76 | 1.19 | 40.03 | 4.16 | 15.57 | 55.11 | 17.47 | 3.62 | 4.59 | 3.24 | 10.16 | 8.17 | 0.89 | 4.18 | 0.97 | 4.37 | 5.44 | |
| T° entrée E403C | 47.10 | 40.76 | 41.73 | 42.55 | 45.34 | 40.04 | 39.09 | 46.5 | 43.06 | 54.64 | 38.11 | 31.55 | 63.57 | 15.85 | 43.46 | 41.88 | 37.45 | 54.16 | 49.68 | 41.60 | 40.13 | 40.04 | 44.72 | 44.83 | |
| T° sortie E403C | 17.06 | 14.11 | 14.64 | 17.42 | 18.29 | 15.58 | 14.27 | 17.84 | 14.82 | 23.97 | 11.23 | 7.71 | 50.4 | 7.09 | 13.28 | 12.61 | 7.68 | 5.93 | 11.87 | 11.29 | 11.4 | 11.56 | 14.67 | 13.8 | |
| T° sortie E403D | 14.89 | 12.06 | 11.82 | 15.18 | 15.43 | 13.47 | 10.57 | 17.99 | 14.82 | 24.50 | 10.45 | 9.55 | 54.65 | 15.59 | 13.7 | 13.63 | 8.66 | 6 | 12.97 | 13.43 | 13.67 | 13.62 | 16.78 | 14.97 | |
| T° sortie E404C | 6.72 | 4.26 | 6.14 | 10.04 | 15.06 | 12.02 | 11.09 | 18.42 | 7.46 | 10.07 | 4.14 | 4.20 | 41.27 | 16.43 | -0.1 | 0.14 | -3.59 | -6.52 | 1 | 2.96 | 2.88 | 3.42 | 15.74 | 2.92 | |
| T° sortie E404D | 16.95 | 19.2 | 16.12 | 13.78 | 12.44 | 16.26 | 16.73 | 3.91 | 16.18 | 14.23 | 15.92 | 16.69 | 32.08 | 14.43 | 17.36 | 17.47 | 19.13 | 11.29 | 16.87 | 9.22 | 8.32 | 7.91 | 7.07 | 5.55 | |
| T° entrée E403D(Filtrat) | 12.64 | 11.3 | 16.45 | 12.95 | 10.36 | 12.41 | 12.76 | 5.10 | 14.15 | 11.62 | 14.58 | 13.12 | 32.09 | 15.52 | 15.5 | 15.41 | 15.17 | 16.57 | 16.01 | 15.05 | 14.41 | 14.13 | 10.89 | 12.21 | |
| T° sortie E403D (Filtrat) | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| T° sortie E403C (Filtrat) | 3.37 | 2.22 | 3.47 | 4.51 | 6.66 | 4.27 | 4.68 | 16.68 | 5.41 | 37.37 | 0.68 | 1.21 | -0.69 | 17.4 | 3.02 | 3.68 | 0.47 | 5.32 | 6.87 | 7.76 | 5.65 | 4.76 | 8.07 | 5.82 | |
| Point d'écoulement | -12 | -12 | -12 | -12 | -9 | -12 | -12 | -12 | -9 | -9 | -12 | -12 | -12 | -9 | -9 | -9 | -9 | -9 | -9 | -9 | -12 | -9 | -9 | -9 | -9 |

Annexe 7 : suivie de la teneur en eau durant la période du 08/01/2020 au 06/04/2020

| date | Teneur eau % | Teneur désigne |
|-------------|---------------------|-----------------------|
| 08/01/2020 | 0,25 | 0,05 |
| 13/01/2020 | 0,2 | 0,05 |
| 20/01/2020 | 0,2 | 0,05 |
| 22/01/2020 | 0,25 | 0,05 |
| 27/01/2020 | 0,3 | 0,05 |
| 29/01/2020 | 0,3 | 0,05 |
| 03/02/2020 | 0,9 | 0,05 |
| 05/02/2020 | 0,5 | 0,05 |
| 10/02/2020 | 0,35 | 0,05 |
| 12/02/2020 | 0,45 | 0,05 |
| 17/02/2020 | 0,4 | 0,05 |
| 19/02/2020 | 0,35 | 0,05 |
| 24/02/2020 | 0,5 | 0,05 |
| 26/02/2020 | 0,5 | 0,05 |
| 02/03/2020 | 0,5 | 0,05 |
| 04/03/2020 | 0,4 | 0,05 |
| 09/03/2020 | 0,5 | 0,05 |
| 11/03/2020 | 0,45 | 0,05 |
| 16/03/2020 | 0,4 | 0,05 |
| 20/03/2020 | 0,3 | 0,05 |
| 23/03/2020 | 0,4 | 0,05 |
| 20/03/2020 | 0,3 | 0,05 |
| 23/03/2020 | 0,4 | 0,05 |
| 25/03/2020 | 0,5 | 0,05 |
| 06/04/2020 | 0,4 | 0,05 |

Annexe 8 : détermination de la chaleur massique de solvant (mec+ toluène).

