

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Génie Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Option : Génie des matériaux

Intitulé du mémoire

**ÉTUDE DE L'AMELIORATION DE L'EFFICACITE DU
DESSALEMENT DE L'UNITE DE DISSTILLATION
ATMOSPHERIQUE AU NIVEAU DE LA RAFFINERIE
D'ALGER**

Réalisé par:
M..BENZIANE GUERMIA
M..YAHIAOUI ASMA

En cadré par:
Promotrice : Dr. W BEN LEMMANE
Co-promoteur : Dr. Hadj Messaoud REBIHA

Année universitaire 2023/2024

ملخص:

تعتبر عملية تحلية النفط الخام ذات أهمية قصوى لضمان التشغيل السلس لمنشآت المصب. في الواقع، يمكن أن يكون لعملية التحلية السيئة تداعيات مباشرة على تشغيل عمود التقطير الجوي، مما يؤدي إلى تآكل النظام العلوي. إن جهاز إزالة الملوحة، الذي يتم وضعه أعلى عمود التقطير، له دور في إزالة الماء المملح (مثل كلوريد الصوديوم المملح) الموجود في النفط الخام قبل تجزئته. هدفنا هو مراجعة الحسابات التصميمية لجهاز التحلية لتحليل تأثير المعلومات الرئيسية المتعلقة بعملية التحلية الكهروستاتيكية من أجل إيجاد حل فعال للحصول على منتج يلبي معايير متطلبات السوق.

الكلمات المفتاحية: النفط الخام، تحلية الملوحة، الكلوريد، الملح، الحديد، عمود التقطير

Résumé :

Le processus de dessalement du pétrole brut est de la plus haute importance pour garantir le bon fonctionnement des installations en aval. En effet, un mauvais processus de dessalement peut avoir des répercussions directes sur le fonctionnement de la colonne de distillation atmosphérique, conduisant à la corrosion du système de tête. Le dessaleur, qui est placé en tête de la colonne de distillation, a pour fonction d'éliminer l'eau salée comme le chlorure Sodium salé présent dans le pétrole brut avant son fractionnement. Notre objectif est de revoir les calculs de conception du dispositif de dessalement pour analyser l'impact des informations clés liées au processus de dessalement électrostatique afin de trouver une solution efficace pour obtenir un produit qui répond aux normes des exigences du marché.

Mots clés : Pétrole brut, dessalement, chlorure, sel, fer, colonne de distillation

Abstract :

Desalting crude oil is crucial to ensure the propre functioning of down Stream facilities. A poorly executed desalting operation can directly impact the performance of the atmospheric distillation column, leading to system head emulsion. Situated upstream of the distillation column, the desalter's role is to eliminate water and salts (such as sodium chloride and alkali-earth salts) present in the crude oil before fractionation.

Our aim is to assess the desalter's design calculations and analyse the impact of key parameters related to the electrostatic desalting process to find an effective solution for obtaining a product that meets market standards and requirements.

Keywords: crude oil, desalter, chloride, salt, distillation colum

Remerciements

Nous remercions Allah de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage qui nous a permis de mener à bien ce travail.

Nous tenons de remercier Dr. Chenouff chef de département de génie des procédés et Dr. zermane chef d'option de Génie des procédés des matériaux de la université de Saad Dahlab de Blida -1- .

Au jury; Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous faites pour nous en acceptant de juger ce mémoire.

Gratitudes à. Mme Benlemmane notre directrice de mémoire pour l'encadrement de ce travail et sa disponibilité qu'elle nous a accordé pour le suivie de ce travail et pour nous avoir fait part de ses précieux conseils, le respect et la sympathie dont nous fait témoin ; et pour l'intérêt qui nous a donné.

Nous remercions également Dr Rabiha hadj Massoud, qui a joué un rôle majeur dans la réalisation de ce mémoire. Merci pour vos efforts et vos conseils.

Sans oublier tous les enseignants qui nous ont formés pendant notre cursus.

On remercie nos amis de département de Génie des Procédés spécialement la promo de de l'année 2024 ; On a l'honneur de de partager des beaux souvenirs ensemble (études, grèves, examens...etc.).

DEDICACE

Avec l'aide d'Allah le tout puissant qui ma donné la force de survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Je dédier à travers ce mémoire ... à la mémoire de :

*A mon cher Papa. **AZEDDINE***

Remercier mon père mon guide dans cette vie, je ne vais jamais oublier tes sacrifices pour moi, tes précieux conseils et votre présence à coté de moi à tout moment. Qu'Allah vous protège, aucun chose peut vous rendre qu'est ce que vous ma donnée ... je vous souhaite le paradis, merci mon père.

*A ma Maman d'amour, **NOURA***

Des mots ne pourront jamais exprimer la profondeur de mon amour et mon affection. A toi maman, je dédie ce travail, que sans ton soutien, ton amour, n'aurait pu voir le jour. Tes prières ont été pour moi un grand soutien moral au long de mes études. Veuillez trouver, chère mère, dans ce travail le fruit de ton dévouement et de tes sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude et mon profond amour. Puisse Dieu te préserver des malheurs de la vie et te procurer longue vie.

*A mes frères **HICHEM, HAMZA** mes sœurs **ASSIA, Lamia et INASSE**, vous avez toujours cru en moi et été là pour moi ; même si je vous le dis souvent mais sachez encore une fois que je vous aime.*

A mes amis avec qui j'ai pu garder plus ou moins de contact et beaucoup des souvenirs. Vous étiez là pour moi depuis le début, je n'oublierai jamais vos encouragements et votre présence.

*Merci à mes confrères **Asma**, nous formons le super binôme, je suis si fière qu'on fait ce travail ensemble et ravis de vous reconnaître.*

Et pour finir je tiens de remercier tous d'être là chaque jour auprès de moi, de m'avoir soutenue durant tout mon cursus et dans toutes mes pas et chacune des étapes de ma vie , de m'encourager par ces mots ou par la donne du courage d'avancer.

BENZIANE Guermia

DEDICACE

Avec l'aide d'Allah le tout puissant qui ma donné la force de survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Je dédier à travers ce mémoire ... à la mémoire de :

*A mon cher Papa. **AHMED***

Remercier mon père mon guide dans cette vie, je ne vais jamais oublier tes sacrifices pour moi, tes précieux conseils et votre présence à coté de moi à tout moment. Qu'Allah vous protège, aucun chose peut vous rendre qu'est ce que vous ma donnée ... je vous souhaite le paradis, merci mon père.

*A ma Maman d'amour, **DJAOUIDA***

Des mots ne pourront jamais exprimer la profondeur de mon amour et mon affection. A toi maman, je dédie ce travail, que sans ton soutien, ton amour, n'aurait pu voir le jour. Tes prières ont été pour moi un grand soutien moral au long de mes études. Veuillez trouver, chère mère, dans ce travail le fruit de ton dévouement et de tes sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude et mon profond amour. Puisse Dieu te préserver des malheurs de la vie et te procurer longue vie.

A l'homme que j'aime et qui m'a soutenu tout au long de ce travail, mon cher mari
MOUSSA.

*A mes frères **YACINE; KHIR EL DINE** et **ANAS** mes sœurs **AMEL, RANIA** et **NADA**, vous avez toujours cru en moi et été là pour moi ; même si je vous le dis souvent mais sachez encore une fois que je vous aime.*

A mes amis avec qui j'ai pu garder plus ou moins de contact et beaucoup des souvenirs. Vous étiez là pour moi depuis le début, je n'oublierai jamais vos encouragements et votre présence.

*Merci à mes confrères **RANIA**, nous formons le super binôme, je suis si fière qu'on fait ce travail ensemble et ravis de vous reconnaître.*

Et pour finir je tiens de remercier tous d'être là chaque jour auprès de moi, de m'avoir soutenue durant tout mon cursus et dans toutes mes pas et chacune des étapes de ma vie ,

YAHIAOUI ASMA

SOMMAIRE

Résumé :	2
Remerciements	3
DEDICACE	4
DEDICACE	5
Listes des figures	8
Listes des tableaux	8
Liste Abréviations :	9
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 1: présentation de la raffinerie d'Alger	3
1.1. Historique et Situation Géographique :	4
1.2. Principales installations de la raffinerie :	6
1.2.1. Unité de distillation atmosphérique (Unité 100) :	6
1.2.2. Unité de gaz-plant (unité 300):	6
1.2.3. Parc de stockage :	7
1.2.4. Unité de craquage catalytique (RFCC) :	7
1.2.5 .La section MS BLOC :	7
1.2.6 La section Sulfure BLOC:	8
1.2.7. Les utilités:	8
Conclusion:	11
Chapitre 2 : Pétrole brute et dessalement	13
2.1. Pétrole brut:	13
2.1.1. Introduction sur le pétrole brut:	13
2.1.2. Origine du pétrole brut:	13
2.2. Procédé de dessalage électrostatique :	14
2.2.1. Introduction:	14
2.2.2. Le but de dessalage:	14
2.2.3. Les raisons qui imposent le dessalage sont de trois ordres :	14
2.2.4. Généralité sur les sels:	14
2.2.5. L'émulsion :	15
2.2.6. Dessalage électrostatique:	18
2.2.7. Fonctionnement d'un dessaleur électrostatique:	21
2.2.8. Les avantages et les inconvénients:	21

Chapitre 3:Méthodes et matériels	23
3.1. Les analyses réalisées pour les eaux condensées:	23
3.2. Identification des ions de Cl ⁻ à faible teneur:	26
3.3. Les analyses réalisées au niveau du dessaleur:	26
Chapitre 4 : Résultats et discussions	32
4.1. Détermination du pH :	32
4.2. Détermination de la concentration du fer :	33
4.3. Détermination de la concentration des chlorures :	34
4.4. Variation de L'efficacité du dessaleur par rapport à l'entrée et à la sortie :	35
4.5. Comparaison entre le désigne et l'actuel	37
Conclusion générale :	50
Bibliographie :	52
Annexes:	56

Listes des figures :

Figure 1.1: La raffinerie d'Alger.....	03
Figure 1.2: Organisation de raffinerie d'Alger (RA1G).....	04
Figure 1.3: la raffinerie d'Alger RA1G.....	05
Figure 1.4 : Schéma synoptique de la raffinerie d'Alger.....	11
Figure 2.1 Représentation d'une émulsion eau/huile.....	16
Figure 2.2 Représentation d'une émulsion avec émulsifiant.....	17
Figure 2.3 Principe de la désintégration d'une émulsion.....	17
Figure 2.4: Dessaleur électrostatique.....	18
Figure 2.5 : Principe schématique du dessalage.....	20
figure 3.1: spectrophotomètre UV(HACH).....	26
Figure 3.2 : Prise des échantillons multiples.....	27
Figure 4.1: variation de pH dans le dessaleur D101.....	33
Figure 4.2 :Quantité de fer mesurée à partir des échantillons des eaux acides dans les ballons (D101 , D103 , D501).....	34
Figure 4.3 : Quantité de chlorure mesurées à partir des échantillons des eaux acides des ballon (D101, D 103, D501).....	35

Listes des tableaux :

Tableau 1.1 : Capacité de production annuelle de la raffinerie d'Alger.....	06
Tableau 3.1: Les Matériels et les produits utilisé pour mesurer les ions de fer.....	24
Tableau 3.2: Les Matériels et les produits utilisé pour mesurer les ions de chlorure.....	26
Tableau 4.1 : Résultats des analyses de pH pour l'unité 100.....	32
Tableau 4.2 : Résultats des analyses de Fe pour l'unité 100.....	33
Tableau 4.3 : Résultats des analyses de Cl ⁻ pour l'unité 100.....	34
Tableau 4.4: Résultats de Variation de L'efficacité du dessaleur par rapport pH de l'entrée et la sortie	37

Liste Abréviations :

Sigles et abréviations	désignation unité
A	Facteur relatif à la phase légère (pétrole)
a	Rayon de gouttelette d'eau
ADU	Atmosphère distillation unit
ASTM	American society for testing and materials
CPP	Centrale de production propre
CPU	Unité de polissage des condensats
D	Diamètre de la gouttelette
dc	Masse volumique de la phase continue (brut)
dd	Masse volumique de la phase dispersée (eau)
Dp	Diamètre de la particule d'eau
d'	Distance entre les centres des gouttelettes en coalescence
E	Champ électrique
E	Efficacité de dessaleur
EAC	Eau alimentaire des chaudières
Ec	Champ critique
ECS	Système de contrôle électrique
Ei	Electrode inférieure
Ep	Efficacité de dessaleur
ETP	Unité de traitement des effluents
Es	Electrode supérieure
F	Facteur d'attraction
HP	Haute pression
g	Accélération de pesanteur
GTG	Turbine à gaz génératrice
K	Constante

L	Distance séparant les deux trous extrêmes
L_1	Distance entre l'électrode inférieure et le niveau d'eau
LPG	Lique fied petroleum gas
Q_b	Quantité de brut à dessaleur
Q_d	Quantité de brut dessalé
Q_w	Quantité d'eau de lavage
$Q_w \text{ ext}$	Quantité d'eau dans le brut dessalé
$Q'w$	Quantité d'eau de purge
RA1G	la raffinerie d'ALGER
RFCC	Resid fluide catalytic cracking
S_e	Salinité d'entrée
S_s	Salinité de sortie
STG	Turbine à vapeur génératrice
S_w	teneur en sel dans le brut a l'entrée de dessaleur
T	Température
T_s	Temps de séjour
T_d	Temps de décantation
V	Volume de la capacité
V_c	Vitesse de coalescence
V_d	Vitesse de décantation
X	Taux de lavage ou d'injection
Y	Teneur en eau dans le brut à l'entrée de dessaleur
Z	Teneur en eau dans le brut à la sortie de dessaleur
δ	Tension superficielle entre l'eau et le pétrole
Φ	Viscosité cinématique de la phase continue (brut)
ρ_e	Masse volumique de l'eau
ρ_b	Masse volumique du brAmerican Society for Testing and matérialisut

INTRODUCTION GENERALE

Le pétrole brut est un liquide avec une couleur foncée, plus ou moins visqueux et une odeur caractéristique. Sa composition peut varier en fonction de son ; origine, mais elle est d'environ 84% carbone, 14% hydrogène, 1 à 3% soufre, et moins de 1% d'azote, d'oxygène, de métaux (nickel, fer, vanadium, etc.) et de sels divers (NaCl_2 , MgCl_2 , CaCl_2). [1]

Le pétrole est considéré comme une source d'énergie, il représente la matière première essentielle pour le développement économique énergétique et technologique. Ce dernier n'a pas d'utilisation pratique tant qu'il n'a pas été bien traité et bien raffiné; afin d'obtenir des produits dont les usages conviennent à une application particulière (en produits énergétiques tels que carburants et combustibles, et en produits non énergétiques telles que les matières premières pétrochimiques, lubrifiant paraffines et bitumes) [1]. Avant le raffinage le pétrole brut doit subir des procédés de traitement convenable capable de fournir un pétrole qui répond aux normes exigées, et de diminuer leurs conséquences sur les installations pétrolières (la présence d'eaux est les sels dans le brut, diminue sa qualité ainsi il peut provoquer la corrosion et d'autres effets pour les équipements). Pour ces raisons, toute une opération de dessalage est nécessaire; qui consiste à éliminer les impuretés existantes dans ce dernier, par un lavage avec l'eau afin de dissoudre les sels qui se trouvent sous forme de cristaux dans le brut.

Problématique:

Nous avons effectué un stage de 2 mois au niveau de la raffinerie d'Alger; nous avons remarqué que les unités 100 de topping de la raffinerie d'alger ont des problèmes d'émulsion au niveau de la tête de la colonne de distillation atmosphérique quoique le brut ait subi un traitement de dessalage. Il a été constaté que l'existence d'une quantité de sel provoque la formation de l'acide chlorhydrique menant à une corrosion des équipements.

Les sels prédominant dans le brut sont les Chlorures de sodium (Na Cl) 70%, chlorures de magnésium(MgCl_2) 20%, et chlorures de calcium (CaCl_2) 9%, et de certaines particules solides (SiO_2 , Argile, Résine, Sable, Sédiment). Elles se trouvent sous forme de cristaux ou

dissous dans des fines gouttelettes d'eaux disposées dans le brut et forment ainsi une émulsion. [2]

La présence de ces sels à des conséquences directes sur le fonctionnement de la colonne de distillation atmosphérique, par conséquent une émulsion du circuit de tête de colonne est observée.

Nous avons structuré notre mémoire en quatre chapitres: le premier chapitre destiné présentation de la raffinerie d'Alger; le deuxième chapitre est consacré à la définition du pétrole brut son origine, son exploitation extraction... etc. ainsi que le dessalement.

Le chapitre trois on présente les analyses effectuées au laboratoire de la raffinerie d'alger, Le chapitre quatre décrits les discussions des résultats obtenus, Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale.

CHAPITRE 1:
PRESENTATION DE LA RAFFINERIE
D'ALGER

Chapitre 1: présentation de la raffinerie d'Alger

Ce premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise dans laquelle s'est déroulé notre stage. Nous allons exposer dans un premier lieu l'organisation de Sonatrach et ses missions pour ensuite nous attarder sur l'activité de raffinage et de pétrochimie ainsi que la raffinerie d'Alger. De plus, ce chapitre présente en détail les raffineries détenues par SONATRACH en Algérie. Ces installations interviennent dans la transformation du pétrole brut en des produits pétroliers tels qu'essence, diesel, fioul, kérosène et gaz de pétrole liquéfié (GPL). Une brève description de chaque raffinerie est faite en mettant l'accent sur ses principales unités et installations.



Figure 1.1: La raffinerie d'Alger

La raffinerie d'Alger fait partie des activités de raffinage et de pétrochimie. Elle nous a soumis la problématique étudiée dans ce mémoire, qui est la maximisation de la production de l'unité de distillation atmosphérique. L'organisation de la raffinerie d'Alger (RA1G) est présentée dans la figure

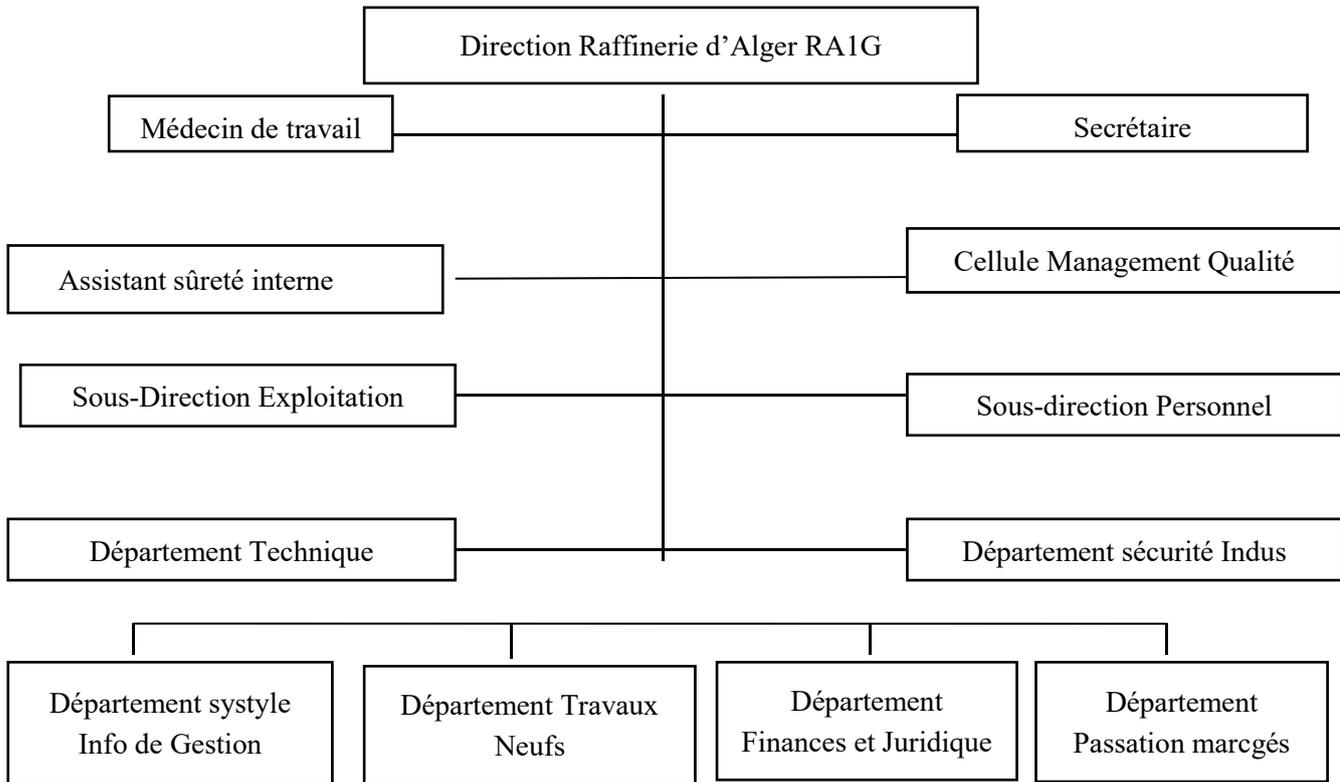


Figure 1.2: Organisation de raffinerie d'Alger (RA1G)

1.1. Historique et Situation Géographique :

La raffinerie d'Alger fut créé en décembre 1959 suite à la découverte du pétrole au sud algérien, le chantier fut ouvert en janvier 1960, le démarrage de la raffinerie n'a eu lieu que le 19 janvier par un groupe de compagnies étrangères participantes en projet qui sont :

- Société Shell Algérie 24%.
- Compagnie française de pétrole 20%.
- ESSO méditerranéen Inc. 17,6%.
- Total S.a.h.m 12%.
- Société française de pétrole BP 10,4%.
- SN Repal 10%.

La raffinerie d'Alger s'étend sur une superficie de 182 hectares (bâti et clôturé 96 Hectares). Elle est située à 5 km au sud d'El-Harrach et à 20 km à l'est d'Alger ; cet emplacement a été choisi après étude du sol et la découverte d'une nappe d'eau qui est nécessaire pour l'alimentation des systèmes de refroidissement. En ce qui concerne le choix de la région algéroise, elle se présente comme un pôle futur de développement industriel. En plus, elle a l'avantage d'être le plus grand centre de consommation avec une part de 40% à 50% de la demande intérieur. Il apparait clairement que la production à partir de la raffinerie d'Alger sera moins couteuse que celle venant des autres raffineries



Figure 1.3: la raffinerie d'Alger RA1G

La capacité de traitement de la raffinerie d'Alger a augmenté après réhabilitation de 2.7 à 3.6 millions tonnes par an de pétrole brut de Hassi-Messaoud. Les capacités annuelles de production des différentes unités sont représentées dans le tableau.

Tableau 1.1 : Capacité de production annuelle de la raffinerie d'Alger

Produit	Production annuelle (tonnes)
Reformat	603333
Isomérat	364333
Naphta (exportation)	76000
Fuel-oil	60000
Propane	69333
Butane	209667
Essence normal	600000
Essence super	757000
Essence RFCC	376000
Kérosène	620666
Gasoil	1261667

1.2. Principales installations de la raffinerie :

La raffinerie comporte les installations de production suivante :

1.2.1. Unité de distillation atmosphérique (Unité 100) :

D'une capacité de 3.6 millions de tonnes par an qui est destinée à séparer les différents produits pétroliers.

1.2.2. Unité de gaz-plant (unité 300):

Elle a pour objectif de séparer le mélange de gaz (L.P.G) en produits liquides finis qui sont le propane et le butane.

1.2.3. Parc de stockage :

Composé de 53 réservoirs cylindriques d'une capacité totale de 474500 m³ pour le stockage des différents produits. Et de 9 réservoirs sphériques d'une capacité de 15106 m³ pour le stockage du propane et du butane.

1.2.4. Unité de craquage catalytique (RFCC) :

Conçue pour traiter 1MT par an à partir du résidu atmosphérique obtenu dans l'unité de distillation atmosphérique (unité 100), à l'aide d'un procédé de craquage catalytique à haute température.

1.2.5 .La section MS BLOC :

Qui se compose de trois unités :

a) Unité d'hydrotraitement des naphthas NHT (U-500):

L'unité 500 est une unité d'hydrotraitement des naphthas, permettant d'obtenir différentes coupes de naphtha débarrassées de multiples composés tels que l'eau, les halogènes, les sulfures, le nitrogène, les oléfines et dioléfines, le mercure, l'arsenic, etc. pouvant altérer l'efficacité des catalyseurs utilisés dans les unités aval d'isomérisation et de reforming CCR.

b) Unité d'isomérisation des naphthas (U-510):

Cette unité sert à l'isomérisation des naphthas, c'est-à-dire à la transformation des C5 et C6 en leurs isomères, afin d'obtenir un produit à haut indice d'octane utilisé dans les sections de mélanges pour obtenir les essences commerciales produites par la raffinerie.

c) Unité de reforming CCR (U-520):

L'unité de Reforming CCR est installée (l'unité de reforming catalytique), car elle permet d'obtenir un meilleur rendement et un produit à indice d'octane élevé.

A l'aide d'un catalyseur, cette unité a pour but de produire un naphtha à haut indice d'octane, afin de le mélanger et obtenir des essences à fort indice d'octane.

1.2.6 La section Sulfure BLOC:

Se compose de quatre unités :

- a. Unité de traitement des gaz acide (fuel-gaz) à l'amine (Unité-560-FGATU)
- b. Unité de stripage des eaux acide (Unité-570-SWS)
- c. Unité de régénération de l'amine (Unité-580-ARU)
- d. Unité de récupération du Soufre (Unité-590-SRU)

1.2.7. Les utilités:

Se compose des unités suivantes :

A. Unité de l'eau brute (unité 701) :

L'unité d'eau brute 701 reçoit l'eau brute des puits de forage situés à l'intérieur de la raffinerie et peut également être alimentée en eau de SEAL par un pipeline. L'unité d'eau brute 701 distribue l'eau aux différents utilisateurs de la raffinerie:

B. Les tours de refroidissement (Unité 710/711) :

Cette unité fournit de l'eau de refroidissement aux utilisateurs au sein de la raffinerie et est alimentée par l'unité d'eau brute 701.

C. Unité d'eau déminéralisée (unité 720) :

Cette unité reçoit de l'eau brute provenant de l'unité d'eau brute 701 située au sein de la raffinerie et traite cette eau pour la convertir en eau déminéralisée.

D. .Unité d'eau anti incendie (Unité 741).

E. Unité 751 :

Les systèmes de vapeur et d'eau d'alimentation de chaudière font partie des nouvelles installations pour la raffinerie d'Alger, et sont désignés sous l'appellation d'unité CPP 751

(centrale de production propre, ou centrale électrique dédiée, c'est-à-dire de production d'électricité pour consommation propre).

Cette unité est conçue pour fournir de la vapeur aux consommateurs dans les installations des unités de procédés et pour produire une eau d'alimentation de chaudière (EAC) de qualité utilisée en interne par les nouvelles chaudières mais aussi fournie sous forme d'EAC haute pression (HP) à différentes unités de la raffinerie.

En outre, le complexe est équipé d'un turbogénérateur à gaz (Gas Turbine Générateur, GTG) et d'un turbogénérateur à vapeur (Steam Turbine Generator, STG) raccordés au système de contrôle- commande électrique (Electrical Control System, ECS) et qui couvrent les besoins électriques de l'ensemble de la raffinerie.

F. Unité de production d'air (Unité 781):

L'air comprimé est nécessaire dans la raffinerie pour les besoins suivants :

En tant qu'air pour les instruments pour le fonctionnement des instruments utilisés dans l'installation ainsi que pour purger certains tableaux de commande. Et en tant qu'air comprimé pour les robinets d'incendie, pour la régénération catalytique, pour le dé cokage des fours, etc.

G. La torche (Unité 791):

Le système de torchère collecte et élimine en toute sécurité les flux de décharge d'hydrocarbures gazeux de la raffinerie d'Alger, ainsi que les liquides entraînés ou condensés à l'intérieur des conduites de la torchère.

H. Unité de production d'azote (unité 810):

L'unité de production d'azote consiste en une unité de production d'azote gazeux et liquide avec des installations associées de stockage et de vaporisation de l'azote liquide.

I. Unité de polissage des condensats (unité 830):

Une (CPU) est installée au sein des nouvelles unités de fluides de la raffinerie d'Alger. Cette

unité est une installation centralisée de traitement des condensats pollués générés par diverses unités de traitement de la raffinerie. Les condensats purifiés provenant de l'unité CPU (U-830) sont renvoyés vers les dés aérateur de la nouvelle unité CPP (U-751).

J. Unité de soude caustique et acide chlorhydrique (unité 840):

Le système de soude caustique est prévu pour satisfaire les exigences de la raffinerie.

K. Unité de traitement des effluents (Unité 850) :

L'objectif de cette unité est le traitement de toutes les eaux usées générées par l'exploitation de la raffinerie. Les eaux usées sont collectées et traitées dans la nouvelle station de traitement des effluents (ETP).

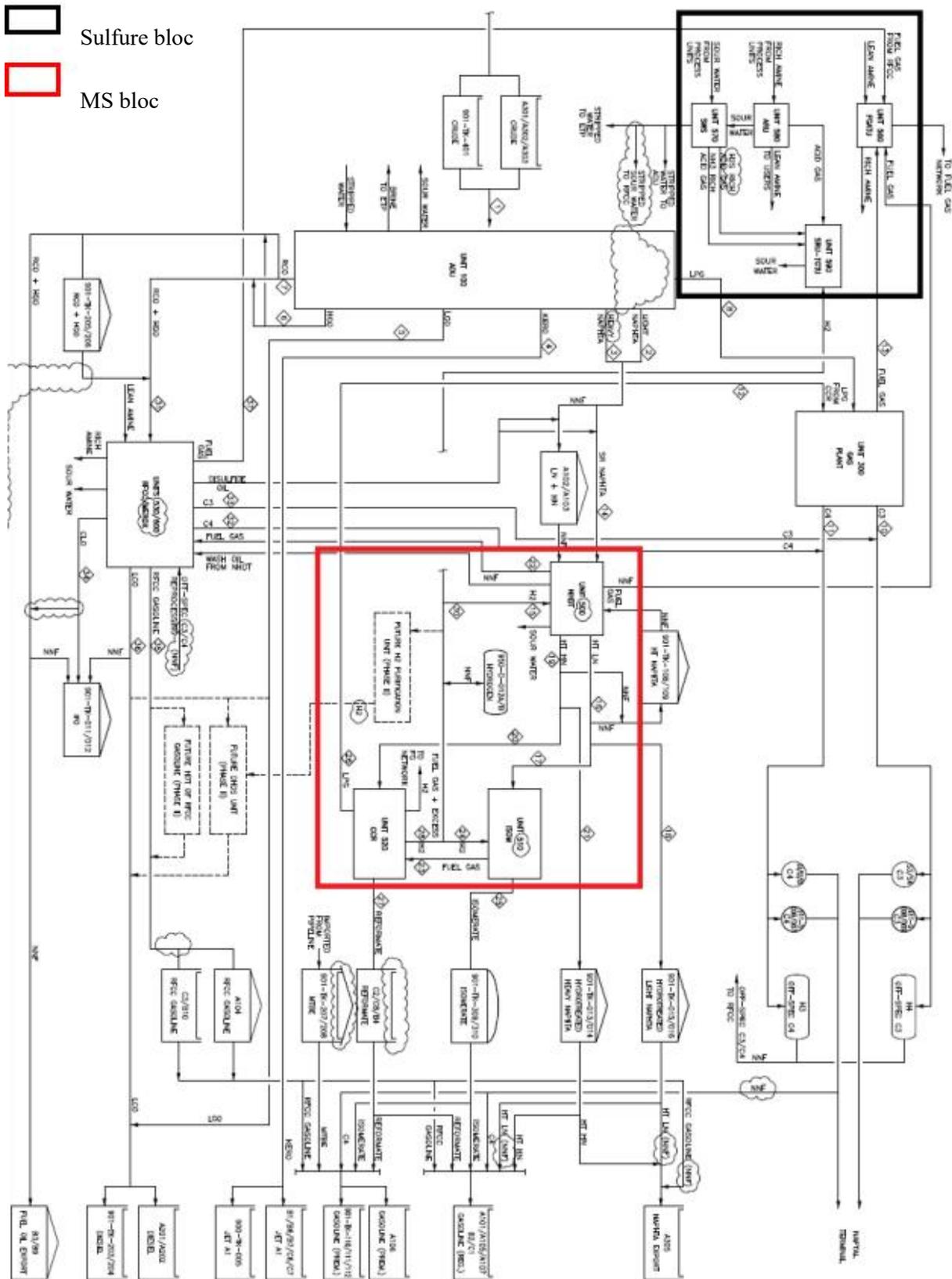


Figure1.4 : Schéma synoptique de la raffinerie d'Alger

Conclusion:

L'objectif principal de la raffinerie est de continuer à répondre à la demande en produits de première nécessité ainsi qu'en divers produits de l'industrie pétrolière répondant aux normes nationales et internationales.

CHAPITRE 2 :
PETROLE BRUTE ET DESSALEMENT

Chapitre 2 : Pétrole brute et dessalement

2.1. Pétrole brut:

2.1.1. Introduction sur le pétrole brut:

Le pétrole brut ou l'or noir revêt une grande importance capitale dans le monde moderne. Parce qu'il représente une matière première essentielle au développement économique, énergétique et technologique des différents pays.

Afin d'extraire des produits utiles du pétrole, celui-ci doit subir divers processus tels que le raffinage, qui est un processus important pour extraire du pétrole autant de produits de haute valeur commerciale que possible. Au cours du processus de raffinage, des ingrédients indésirables tels que le sel sont souvent détectés. Ceux-ci peuvent causer des problèmes majeurs qui nuisent au raffinage, le pétrole doit donc être lavé efficacement. La présence de sel entraîne des phénomènes de corrosion, qui constituent l'objet principale de nos recherches.

Dans ce chapitre nous donnerons un aperçu du pétrole brut (sources, définitions grandes familles d'hydrocarbures) ainsi que la problématique des émulsions et des problèmes de corrosion dans les raffineries.

2.1.2. Origine du pétrole brut:

Les hydrocarbures prennent naissance lors de la transformation de la matière organique d'origine animale ou végétale. [3]

Après la mort de la matière organique, elle se dépose au fond de la mer après, elle va se mélanger avec de la matière minérale créant ainsi des boues de sédimentation. Celle-ci, s'accumule par des couches successives sur des milliers de mètres dans des bassins de sédimentation. La transformation de ces couches en pétrole s'effectue au bout d'une dizaine de millions d'années sous l'influence des agents bactériens, et de l'augmentation de la pression (environ 25 bars tous les 100 m), de la température, et aussi de l'élimination de l'azote et l'oxygène, au fur et à mesure les hydrocarbures gazeux ou liquide se forment, c'est le pétrole ou le gaz naturel. [4]

2.2. Procédé de dessalage électrostatique :

2.2.1. Introduction:

Le pétrole brut contient souvent de l'eau, des sels, des solides en suspension et des traces de métaux solubles dans l'eau [5]. La salinité de ce dernier est limitée à 3 mg/l et le BSW (Eau en suspension + sédiments) est inférieure à 1%. Pour cette raison, des techniques de séparation doivent être appliquées sur le brut pour éliminer les sels et l'eau contenus dans le brut.

Le but est de sauver les installations de traitement et de raffinage, et d'améliorer le prix de vente du baril. En effet, la première étape du raffinage consiste à éliminer ces contaminants par dessalage (déshydratation) pour réduire la corrosion, le colmatage et l'encrassement des installations [6].

Le dessalage du pétrole est une opération essentielle, car elle conditionne la bonne marche des traitements en aval. Il consiste à éliminer au maximum la phase aqueuse par un traitement convenable, et à dissoudre les cristaux de sels dans une eau d'apport qui est ensuite éliminée [7].

2.2.2. Le but de dessalage:

Le but de l'opération est de débarrasser le pétrole brut des sels et sédiments qu'il contient, afin d'augmenter l'efficacité des équipements utilisés pour effectuer la distillation atmosphérique [8].

2.2.3. Les raisons qui imposent le dessalage sont de trois ordres :

- Dans certaines conditions, les sels cristallisent en plaques dans les turbines, dans les conduites et dans les installations de traitement. Ces dépôts freinent la production.
- La présence de sels favorise les corrosions électriques et chimiques.
- Par contrat avec les raffineurs, les exploitants sont tenus de livrer des bruts de salinité inférieure à 3 mg de chlorures par litre.

Donc l'objectif sera de d'éliminer l'eau et les sels afin de satisfaire aux spécifications commerciales [9]

2.2.4. Généralité sur les sels:

A. La nature des sels:

Dans les bruts salés, les sels pris en considération sont essentiellement des chlorures dont la répartition est approximativement [10]:

- $MgCl_2$ (chlorure de magnésium) : 20%,
- $CaCl_2$ (chlorure de calcium) : 10%,
- $NaCl$ (chlorure de sodium) : 70%.

Ces sels se présentent soit sous forme de cristaux, soit ionisés dans l'eau présente dans le brut [11].

B. L'inconvénient de la présence des sels:

Le sel dans l'eau cristallise et reste en suspension dans l'huile, ou peut se déposer dans les équipements d'échange de chaleur. En outre, les cristaux de sel sont généralement entraînés et ont

tendance à boucher les lits de catalyseur et des équipements de traitement en aval. En raison de ces problèmes, les raffineries exigent généralement une teneur en sel de pétrole brut réduite à de très faibles niveaux avant le traitement.

Les sels présentent des inconvénients au niveau des unités de traitement du brut. (Stabilisation, topping), qui sont :

- La diminution de la capacité de production suite à la réduction de la section de passage (l'encrassement).
- La diminution du coefficient de transfert de chaleur dans les échangeurs causée par la mauvaise conductivité des dépôts de sels.
- La perforation et la rupture des tubes des fours et des échangeurs (corrosion).

Les chlorures de sels s'hydrolysent avec génération de chlorure d'hydrogène, qui entraîne des phénomènes de corrosion dans le circuit de tête des distillations atmosphériques.

On considère généralement que la concentration en chlorures des eaux de tête de colonne ne doit pas dépasser 10 ppm, sous peine de corrosion sévère.

Malgré les moyens de lutte conventionnelle telle que l'injection de soude dans le brut après dessalage et d'inhibiteurs de corrosion en tête de colonne, le dessalage constitue une arme maîtresse contre la corrosion [12].

Pendant la distillation du brut les chlorures se décomposent pour former l'acide chlorhydrique (HCl) qui attaque les parties métalliques comme le montre sur les réactions suivantes :

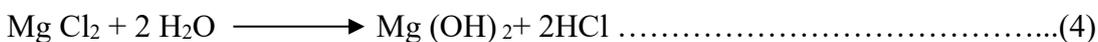
La corrosion est plus grande en présence de sulfure d'hydrogène :



L'acide chlorhydrique attaque le fer :



Les sels s'hydrolysent sous l'effet de la température pour donner de l'acide Chlorhydrique [13]:



En raison de ces problèmes, la teneur en sel de pétrole brut doit être réduite à de très faibles niveaux avant le raffinage [14].

2.2.5. L'émulsion :

A. Le phénomène d'émulsion:

Lorsque l'huile et l'eau se séparent en couches, l'huile flotte sur et l'eau. L'espace où les deux couches se touchent est appelé « interface ».

Ici, l'huile et l'eau peuvent former une « couche d'émulsion » ou les fines molécules d'eau et d'huile sont intimement liées et difficilement séparables. L'épaisseur de la couche d'émulsion peut varier de quelques centimètres à près d'un mètre. Une épaisse couche d'émulsion peut provoquer un mauvais fonctionnement dans le procédé de dessalage électrostatique, comme une surcharge de la charge électrique, des données erratiques de courant et une eau d'effluent huileuse. Cette couche doit être minimisée ou contrôlée.

Un agent dés émulsifiant peut être utilisé pour briser la couche d'émulsion ou pour prévenir l'épaississement de la couche. Dans les cas extrêmes, toute l'eau et la couche d'émulsion doivent être éliminées du dessaleur et établir un nouveau niveau d'eau [15].

B. Les conditions de formation d'une émulsion:

L'émulsion la plus rencontrée dans le pétrole brut est de type eau dans huile (hydrophobe)- (Figure 2.1) ; la partie continue est huilée. Plus rarement on peut trouver les émulsions inverses de type huile dans l'eau (hydrophile).

Trois conditions sont nécessaires pour la formation d'une émulsion :

La non miscibilité des deux liquides.

Une énergie nécessaire pour la dispersion d'une phase dans l'autre.

La présence d'un agent émulsifiant.

L'agent émulsifiant à l'interface eau/brut se trouve sous forme d'une barrière autour des gouttes d'eau et empêche la coalescence (Figure 2.2). Ces agents comprennent les asphaltées, les résines, les acides organiques, les paraffines solubles dans l'huile ou des particules finement divisées qui sont généralement plus mouillées par le pétrole brut que par l'eau; Parmi ces solides finement divisés, on peut trouver des sulfates de fer, zinc et aluminium, des carbonates de calcium, de la silice, de l'argile et du sulfure de fer [16]

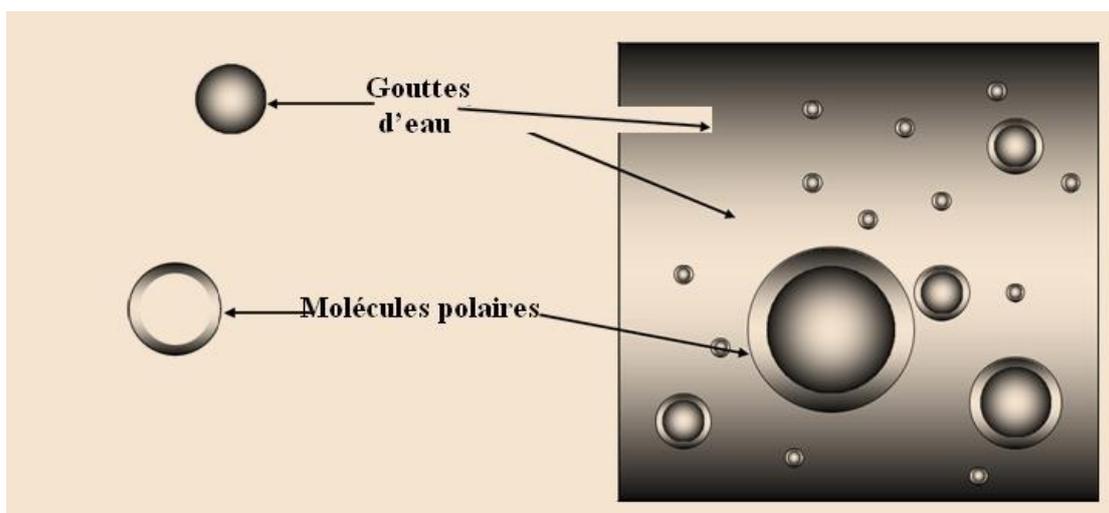


Figure 2.1 Représentation d'une émulsion eau/huile [17]

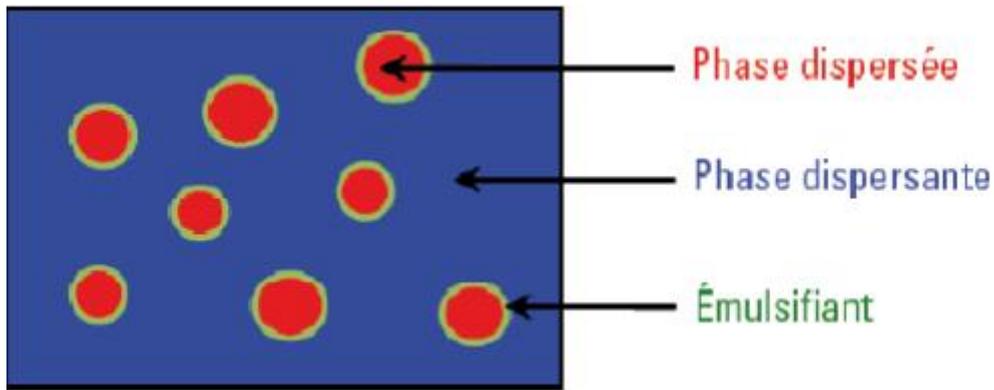


Figure 2.2 Représentation d'une émulsion avec émulsifiant [18]

C. Les étapes de désintégration des émulsions (Figure 2.3):

-Deux forces s'opposent: les tensions interraciales des deux liquides qui tendent à faire homogénéiser chaque phase et la résistance du film inter facial qui s'oppose à cette fusion dans la phase dispersée.

-Réduire une émulsion se ramène donc à briser les films interraciaux par une action chimique ou électrique.

-Ainsi les gouttes dispersées peuvent fusionner. On dispose pour cela de moyens Chimiques, électriques et mécaniques.

-Une fois que les gouttes d'eau se sont rapprochées, la séparation par gravité peut être effectuée.

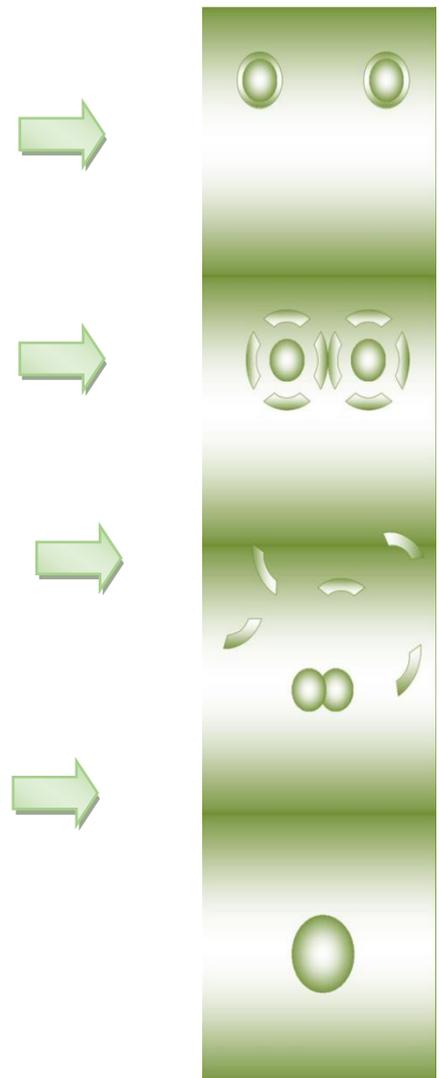


Figure 2.3 Principe de la désintégration d'une émulsion [13]

2.2.6. Dessalage électrostatique:

A. Exemple d'un dessaleur électrostatique:

Lorsque l'on parle de dessalage du pétrole brut, on a l'habitude de penser au dessaleur électrostatique situé en aval de la séparation ou du déshydrateur s'il est présent sur la chaîne de traitement [17].

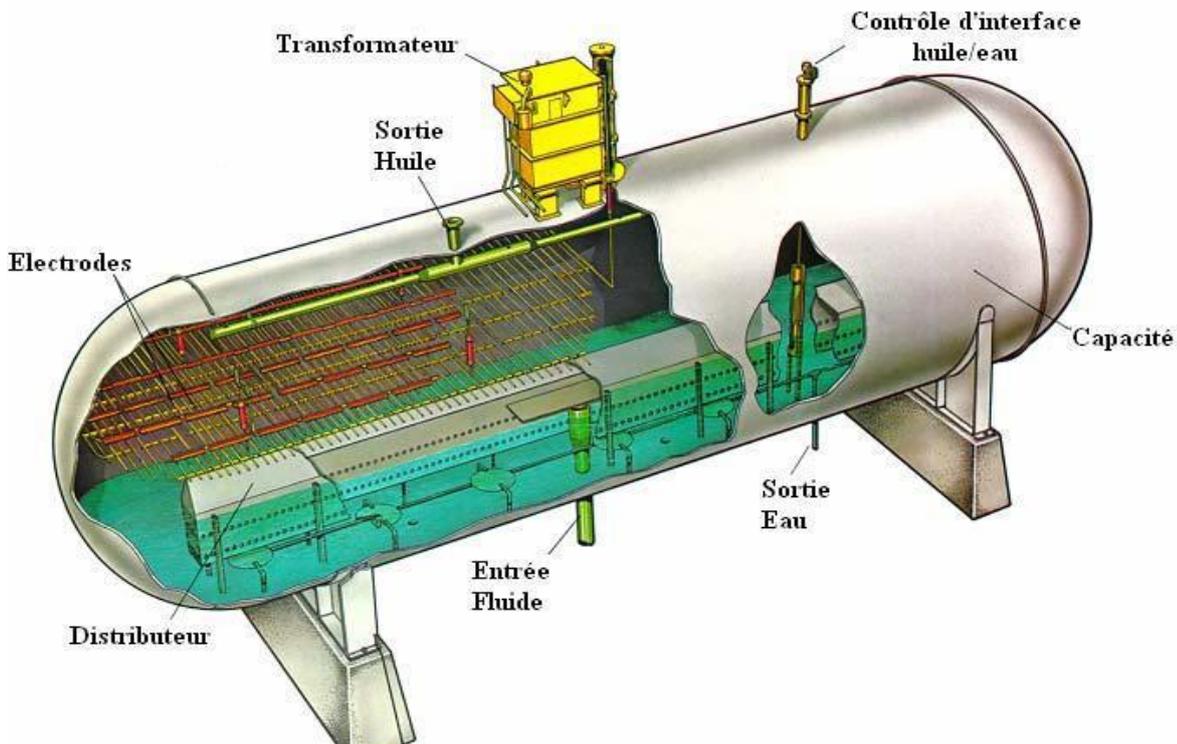


Figure 2.4: dessaleur électrostatique [15]

Il existe cependant différents types de dessalage selon la composition et le volume des fluides qui circulent dans ces ballons. [17].

B. Mécanisme de dessalage électrostatique:

Le dessalage électrique comporte des opérations successives décrites ci-dessous.

Lavage ou diffusion des sels dans l'eau de lavage:

L'opération de lavage, dissolution et dilution, consiste à faire passer les sels contenus dans le brut dans la phase eau. L'eau de lavage sert à dissoudre les cristaux de sel contenus dans le brut, pour assurer le meilleur contact eau/huile. L'émulsion réalisée doit être assez fine, dont la dimension varie selon le taux de lavage utilisé. Le mélange eau/huile s'effectue à travers une vanne de mélange, dont le réglage est effectué de telle manière que l'émulsion soit aussi fine que possible [19].

Coalescence des gouttelettes d'eau:

L'émulsion eau/huile est fortement stabilisée par des molécules polaires, telles que les asphaltées et des solides finement divisés. Ces agents stabilisent l'émulsion, d'où la nécessité d'utiliser certains dés émulsifiants. Le champ électrique du dessaleur contribue à déstabiliser la barrière des molécules polaires entourant les gouttelettes d'eau, ce qui facilite leur coalescence [19].

Deux mécanismes provoquent la coalescence :

Les forces d'attraction des gouttelettes d'eau entre elles, dues à la polarité des molécules d'eau qui tendent à se regrouper.

L'agitation créée par le champ électrique Les gouttelettes sont soumises à des forces d'attraction, dont l'équation est de la forme :

$$F = K \times E^2 \times \frac{a^6}{d^4} \text{ (N)} \dots\dots\dots (6)$$

a : Est le rayon des gouttelettes (cm),

E : Est le champ électrique (Volt/cm),

d' : Est la distance entre les centres des gouttelettes en coalescence (cm),

k est une constante.

La coalescence dépend aussi du taux de lavage, ainsi que de la vitesse de coalescence.

$$Vc = K \frac{X^{4/3}}{\mu} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (7)$$

X : Est le taux de lavage (%),

μ : Est la viscosité dynamique du brut (kg/ h.m),

k est un constante.

Pour augmenter la coalescence, il faut:

Augmenter le champ électrique E qui ne doit pas dépasse pas la valeur de 20000 Volt/cm.

Diminuer la distance « d » entre les gouttelettes, et augmenter le rayon de la gouttelette « a ». Ces deux grandeurs sont fonction du taux d'eau de lavage.

Augmenter la température pour diminuer la viscosité de la phase continue (brut) [19].

C. Décantation:

Les gouttelettes d'eau rassemblées en grosses gouttes, décantent au fond du dessaleur, sous l'effet de la densité qui est supérieure à celle du brut. La vitesse de décantation est donnée par la loi de Stokes [27]:

$$V_d = \frac{1}{18} \times g \times \frac{(\rho_e - \rho_b) D_p^2}{\rho_b \nu} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (8)$$

Vd : Est la vitesse décantation (m/s),

g : Est l'accélération de l'apesanteur (m/s^2),

ρ_e : La densité de l'eau (kg/m^3),

ρ_b : La densité du brut (kg/m^3),

ν : Est la viscosité cinématique du brut (cst),

D_p : Est le diameter des gouttelettes d'eau (m).

L'amélioration de la décantation est obtenue par :

L'augmentation de la gouttelette d'eau en élevant la quantité d'eau injectée et l'utilisation des dés émulsifiants ;

L'utilisation d'une température la plus élevée possible dans le dessaleur, pour diminuer la viscosité de la phase continue [18].

L'opération de dessalage se schématise comme suit:

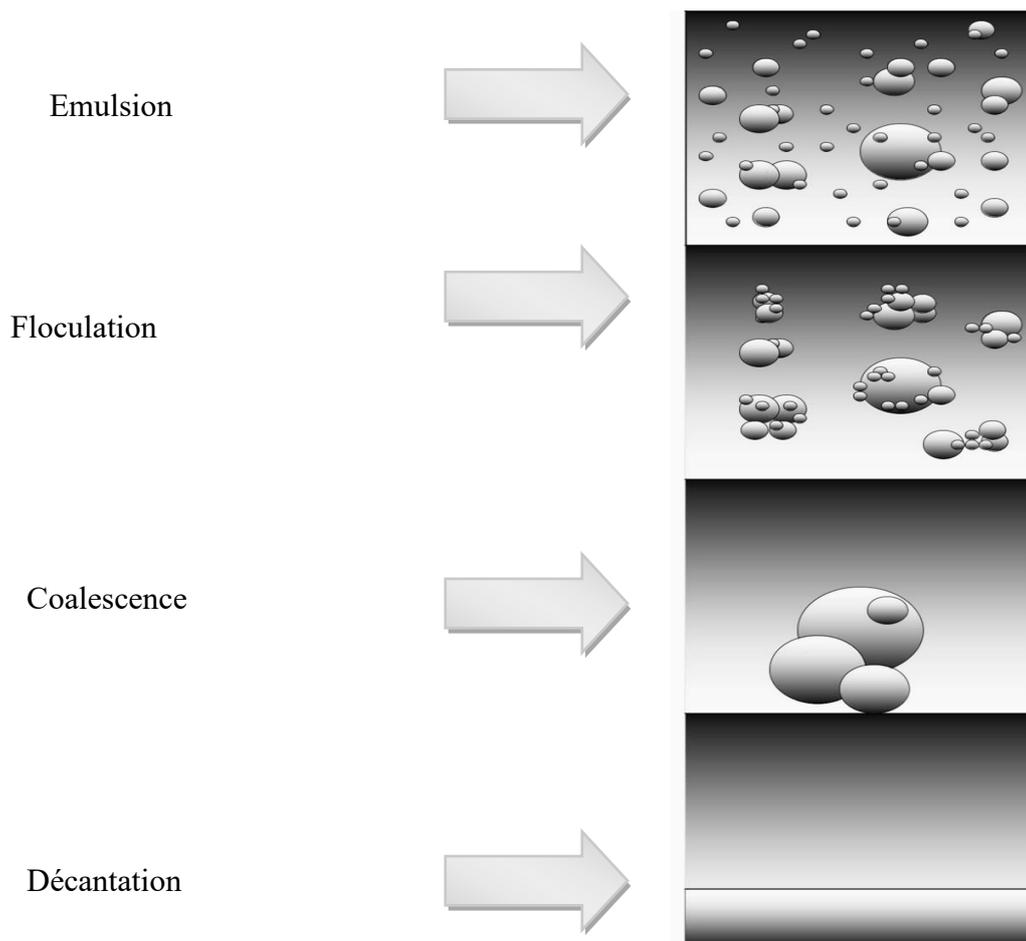


Figure 2.5 : Principe schématique du dessalage [13]

2.2.7. Fonctionnement d'un dessaleur électrostatique:

Cas du dessaleur du complexe RA1G (Figure 2.6)

Le brut préchauffé contenant le produit chimique casseur d'émulsion est mélangé avec l'eau préchauffée. L'eau est injectée dans le brut à environ 3 % à 5 % par volume de brut arrivant.

Le mélange de brut et l'eau passe par la vanne de mélange pour former une émulsion.

L'ouverture de la vanne de mélange est contrôlée par un régulateur de pression différentielle (ΔP) à travers la vanne de mélange.

Le mélange entre alors dans le dessaleur par une admission permettant la dispersion.

Cette admission contient des aubes directrices qui permettent de créer un écoulement laminaire. Ce flux laminaire de l'émulsion est envoyé dans un distributeur à l'intérieur du dessaleur. Le distributeur est situé, dans l'eau, juste au-dessus du fond du dessaleur.

L'émulsion quitte le distributeur par des trous placés tout le long. L'émulsion, se déplaçant lentement, forme souvent des doigts d'émulsion se déplaçant vers le haut du dessaleur. Ces doigts d'émulsion traversent de bas en haut l'eau sans toucher les gouttelettes d'eau.

Le haut de ces doigts d'émulsions arrive alors entre les électrodes qui cassent l'émulsion en gouttelettes d'eau et en huile. Ces gouttelettes se polarisent puis coalescent. L'huile continue son chemin vers le haut et quitte les dessaleurs par la sortie. La sortie huile est connectée à un collecteur multi orifices localisé à l'intérieur du dessaleur. L'eau quitte le dessaleur par des sorties jumelles au fond du dessaleur. Les 2 sorties eau sont connectées à un collecteur multi orifices localisé à l'intérieur du dessaleur [15].

2.2.8. Les avantages et les inconvénients:

Les dessaleurs électrostatiques sont les équipements les plus utilisés offshore pour mettre les bruts aux spécifications commerciales. Ils créent dans le brut des champs électriques importants, pouvant aller jusqu'à 20.000V/cm. Ces champs sont généralement pulsés, c'est à dire de sens constant mais d'amplitude variable. Les plus anciens dessaleurs, comportaient deux nappes d'électrodes horizontales, et induisaient donc deux champs, un primaire entre les électrodes, et un secondaire entre l'électrode inférieure et l'interface eau/huile [13].

A. Les avantages:

Très bonne efficacité ;

Compacité, temps de séjour autour de 8 min pour les plus récents ;

Marche dégradée possible ;

Indicateurs de dysfonctionnement en temps réel ;

Réglage possible et facile ;

Limitent la consommation de produits chimiques [13].

B. Les inconvénients:

Teneur en eau limitée à l'entrée (15-20 % maximum) ;

Nécessité de deux étages si le BSW est élevé (déshydratation et dessalage) ;

Phase gaz interdite, d'où le plus souvent nécessité d'ajouter une pompe en amont ;

Coût élevé, consommation électrique grande [13].

CHAPITRE 3:

METHODES ET MATERIELS

Chapitre 3: Méthodes et matériels

3.1. Les analyses réalisées pour les eaux condensées:

Le contrôle des eaux condensées au niveau du ballon de tête par mesure du pH, la Teneur en Fe^{2+} et Cl^- permet de suivre l'efficacité des eaux utilisées et la prévention de la corrosion. [2].

Cela en respectant les normes ($\text{Cl}^- < 2\text{ppm}$, $\text{pH}=6$ et $\text{Fe}^{2+} < 10\text{ppm}$).

A. Prise des échantillons:

Après la distillation atmosphérique, les gaz en tête de la colonne passe sur un condenseur et il va être récupéré dans les ballons de reflux D101; D103; D501

B. Mesure de pH:

Le pH représente la concentration des ions hydrogènes dans une solution. Cette mesure est importante car le pH régit un grand nombre d'équilibres physico-chimique.

Le pH des eaux naturelles varie normalement en fonction du système bicarbonates-carbonates. Dans les eaux naturelles, peu soumises à l'activité humaine, le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature géologique du milieu. Les eaux exhaures et les effluents industriels peuvent abaisser le pH de façon importante, ce qui accentue la corrosion de la canalisation des réseaux d'égout et d'aqueduc. [19]

Dans notre cas, la détermination de pH de l'eau de ballon de reflux D101; D103; D501 nous permet de savoir si l'eau est acide ou basique selon la norme ASTM 1293.

B.1. Principe et théorie:

Le pH se définit comme le logarithme négatif de l'activité de l'ion hydrogène.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Il est mesuré à l'aide d'une électrode de verre, dont le potentiel varie en fonction de la concentration des ions hydrogènes suivant l'équation de Nernst. Ce potentiel est mesuré par rapport à une électrode de référence à l'aide d'un potentiomètre à haute impédance communément appelé pH-mètre. [19]

B.2. Matériel utilisé:

- Un bécher
- pH-mètre

C. Identification des ions de Fe²⁺:

Selon la norme ASTM D5463

C.1. Matériels utilisés:

Tableau 3.1: Les Matériels et les produits utilisés pour mesurer les ions de fer.

Matériel	Produit
Tube de 10 ml	L'eau de l'entrée et de la sortie de dessalage
Pipette de 1 ml	acide chlorhydrique
Chauffage électrique	Acide ascorbique
	Sodium saturé
	Phénantroline

C.2. Mode opératoire:

- Prendre 10 ml de L'eau de l'entrée de dessalage
- Prendre 10 ml de L'eau de la sortie de dessalage
- Ajout 1ml d'Acide chlorhydrique
- Régler la température 300°C; 425°C[23]

- Après réchauffement:
 - Ajout 0.3 ml de l'Acide ascorbique
 - Ajout 0.5 ml de sodium saturé
 - Ajout 1ml de phénantroline [23]

C.3. Matériel utilisé :

- Spectrophotomètre UV (HACH)
- Deux cuves rondes.[23]

D. Le spectrophotomètre UV (HACH):

Un spectrophotomètre est un instrument qui mesure la quantité de lumière absorbée par un échantillon d'eau lorsque la lumière le traverse; Après avoir ajouté des réactifs chimiques à un échantillon d'eau, ces réactifs Réagissent avec les analyses pour former un complexe coloré.[27]



figure 3.1: spectrophotomètre UV(HACH)

Les spectrophotomètres utilisent ensuite des étalonnages internes pour faire correspondre cette couleur à la concentration du paramètre mesuré.

La spectrophotométrie est l'une des méthodes les plus courantes et les plus utiles pour l'analyse quantitative de nombreux paramètres de l'eau dans diverses applications industrielles et municipales.[23]

D.2.Réactif:

- Ferrous Iron Reagent [23]

D.3.Mode opératoire:

Pour faire cette analyse avec un appareil de mesure spectrophotomètre deux solutions doivent être préparées.

Pour la Préparation du blanc d'abord nous avons rempli une cuve ronde de 25 ml jusqu'au trait avec l'échantillon, ensuite nous essuyons l'extérieur de la cuve, finalement nous avons inséré le blanc dans le porte-cuve après nous avons appuyé sur ZÉRO. L'affichage indique : 0,00 mg/L.

Pour la Préparation du l'échantillon d'abord nous avons rempli une deuxième cuve ronde de 10ml jusqu'au trait avec l'échantillon puis nous avons rajouté le contenu d'un sachet de réactif Ferrous Iron. Reagent, bien agité, ensuite nous essuyons l'extérieur de la cuve après 3 minutes, nous avons inséré l'échantillon préparé dans le porte-cuve après nous avons appuyé sur Mesurer les résultats sont indiqués en mg/L, Entrer le programme correspondant au Fer (Fe^{2+}) appuyant sur 255 puis Démarrer [23]

3.2. Identification des ions de Cl^- à faible teneur:

A. Matériel utilisé:

Tableau 3.2: Les Matériels et les produits utilisé pour mesurer les ions de chlorure.

Matériel	Produit
Pipette de 1 ml	L'eau de de l'entrer et de la sortie de dessalage
	Chromate de potassium
	Nitrate d'argent AgNO_3

B. Mode opératoire:

Pour faire cette analyse nous avons pris 100 ml échantillon, ensuite nous avons ajouté de gouttes de chromate de potassium, puis nous avons titré avec nitrate de potassium AgNO_3 0.1 mol /L [23]

3.3. Les analyses réalisées au niveau du dessaleur:

A. Prise des échantillons:

Chaque jour, on prend quatre échantillons: deux pour le brut au début et à la fin de dessalage. Les deux autres échantillons c'est pour l'eau au début et à la fin de dessalage.



Figure 3.2 : Prise des échantillons multiples

B. Détermination de la densité:

Le pétrole possède des caractéristiques physico-chimiques très variables d'un champ pétrolier à un autre, et même à l'intérieur de même gisement. Le principe est de mesurer la densité d'un échantillon «brut» contenue dans une éprouvette, ceci se fait à une température de 15°C. La densité est la caractéristique la plus grossière, mais néanmoins lourde de conséquences économiques, puisque la classification du pétrole «lourd» et «légers» se fait à partir de densité. Sa valeur varie de 0,7 à 1, elle est souvent exprimée en degré API «American Petroleum Institute» lequel varie alors de 5 à 70. [24]

C. Analyse de la salinité de brut entrée sortie:

C.1. Principe:

La méthode est utilisée pour la détermination de sels présents dans le pétrole brut ce qui est basé sur la conductibilité de la solution dissoute dans un solvant polaire placé dans une cellule de conductivité constituée de deux électrodes en parallèle [23]

C.3. Appareillage :

Un Salinomètre

C.4. Mode opératoire:

Dans une fiole de 100 ml, nous avons mis 15 ml de xylène et 10 ml d'huile neutre à 50 ml avec du xylène, nous avons agité soigneusement, additionner les quantités de solution diluée de sels correspondants aux teneurs en sels décrits dans la table ci-dessous nous avons dilué à 100 ml avec le mélange alcoolique. Nous avons placé les électrodes dans la cellule de mesure pour lire les intensités correspondantes [23]

CHAPITRE 4 :

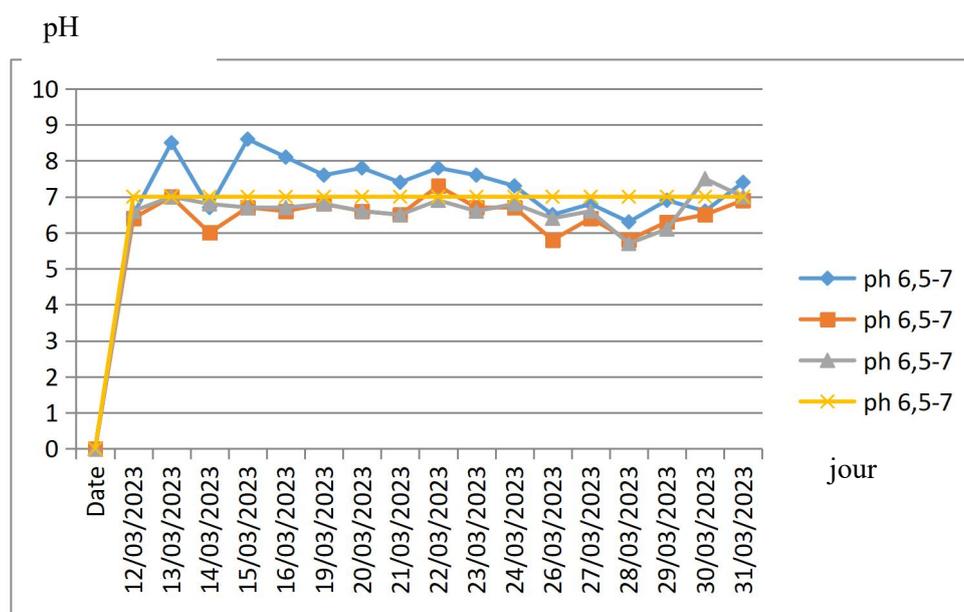
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4.1. Détermination du pH :

Tableau 4.1 : Résultats des analyses de pH pour l'unité 100:

Date	pH		
	6,5-7		
	D 101	D 103	D 501
12/03/2023	6,5	6,4	6,6
13/03/2023	8,5	7	7
14/03/2023	6,7	6	6,8
15/03/2023	8,6	6,7	6,7
16/03/2023	8,1	6,6	6,7
19/03/2023	7,6	6,8	6,8
20/03/2023	7,8	6,6	6,6
21/03/2023	7,4	6,5	6,5
22/03/2023	7,8	7,3	6,9
23/03/2023	7,6	6,7	6,6
24/03/2023	7,3	6,7	6,8
26/03/2023	6,5	5,8	6,4
27/03/2023	6,8	6,4	6,6
28/03/2023	6,3	5,8	5,7
29/03/2023	6,9	6,3	6,1
30/03/2023	6,6	6,5	7,5
31/03/2023	7,4	6,9	7



La figure 4. 1: variation de pH dans le dessaleur D101

La figure 4.1 illustre les variations de pH des eaux de ballon D101, D103, D501, nous remarquons que ces valeurs sont au-dessous de la norme fixée à 7 avec un pic observé au 4^{ème} jour au niveau de ballon D101 qui est de 8.6 et une valeur minimale observée au 14^{ème} jour au niveau du ballon D501 qui est 5,7.

4.2. Détermination de la concentration du fer :

Tableau 4.2: Résultats des analyses de Fe pour l'unité 100.

	fer (ppm)		
	<2		
Date	D 101	D 103	D 501
12/03/2023	3,05	6,22	3,06
13/03/2023	1,8	6,2	4
14/03/2023	1,96	6,26	2,94
15/03/2023	15,7	6,4	3,9
16/03/2023	2,3	8	4,4
19/03/2023	4,66	6,67	6,05
20/03/2023	2,7	13,1	4,6
21/03/2023	0,99	6,54	5,89
22/03/2023	14,3	7,9	9,6
23/03/2023	1,21	6,71	6,53
24/03/2023	1,43	6,28	5,86
26/03/2023	2,15	6,7	5,9
27/03/2023	2,8	8	4,2
28/03/2023	5,16	6,6	5,85
29/03/2023	3	5	7
30/03/2023	6,28	3,06	4,04
31/03/2023	4,33	2,78	4,27

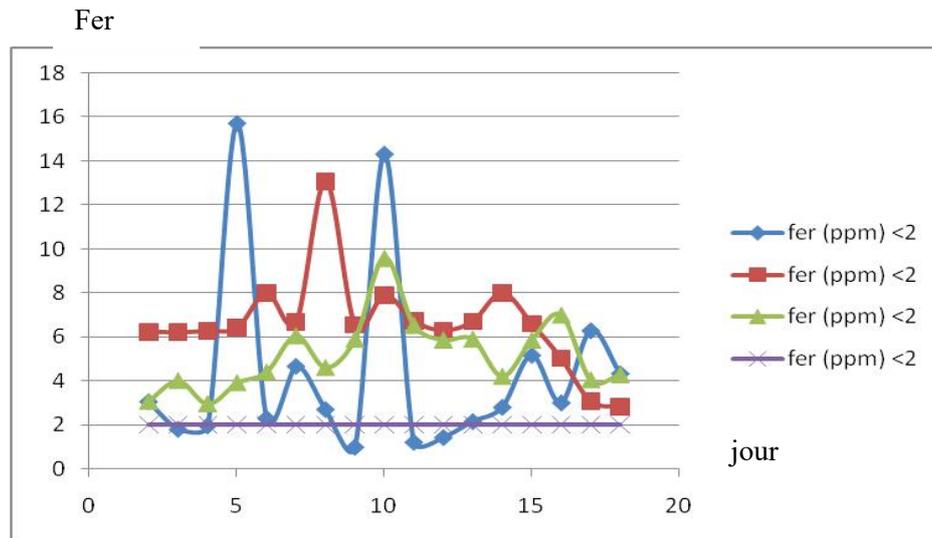


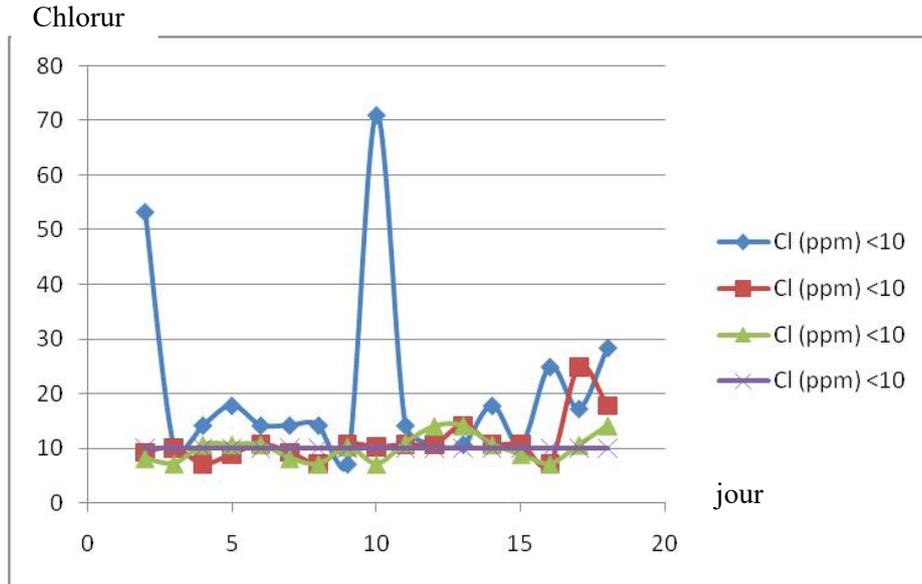
Figure 4 2 :Quantité de fer mesurée à partir des échantillons des eaux acides dans les ballons (D101 , D103 , D501)

La figure illustre les variations des quantité de fer des eaux acides ,nous remarquons que ces quantité sont au-dessus de la norme fixée à 2 ppm avec un pic observée au 4^{ème} jour au niveau du ballon D101 qui est de 15.7 ppm et une valeur minimale observée au 8^{ème} jour au niveau du ballon D101 qui est de 0.99 ppm

4.3. Détermination de la concentration des chlorures :

Tableau 4.3 : Résultats des analyses de Cl⁻ pour l'unité 100.

Date	Cl (ppm)		
	<10		
	D 101	D 103	D 501
12/03/2023	53,25	9,23	8,16
13/03/2023	10,1	10,1	7,2
14/03/2023	14,2	7,1	10,65
15/03/2023	17,8	8,9	10,7
16/03/2023	14,2	10,7	10,7
19/03/2023	14,2	9,23	8,16
20/03/2023	14,2	7,1	7,1
21/03/2023	7,1	10,65	10,29
22/03/2023	71	10,2	7,1
23/03/2023	14,2	10,65	11
24/03/2023	10,65	10,65	14,1
26/03/2023	10,7	14,2	14,2
27/03/2023	17,8	10,7	10,7
28/03/2023	10,65	10,65	8,87
29/03/2023	24,9	7,1	7,1
30/03/2023	17,25	24,85	10,65
31/03/2023	28,4	17,75	14,2



La figure 4.3 : Quantité de chlorure mesurées à partir des échantillons des eaux acides des ballon (D101, D 103, D501)

Par ailleurs, une valeur minimale est observée au 3ème jour 7.1 ppm et un pic au 1er jour qui est de 53.25 ppm, L’anomalie concernant les quantités de chlorures est due à la formation de HCL liquide, cette formation se traduit par l’hydrolyse des sels, généralement contenus dans l’eau résiduelle et qui est en suspension dans la phase pétrole. Ces chlorures sont divisés en chlorure de sodium, chlorure de calcium et chlorure de magnésium qui sont sous forme de cristaux, de gouttelettes ou émulsifiants.

L’hydrolyse s’effectue sous l’effet d’une température supérieur à 100 °C c’est -à- dire lors de l’évaporation de l’eau contenue dans le pétrole selon les réactions suivantes :



HCl sort sous forme de gaz , à cet état il ne représente pas une menace mais lorsqu’une base température est atteinte lors de la séparation eau-brut , il se liquéfie pour donner un acide très corrosif << HCl liquide >> qui va attaquer la couche protectrice de la colonne de distillation qui est de nature métallique pour former le Fe Cl₂ en solution aqueuse selon la réaction suivante :



Ceci explique la perturbation des quantités des fers observée dans la figure 4.3

Conclusion :

Les analyses ont montré la présence d’une anomalie concernant les quantités de chlorures et par conséquent celles des fers et connaissant la provenance de ces chlorures nous avons effectué une série de vérification afin de connaître le bon déroulement du dessalage effectué au niveau de l’unité 100 afin de localiser cette anomalie

4.4. Variation de L’efficacité du dessaleur par rapport à l’entrée et à la sortie :

Tableau 4.4: Résultats de Variation de L'efficacité du dessaleur par rapport pH de l'entrée et la sortie.

Eau M-101			
	pH		
	Entrée	Sortie	Efficacité
Date			95%
02/04/2023	7,6	6,8	52%
03/04/2023	7,1	7,1	70%
06/04/2023	7,1	6,9	39%
10/04/2023	7,2	7,7	57%
13/04/2023	7,1	11,1	74%
17/04/2023	7,2	7,4	44%
20/04/2023	7,5	7,1	58%
24/04/2023	7,2	7,7	37%

La formule :

$$\frac{(Q \text{ entrée} - Q \text{ sortie})}{Q \text{ entrée}} = 95\% \dots\dots\dots(4.1)$$

L'efficacité du dessaleur a une valeur maximale de 95% ; puis diminue pour atteindre une valeur de 37%.

Ceci traduit un mauvais fonctionnement du dessaleur, en effet les quantités de sel à l'entrée du dessaleur sont trop faible comme l'avons observée sur la figure. Ceci a un impact direct sur l'efficacité du dessaleur.

4.5. Comparaison entre le désigne et l'actuel

D'après les résultats de nos calculs, on peut faire la comparaison avec le désigne

Tableau 4.11: Comparaison entre le désigne et l'actuel.

GRANDEURS	DESIGN	ACTUEL
1-Pétrole brut :		
*densité (g/cm ³)	0,7997	0,7997
*teneur en sel d'entrée (mg/l)	Max 72	14,19
*teneur en sel de sortie (mg/l)	< 3	6,553
*débit d'alimentation (m ³ /h)	570	570
2-Eau process :		
* taux d'eau de lavage (% vol)	5	3,5
*quantité de désumilsifiant (ppm)	2	2
3-Dessaleur :		
*pression de service (bar)	10	10
*température de service (°C)	102	90
*efficacité du dessaleur (%)	95	54,90

Les calculs nous ont montrés que le système de dessalage à RA1G a une mauvaise efficacité, elle est de l'ordre de 54,90 %, elle est inférieure à celle de désigner et une salinité de 6,553ppm à la sortie selon les résultats du calcul électrique. On peut dire dans ce cas que le problème déjà posé ne se situe pas au niveau de l'équipement puisqu'on a trouvé que E

. Conclusion

D'après les calculs on peut conclure que le dessaleur fonctionne ça ne marche pas bien, et en faisons une comparaison entre les paramètres actuels et ceux du désigne. L'étude de l'influence des

paramètres opératoires sur le dessalage a montré que le problème est dans le nettoyage de dessaleur.

CONCLUSION GENERALE :

Conclusion générale:

L'industrie pétrolière est une industrie de haute technologie mettant en œuvre des équipements coûteux et employant des compétences pluridisciplinaires. C'est pour cela qu'il faut préserver ces équipements contre les effets nuisibles des sels, tels que l'émulsion et la corrosion, l'encrassement des échangeurs. Notre stage a été effectué aux unités de distillations atmosphériques de la raffinerie D'ALGER (RA1G), qui nous a permis d'approfondir nos connaissances et les différentes théories que nous avons acquises durant notre formation théorique, et de les appliquer sur le terrain.

Ce stage nous a permis aussi de voir de plus près les différents équipements et machines constituant le procédé de traitement du pétrole à savoir les dessaleurs, train de préchauffage (les échangeurs), les fours, les colonnes de distillation atmosphérique, les pompes, compresseurs,... etc.

Dans le cadre de ce travail, nous avons examiné un problème qui survient au sein de l'unité 100 de la raffinerie d'ALGER, à savoir amélioration de l'efficacité du dessaleur de l'unité de distillation atmosphérique au niveau de la RA1G. Pour résoudre ce problème, notre travail a débuté par une vérification sur les paramètres du dessaleur (Température '100°C-10°C' , quantité d'eau injectée '5%' , pression '0.8-1.2 bar' , dosage produit chimique dés émulsifiant), Ensuite, nous avons examiné l'impact des paramètres opérationnels sur la quantité des sels dans le pétrole brut, pour finalement parvenir à déterminer les paramètres optimaux qui réduisent une petite quantité des sels. Un calcul de temps de séjour ($T_s=0,173 \text{ h}= 10,38 \text{ min}$) et le temps de décantation ($T_d= 578,31 \text{ s} = 9,63 \text{ min}$) pour vérifier qu'il n'y a pas entraînement de l'eau séparée avec le brut dessalé. et le champ électrique Nous pensons que le problème vient du nettoyage car le dessaleur n'a pas été nettoyé depuis 7 ans (2016-2023).

Le dessalage est une opération très importante dans l'industrie de raffinage, pour avoir un bon fonctionnement des unités de distillations atmosphériques. Un mauvais dessalage a des conséquences directes sur le fonctionnement de l'unité de distillation atmosphérique: dépôt des sels sur les parois des tubes de train préchauffé ce qui provoque le bouchage au niveau de ces tubes, limitation du taux de marche, la corrosion surtout dans le circuit de tête des colonnes (causée par la formation de HCl), et une couche d'émulsion peut provoquer un mauvais fonctionnement dans le procédé de dessalage électrostatique , car l'huile et l'eau peuvent former une 'couche d'émulsion' ou les fines molécules d'eau et l'huile sont intimement liées et difficilement séparables.

Altération de la qualité des produits (teneur élevée en sédiment dans le résidu), l'augmentation du coût de la maintenance.

D'après les calculs effectués au niveau du dessaleur, on constate une chute de l'efficacité de ce dernier de 95% (désigne) à 54.90%, on peut expliquer cette diminution par l'influence des paramètres opératoires; le taux de lavage (x), La nature de l'eau de lavage, la température, et le taux des émulsifiants...etc.

Pour résoudre ce problème nous suggérons de refaire le nettoyage tous 3 ans

Bibliographie :

- [1] A. Merabet, « MO-PROD-2 Manuel Opérateur Topping U11 -RA1G », actmteaval dmsioh raffinage, (2014)
- [2] J.-P ; WAUQUIER ; Le raffinage de pétrole brut ; procédés de séparation ; EDITIONS TECHNIP ; Tom 2 ; 1998 ; pp 240-260.
- [3] BERTRAND J.N, « L'industrie chimique et le pétrole », conférence JCSV, Sciences aventure (2012).
- [4] Bruno R, « Le pétrole de l'origine à l'extraction », techniques du milieu naturel matière 2147-514-FE, Cégep de Saint-Félicien, (2010).
- [5] Manuel opératoire de l'unité topping (distillation atmosphérique) U10, U11, raffinerie de Alger RA1G.
- [6] J.M.BOUMANN, Dessalage du pétrole brut sur champs de production, Revue IFP, (2011).
- [7] J.-P ,WAUQUIER, Le raffinage de pétrole brut, procédés de séparation, EDITIONS TECHNIP, Tom 2, (1998), p 240-260.
- [8] H.Redjem, Dessalage (Topping), Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Spécialisé en Raffinage, Ecole d'ingénieurs de Boumerdes (IAP) (2008).
- [9] N. BELKHIR, Vérification du calcul d'une unité de dessalage du pétrole brut, Mémoire fin d'études Master, Université de Boumerdès, (2006).
- [10] D.ARGHA, Acides naphthéniques-hydrates de gaz : influence de l'interface eau/huile sur les propriétés dispersantes d'un brut acide, Thèse de doctorat, université de Pau et des Pays de l'Adour, (2006).
- [11] B.BOUCECRIMA, Amélioration du procédé de dessalage des huiles par utilisation des desémulsifiants, I.C.I.C.U.Ouargla et C.R.D de HASSIMESSAOUD, (2006).

- [12] R.DAVID, Handbook of chemistry and physics, CRD, edition 89eme, (2008), (ISBN 142006 ET 978-140066791) p 9-50.
- [13] Ken Arnold et Maurice Stewart, Crude Oil Treating and Oil Desalting Systems, Chapitre 7, Surface Production Operations, AMEC Paragon, Houston, Texas, (2008) p 351–456.
- [14] H. Laiche, S. El Hachemi, conception d'une unité de dessalage électrique à l'unité de Guellala, Mémoire d'ingénieur, Université de Kasdi Merbah Ouargla, (2005), p102.
- [15] TEMMAR Mounir et NAAM Ridha; le dessalage du pétrole : redimensionnement et paramètres clés, Mémoire de Master, Université Kasdi-Merbah Ouargla, (2013).
- [16] Document de TOTAL, Manuel de formation ,Cours exp-pr-eq090, (2007), p 4-97.
- [17] AD BACHIR&AMOR BACHIR, Optimisation des paramètres de fonctionnement d'un procédé de dessalage de l'unité traitement brut sud à Hassi Messaoud (UTBS), Mémoire présentée en vue de l'obtention du diplôme de Master en :Génie des Procédés;Université Mohamed Khider –Biskra; (2013).
- [18] E.JOUANNY & BOUYER, stabilisation d'émulsion d'intérêt pharmaceutique par des protéines et des polysaccharides : exemples de la β -lactoglobuline, de la gommearabique et de la gomme xanthane.
- [19] Manuel opératoire, Raffinerie de pétrole et de gaz. février 2003.
- [18] B.DORBAN, Etude et optimisation des dessaleurs électrostatiques, MAGISTER : Raffinage, Université de Boumerdes, (2003).
- [19]Cours Procédés de raffinage et pétrochimie, université deb Skikda (2017)
- [20]olivier doumeix. Opération unitaire et génie biologique. P11
- [21]BENAOUDA ILYES; Etude de système de dessalage au champ OURHOUD; université kasdi merbah ouargla (2013).
- [22]Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, méthode d'analyse, MA. 100– pH 1.1, « Détermination du pH : méthode électrométrique » Édition ?: (2014-03-17).

[23]manuelle opératoire de laboratoire de RA1G

[24] N. youcefi « analyses et caractérisation de pétrole brute

[25]Chimie GCI 190, dosage des ions chloruresw, (2011)

[26]SONATRACH Fiche Technique du dessaleur de RA1G.

[27]Référencehach:<https://fr.hach.com/portablelabspectrophotometers#:~:text=Un%20spectrophotom%C3%A8tre%20est%20un%20instrument,pour%20former%20un%20complexe%20color%C3%A9>
A9.

ANNEXES:

Annexes:

Détermination de la teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur

La formule suivante relie les teneurs en sel dans le brut et la quantité d'eau a injecté :

$$Sps (Y+X)=Spe.Y \dots\dots\dots(4.2)$$

$$X=Y (Spe-Sps) /Sps$$

Où :

Spe : teneur en sel du brut avant le dessalage (g/m^3) ;

Sps : teneur en sel du brut après le dessalage (g/m^3) ;

Y : teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur (%) ;

X : quantité d'eau injectée par rapport au brut mesurée en (% vol).

$$Spe=14.19 \text{ mg/l}$$

$$Sps=6.553 \text{ mg/l}$$

$$X=3.5\%$$

$$Y = X.Sps / (Spe-Sps)$$

$$Y = 0,035.6.553 / (14,19 -6.553)$$

$$Y =0,030 =3\%$$

Bilan matière :

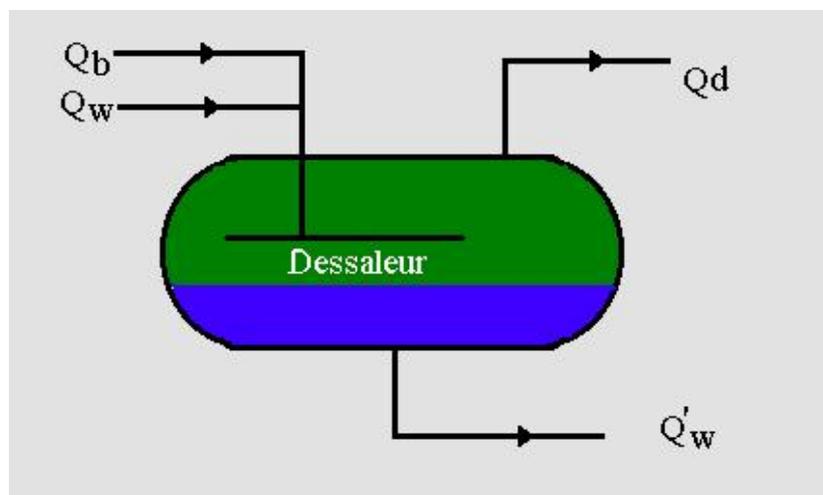


Figure 4.4 : Schéma explicative du bilan matière. [25]

Qb : quantité de brut à dessalé.

Qw : quantité d'eau de lavage.

Qd : quantité de brut dessalé.

Q'w : quantité d'eau de purge.

Qwext : quantité d'eau dans le brut dessalé.

$$Qt = Qb + Qw$$

$$Qb + Qw = Qd + Q'w$$

On a:

$$Q_b = 570 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Calcul de la quantité du brut dessalé :

Quantité d'eau contenue dans le brut est inférieure à 0.1%

Q_{wext} : Quantité d'eau dans le brut dessalé.

$$Q_{wext} = Q_b$$

$$570 \times 0,001 = 0.57 \text{ m}^3 / \text{h}$$

La quantité de brut net (sans eau)

$$Q_d = Q_b - Q_{wext}$$

$$Q_d = 570 - 0.57 = 569.43 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Détermination de la quantité d'eau de purge

$$Q'w = Q_b + Q_w - Q_d$$

AN :

$$Q'w = 570 + 20 - 569.43$$

$$Q'w = 20.57 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Calcul de la vitesse de décantation On peut calculer la vitesse de décantation par la formule suivante :

$$V_d = \left[\frac{4}{3} + \frac{(d_d - d_c)}{d_c} \frac{Dg}{\phi} \right]^{1/2} \text{ m / s} \dots\dots\dots(4.3)$$

V_d : vitesse de décantation (m/s) ;

d_d : densité de la phase dispersée (eau) ;

d_c : densité de la phase continue (brut) ;

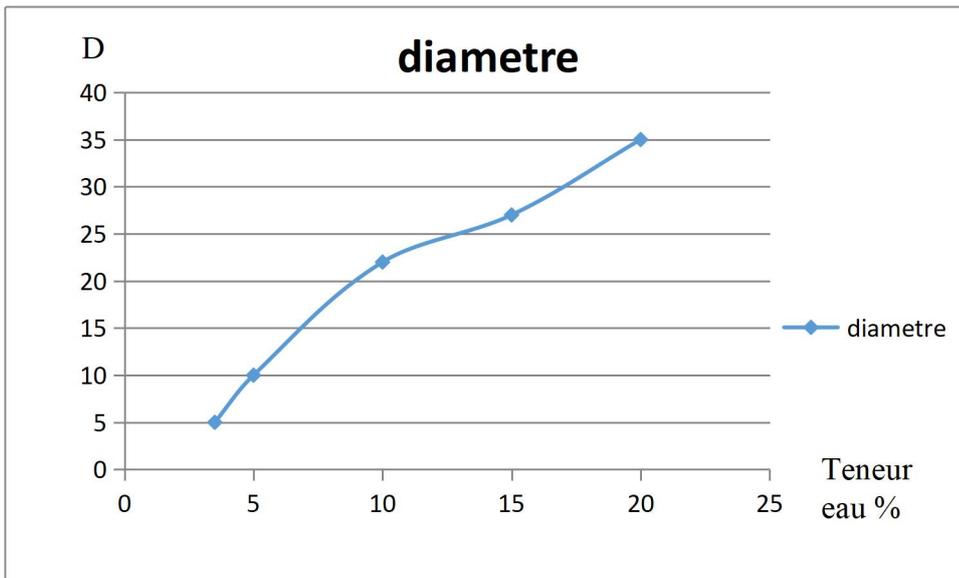
D : diamètre des gouttelettes d'eau (m) ;

g : accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

ϕ : Coefficient de frottement qui dépend du régime d'écoulement.

Tableau 4.5 : les valeurs du Diamètre de la particule d'eau en fonction de la teneur en eau. [21]

Teneur en eau X (%vol)	3.5	5	10	15	20
Diamètre de la gouttelette d'eau (10^{-5} m)	5	10	22	27	35



Courbe 4.5 : Variation du diamètre de gouttelette d’eau en fonction de la température. [20]

Pour déterminer le diamètre de la gouttelette d’eau, on utilise la courbe 4.5
 Dans notre cas (X = 3.5%), Donc, d’après le graphe on trouve que $D = 7.10^{-5}m$

- **Coefficient de frottement :**

On détermine le coefficient de frottement (ϕ), en fonction du nombre de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{Vd.D}{\nu} \dots\dots\dots(4.4)$$

- Vd : vitesse de décantation (m/s);
- D : diamètre de la particule d’eau (m) ;
- ν : viscosité cinématique du pétrole (Pa/s).

On a ainsi en régime turbulent $\phi = 44/Re$, en régime intermédiaire

$\phi = 18.5/Re^{0.6}$ et en régime laminaire

$\phi = 24/Re$

Tableau 4.8: les variations du Coefficient de frottement (ϕ) en fonction du Re et le Régime d’écoulement

Valeur du nombre de Reynolds	$Re \leq 0,2$	$0,2 < Re < 500$	$Re > 500$
Régime d’écoulement	Laminaire	Intermédiaire	Turbulent
Coefficient de	$24/Re$	$18,5/Re^{0,6}$	$44/Re$

Pour calculer la vitesse de décantation, on doit introduire dans l’équation (1) la valeur « ϕ », Correspondant au régime hydraulique, le régime lui-même est en fonction du nombre de Reynolds qui se détermine à partir de la vitesse de décantation ; Pour sortir de ce cercle, on fixe le régime provisoirement et après avoir calculé la vitesse de décantation, on vérifie si le régime fixé est bien, celui qui convient.

Donc :

Le régime choisi est un régime laminaire ; donc d'après le tableau :

On trouve $\varphi = 24/Re$.

Alors, l'équation (1) devient :

$$V d = \left[\frac{1}{18} + \frac{(d-d_c)}{d_c} \cdot \frac{D^2}{v} \right] m/S \dots\dots\dots(4.5)$$

Avec :

$$Re = \frac{Vd \cdot D}{v} \dots\dots\dots(4.6)$$

Détermination de la viscosité à la température 90°C

Pour pouvoir déterminer la viscosité de la phase continue à la température du dessalage, il faut d'abord déterminer la viscosité de cette dernière à deux températures différentes :

$$\vartheta_{20^\circ C} = 4.046 \text{ cst}, \quad \vartheta_{38^\circ C} = 2.419 \text{ cst} \quad t_2$$

D'après GROSS :

$$\log \frac{\vartheta_{20^\circ C}}{\vartheta_{38^\circ C}} = R \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

On détermine d'abord le coefficient « R »

$$R = \log \frac{\vartheta_{20^\circ C}}{\vartheta_{38^\circ C}} / \log \frac{t_2}{t_1}$$

$$R = \log \frac{4.046}{2.419} / \log \frac{38}{20} = 0.80$$

Donc, la viscosité du brut à la température de dessalage sera :

$$\log \frac{\vartheta_{t_1}}{\vartheta_{t_2}} = R \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$$\text{Log } \vartheta_{t_2} = \text{Log } \vartheta_{t_1} - R \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

$$\text{Log } \vartheta_{t_2} = \text{Log } 4.046 - 0.80 \cdot \log \frac{90}{20} = 0.282$$

$$\vartheta_{90} = 1.914 \text{ cst}$$

Détermination de la densité de la phase continue à la température 90°C

Pour déterminer la densité de la phase continue à la température du dessalage, il faut d'abord connaître sa densité à 20°C. $d_{20^\circ C} = 0,08025$.

La densité à une température quelconque est donnée par la formule suivante :

$$dt = d20^{\circ}\text{C} - \alpha(t - 20) \dots \dots \dots (4.7)$$

α : Coefficient caractérisant la variation de la densité en fonction de la température.

$$\alpha = 0,001828 - 0,00132 (d20) \dots \dots \dots (4.8)$$

$$\alpha = 0,001828 - 0,00132 (0,7997).$$

$$\alpha = 7,723 \cdot 10^{-4}$$

Donc, la densité à 90°C sera :

$$D_{90^{\circ}\text{C}} = 0,7997 - 7,723 \cdot 10^{-4}(90-20) = 0,745$$

A la température 90°C, la densité de l'eau sera égale à :

$$D_{90^{\circ}\text{C}} = 1.002 - 7,723 \cdot 10^{-4}(90-20) = 0,948$$

$$D_{90^{\circ}\text{C}} = 0,948$$

On reprend les résultats dans le tableau :

Tableau 4.6: La densité et la viscosité de la phase continue et la densité de l'eau à la température de service (90°C)

Température (°C)	Densité du brut : dc (kg/m ³)	Densité de l'eau: dd (kg/m ³)	(cst)
90	799.7	967	1.914

Donc, la vitesse de décantation d'après l'équation (2) sera :

$$V_d = \left[\frac{1}{18} + 9,81 \cdot \frac{(967-799,7)}{799,7} \cdot \frac{(7 \cdot 10^{-5})^2}{1.914 \cdot 10^{-6}} \right] = 4.15 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Vérification du régime :

$$Re = \frac{V_d \cdot D}{\nu} = \frac{4.15 \cdot 10^{-4} \cdot 5.1 \cdot 10^{-5}}{1.914} = 1.51 \cdot 10^{-8}$$

$Re < 0,2$ donc le régime est laminaire.

Donc : Le régime fixé au départ pour déterminer la vitesse de décantation est celui qui convient.

Calcul des caractéristiques d'un dessaleur

Le dessaleur de la raffinerie de Alger a les caractéristiques

Principales suivantes :

- Diamètre intérieur : 3,1 m
- Longueur : 11,5 m ;

- Fond : hémisphérique ;
- Pression de calcul : 10 bars ;
- Température de calcul : 90°C ;
- Surépaisseur de corrosion: 3 mm. [26]

Calcul du volume de dessaleur

$$V = V_1 + V_2$$

V : volume du dessaleur (m³)

V₁ : volume de la partie cylindrique du dessaleur (m³).

V₂ : volume de deux calottes sphériques (m³).

Tel que :

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D^3}{8} \cdot \frac{4}{3}$$

AN :

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 3.1^2}{4} \cdot 11.5 = 86.75 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 3.1^3}{8} \cdot \frac{4}{3} = 15.59 \text{ m}^3$$

Donc le volume total du dessaleur est :

$$V = 86.75 + 15.59 = 102.34 \text{ m}^3$$

Calcul du temps de séjour

Pour éviter l'entraînement de l'eau séparée avec le brut dessalé, il faut que le temps de Décantation soit inférieure au temps de séjour. Pour cela on calcul le temps de séjour et le temps de décantation et on compare les résultats.

Le temps de séjour du brut dans le dessaleur est donné par la relation suivante :

$$T_s = V/Q(h)$$

Où :

T_s : temps de séjour (h) ;

V : volume de la capacité (m³) ;

Q : débit volumique de la charge (m³ /h);

Q = Q_b + Q_w ;

Q_b : débit volumique du pétrole brut. ;

Q_w : débit volumique de l'eau de lavage.

On a:

$$Q_b = 570 \text{ m}^3 /h$$

$$Q_w = 20 \text{ m}^3 /h$$

Donc :

$$Q = 570 + 20 = 590 \text{ m}^3 / \text{h}$$

On a:

$$V = 102.34 \text{ m}^3$$

$$\text{AN: } T_s = 102.34 / 590$$

$$T_s = 0.173 \text{ h} = 10.38 \text{ min}$$

Calcul du temps de décantation

On peut calculer le temps de décantation par la formule suivante :

$$T_d = L_1 / V_d \text{ (s)} \dots \dots \dots (4.9)$$

Où :

T_d : temps de décantation (min) ;

L_1 : distance entre l'électrode basse et l'interface en (m)

V_d : vitesse de décantation (m/s).

On a $L_1 = 240 \text{ mm} = 0.24 \text{ m}$

A.N:

$$T_d = 0.24 / (4.15 \cdot 10^{-4}) = 578.31 \text{ s} = 9.63 \text{ min}$$

Conclusion :

D'après les calculs nous avons conclu que $T_d = 9,63 \text{ min}$ alors que $T_s = 10,38 \text{ min}$ alors $T_d < T_s$; on peut dire d'après les résultats qu'il n'y a pas d'entraînement et l'eau est séparée du le brut dessalé.

Calcul du champ électrique entre deux électrodes

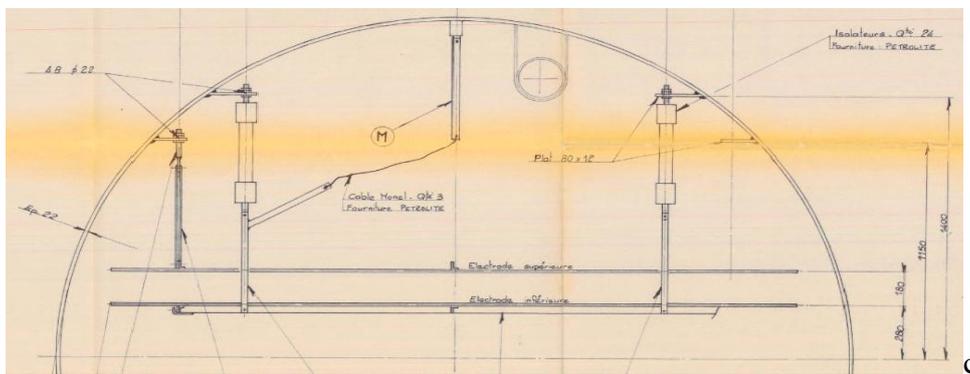


Figure 4.8 : Schéma explicative de distance entre les électrodes

Es: électrode supérieure

E_i : électrode inférieure

Le champ électrique entre les deux électrodes est donné par la formule

suivante:

$$E=U/L \text{ Volts/ cm} \dots\dots\dots (4.10)$$

Où:

- E: champ électrique entre les électrodes (volts/cm);
- U: tension du courant en volts,
- U=15000 volts ;
- L: distance entre les électrodes. L=10 cm.

A.N:

$$E=15000 / 10 =1500 \text{ Volts/ cm.}$$

Calcul du champ électrique entre le niveau haut d'eau et l'électrode inférieure :

$$E_1=U/L_1 \text{ volts/cm.}$$

E₁: champ électrique entre l'électrode inférieure et le niveau haut d'eau (interface)

- U: tension du courant. (U=15000 volts);
- L₁: distance
- entre l'électrode inférieure et le niveau haut d'eau Donc (L₁=24cm).

A.N:

$$E_1 = 15000 / 24 = 625 \text{ volts/cm.}$$

Calcul du champ critique :

$$E_c = A \sqrt{\frac{2\delta}{\epsilon.d}} \dots\dots\dots (4.11)$$

Où:

- δ : Tension superficielle entre l'eau et le pétrole en (g/cm^2);
- ϵ : Coefficient diélectrique;
- d : diamètre de la gouttelette d'eau (cm);
- A : coefficient de proportionnalité.

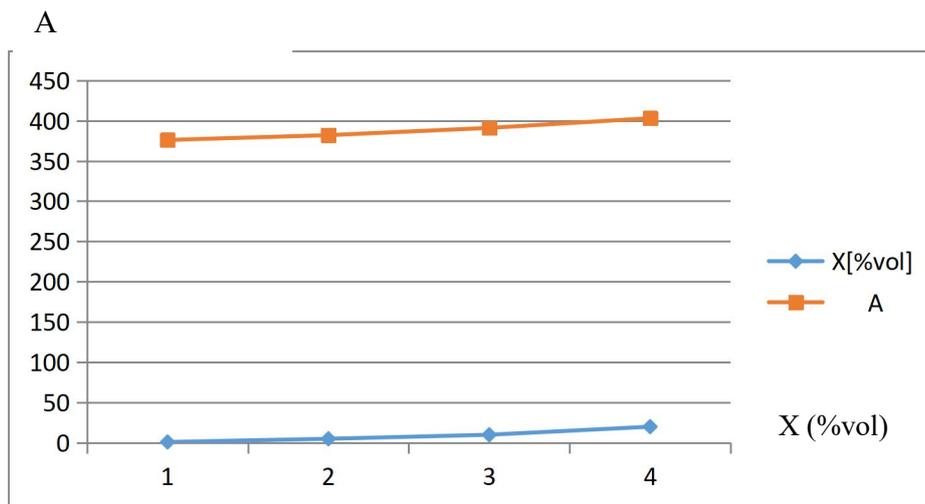
On a:

- $D=7.10^{-5}\text{m}=7.10^{-3}\text{cm}$;
- $\epsilon=16,6.10^{-3}$
- $\delta=15\text{g}/\text{cm}^2$;
- X =Taux d'eau de lavage($X=3.5\%$ vol);

D'après le tableau, on trace la courbe $A = f(X)$ et on tire la valeur du coefficient de proportionnalité

Tableau 4.10: Coefficient de proportionnalité (A) en fonction du taux de lavage [21]

X %vol	01	05	10	20
A	376	382	391	403



Courbe 4.9: Variation de coefficient de proportionnalité en fonction de la température. [20]

Donc, d'après la courbe.2 on a :

$$X = 3.5 \% \quad A = 376.8$$

A.N:

$$E_c = 376.8 \sqrt{\frac{2.15}{16.6 \cdot 10^{-3} - 3.7 \cdot 10^{-3}}} = 191455,76 \text{ volt / cm}$$

Conclusion

Après le calcul du champ électrique (E) entre les électrodes et du champ critique (EC), on remarque que le champ électrique entre les électrodes est inférieur au champ critique $E < EC$ donc, notre dessaleur a un fonctionnement normal du point de vue électrique.

Calcul des efficacités du dessaleur et de dessalage

L'efficacité du dessaleur et celle du dessalage sont les paramètres qui conditionnent le rendement optimal du dessaleur. Ces deux termes peuvent être exprimés mathématiquement en fonction des différents paramètres intéressés dans le dessalage. [20]

$$A = \frac{\left(Z \text{Spe} \frac{X \text{Sw}}{100} \right)}{X+Y} \dots\dots\dots(4.12)$$

Où :

A : teneur en sel théorique optimale du brut à la sortie du dessaleur mesurée en mg/l ;

Spe : teneur en sel du brut à l'entrée du dessaleur mesuré en (mg/l) ;

Sw : teneur en sel de l'eau injectée en (mg/l)

Y : teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur (%) ;

X : quantité d'eau injectée par rapport au brut mesurée en (% vol) ;

Z : teneur en eau du brut à la sortie du dessaleur (%).

On a comme données de départ :

$$\text{Spe} = 14,19 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Sw} = 8 \text{ mg/l.}$$

$$X = 3.5 \text{ \%}$$

$$Y = 1,6\%$$

$$Z = 0.1 \text{ \%}$$

$$A = \frac{\left(0.1 \cdot 14.19 \frac{3.5.8}{100}\right)}{3.5+1.6} = 0.28 \text{ mg/l}$$

L'efficacité du dessaleur est exprimée par la formule suivante :

$$E = \frac{S_{pe} - S_{ps}}{S_{pe}} \cdot 100 \% \dots\dots\dots(4.13)$$

Où :

E : efficacité de dessaleur en %.

D'après le tableau de calcul de l'efficacité du dessaleur :

$$E = \frac{14.19 - 6.533}{14.19} \cdot 100 = 53.81\%$$

$$E = 53.81\%$$

L'efficacité de dessalage est donnée par la formule suivante :

$$E_p = \frac{S_e - S_s}{S_e - A} \cdot 100$$

AN :

$$E_p = \frac{14.19 - 6.553}{14.19 - 0.28} \cdot 100 = 54,90\%$$