



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR, EL OUED

FACULTE DE LA TECHNOLOGIE



Département de Génie des Procédés et Pétrochimie

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie chimique

Thème

Etude et suivi des paramètres de traitement de pétrole brut par analyses chimiques (Etude de cas - Hassi Messaoud)

Présenté par :

MM.

ACHAB Abdelkrim

MAHMOUDI Ala Eddine

MAHMOUDI Tahar

Soutenu publiquement le :13/06/2022

Devant le Jury composé de :

CHABIA Nacer

Président

Université d'El Oued

BELGHITH Med Yazid

Examineur

Université d'El Oued

BOUDOUH Issam

Encadreur

Université d'El Oued

2021 – 2022

Dédicaces

À mes très chers et respectueux parents ;

Puisse Dieu tout puissant garder et procurer santé et bonheur à ma mère.

Puisse Dieu tout puissant accueille mon père dans son vaste paradis

À ma chère famille petite (ma femme, mes enfants) ou grande (frères, sœurs, etc.), proche ou lointaine ;

En témoignage de mon profond respect.

À mes amis et mes collègues ;

ACHAB Abdelkrim

À nos très chers et respectueux parents ;

Puisse Dieu tout-puissant garder et procurer santé et bonheur à nos parents.

À notre chère famille grande (frères, sœurs, etc.), proche ou lointaine ;

En témoignage de notre profond respect.

À nos amis et nos collègues ;

MAHMOUDI Ala Eddine & MAHMOUDI Tahar

Remerciements

Nous remercions tout d'abord, Allah qui nous a donné la force et le courage pour terminer ce modeste travail.

L'encadreur Dr. BOUDOUH Issam pour son aide durant tout le projet

Tout le personnel de la DP TFT.

Tout le personnel du complexe industriel NAILI Abdelhalim (CINA) pour leur aide.

Enfin, toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail dans de meilleures conditions.

Résumé

L'émulsion sel dans le brut est un problème majeur, Le dessalage électrostatique dans les unités de traitement de pétrole brut est une opération très importante pour assurer le bon fonctionnement des différents traitements pétroliers, et éviter ses conséquences telles que la corrosion et le bouchage des équipements pétroliers.

La commercialisation du brut, est régie par des contrats qui fixent en particulier les teneurs en sels et en eau (entre 40 et 60 mg/L en sel et d'ordre de 1% en eau)

Nous tenons dans ce travail l'étude de l'unité de dessalage du pétrole brut dans le Centre Industriel Nord HMD (CINA) où nous traitons le problème des sels existants dans le brut.

On concentre sur la méthode électrostatique et ses propriétés, l'unité de dessalage électrostatique et la vérification des calculs de son efficacité, après, nous allons faire la comparaison entre les résultats obtenus et les résultats de design.

Mots Clés : dessalage, pétrole brut, émulsion, traitement, sels.

Abstract

Salt emulsion in crude oil is a major problem, Electrostatic desalination in crude oil processing units is a very important operation to ensure the proper functioning of the various oil treatment, and avoid its consequences such as corrosion and clogging of oil equipment.

The marketing of crude oil is governed by contracts which fix in particular the levels of salts and water (between 40 and 60 mg/L in salt and around 1% in water)

In this work we are studying the desalination unit for crude oil in the North Industrial Center HMD (CINA) where we are dealing with the problem of existing salts in crude oil.

We focus on the electrostatic method and its properties, the electrostatic desalination unit and the verification of its efficiency calculations, after which we will compare the results obtained with the design results.

Keywords: desalination, crude oil, emulsion, treatment, salts

ملخص

يعد مستحلب الملح في النفط الخام مشكلة كبيرة، وعملية نزع الأملاح و الشوائب بالطرق الكهروستاتيكية في وحدات معالجة النفط الخام مهمة للغاية لضمان الأداء السليم لمختلف وحدات معالجة النفط، وتجنب عواقبها مثل التآكل وانسداد معدات النفط.

يخضع تسويق النفط الخام لعقود تحدد على وجه الخصوص مستويات الأملاح والمياه (بين 40 و 60 ملغم/لتر في الملح وحوالي 1٪ في الماء)

في هذا العمل، ندرس وحدة معالجة النفط الخام في المركز الصناعي الشمالي HMD (CINA) حيث نتعامل مع مشكلة الأملاح الموجودة في النفط الخام.

نركز على الطريقة الفصل (المعالجة) الكهروستاتيكية وخصائصها، ووحدة المعالجة الكهروستاتيكية والتحقق من حسابات الكفاءة، وبعد ذلك سنقارن النتائج التي تم الحصول عليها بنتائج التصميم.

الكلمات الرئيسية: تحلية المياه، النفط الخام، المستحلب، المعالجة، الأملاح.

Table des Matières

Liste des abréviations.....	i
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des annexes.....	v
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de Site.....	2
I.1 Présentation du champ de Hassi-Messaoud	2
I.2 Centre industriel nord CINA.	3
I.2.1 Présentation de l'unité de traitement Nord.....	4
I.2.2 Unité (Stripping et dessalage) USS1	5
I.3 Laboratoire huile et gaz (CINA).....	6
I.3.1 Importance du laboratoire	6
I.3.2 Rôle de laboratoire	6
I.3.3 Procédure du travail dans le laboratoire	6
I.3.4 Analyses de spécification du Brut et du Gaz.....	7
I.3.5 Sécurité dans le laboratoire	7
Chapitre II : Théorie sur le dessalage de pétrole brut.....	8
Introduction.....	8
II.1 Théorie sur les sels	8
II.1.1 Caractéristiques des sels	8
II.1.2 Inconvénients des sels	9
II.2 Théorie Sur Les Emulsions	10
II.2.1 Définition de l'émulsion.....	10
II.2.2 Formation d'une émulsion.....	10
II.2.3 Stabilité d'une émulsion	11
II.2.3.1 Agent émulsifiant	11
II.2.3.2 Agitation	11
II.2.3.3 Viscosité de l'huile	12
II.2.3.4 Teneur en eau dans l'émulsion	12
II.2.3.5 Age de l'émulsion.....	12
II.2.4 Procédés des désintégrations des émulsions	12
II.2.4.1 Procédé mécanique	13
II.2.4.2 Procédé chimique.....	14
II.2.4.3 Procédé électrique.....	15
II.3 Dessalage électrostatique	17
II.3.1 Généralités	17
II.3.2 Mécanisme du dessalage électrostatique	17
II.3.2.1 Diffusion des sels dans l'eau de lavage	17
II.3.2.2 Coalescence des gouttelettes d'eau.....	17
II.3.2.3 Décantation.....	19
II.3.3 Paramètres de réglage d'un dessaleur électrostatique	20
II.3.3.1 Température	20

II.3.3.2 Niveau d'interface eau-brut	22
II.3.3.3 Taux d'eau de lavage	22
II.3.3.4 La pression de service	22
II.3.3.5 Perte de charge au niveau de la vanne de mélange	23
II.3.3.6 Influence du champ électrique	24
II.3.3.7 Point d'injection de l'eau de lavage	24
II.3.3.8 Nature de l'eau de lavage	24
II.3.3.9 Temps de séjour	25
II.3.3.10 Influence du désémulsifiants	25
Chapitre III : Partie pratique.....	28
III.1 Types de dessaleur	28
III.2 Description du dessaleur électrostatique (FA2609A) du CINA	28
III.2.1 Tuyauterie intérieure	29
III.2.2 Electrodes	29
III.2.3 Ensemble transformateur-réactance	29
III.2.4 Ensemble de l'alimentation électrique haute-tension	29
III.2.5 Tableau électrique et liaison électrique	30
III.2.6 Instrumentation	30
III.2.7 Les accessoires et équipements de protection	31
III.3 Description de la section dessalage	32
Présentation du problème	33
III.4 Réalisation des analyses au niveau du laboratoire	36
III.4.1 Salinité du brut	36
III.4.2 Densité	37
III.4.3 Viscosité	38
III.5 Collecte des données	40
III.6 Comparaison des paramètres du design et des paramètres actuels	41
III.7 Influence de la température ambiante sur l'efficacité du dessaleur	42
III.8 Influence du taux d'eau de lavage sur l'efficacité du dessaleur	44
III.9 Calcul du dessaleur	46
III.9.1 Détermination de la teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur	46
III.9.2 Bilan matière	46
III.9.2.1 Quantité d'eau de lavage	47
III.9.2.2 Quantité d'eau dans le brut à dessaler	47
III.9.2.3 Quantité d'eau dans le brut dessalé	48
III.9.2.4 Quantité de brut dessalé	48
III.9.2.5 Quantitd'eaudepurge	48
III.9.2.6 Quantité totale	48
III.9.3 Calcul de la vitesse de décantation	49
III.9.3.1 Rayon de la goutte d'eau	49
III.9.3.2 Masse volumique du brut à la température de dessalage (53°C)	50
III.9.3.3 Masse volumique de l'eau à la température de dessalage (53°C)	51
III.9.3.4 Viscosité dynamique du brut à 53°C	52
III.9.4 Détermination de la nature du régime d'écoulement	54
III.9.5 Calcul des caractéristiques électriques du dessaleur	55
III.9.5.1 Champ électrique entre les deux électrodes	55
III.9.5.2 Champ électrique entre le niveau haut d'eau et l'électrode inférieure	56
III.9.5.3 Champ critique	56
III.9.6 Calcul de temps de séjour et de temps de décantation	58
III.9.6.1 Temps de séjour	58
III.9.6.2 Temps de décantation	58

III.9.7	Calcul du distributeur.	57
III.9.7.1	Nombre de rampes de distribution.....	59
III.9.7.2	Nombre de trous.	60
III.9.7.3	Vitesse d'écoulement.....	60
III.9.8	Calcul des efficacités du dessaleur et de dessalage.	61
III.9.8.1	Efficacité du dessaleur.....	61
III.9.8.2	Efficacité de dessalage.....	62
III.9.9	Synthèse des résultats obtenus.....	63
III.9.10	Choix des paramètres convenables au dessalage.....	63
Conclusion générale.....		68
Bibliographie		69
Annexe A : Fiches de données de sécurité des produits utilisés		70
Annexe B : Schéma simplifié de l'USS1 (CINA).....		72

Liste des abréviations

CINA	Centre Industriel Naili Abedelhalim
HP	Haute Pression
IT	Informatique
USS	Unité de Stabilisation & Stripping
MP	Moyen Pression
ppm	Partie par milion
API°	Américain Petroleum Institut
BSW	Bottom Sédiment and Water
GPL	Gaz du Pétrole Liquéfié
A	Coefficient de proportionnalité
D	Diamètre de la gouttelette d'eau en cm
D _d	Diamètre de dessaleur
d	Diamètre intérieur de trou
E%	Efficacité de dessaleur
E _c	Champ critique
E _i	Electrode inférieure
E'%	L'efficacité de dessalage
E _s	Electrode supérieure
E	Champ électrique entre les électrodes
E'	Champ électrique entre l'électrode inférieur et le niveau d'eau
f	Surface de passage d'un trou
g	Accélération de la pesanteur
L	Distance séparant les deux trous extrêmes
l	Distance séparant les deux rampes
L _d	Longueur de dessaleur
L _{SI}	Distance entre les électrodes
L ₁	Distance entre l'électrode inférieure et le niveau d'eau
M	Distance entre les deux sections

n	Nombre des rampes de distributeur
Q	Débit de la charge
Q_b	Quantité de brut à dessaler
Q_d	Quantité de brut dessalé
Q_w	Quantité d'eau de lavage
$Q'w$	Quantité d'eau de purge
Q_{wext}	Quantité d'eau dans le brut dessalé
r	Rayon de la gouttelette d'eau
Se	Salinité d'entrée
SS	Salinité de sortie
SW	Teneur en sel dans le brut a l'entrée de dessaleur
T	La température
T_d	Temps de décantation
TS	Temps de séjour
V	Volume de la capacité
V_d	Vitesse de décantation
η_b	Viscosité cinématique de la phase continue (brut)
W	Vitesse d'écoulement
X	Taux de lavage
Y	Teneur en eau dans le brut a l'entrée de dessaleur
Z	Teneur en eau dans le brut a la sortie de dessaleur
β	Teneur en sel théorique optimale du brut à la sortie du dessaleur
ρ_1	Masse volumique de la phase dispersée (eau)
ρ_2	Masse volumique de la phase continue (brut)
ε	Coefficient diélectrique
μ_2	Viscosité dynamique de la phase continue
δ	Tension superficielle entre l'eau et le pétrole

Liste des tableaux

<u>Tableau I.1: Les normes contractuelles de pétrole traité</u>	4
<u>Tableau II.1: Les opérations et les paramètres qui régissent sur la désintégration d'émulsion</u>	16
<u>Tableau III.1: Résultats des paramètres qui influent sur l'efficacité de Dessaleur FA2609A pendant dix (10) jours</u>	40
<u>Tableau III.2: Comparaison des paramètres du design et les paramètres actuels</u>	41
<u>Tableau III.3: Comparaison entre le cas été et le cas hivers</u>	42
<u>Tableau III.4: Variation de la salinité du brut dessalé et de l'efficacité du dessaleur en fonction du taux d'eau de lavage.....</u>	44
<u>Tableau III.5: Diamètre de la goutte d'eau en fonction du taux d'eau de lavage</u>	49
<u>Tableau III.6: Nature du régime d'écoulement</u>	54
<u>Tableau III.7: Coefficient de proportionnalité (A) en fonction de taux de lavage.....</u>	57
<u>Tableau III.8: Résultats obtenus.....</u>	63
<u>Tableau III.9: Résultats obtenus après changement des paramètres</u>	65

Liste des figures

Figure I.1: Caractéristique et situation géographique du gisement de Hassi-Messaoud	2
Figure I.2: Schéma simplifié de CINA	3
Figure I.3: Les sections d'unité de traitement Nord	4
Figure I.4: Schéma simplifié de l'unité de traitement Nord	5
Figure II.1: Représentation d'une émulsion	14
Figure II.2: La coalescence.....	18
Figure II.3: Principe de dessalage.....	20
Figure II.4: Evaluation de la viscosité de brut En fonction de la température	21
Figure II.5: Evaluation de la densité de brut En fonction de la température.....	21
Figure II.6: Evaluation du facteur caractérisant la vitesse de décantation En fonction de la température	21
Figure II.7: Salinité de sortie en fonction de la perte de charge.....	23
Figure III.1: Dessaleur électrostatique.....	31
Figure III.2: Dissociation du sel dans le brut.	36
Figure III.3: Indicateur K_2CrO_4	37
Figure III.4: Le titrage de l'eau extraite.	37
Figure III.5: Densimètre (aéromètre +thermomètre).....	38
Figure III.6: Hydromètres de pétrole	38
Figure III.7: Mesure de la viscosité cinématique	39
Figure III.8: Viscosimètre cannon Fenske opaque	39
Figure III.9: Evaluation de la salinité du dessaleur en fonction du taux d'eau de lavage	45
Figure III.10: Evaluation de l'efficacité du dessaleur en fonction du taux d'eau de lavage	45
Figure IV.11: Le bilan de matière de dessalage	46
Figure IV.12: Diamètre de la goutte d'eau en fonction du taux d'eau de lavage.....	50
Figure IV.13: Evaluation de la densité du brut en fonction de la température.....	51
Figure IV.14: Evaluation de la viscosité cinématique du brut en fonction de la température .	53
Figure IV.15: Représentation de la distance entre les électrodes	55
Figure IV.16: Courbe de coefficient de proportionnalité (A) en fonction de taux de lavage...	57
Figure IV.17: Représentation du distributeur	57

Liste des annexes

Annexe A : Fiches de données de sécurité des produits utilisés	70
Annexe B : Schéma simplifié de l'USS1 (CINA).....	72

Introduction générale

Actuellement la commercialisation des bruts est régie par des contrats liant les producteurs, les transporteurs et les raffineurs et fixant en particulier les teneurs en sel et en eau.

Les valeurs les plus courantes sont inférieure à 40 mg/ L pour la teneur en sels, et de l'ordre de 1 % pour l'eau.

Les raffineries doivent ramener avant leurs unités, la teneur en sel à 5 mg/l maximum, pour se prémunir contre toutes les sources d'ennuis telles que l'encrassement des échangeurs, la corrosion des équipements de tête des unités de distillations atmosphériques, la dégradation de la qualité des résidus ...etc [8].

L'élimination de ces sels et l'eau est indispensable et cela nécessite l'installation de toute une unité de dessalage.

L'unité de traitement nord de Hassi-Messaoud est une unité qui utilise des dessaleurs électrostatiques qui sous l'influence d'un voltage important (18000 / 20000) volts permettent de briser l'émulsion et de libérer la molécule d'eau de celle de l'huile, ensuite ces gouttelettes d'eau se rassemblent et donnent de grosses gouttelettes qui, sous l'effet de leur densité supérieure à celle du brut décantent au fond du dessaleur.

Dans notre travail, nous allons vérifier les paramètres de marche et leurs influences sur le dessaleur électrostatique FA2609A, et proposer des recommandations nécessaires afin d'améliorer l'efficacité de ce dernier.

Nous avons à cet effet organisé notre travail selon le canevas suivant :

- I. Présentation de site ;
- II. Théorie sur le dessalage de pétrole brut ;
- III. Partie technologique ;
- IV. Partie Pratique.

Enfin, on trouve une conclusion générale et recommandations.

Chapitre I

Présentation de site

Chapitre I : Présentation de site

I.1 Présentation du champ de Hassi-Messaoud

➤ Situation géographique et géologique

Le champ de Hassi-Messaoud se situe à 850 Km au Sud-Est d'Alger et à 300 Km des frontières Tunisiennes et à 80 Km à l'Est de Ouargla, il occupe la partie centrale de la province triasique. De par sa superficie et ces réserves, s'étendant sur près de 4200 Km² de superficie, il est de ce fait le plus grand gisement de pétrole d'Algérie et de tout le continent africain. il est limité :

- Au Nord-Ouest par le gisement d'Ouargla (Gellala, Ben Kahla et Houd Berkaoui) ;
- Au Sud-Ouest par le gisement d'El-Gassi, Zotti et Agreb ;
- Au Sud-Est par le gisement Rhoude El Baguel et Mesdar.

Géologiquement, il est limité :

- A l'Ouest, par la dépression d'Oued Mya ;
- Au Sud par le haut-fond d'Amguid-El Biod ;
- Au Nord par la structure Djamaa-Touggourt ;
- A l'Est par les dépressions de Dahar, Rhoude El Baguel et de Ghadames [2].

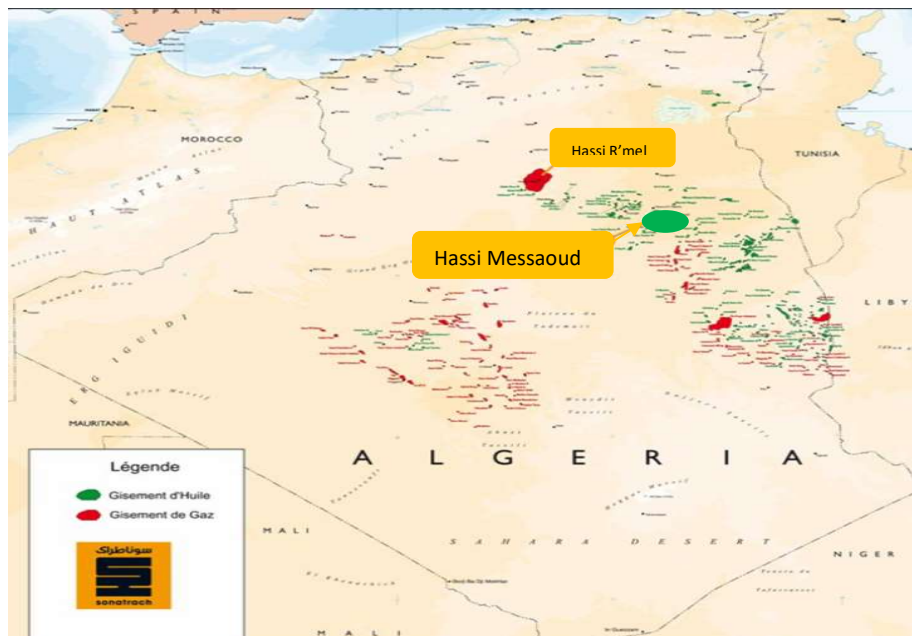


Figure I.1 : Caractéristique et situation géographique du gisement de Hassi-Messaoud.

I.2 Centre industriel nord CINA [2]

Le complexe industriel NAILI Abdelhalim situé au Nord du champ HMD, il est composé des unités suivantes :

- 02 unités satellites ;
- 01 unité de traitement de brut (séparation, dessalage et stripping) ;
- 19 unités de boosting du gaz (MP - HP) ;
- 01 unité de récupération de GPL et Condensat ;
- 01 unité de compression de gaz de réinjection ;
- 02 unités d'injection d'eau ;
- 01 unité de traitement des eaux huileuses ;
- 01 centrale d'air ;
- 02 unités d'azote ;
- 01 unité de traitement d'eau industrielle.

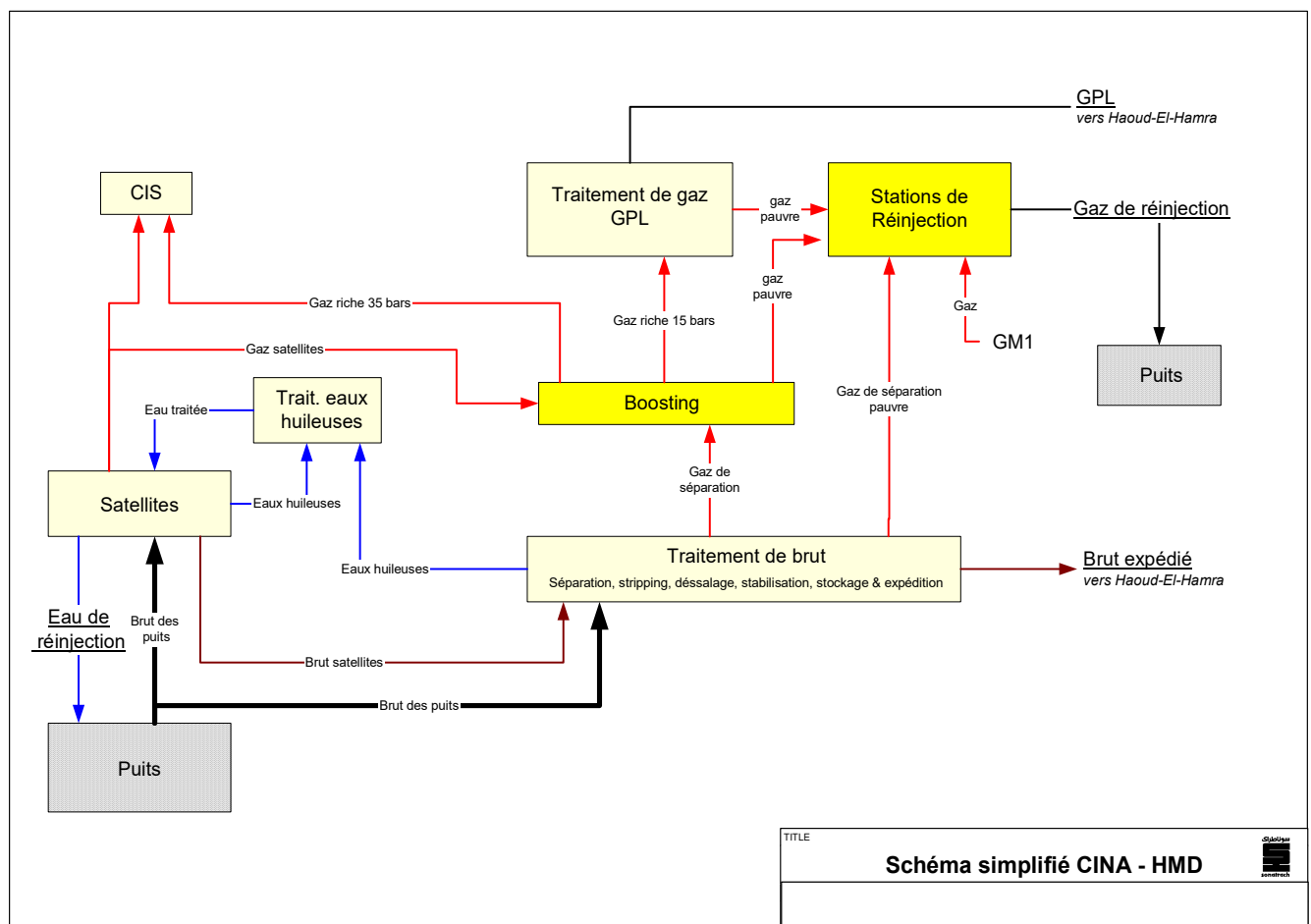


Figure I.2 : Schéma simplifié de CINA [2].

I.2.1 Présentation de l'unité de traitement Nord [6]

L'unité a pour mission principale l'augmentation de la production de brut stable quantitativement et qualitativement et d'avoir des produits conformes aux normes contractuelles qui sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Les normes contractuelles de pétrole traité

GRANDEURS	VALEUR
Densité	$0,7949 < D < 0,8082$
TVR (tension de vapeur Read)	$< 0,75\text{bars}$
SALINITE	$< 40\text{mg/ L}$
BSW (teneur en eau et en sédiments)	$< 0,5 \%$

L'unité de traitement Nord traite la totalité du liquide en provenance des satellites (OMP53, OMN77), des puits et des séparateurs sur champ.

Le traitement est réalisé en quatre étapes :

- 1^{er} étage constitué par les séparateurs hautes pressions (HP) ;
- 2^{ème} étage constitué par les séparateurs moyennes pressions (MP) ;
- 3^{ème} étage constitué par l'unité de stripping et de stabilisation (USS 1) ;
- 4^{ème} étage constitué par les séparateurs BP.

Le service traitement se compose des unités suivantes :

- Unité de séparation UP1 (zone séparation, pomperie d'expédition et stockage).
- Unité de stabilisation et stripping (USS1).
- Unité de compression de gaz 3 et 4^{ème} étage.

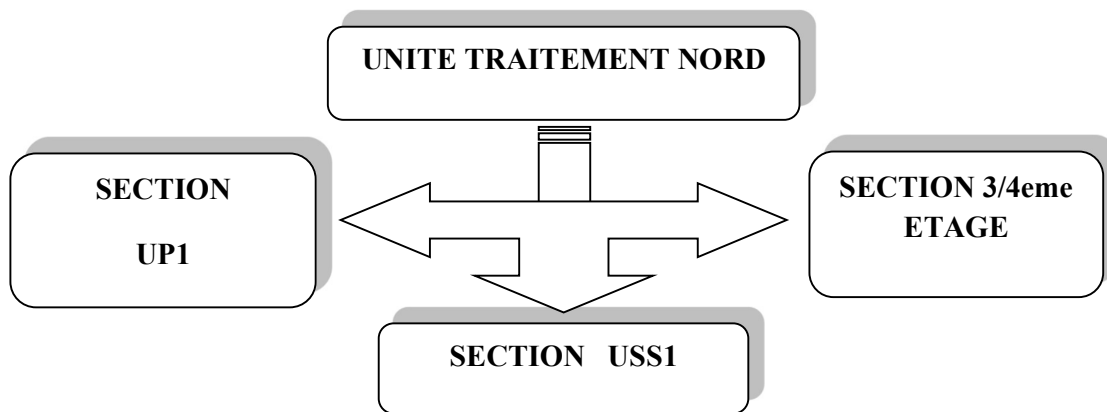


Figure I.3 : Les sections d'unité de traitement Nord

a. Capacité de l'unité

L'unité est conçue pour traiter 36000 t/j de brut et actuellement uniquement 24000 t/j.

b. Description de l'unité de traitement de brut Nord

L'unité de traitement de brut est composée d'une batterie de séparateurs à 3 phases, répartie en 03 étages (15 bars, 05 bars et 0.100 bars), d'une unité de stripping et d'une unité de dessalage [2].

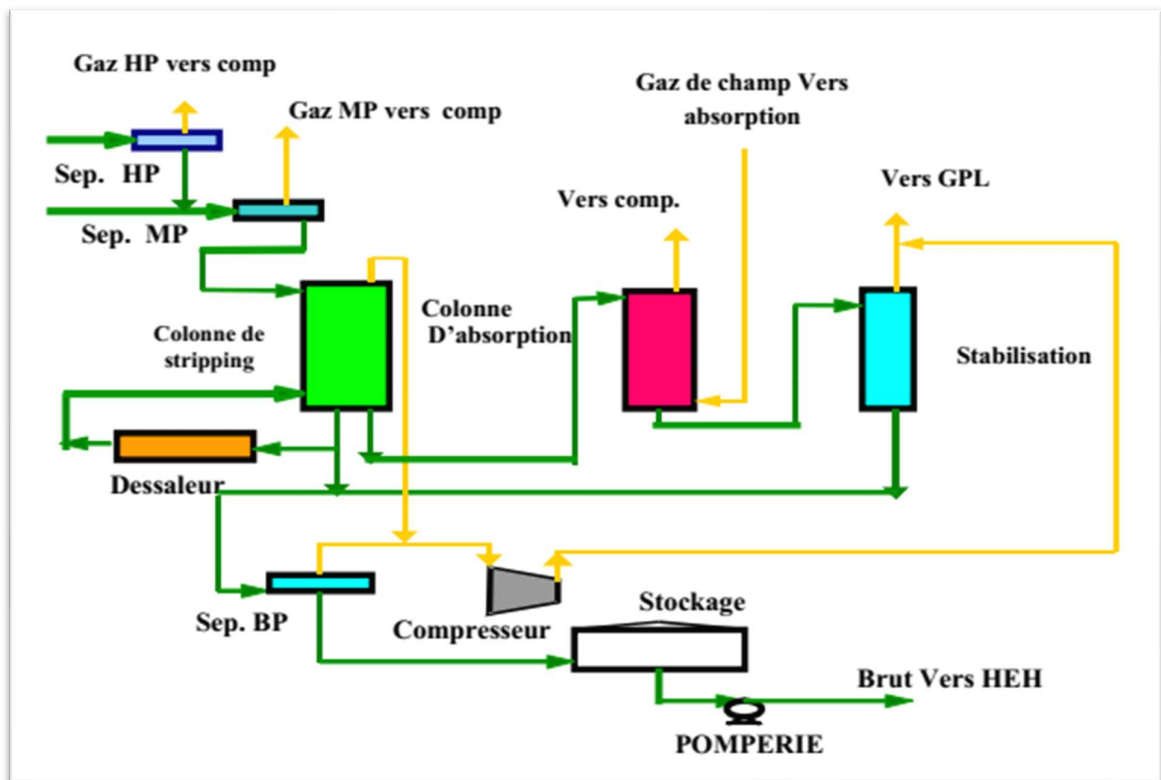


Figure I.4 : Schéma simplifié de l'unité de traitement Nord

I.2.2 Unité USS₁ (Stripping et dessalage)

La date de mise en service : Novembre 1982.

L'unité a pour fonction la stabilisation de toute la charge en huile du champ Nord (provenant du 2^{ème} étage de séparation) et le dessalage dans deux dessaleurs électrostatiques des deux tiers de la production en place.

Elle permet également de réaliser les améliorations suivantes :

- Maintient constant des spécifications du produit fini aux normes commerciales exigées (T.V.R < 0.750 Kg/cm², 0.7949 < densité < 0.8082 et salinité < 40 mg/l) indépendamment des changements climatiques engendrés par les transitions saisonnières ;
- Production d'un gaz riche approprié pour l'unité GPL ayant pour effet l'augmentation de la récupération des C₃, C₄ et des C₅⁺ ;
- Diminution de l'évaporation du brut fini pendant le stockage atmosphérique (réduction des pertes et amélioration de la sécurité).

Le brut final obtenu à la sortie de cette unité est refroidi avant d'être envoyé vers le stockage par gravité via les séparateurs dégazeurs surélevés du 3^{ème} étage (ces séparateurs sont des capacités utilisées pour desservir les bacs de stockage grâce à leur position surélevée (donc sans pompes de transfert) et pour parfaire le dégazage en cas de mauvais traitement de brut dans l'unité USS1) [2].

I.3 Laboratoire huile et gaz (CINA)

I.3.1 Importance du laboratoire

Le laboratoire représente le fruit de l'efficacité de n'importe quel complexe du fait qu'il est le jugement de la qualité des produits traités durant le procédé. Il veille au bon déroulement des unités de traitement de matière première et analyse des produits finis pour être commercialisés soit à l'intérieur du pays et même pour l'exportation [5].

I.3.2 Rôle de laboratoire

Le laboratoire est un des éléments essentiels dans le suivi et le contrôle des traitements.

Le rôle d'un laboratoire de contrôle de qualité consiste à effectuer des analyses des produits finis (brut et Gaz sec) et s'assurer qu'ils répondent aux normes et spécifications demandées.

Les résultats des analyses obtenues au laboratoire contribuent à l'élaboration des paramètres nécessaires à la bonne marche de l'usine et par conséquent l'obtention de la meilleure qualité des produits finis [6].

I.3.3 Procédure du travail dans le laboratoire

Au niveau de laboratoire les laborantins suivent ces étapes :

- **Echantillonnage** : selon la norme ASTM D 4057, dans chaque unité (UP1, USS1) existe des points d'échantillonnage où les laborantins prélèvent leurs échantillons dans les capacités appropriées à chaque produit ;
- **Analyse** : les laborantins suivent les modes opératoires dans les analyses des produits avec une grande précaution car ils manipulent des produits inflammables et dangereux capable de provoquer facilement des incendies ;
- **Enregistrement des résultats** : les résultats obtenus sont comparés aux spécifications et enregistrés sur un registre et saisis sur un micro-ordinateur en précisant l'heure d'analyse, les résultats sont transmis à la salle de contrôle.

I.3.4 Analyses de spécification du Brut et du Gaz

Les analyses de spécification du brut et du gaz comportent les paramètres suivants :

- La densité : selon la norme : ASTM D 1298 ;
- Le BSW : selon la norme : ASTM D 1796-68 ;
- La Salinité : selon la norme ASTM D 3230 ;
- La TVR : selon la norme ASTM D 323-58 ;
- Viscosité cinématique : selon la norme ASTM D 445-06 ;
- Analyse chromatographique du Gaz sec (Poids moléculaire, Densité, PSC, composition et TVR).

I.3.5 Sécurité dans le laboratoire

La nature des travaux et les dangers particuliers dus à la manipulation des produits chimiques dans un laboratoire nécessitent un maximum d'attention et une méthodologie dans l'exécution afin d'éviter tout accident ou incident.

Et pour cela, on doit suivre des règles de sécurité et prendre connaissance des fiches FDS et des fiches toxicologiques des produits utilisés.

L'ensemble des travailleurs du laboratoire doivent être sensibilisés. Ils doivent utiliser leurs EPI (gants, blouses, lunettes, masques de protection et des chaussures de sécurité) pendant toute manipulation.

Chapitre II

Théorie sur le dessalage de pétrole

brut

Chapitre II : Théorie sur le dessalage de pétrole brut

Introduction

Le pétrole brut contient souvent de l'eau, des sels, des solides en suspension et des traces des métaux solubles dans l'eau. La salinité de ce dernier est limitée à 40 mg/l et BSW (Eau en suspension + sédiments) soit inférieure à 1%, pour cette raison des techniques avancées et des recherches continues sur le brut pour éliminer les sels et l'eau contenue dans le brut, dans le but 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 le dessalage (déshydratation) pour réduire la corrosion, le colmatage et l'encrassement des installations.

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 puis à séparer cette eau [7].

II.1 Théorie sur les sels

II.1.1 Caractéristiques des sels

Les sels dans le brut sont essentiellement des chlorures dont la répartition est approximativement la suivante, en pourcentage :

- NaCl (**chlorure de sodium**): 70-80;
- MgCl₂ (**chlorure de magnésium**): 10-20;
- CaCl₂ (**chlorure de calcium**): 10.

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

Par simple décantation on devrait éliminer « théoriquement » tous les sels ionisés, mais la viscosité de certains bruts imposerait une capacité de stockage très importante.

Pour ce qui concerne les cristaux, leur élimination peut s'effectuer par lavage à l'eau : les cristaux s'ionisent dans celle-ci, puis s'hydratent ; l'avantage de ces sels hydratés réside dans

leur plus grande solubilité dans l'eau. Ceci montre, sans ambiguïté, l'importance de l'addition d'eau lorsqu'on veut dessaler correctement un pétrole brut [7].

II.1.2 Inconvénients des sels

Le sel dans l'eau cristallise et reste en suspension dans l'huile, ou peut déposer dans les équipements d'échange de chaleur.

En outre, les cristaux de sel sont généralement entraînés et désactivent et bouchent les lits de catalyseur et des équipements de traitement en aval.

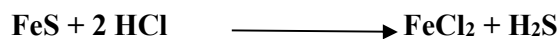
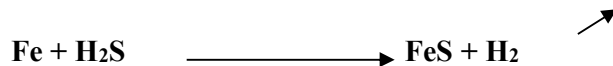
En raison de ces problèmes, les raffineries exigent généralement la teneur en sel de pétrole brut réduite à très faibles niveaux avant le traitement [9].

Les sels présentent des inconvénients au niveau des unités de traitement du brut, qui sont :

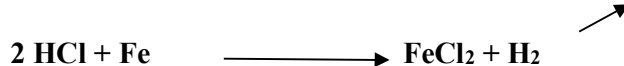
- La diminution de la capacité de production suite à la réduction de la section de passage (l'encrassement) ;
- La diminution du coefficient de transfert de chaleur dans les échangeurs causée par la mauvaise conductivité des dépôts de sels ;
- La perforation et la rupture des tubes des fours et des échangeurs (corrosion) ;
- Formation des hydroxydes et des acides par l'hydrolyse des sels [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 [7] :

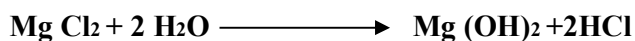
- La corrosion est plus grande en présence de sulfure d'hydrogène :



- L'acide chlorhydrique attaque le fer :



- Les sels d'hydrolysent sous l'effet de la température donnant de l'acide chlorhydrique :



II.2 Théorie Sur Les Emulsions

II.2.1 Définition de l'émulsion

Une émulsion peut être définie comme étant le mélange de deux phases liquides immiscible, l'une des deux est dispersée en fines gouttelettes dans l'autre, et l'ensemble est stabilisé par des agents émulsifiants.

Les petites gouttes constituent la phase interne ou dispersée alors que la phase principale est connue sous le nom de phase externe ou phase continue.

Dans les champs pétroliers, les deux phases sont généralement le pétrole et l'eau salée. Si la phase dispersée est l'eau, et il s'agit d'une émulsion eau dans le brut (émulsion directe), si la phase dispersée est le pétrole, il s'agit alors d'une émulsion brute dans l'eau, connue aussi sous le nom d'émulsion inverse [4].

II.2.2 Formation d'une émulsion

Dans la production du pétrole brut, les émulsions les plus généralement rencontrées sont du type eau dans l'huile ou « hydrophobe », le milieu continu étant l'huile.

Les émulsions du type huile dans l'eau ou émulsions inverses « hydrophile » existent mais se rencontrent plus rarement.

Trois conditions sont nécessaires à la formation d'une émulsion stable :

- Non miscibilité des deux liquides ;
- Forte agitation ;
- Existence d'un agent émulsifiant (également appelé tensioactif ou surfactant).

L'agent émulsifiant présente en général une solubilité préférentielle dans l'une ou l'autre phase. Certains émulsifiants cependant sont insolubles. Ce sont des solides très finement divisés en suspension dans le liquide.

L'émulsifiant enveloppe chaque gouttelette de la phase dispersée d'un film interfacial ; ce film s'oppose à la coalescence de ces gouttelettes et favorise leur maintien en suspension.

Les agents émulsifiants rencontrés dans le pétrole brut comprennent les asphaltènes, 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.

L'agent émulsifiant contenu dans le pétrole brut se rencontre à l'interface eau/huile en formant une barrière autour des gouttes d'eau, ce qui empêchera la coalescence, le plus souvent d'ailleurs, ces émulsifiants naturels contenus dans le pétrole brut sont des molécules polaires [1].

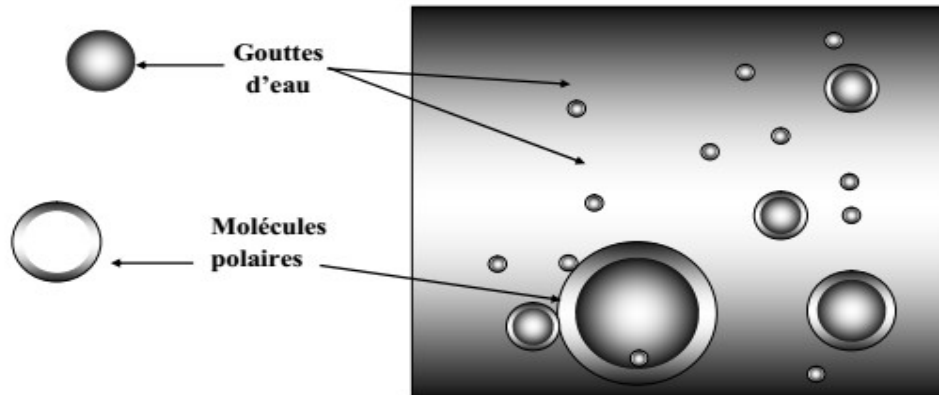


Figure II.1: Représentation d'une émulsion.

II.2.3 Stabilité d'une émulsion

Une émulsion est dite stable lorsqu'elle ne se détruit spontanément qu'après un temps très long.

Cette stabilité dépend de plusieurs facteurs :

II.2.3.1 Agent émulsifiant

C'est le facteur primordial dans la stabilité d'une émulsion en effet, son absence ne conduit pas à une émulsion stable, l'activité d'un agent émulsifiant se définit par sa vitesse de migration à l'interface et par son pouvoir émulsifiant. Toutefois, il est impossible de prédire quel type d'agent émulsifiant produit l'émulsion la plus stable.

II.2.3.2 Agitation

Le type et la sévérité de l'agitation déterminent la taille des gouttes d'eau dispersées dans le brut.

L'émulsion est d'autant plus stable que les gouttelettes d'eau sont plus petites.

La détermination de la granulométrie des gouttes d'eau peut constituer de ce point de vue une mesure de la stabilité d'une émulsion.

II.2.3.3 Viscosité de l'huile

La viscosité de la phase continue joue un double rôle : d'un côté, la viscosité de l'huile empêche la migration de l'agent émulsifiant vers l'interface et limite la formation de fines gouttelettes par l'agitation et d'un autre côté, la viscosité élevée est un facteur défavorable lors de la décantation des gouttelettes d'eau, d'une manière générale, les deux effets contraires s'annulent.

II.2.3.4 Teneur en eau dans l'émulsion

Lorsque le pourcentage d'eau augmente dans une émulsion du type eau dans l'huile, une plus grande agitation est nécessaire pour mettre l'eau en émulsion.

D'une manière générale, on aurait tendance à dire que les émulsions à fort pourcentage d'eau, sont les émulsions les moins stables.

II.2.3.5 Age de l'émulsion

Une émulsion décante une certaine partie de son eau avec le temps, l'émulsion restante contenant les bulles d'eau les plus fines, devient de plus en plus stable.

De plus, des réactions chimiques complexes peuvent rigidifier le film interfacial et rendre la coalescence plus difficile, c'est pourquoi, il est nécessaire de traiter les émulsions dès leur formation.

II.2.4 Procédés des désintégrations des émulsions

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

Réduire une émulsion se ramène donc à briser les films interfaciaux pour que les gouttes dispersées se fusionnent.

Il existe trois principaux types des procédés :

- Procédé mécanique ;
- Procédé chimique ;
- Procédé électrique.

II.2.4.1 Procédé mécanique

Parmi les procédés mécaniques, on peut distinguer :

a. La décantation

Le fonctionnement de la majorité des équipements de traitement du pétrole brut est basé sur le principe de décantation (différence de densité) pour séparer les gouttelettes d'eau de l'huile, par ailleurs, le mouvement de chute des gouttelettes d'eau à travers l'huile est favorisé par les frottements liés à la viscosité de l'huile.

Ce procédé n'est efficace que pour des émulsions stables du simple fait de différence entre les poids spécifique des composés de l'émulsion. Le traitement thermique des émulsions accélère la décantation.

b. La centrifugation (l'essorage)

Ce procédé permet d'atteindre une déshydratation et un dessalage presque complet. Il est basé sur le lavage du pétrole avec 8 à 10 % d'eau à des températures supérieures à 80°C.

Le débit faible des centrifugeuses ainsi que les frais élevés d'exploitation constituent les raisons principales de leurs utilisations limitées.

Dans ce cas, on utilise la force centrifuge, la centrifugation est basée sur la même loi de Stokes à condition de remplacer dans la formule par la force centrifuge équivalente.

$$F = \frac{m \cdot V^2}{R} \quad (\text{kg.m/s}^2)$$

Où $V = \frac{2\pi Rn}{60} \quad (\text{m/s})$

Il vient $F = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 m \cdot n^2 \cdot R$

- m : Masse du corps en révolution en (kg) ;
- V : Vitesse linéaire en (m/s) ;
- R : Rayon du cercle de révolution (m) ;
- n : Vitesse de révolution (Tr/min).

Il ressort de cette formule que la force centrifuge est proportionnelle au carré de la vitesse de révolution, l'action efficace de la force centrifuge dépend par ailleurs de rayon du cercle de révolution R.

Les deux facteurs n et R constituent la base d'élaboration des centrifugeuses, le faible débit de ces derniers ainsi que les frais élevés occasionnés par leur exploitation constituent les

raisons principales de leur limitation dans la désémulsification des pétroles, la centrifugation permet cependant d'atteindre une déshydratation et un dessalage presque complet des pétroles (à 99,7%).

c. La filtration

La séparation de l'eau contenue dans le pétrole par filtration est basée sur les phénomènes de mouillage sélectif. Ainsi, par exemple le sable de quartz est facilement mouillable à l'eau, tandis que la pyrite l'est au pétrole.

Pour déshydrater les pétroles, on utilise des copeaux de tremble peuplier et d'autres bois non résineux. Les fines particules d'eau, tout en adhérant aux bords aigus des copeaux se rassemblent en grosses gouttes s'écoulant facilement par gravité, les colonnes de filtration, sont surtout utilisées lorsque les émulsions de pétrole ont déjà été désagrégées, mais les gouttelettes d'eau se maintiennent encore en suspension et ne se déposent pas, l'inconvénient majeur du procédé de filtration est le colmatage relativement rapide de la surface filtrante par les particules de sol et la nécessité de remplacer souvent le garnissage.

II.2.4.2 Procédé chimique

La désintégration des émulsions au moyen des produits chimiques (agents désémulsifiants) peut être obtenue par :

- Le déplacement par absorption de l'agent émulsifiant actif par un produit à effet tensio-actif plus puissant et à solidité moindre de la pellicule absorbante.
- La formation d'émulsions de types opposés (inversion de phases).
- La dissolution de la pellicule absorbante du fait de sa réaction chimique en présence de l'agent émulsifiant introduit dans l'émulsion.

Le choix de désémulsifiants dépend de la nature du pétrole, de la quantité et de la composition de la phase aqueuse, de l'intensité de malaxage, de la température et de la vitesse de décantation...etc.

Le réactif choisi pour une émulsion donnée n'est efficace que pour d'autres émulsions.

Il y a différentes manières d'introduire le réactif :

- Dans le réservoir de décantation ;
- Dans la tuyauterie qui relie le réservoir d'accumulation à l'installation de désémulsification ;
- Directement dans les puits de pétrole.

Le but poursuivi par cette dernière méthode est de traiter une émulsion toute récente sans lui permettre de vieillir et d'augmenter sa stabilité au cours du stockage.

La désintégration des émulsions par des procédés chimiques est très largement appliquée ; ces procédés se distinguent par leur grande souplesse et simplicité.

Les meilleurs réactifs sont ceux les plus faciles à obtenir, qui sont efficaces et qui ne modifient pas la propriété du pétrole ; l'émulsion doit être préalablement chauffée afin d'activer le processus de désémulsification chimique dans les raffineries on la chauffe dans les échangeurs de chaleur à faisceaux tubulaires.

II.2.4.3 Procédé électrique

Après les séparateurs, le brut contient de l'eau et des sels sous forme d'une émulsion très stable, le dessaleur électrostatique apporte sous une forme efficace l'énergie nécessaire à la destruction de ces émulsions. En effet, les particules reçoivent sous l'effet d'un champ électrique alternatif à haute tension des charges de polarité opposée. Lorsque la charge atteinte un potentiel suffisamment élevé, l'enveloppe diélectrique est percée, et par conséquent, les fines gouttelettes d'eau se joignent en formant des gouttes plus grosses qui se déposent facilement au fond du réservoir.

Le dégagement du gaz dans le réservoir est indésirable ; pendant le dessalage, on évite l'évaporation des légers en élevant la pression dans l'appareil conservant ainsi les gaz à l'état dissous.

Ainsi, on crée une nouvelle émulsion d'environ 5% d'eau douce dans le brut ; cette nouvelle émulsion est de nouveau détruite, entraînant aussi les gouttelettes d'eau salées présentes au départ.

L'eau enlevée contient approximativement de l'eau douce et salée dans les proportions du mélange d'émulsion réalisé, quatre opérations fondamentales ont lieu dans le dessaleur électrique.

Les gouttes d'eau acquièrent donc une masse suffisante pour tomber par gravité vers le fond du dessaleur, c'est la décantation.

Le tableau ci-après, décrit ces opérations ainsi que les paramètres qui les régissent.

Tableau II.1 : Les opérations et les paramètres qui régissent sur la désintégration d'émulsion.

Opération	Réalisation	Paramètres actifs
Apport de l'eau douce	Formation d'une émulsion de brut salé et d'eau douce au niveau de la vanne de mélange.	- Quantité d'eau - Réglage de la vanne de mélange
Dissolution des cristaux de sel présents dans le brut par l'eau douce ajoutée	Lors du séjour dans le dessaleur	- Turbulence (vanne de mélange) - Temps de séjour - Présence d'agent Mouillant
Coalescence des gouttes d'eau douce introduite et d'eau salée présentes dans le brut	Le champ électrique créé par l'électrode haute tension du dessaleur développe des forces entre gouttes dipôles qui facilitent la coalescence	- Valeur du champ électrique - Quantité d'eau et qualité de l'émulsifiant - Temps de séjour - Agent de surface
Décantation des gouttes	Elle débute en même temps que la coalescence et a lieu dans tout le volume.	- Diamètre des gouttes - Différence de densité eau-brut - Viscosité du brut - Température (action sur la viscosité) - Temps de séjour

II.3 Dessalage électrostatique

II.3.1 Généralités

Après les séparateurs, le brut contient des sels dissous dans l'eau accompagnant le brut mais aussi éventuellement et simultanément sous forme de cristaux plus ou moins protégés de l'eau par une enveloppe de brut. L'eau est d'ailleurs sous forme d'une émulsion stable.

Le dessaleur électrostatique contribue d'une manière efficace à détruire cette émulsion. Pour cela, on crée une nouvelle émulsion d'environ 3 à 5% d'eau moins salée que l'eau de gisement, cette eau peut être de l'eau douce en cas de disponibilité (en pratique, on ne peut pas utiliser de l'eau dont la salinité est supérieure à 50 mg/L).

Cette nouvelle émulsion ainsi créée est détruite dans le dessaleur, l'eau salée résiduelle du brut traité présente une salinité plus faible que celle de départ. Pour une même teneur finale en eau, on a donc réduit la salinité du brut.

II.3.2 Mécanisme du dessalage électrostatique

Pour éliminer toutes les impuretés que nous venons d'évoquer, on lave le brut à l'eau et on sépare l'eau de lavage par dessalage électrostatique

Le dessalage du brut comporte trois étapes successives [7] :

- La diffusion des sels du brut dans l'eau (lavage) ;
- La coalescence des gouttelettes d'eau (par électrocoalescence) ;
- La décantation (par gravité).

II.3.2.1 Diffusion des sels dans l'eau de lavage

L'eau de lavage sert à dissoudre les cristaux de sels contenus dans le brut. Le contact eau/brut, doit être intime. Le mélange eau/brut s'effectuera à travers une vanne de mélange placée à l'entrée du dessaleur, son réglage sera effectué de telle manière que l'émulsion soit aussi fine que possible sans pour autant nuire à la décantation au cours du stade ultérieur [7].

II.3.2.2 Coalescence des gouttelettes d'eau

L'émulsion stable eau/brut est fortement stabilisée par les molécules polaires telles que les asphaltènes et des solides finement divisés.

Ces agents stabilisent l'émulsion, d'où la nécessité d'utiliser certains désémulsifiants. La difficulté de la coalescence sera donc fonction de la quantité d'émulsifiant naturel contenu dans le brut et aussi de la présence des solides finement divisés [7].

Deux mécanismes provoquent la coalescence :

- Les forces d'attraction des gouttelettes entre elles dues à la polarité des molécules d'eau qui tendent à s'orienter ;
- L'agitation créée par le champ électrique.

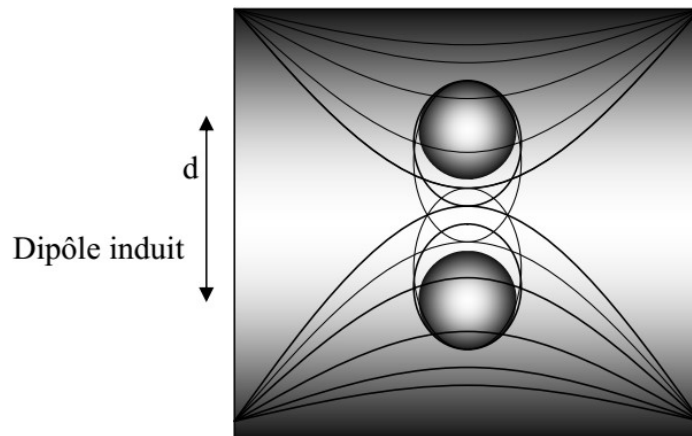


Figure II.2 : la coalescence

La force d'attraction entre les gouttelettes est donnée par la formule suivante :

$$F = K \times E^2 \times r^2 \times \left(\frac{r}{d}\right)^4$$

Où :

- r : Rayon de la gouttelette(m) ;
- d : Distance entre les centres des gouttelettes(m) ;
- E : Gradient de tension ;
- K : Constante.

Pour augmenter la force d'attraction, on a donc intérêt à augmenter le champ électrique E .

La coalescence dépend aussi du taux d'injection d'eau de lavage, ainsi, la vitesse de coalescence est donnée par la formule suivante :

$$V_c = K \frac{X^{4/3}}{\mu}$$

Où :

- V_c : vitesse de coalescence ;
- X : taux d'eau de lavage ;
- μ : viscosité dynamique du brut.

On peut conclure que la coalescence dépend :

- du champ électrique ;
- du taux d'injection d'eau de lavage ;
- de la température de dessalage.

II.3.2.3 Décantation

La décantation est régie par la loi de STOKES [12] :

$$V_d = \frac{2}{9} \times \frac{r^2 \times (\rho_1 - \rho_2) \times g}{\mu_2} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Où :

- V_d : Vitesse de décantation (m/s) ;
- r : Rayon de la goutte d'eau (m) ;
- ρ_1 : Masse volumique de la phase dispersée (eau) (Kg/m³) ;
- ρ_2 : Masse volumique de la phase continue (brut) (Kg/m³) ;
- g : Accélération de la pesanteur (9,81 m/s²) ;
- μ_2 : Viscosité dynamique de la phase continue (Pa .s).

On a donc intérêt pour améliorer la décantation :

- A augmenter la taille des gouttelettes d'eau (par augmentation de la quantité d'eau injectée et utilisation de désémulsifiants) ;
- D'opérer à la température la plus élevée possible pour diminuer la viscosité de la phase continue [1].

D'une manière pratique, les dessaleurs sont calculés pour une viscosité de deux centipoises et pour un temps de décantation apparent de 20 à 30 minutes.

Nous pouvons donc résumer l'opération de dessalage par les schémas dans la figure II.3.

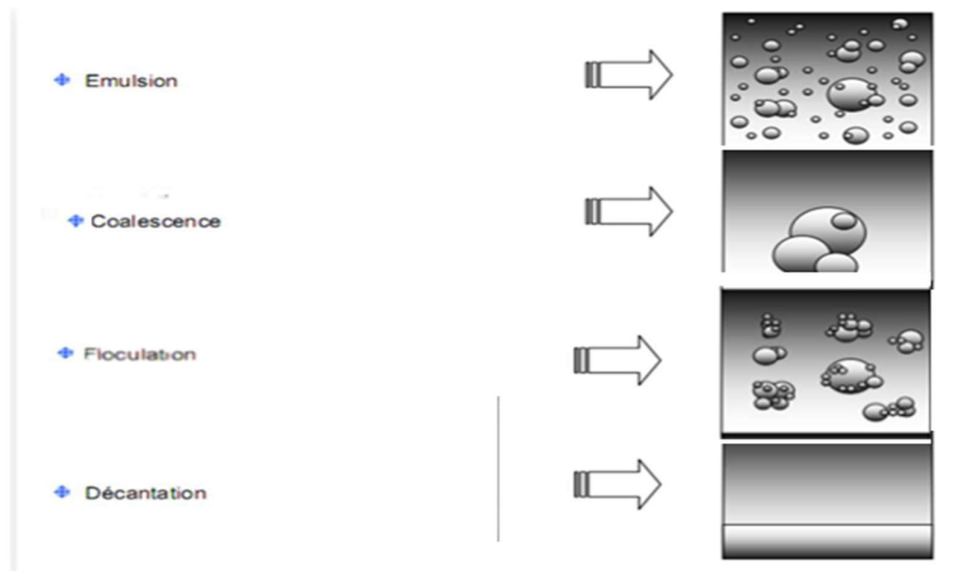


Figure II.3 : Principe de dessalage [4].

II.3.3 Paramètres de réglage d'un dessaleur électrostatique

Les paramètres de réglage d'un dessaleur en plus des paramètres de conception utilisés par les constructeurs pour dimensionner le matériel sont :

- Température de dessalage ;
- Niveau d'interface eau-brut ;
- Taux d'eau de lavage ;
- La pression de service ;
- Perte de charge (ΔP) au niveau de la vanne de mélange ;
- Influence du champ électrique ;
- Point d'injection de l'eau de lavage ;
- Nature de l'eau de lavage ;
- Temps de séjour ;
- Nature et taux de désémulsifiant.

II.3.3 .1 Température

La température est le paramètre le plus important dans le procédé de dessalage, elle intervient dans la vitesse de coalescence par l'intermédiaire de la viscosité qui est très sensible

à ce paramètre, l'augmentation de la température a pour conséquence de baisser la viscosité du brut dans le dessaleur. Elle est généralement comprise entre 100 et 150 °C.

Ainsi que le critère de décantation $\frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu_2}$ est une fonction croissante de la température.

Les courbes (II.4) et (II.5) donnent les variations de la viscosité et de la densité du brut en fonction de la température.

La courbe (II.6) donne la variation du facteur caractérisant la vitesse de décantation en fonction de la température.

D'après les courbes (II.4), (II.5), (II.6), on s'aperçoit que l'augmentation de la température augmente la décantation, mais, cependant, on est limité par la conductivité du brut qui est elle aussi, favorable par l'augmentation de la température, et qui peut causer un court-circuit des électrodes.

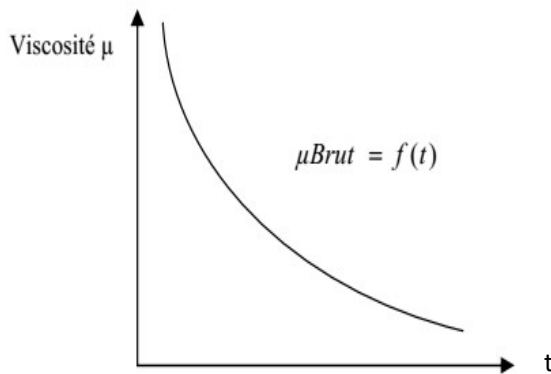


Figure II.4 : Variation de la viscosité de brut En fonction de la température

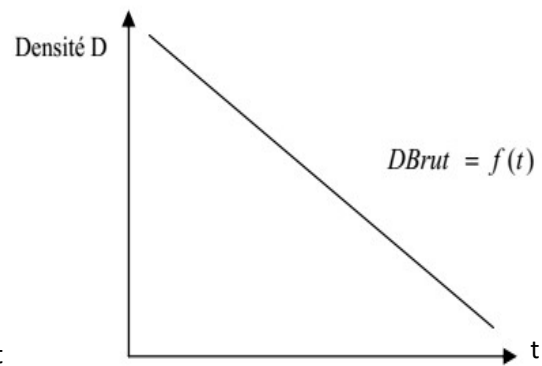
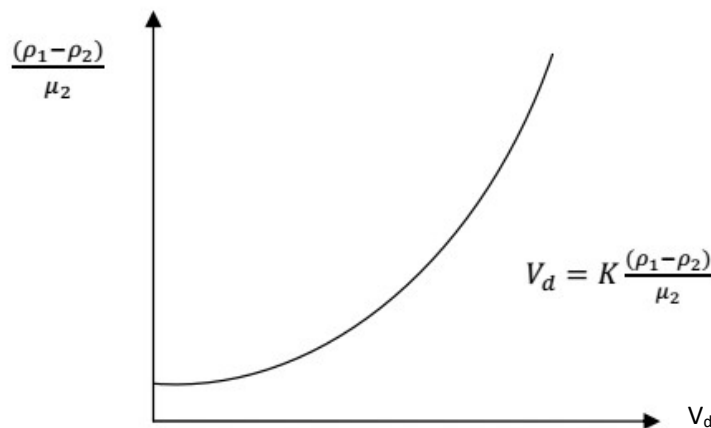


Figure II.5 : Variation de la densité de brut En fonction de la température



Courbe II.6 : Variation du facteur caractérisant la vitesse de décantation En fonction de la température

II.3.3 .2 Niveau d'interface eau-brut

Le niveau d'eau décantée représente en fait une électrode ou potentiel zéro du champ primaire définit avec l'électrode la plus basse de l'installation. Toute variation significative du niveau d'eau modifie le champ primaire et perturbe la coalescence électrique. Il y a donc intérêt à maintenir ce niveau constant, selon les recommandations du constructeur.

II.3.3 .3 Taux d'eau de lavage

L'eau de lavage sert à mouiller les cristaux de sels et à les dissoudre, la force d'attraction entre les gouttelettes est très influencée par le taux de lavage. Il est généralement entre 2 et 8 % en volume par rapport à la quantité de brut traité.

En jouant sur le rapport $\frac{a}{d}$ de la formule :

$$F = K E^2 \cdot \frac{a^6}{d^4}$$

Où :

- a : rayon des gouttelettes ;
- d : distance entre les centres des gouttelettes ;
- E : champ électrique.

En diminuant le taux de lavage, F diminue donc le taux d'injection d'eau à une grande influence sur la force d'attraction entre les gouttelettes donc sur la vitesse de coalescence (coalescence difficile).

Un taux d'eau de lavage variable en fonction de la nature du brut et de la température de dessalage.

L'injection de l'eau de lavage est limitée, car un taux trop élevé peut provoquer :

- Une augmentation du niveau d'eau dans le dessaleur d'où risque de déclenchement ;
- Entraînement d'eau avec le brut dessalé ;
- Moussage qui gêne l'opération de dessalage.

II.3.3 .4 La pression de service

La pression n'a pas une influence sur la salinité du brut, mais elle peut influencer la marche du dessaleur.

La pression dans le dessaleur doit être maintenue à une valeur suffisante de façon à empêcher la vaporisation du brut.

En cas de chute de pression, les vapeurs d'hydrocarbures seront saturées en eau, donc plus conductrices que le brut. Cela provoquerait une consommation excessive de puissance électrique. La puissance supplémentaire sera convertie en chaleur qui chauffera davantage le brut, et la vaporisation provoquera le déclenchement des électrodes.

II.3.3 .5 Perte de charge (ΔP) au niveau de la vanne de mélange

La perte de charge au niveau de la vanne mélangeuse mesure le degré de mélange entre le brut et l'eau de lavage. Elle permet à l'eau d'arriver aux cristaux et de les dissoudre, en créant un mélange intime entre l'eau et le brut.

La valeur de cette perte de charge (ΔP) est déterminée expérimentalement pour chaque brut. Elle dépend généralement de la qualité du brut (lourd ou léger), une augmentation de la perte de charge a tendance à former une dispersion très fine, donc les émulsions difficiles à détruire.

A l'inverse, une perte de charge trop faible conduit à un lavage incomplet, d'une manière pratique, elle varie entre 0,2 et 2 bars, selon la nature du brut traité.

Sur la courbe (II.7) qui donne la salinité de sortie en fonction de la (ΔP), on constate qu'après une certaine valeur de la ΔP , la salinité augmente. Cette augmentation s'explique par le fait que l'augmentation de la ΔP provoque la formation d'une émulsion très stable qui est difficile à briser.

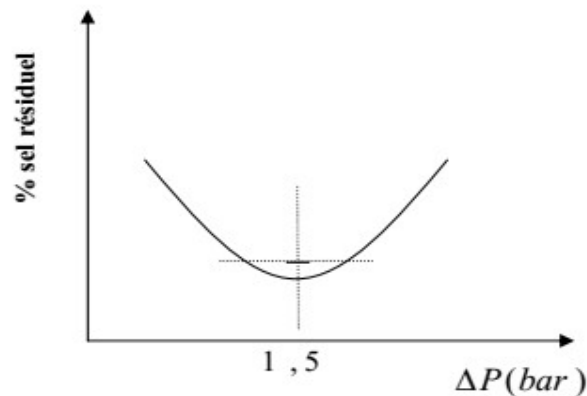


Figure II.7 : Salinité de sortie en fonction de la perte de charge ΔP

II.3.3 .6 Influence du champ électrique

Les gouttelettes d'eau sont influencées par le champ électrique, elles subissent une force d'attraction suivant la loi de coalescence :

$$F = K E_o^2 \cdot \frac{a^6}{d^4}$$

Les gouttelettes d'eau dans le champ électrique se transforment en dipôle induit.

Les gouttelettes d'eau placées dans un champ alternatif de basse fréquence, les moments dipolaires suivront instantanément les variations du champ E_o et la force F variera simultanément sans changer de sens, pour augmenter F , on a donc intérêt à augmenter le champ électrique, mais sans pour cela atteindre des tensions critiques au-dessus des quelles on risque de déformer les gouttelettes au point qu'elles se divisent encore plus et provoquent le déclenchement du dessaleur.

Chaque gouttelette à son entrée dans le champ électrique se met à vibrer à la fréquence du courant électrique alternatif. Ceci provoque une collision de gouttelettes qui forment à leur tour de grosses gouttes d'eau par la fusion de plusieurs plus petites. Les grosses gouttes ainsi formées constituent une masse suffisante pour traverser le brut et se décanter au fond du réservoir.

II.3.3 .7 Point d'injection de l'eau de lavage

Si l'eau de lavage est peu agressive, on a intérêt à injecter tout en partie de cette eau au refoulement de la pompe de charge et avant les échangeurs de préchauffe (il s'agit ici des échangeurs situés en amont du dessaleur et destiné à préchauffer le brut). Cette possibilité devient impérative si le dessalage se fait à température élevée (risques importants de dépôts dans les échangeurs de préchauffe du brut, en amont du dessaleur).

Une pratique courante consiste à injecter l'eau de lavage pour partie au refoulement de la pompe de charge, pour partie à la vanne de mélange.

II.3.3 .8 Nature de l'eau de lavage

L'eau dense peut être utilisée en appoint. Mais comme elle est fortement oxygénée, il est bon de l'employer après mélange avec l'eau de procédés.

L'eau de mer n'est pas saturée en sels et pourrait donc théoriquement constituer une eau de lavage correcte, mais les risques de corrosion sont trop grands pour qu'on puisse en conseiller délibérément l'emploi.

II.3.3.9 Temps de séjour

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

$$T_s = V / Q \text{ (s)}$$

Où :

- T_s : temps de séjour ou temps de rétention ;
- V : volume de la capacité (m^3) ;
- Q : débit volumique de la charge ;
- $Q = Q_{\text{brut}} + Q_{\text{eau}}$.

Le temps de séjour joue un grand rôle dans le dessalage, il influe directement sur la coalescence et surtout sur la décantation.

II.3.3.10 Influence des désémulsifiants

L'émulsion a une grande stabilité du fait de la formation d'une couche protectrice autour de la gouttelette d'eau. Cette couche protectrice se compose des paraffines, des gommes, des asphaltènes, d'argile et du sable. Pour casser le film protecteur, on utilise des produits tensioactifs.

En règle générale, ils sont injectés en amont des séparateurs.

Le taux d'injection varie de 5 à 50 ppm suivant la nature du brut à traiter.

Les performances demandées à un désémulsifiant sont doubles :

- Améliorer la qualité de la séparation côté huile ;
- Améliorer la qualité de la séparation côté eau.

Les désémulsifiants rencontrés sur le marché sous diverses marques agissent sur les agents émulsifiants par neutralisation.

Quatre actions essentielles sont requises pour un désémulsifiant :

- Forte attraction par l'interface eau/huile ;
- Floculation ;
- Coalescence ;
- Mouillage des solides.

La présence de ces quatre actions provoque la séparation de l'eau et de l'huile. Le désémulsifiant doit être capable de migrer rapidement à travers l'huile vers l'interface huile/eau où il doit combattre l'agent émulsifiant qui se trouve plus concentré.

Si l'agent émulsifiant est faible, les forces de floculation peuvent être suffisantes pour entraîner la coalescence, ce qui n'est pas toujours le cas, le cas échéant, le désémulsifiant doit alors neutraliser l'agent émulsifiant et déchirer le film interfacial des gouttelettes d'eau, ce qui va causer la coalescence.

Le type d'action de neutralisation du désémulsifiant dépend de la nature de l'émulsifiant par exemple, les paraffines et les asphaltènes peuvent être dissous ou altérés, réduisant ainsi la viscosité de leur film et changeant leur mouillabilité et leur dispersion dans l'huile, il est rare qu'un seul composé chimique puisse produire à lui seul ces actions, un mélange de plusieurs composés est alors utilisé afin de permettre une action équilibrée.

On distingue les désémulsifiants ioniques et non ioniques :

a. Désémulsifiants ioniques

Les caractéristiques des tensionactifs sont données par l'ion organique qui est le plus important en volume, on distingue trois sous-groupes :

a.1.Produits anioniques

Ils possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels ne pouvant s'ioniser en solution qu'en fournissant un ion organique chargé négativement, et un ion métallique chargé positivement responsable de la solubilité.

- La partie hydrophile est constituée généralement par les sulfates et sulfonates, et la partie lipophile par des hydrocarbures (sulfate de pétrole, les résines sulfonées...etc.).

a.2 Produits cationiques

En s'ionisant, ils donnent un ion organique chargé positivement et un ion négatif, généralement minéral responsable de la solubilité. Parmi ces produits, on peut citer :

- Les amines grasses et leurs sels, les amines substituées...

a.3 Produits ampholytes

Ils possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels s'ionisant en solution aqueuse en donnant au produit un caractère anionique ou cationique suivant le milieu.

b. Désémulsifiants non ioniques

Ils ne donnent pas naissance à des ions dans la solution aqueuse. Ces produits résultant souvent d'une fixation d'un groupement hydrophile (chaîne polyglycolique) sur une molécule organique (lipophile), ce sont les récepteurs de l'émulsion eau/brut les plus utilisées, ils sont très efficaces quelque soit la nature de la couche stabilisatrice, ils dispersent les micros particules solubles en modifiant les paramètres YWO, YSW et YSO.

Où :

- YWO : tension interfaciale eau-huile
- YSW : tension interfaciale eau-solide
- YSO : tension interfaciale solide-huile.

Chapitre III
Partie pratique

Chapitre III : Partie pratique

III.1 Types de dessaleur

IL existe trois types de dessaleur :

- les dessaleurs sphériques ;
- les dessaleurs verticaux ;
- les dessaleurs horizontaux.

Les installations de dessalage comportent généralement deux étages. Dans le premier étage 75 à 80% d'eau massique est éliminée et 95 à 98% de sel est aussi éliminé.

Dans le deuxième étage 60 à 65% d'eau restante ainsi que 98% de sel restant sont éliminés.

Le nombre d'étages dépend du volume et de la qualité du brut. C'est-à-dire la teneur en eau, la teneur en sels et la résistance en émulsion ainsi que le type et la productivité de l'appareil.

Dans les installations modernes, on utilise les dessaleurs cylindriques horizontaux qui ont comme avantages :

- Grande surface des électrodes ainsi que de productivité spécifique ;
- La vitesse du pétrole en mouvement vertical est faible (meilleure décantation de l'eau) ;
- Possibilité de procéder à haute pression et à haute température.

III.2 Description du dessaleur électrostatique (FA2609A) du CINA

Le dessaleur (FA2609 A) du centre nord de Hassi-Messaoud a les caractéristiques principales suivantes :

- Diamètre intérieur : 3,048 m ;
- Fond : hémisphérique ;
- Pression de calcul : 30,73 bar ;
- Température de calcul : 177 °C ;

- Surépaisseur de corrosion : 6mm ;
- Matière : acier au carbone.

III.2 .1 Tuyauterie intérieure

L'unité de dessalage est équipée à l'intérieur de plusieurs ensembles de tuyauteries. Chacune a sa propre fonction dans le procédé de dessalage.

➤ Tuyauterie d'entrée et de distribution de l'émulsion

C'est un collecteur horizontal disposé à la partie supérieure du ballon ; il est raccordé à quatre distributeurs de l'émulsion.

➤ Tuyauterie de sortie du brut dessalé

C'est un collecteur disposé à la partie supérieure du ballon parallèlement au collecteur d'entrée. Ce collecteur est raccordé à la tubulure de sortie du brut dessalé.

➤ Tuyauterie d'écoulement d'eau

Cette tuyauterie est constituée par un collecteur fixé à la partie inférieure du réservoir, la fonction de la tuyauterie est d'évacuer l'eau accumulée au fond du réservoir à la suite de la séparation de l'émulsion stable par le champ électrique.

III.2.2 Electrodes

Les électrodes constituant le cœur de l'unité de dessalage, ont été spécialement conçues pour obtenir un rendement maximal de fonctionnement.

III.2.3 Ensemble transformateur-réactance

L'ensemble transformateur-réactance est du type immergé dans l'huile, contenu dans une cuve, la réactance est montée en série sur le circuit primaire.

III.2.4 Ensemble de l'alimentation électrique haute-tension

La sortie de haute tension du circuit secondaire de chaque ensemble transformateur-réactance est reliée aux électrodes à l'intérieur du ballon par l'ensemble d'alimentation haute-tension.

III.2.5 Tableau électrique et liaison électrique

L'unité de dessalage de Hassi-Messaoud est prévue avec un tableau électrique local antidéflagrant qui est alimenté par le circuit triphasé du centre nord de Hassi-Messaoud.

Ce tableau comprend :

- Les presse-étoupes et bornes d'arrivée de l'alimentation électrique ;
 - Les presse-étoupes et bornes de départ des liaisons entre le tableau et les ensembles transformateur-réactance ;
 - Les presse-étoupes et bornes de connexion avec l'interrupteur de niveau bas ;
 - Le bouton de marche-arrêt relié au disjoncteur ;
 - Les lampes de signalisation ;
 - Les voltmètres ;
 - Les ampèremètres.
- } un pour chaque transformateur-réactance.

Remarque

Le dessaleur FA2609 A est équipé de trois transformateurs ayant les caractéristiques suivantes :

- Marque BARDON France ;
- Puissance 75 KW ;
- Alimentation 380 V ;
- Secondaire 15 000 / 18 000 V.

III.2.6 Instrumentation

Les trois instruments nécessaires au fonctionnement de dessaleur sont :

- ✓ Vanne de mélange ;
- ✓ Régulateur de niveau d'interface ;
- ✓ La vanne automatique de l'eau d'écoulement.

➤ **Vanne de mélange (PIC 2619)**

Cette vanne a pour rôle d'améliorer le contact entre les cristaux de sels et l'eau de lavage. La commande de cette vanne est en général pneumatique grâce à un régulateur monté sur la vanne elle-même.

➤ **Régulateur de niveau interface**

Ce régulateur est utilisé pour commander la vanne pneumatique de l'eau d'écoulement.

➤ **Vanne pneumatique de l'eau d'écoulement**

La manœuvre de la vanne est effectuée automatiquement grâce à un régulateur de niveau interface. Pour une augmentation de niveau interface, la vanne s'ouvre ; pour une diminution de niveau, la vanne se ferme.

III.2.7 Les accessoires et équipements de protection

Le dessaleur comprend :

- Un thermomètre qui indique la température et un niveau à glace ;
- Une soupape de sécurité tarée à une pression de 30 bars ;
- Une mise à la terre en cas d'excès du courant dans le transformateur ;
- Interrupteur flottant au sommet du ballon ;
- Prise d'échantillon : Des prises d'échantillon sont réparties sur toute la hauteur du dessaleur pour s'assurer du bon fonctionnement de l'équipement [10].

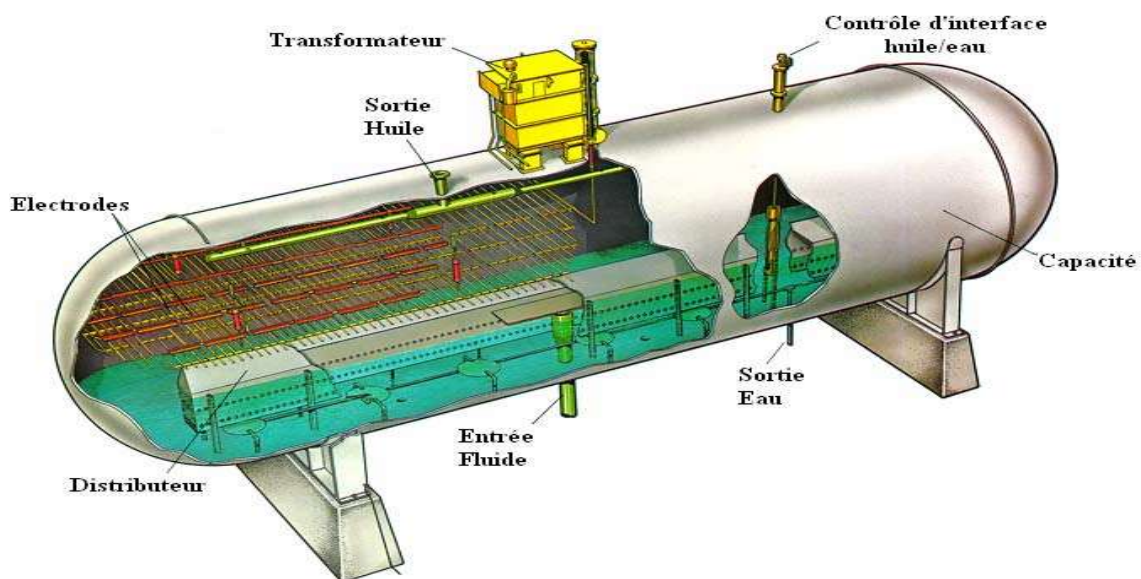


Figure III.1 : Dessaleur électrostatique [5]

III.3 Description de la section dessalage

Le brut issu des séparateurs de 2^{ème} étage est collecté sous pression dans la ligne d'alimentation 30", puis envoyé en tête de la colonne de stripping DA2601, l'huile stabilisée est recueillie dans le compartiment central, quant au gaz, il sort au sommet de la colonne pour être envoyé vers l'unité de compression 3^{ème} et 4^{ème} étage (voir l'annexe B).

Le pétrole brut provenant de la colonne de stripping DA2601 côté central, refoulé par la pompe de charge GA2602 est envoyé vers les dessaleurs FA2609 A/B afin de réduire sa teneur en sels et celle en eau, la pression de brut à l'entrée de dessaleur diminue de 0,5 à 1 bar environ, par l'intermédiaire de la vanne spéciale de mélange (eau + produit désémulsifiant « PROCHINOR ») pour assurer :

- Le passage des sels de brut vers l'eau ajoutée ;
- La détérioration de la couche protectrice des petites gouttelettes d'eau (à l'aide de désémulsifiant).

L'introduction de ce mélange se fait avant le passage du brut à travers la vanne de mélange et cela pour assurer le mélange intime entre le brut et le mélange (eau + désémulsifiant) dans la vanne mélangeuse.

Dans le dessaleur, il y a un champ électrique qui provoque la polarisation des gouttelettes d'eau qui s'orientent entre les électrodes en formant des grosses gouttes qui se déposent facilement au fond du dessaleur, cette eau ensuite purgée, est envoyée vers le séparateur d'eau huileuse (Unité de déshuilage) puis jetée vers le borbier.

Quant au brut dessalé, il sort au sommet du dessaleur, ensuite, il passe à travers les tubes de la batterie d'échangeurs de chaleur EA2602 pour améliorer sa température jusqu'à la température d'entrée du four BA2601, le brut est partiellement vaporisé dans le four dont la température de sortie est de 80 à 95 °C.

Le brut, une fois chauffé, est envoyé vers la colonne de stripping (côté périphérique), afin d'assurer le rebouillage de la charge alimentant cette colonne le brut stable sortant de la colonne refoulé par la pompe de charge GA2601, passe à travers les calandres de la batterie d'échangeurs de chaleur EA 2602 dans le but de récupérer une quantité de chaleur qui sert à chauffer la charge du four BA2601, ensuite, il est envoyé vers la section d'absorption.

Présentation du problème

La récupération de l'huile s'accompagne sur certains puits d'une production d'eau salée due à la présence des sels cristallisés en suspension avec les particules du brut.

Lors de la production, tout changement de pression ou de température provoque des dépôts de sels qui réduisent le débit en bouchant le tubing, provoquant aussi la corrosion au niveau des équipements (échangeurs et colonnes).

Le dessaleur électrostatique va éliminer le maximum des sels et d'eau du brut pour le rendre conforme aux normes commerciales (salinité et BSW).

Dans ce travail, on procède à :

- Réaliser des analyses au niveau du laboratoire ;
- Collecter des données ;
- Comparer entre les paramètres de marche du design et les paramètres de marche réelles ;
- Etudier l'influence de la température ambiante sur l'efficacité du dessaleur ;
- Etudier l'influence du taux d'eau de lavage sur l'efficacité du dessaleur ;
- Calculer et vérifier les caractéristiques du dessaleur à étudier ;
- Choisir les paramètres convenables pour un bon dessalage ;
- Donner des recommandations pour un meilleur dessalage.

III.4 Réalisation des analyses au niveau du laboratoire

III.4.1 Salinité du brut

La méthode consiste à extraire les sels contenus dans le brut et le dosage des chlorures par la méthode de MOHR.

- **Mode opératoire**

On prélève un échantillon de 100ml du pétrole brut auquel on ajoute 100ml d'eau distillée contenant quelques ppm de désémulsifiant (prochinor-chimec) et on agite pendant 30mn. Puis laisser décanter pendant 45minutes. On prélève 20ml de la phase aqueuse dans un bécher et on ajoute quelques gouttes de chromate de potassium (K_2CrO_4) et on titre avec une solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) de normalité 0.1N, jusqu'à l'obtention d'une Couleur rouge brique.

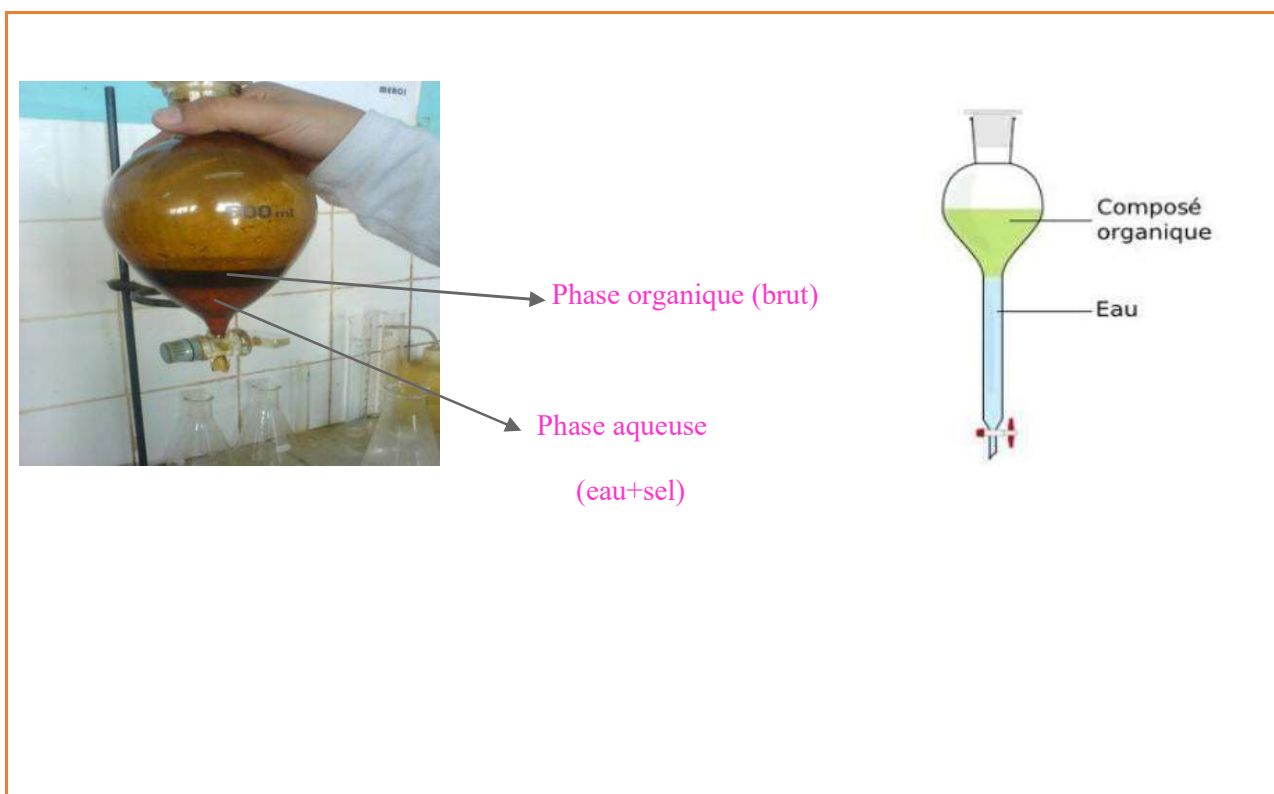


Figure III.2 : Dissociation du sel dans le brut.

- **Titrage**



Figure III.3 : Indicateur K_2CrO_4



Figure III.4 : Le titrage de l'eau extraite

- **L'expression des résultats**

La salinité est exprimée en mg de NaCl par litre de brut

$$[NaCl]_{(ppm)} = (N_{(AgNO_3)} * M_{(NaCl)} * V_{eq(AgNO_3)} * 1000) / 20 - X$$

- $N_{(AgNO_3)}$: Normalité d' $AgNO_3$ (0,1N) ;
- $M_{(NaCl)}$: La masse molaire de NaCl (58.45 g/mol) ;
- $V_{eq(AgNO_3)}$: Volume de $AgNO_3$ à l'équilibre (ml) ;
- X : Salinité d'eau distillée (mg/L).

III.4.2 Densité

La densité est souvent donnée dans les documents techniques, c'est le rapport de la masse d'un certain volume de cette huile à une température donnée (généralement 15 ou 20°C) à celle du même volume d'eau à 4°C. Elle est désignée par d_4^{15} sans dimension.

- **Mode opératoire**

Pour mesurer la densité du brut on remplit une éprouvette de l'échantillon dans laquelle on plonge un densimètre et un thermomètre puis on lit la valeur de la densité et de la température, pour cette analyse on utilise deux densimètres ; l'un pour les huiles légères (0,750-0,800) et l'autre pour les huiles lourdes (0,800-0,850), la lecture de la densité est déterminée après stabilisation de l'aréomètre puis on corrige la densité à 15°C.



Figure III.5: Densimètre (aréomètre +thermomètre)

III.4.3 Viscosité

- **Principe**

C'est la détermination du temps mis par un volume déterminé de prise d'essai contenu dans un réservoir d'un viscosimètre en verre pour s'écouler par un capillaire calibré sous une charge liquide exactement reproductible à une température contrôlée.

$$\text{Viscosité} = \text{constante du viscosimètre} \times \text{temps d'écoulement}$$



Figure III.6: Hydromètres de pétrole

- **Mode opératoire**

- Remplir le réservoir D d'un Cannon Fenske opaque jusqu'au trait G en inversant le cannon et en immergent le tube N dans l'échantillon et en aspirant à l'aide d'une poire par le tube L ;
- Enlever la poire puis boucher le Cannon du côté du tube L ;
- Placer le Cannon dans un support puis le plonger verticalement dans un bain à température constante ;
- Attendre 10min que l'échantillon prend la température du bain d'eau à 40°C et 15min pour le bain d'huile à 100°C ;
- Retirer le bouchon de caoutchouc et attendre que le liquide remplît la première ampoule A ;
- Une fois que le liquide atteint le trait E, commencer la mesure du temps du remplissage de l'ampoule C jusqu'au trait F puis le temps du remplissage de la deuxième ampoule J jusqu'au trait I ;
- Calculer la viscosité cinématique.



Figure III.7 : Mesure de la viscosité cinématique

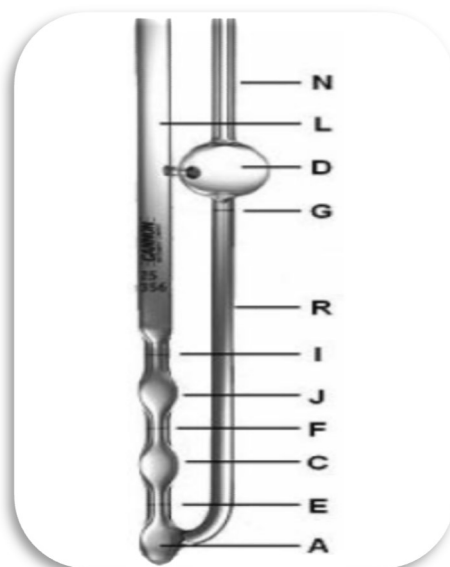


Figure III.8: Viscosimètre cannon Fenske opaque

III.5 Collecte des données

Nous avons suivi, pendant 10 jours, les paramètres suivants :

- La salinité à l'entrée et à la sortie du dessaleur FA2609A ;
- L'efficacité du dessaleur ($E\% = (S_e - S_s) / S_e$) ; S_e : Salinité d'entrée - S_s : Salinité de sortie
- La densité du pétrole brut ;
- Le débit d'alimentation en brut ;
- Le taux d'eau de lavage ;
- La quantité de désémulsifiant (PROCHINOR) ;
- La température de service ;
- La pression de service.

Nous avons calculé la moyenne des valeurs de chaque paramètre pour s'en servir dans le calcul du dessaleur, ainsi que l'efficacité de dessalage (Tableau III.1).

Tableau III.1 : Résultats des paramètres qui influent sur l'efficacité de Dessaleur FA2609A pendant 10 jours

Jour	S_e (mg/L)	S_s (mg/L)	E (%)	Densité	Débit d'alimentation (m ³ /h)	Taux d'eau de lavage (%)	Quantité de désémulsifiant (L/h)	T (°C)	P (bar)
1	818	292	64	0,7979	426	2,1	3,1	54	15
2	1463	176	88	0,7967	426	2,1	2,98	55	15
3	1520	263	85	0,7961	426	2,1	3	54	15
4	3127	321	90	0,7965	426	2,1	2,9	52	15
5	2747	205	93	0,7963	426	2,1	2,94	50	15
6	1549	175	89	0,7966	426	2,1	2,9	50	15
7	1520	321	79	0,7953	426	2,1	3	51	15
8	1520	234	85	0,7958	426	2,1	2,97	54	15
9	643	292	55	0,7962	426	2,1	3,2	55	15
10	409	263	36	0,7967	426	2,1	2,9	52	15
Moyenne	1531,6	254,2	83	0,7964	426	2,1	2,99	53	15

D'après les résultats des calculs et des analyses de laboratoire, l'efficacité de dessaleur (83%) est faible.

III.6 Comparaison des paramètres du design et des paramètres actuels

L'unité de dessalage du centre industriel nord de Hassi-Messaaoud a été étudiée pour réduire la teneur en sels du brut jusqu'à 5% de celle de l'entrée du dessaleur. Mais, vu que les paramètres de marche sont différents de ceux prévus par le design, l'efficacité du dessaleur a diminué, ce qui fut confirmé par les données du tableau III.2.

Tableau III.2 : Comparaison des paramètres du design et les paramètres actuels

GRANDEURS	DESIGN	ACTUEL
1. Pétrole brut :	HMD	HMD
Type		
➤ Densité (g/cm ³)	0.800	0,7964
➤ Teneur en sel entrée (mg/L)	500	1531,6
➤ Teneur en sel sortie (mg/L)	25	254,2
➤ Débit d'alimentation (m ³ /h)	600	426
2. Eau process :		
➤ Taux d'eau de lavage (% vol)	4-6	2,1
➤ Quantité de désémulsifiant (L/h)	4	2.99
3. Dessaleur :		
➤ Pression de service (bar)	13	15
➤ Température de service (°C)	80-120	53
➤ Perte de charge maximale (bar)	2,5	1
➤ Efficacité (%)	95	83

Le tableau (III.2) montre que l'efficacité du dessaleur a diminué (de 95 à 83%), et cela est dû à la différence entre les paramètres de marche actuels et ceux du design, notamment, le taux d'eau de lavage, la quantité de désémulsifiant, et la température.

III.7 Influence de la température ambiante sur l'efficacité du dessaleur

Ci-après, un tableau (Tableau III.3) représentant la salinité à l'entrée et à la sortie du dessaleur, ainsi que l'efficacité du dessaleur dans deux mois successifs de juin et décembre (cas été et cas hivers)

Tableau III.3 : Comparaison entre le cas été et le cas hivers

Jour	Juin			Décembre		
	Se (mg/L)	Ss (mg/L)	Efficacité (%)	Se (mg/L)	Ss (mg/L)	Efficacité (%)
1	1193	117	90	1037	94	91
2	1299	187	86	614	117	81
3	1626	237	85	1022	205	80
4	1732	143	92	920	219	76
5	1615	234	86	614	380	38
6	2516	260	90	453	131	71
7	1498	205	86	672	161	76
8	1088	140	87	1344	219	84
9	1076	111	90	511	146	71
10	959	146	85	745	263	65
11	772	146	81	1417	234	83
12	1123	164	85	833	175	79
13	1287	208	84	1242	204	84
14	1088	202	81	803	146	82
15	1053	146	86	2662	351	87

16	971	155	84	1828	349	81
17	445	137	69	1784	877	51
18	768	157	80	2135	468	78
19	567	199	65	1667	410	75
20	527	111	79	3013	439	85
21	807	146	82	1082	234	78
22	760	152	80	1463	234	84
23	807	97	88	1463	322	78
24	1064	148	86	1199	205	83
25	646	152	76	1198	146	88
26	679	150	78	1461	438	70
27	584	134	77	730	204	72
28	948	167	82	672	204	70
29	874	186	79	1374	146	89
30	644	132	80	1374	205	85
moyenne	1033,9	162,3	84,30	1244,4	264,2	77,17

Commentaires

On remarque que l'efficacité du dessaleur en mois de juin (84,30%) est supérieure à celle en mois de décembre (77,17%), ce qui veut dire que le dessalage en été est mieux qu'en hiver, et cela implique que la température ambiante influe sur le dessalage (avec l'augmentation de la température l'efficacité du dessaleur augmente et l'inverse).

III.8 Influence du taux d'eau de lavage sur l'efficacité du dessaleur

Pour différentes valeurs de taux de lavage, on calcule la salinité du brut dessalé ainsi que l'efficacité du dessaleur, puis on trace les graphes S_s (mg/L) = f (X (%)) et E (%) = f (X (%)).

Sachons que :

$$S_s = \frac{S_e \times Y}{Y + X}$$

$$E\% = \frac{S_e - S_s}{S_e} \times 100$$

On a comme données :

- S_e : Salinité du brut à l'entrée du dessaleur (mg/L) ;
- S_s : Salinité du brut à la sortie du dessaleur (mg/L) ;
- X : Taux d'eau de lavage (%) ;
- Y : Est la teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur calculée au point (V.5.1) à la page suivante ;
- E : efficacité de dessaleur (%).

On a comme données :

S_e (mg/L)	Y (%)
1531,6	0,42

Après le calcul, on obtient les valeurs suivantes (tableau III.4)

Tableau III.4 : Variation de la salinité du brut dessalé et de l'efficacité du dessaleur en fonction du taux d'eau de lavage.

X (%)	S_s (mg/L)	E (%)
2	265,81	82,64
3	188,09	87,72
4	145,54	90,50
5	118,68	92,25
6	100,20	93,46
7	86,69	94,34

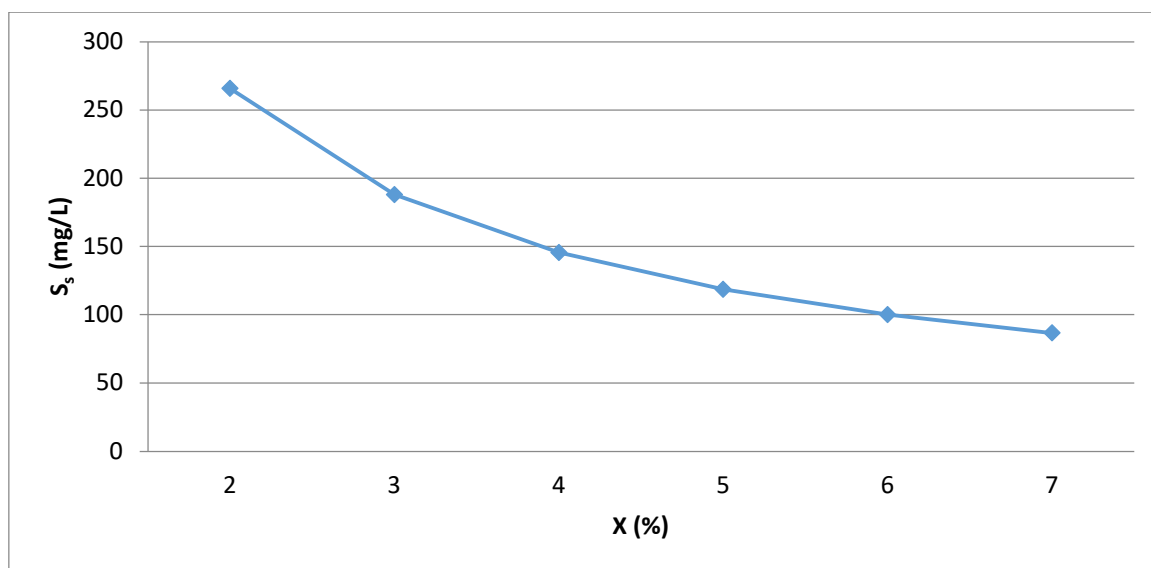


Figure III.9 : Evaluation de la salinité du brut dessalé en fonction du taux d'eau de lavage.

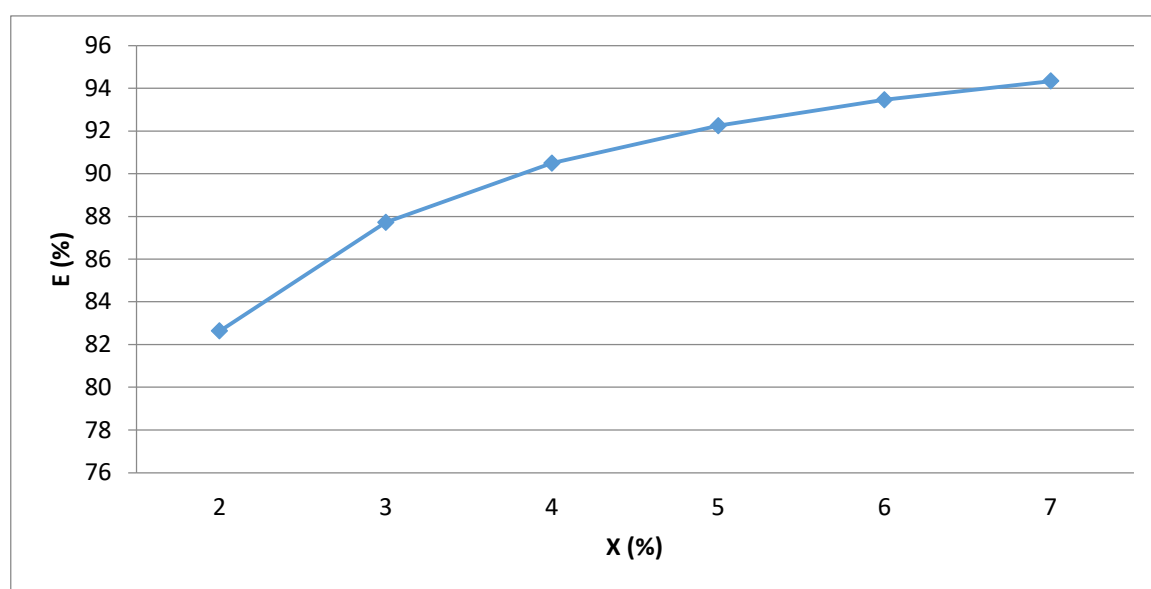


Figure III.10 : Evaluation de l'efficacité du dessaleur en fonction du taux d'eau de lavage.

Interprétation

D'après le tableau et les graphes tracés, on remarque que la salinité diminue avec l'augmentation du pourcentage d'eau de lavage, et l'efficacité du dessaleur augmente, c'est-

à-dire que l'augmentation de taux de lavage conduit à l'augmentation de l'efficacité du dessaleur du brut par la dilution de la quantité de sels émulsionnée dans le brut.

III.9 Calcul du dessaleur

III.9.1 Détermination de la teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur

La formule suivante relie les teneurs en sels dans le brut et la quantité d'eau injectée :

$$S_s (Y + X) = S_e \times Y$$

D'où :

$$Y = X \times \frac{S_s}{S_e - S_s}$$

- A.N :

S_e (mg/L)	S_s (mg/L)	X (%)
1531,6	254,2	2,1

$$Y = 2,1 \times \frac{254,2}{1531,6 - 254,2}$$

$$Y = 0,42\%$$

III.9.2 Bilan matière

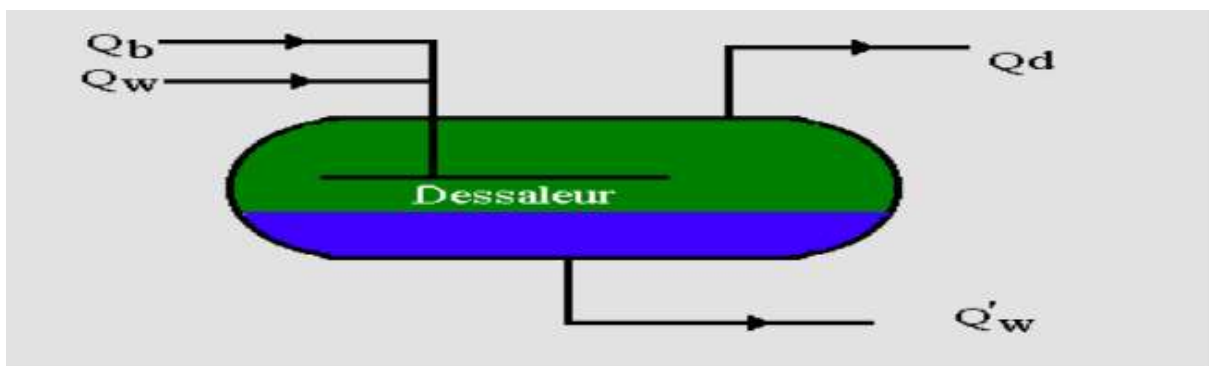


Figure III.11 : Le bilan de matière de dessalage

Le bilan de matière de dessalage est:

$$Q = Q_b + Q_w = Q_d + Q'_w$$

- Q : Quantité totale (m^3/h).
- Q_b : Quantité du brut à dessaler (m^3/h).
- Q_d : Quantité du brut dessalé (m^3/h).
- Q_w : Quantité d'eau de lavage (m^3/h).
- Q'_w : Quantité d'eau de purge (m^3/h).
- Q_{wb} : Quantité d'eau dans le brut à dessaler (m^3/h).
- Q_{wd} : Quantité d'eau dans le brut dessalé (m^3/h).
- X : Taux d'eau de lavage (%).

III.9.2.1 Quantité d'eau de lavage

On a : $X = \frac{Q_w}{Q_b}$

D'où : $Q_w = X \times Q_b$

- A.N :

$Q_b (\text{m}^3/\text{h})$	$X (\%)$
426	2,1

$$Q_w = 426 \times 0.021$$

$$Q_w = 8,95 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.9.2.2 Quantité d'eau dans le brut à dessaler

On a : $Y = \frac{Q_{wb}}{Q_b}$

D'où : $Q_{wb} = Y \times Q_b$

- A.N :

$Q_b (\text{m}^3/\text{h})$	$Y (\%)$
426	0,42

$$Q_{wb} = 0,0042 \times 426$$

$$Q_{wb} = 1,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.9.2.3 Quantité d'eau dans le brut dessalé

La quantité d'eau dans le brut dessalé doit être inférieure à 0,1%. Donc :

$$Q_{wd} = (Q_b - Q_{wb}) \times 0,001$$

- A.N :

$Q_b \text{ (m}^3/\text{h)}$	$Q_{wb} \text{ (m}^3/\text{h)}$
426	1,79

$$Q_{wd} = (426 - 1,79) \times 0,001$$

$$Q_{wd} = 0,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.9.2.4 Quantité de brut dessalé

On a: $Q_d = Q_b - Q_{wd}$

- A.N :

$Q_b \text{ (m}^3/\text{h)}$	$Q_{wd} \text{ (m}^3/\text{h)}$
426	0,42

$$Q_d = 426 - 0,42$$

$$Q_d = 425,58 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.9.2.5 Quantité d'eau de purge

On a: $Q'_w = Q_b + Q_w - Q_d$

- A.N :

$Q_b \text{ (m}^3/\text{h)}$	$Q_w \text{ (m}^3/\text{h)}$	$Q_d \text{ (m}^3/\text{h)}$
426	8,95	425,58

$$Q'_w = 426 + 8,95 - 425,58$$

$$Q'_w = 9,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

III.9.2.6 Quantité totale

On a: $Q = Q_b + Q_w = Q_d + Q'_w$

- A.N :

Q_b (m ³ /h)	Q_w (m ³ /h)
426	8,95

$$Q = 426 + 8,95 = 425,58 + 9,37$$

$$Q = 434,95 \text{ m}^3/\text{h}$$

Récapitulons

Q_w (m ³ /h)	Q_{wb} (m ³ /h)	Q_{wd} (m ³ /h)	Q'_w (m ³ /h)	Q_b (m ³ /h)	Q_d (m ³ /h)	Q (m ³ /h)
8,95	1,79	0,42	9,37	426	425,58	434,95

III.9.3 Calcul de la vitesse de décantation

La vitesse de décantation se calcule d'après la formule de STOKES :

$$V_d = \frac{2}{9} \times \frac{r^2 \times (\rho_e - \rho_b) \times g}{\mu_b}$$

- V_d : Vitesse de décantation (m/s) ;
- r : Rayon de la goutte d'eau (m) ;
- ρ_e : Masse volumique de la phase dispersée (eau) (Kg/m³) ;
- ρ_b : Masse volumique de la phase continue (brut) (Kg/m³) ;
- g : Accélération de la pesanteur (9.81 m/s²) ;
- μ_b : Viscosité dynamique de la phase continue (brut) (Pa.s).
-

III.9.3.1 Rayon de la goutte d'eau

Le tableau (IV.5) donne le diamètre de la particule d'eau en fonction de la teneur en eau.

Tableau III.5 : Diamètre de la goutte d'eau en fonction du taux d'eau de lavage

Taux d'eau de lavage (X%)	1	5	10	15	20
Diamètre de la goutte d'eau (10 ⁻⁵ m)	5	10	22	27	35

On trace la courbe de diamètre de la goutte d'eau en fonction du taux d'eau de lavage (Figure III.10)

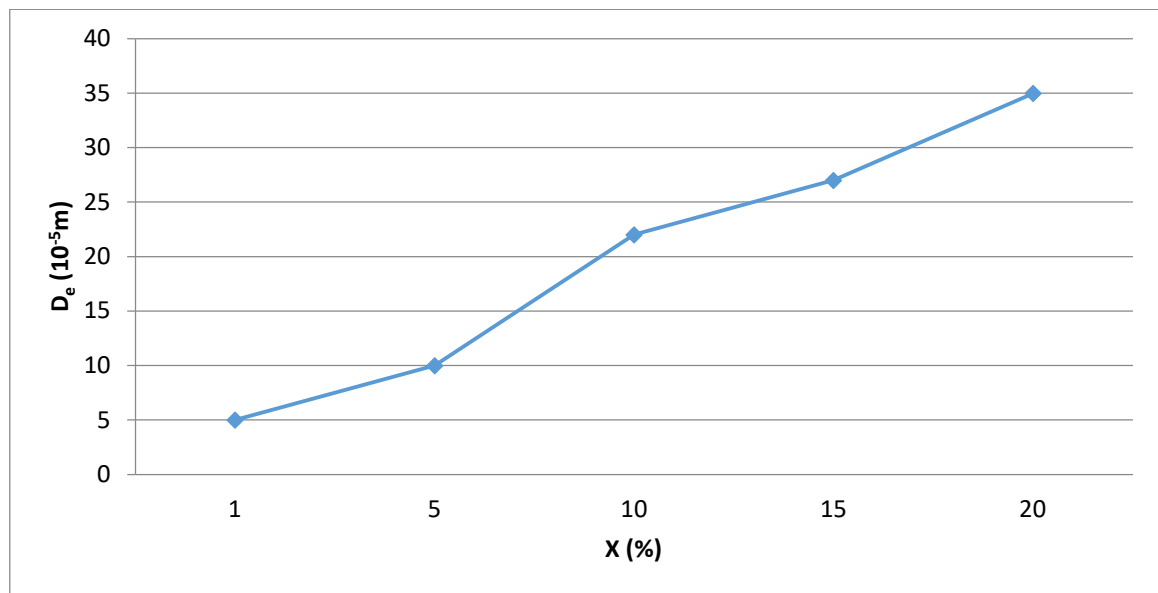


Figure III.12 : Diamètre de la goutte d'eau en fonction du taux d'eau de lavage

On a le taux d'eau de lavage est : $X=2,1\%$

D'après le graphe : $D_e = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

D'où : $r = 3,25 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

III.9.3.2 Masse volumique du brut à la température de dessalage (53°C)

La masse volumique à une température quelconque (T) est donnée par la formule [11] :

$$\rho_b(T) = \rho_b(20^\circ\text{C}) - \alpha \times (T - 20)$$

α : Coefficient caractérisant la variation de la masse volumique en fonction de la température.

$$\alpha = 0,001828 - 0,00132 \times \rho_b(20^\circ\text{C})$$

- A.N :

On a : $\rho_b(20^\circ\text{C}) = 0,7964 \text{ g/cm}^3$

$$\alpha = 0,001828 - 0,00132 \times 0,7964$$

$$\alpha = 0,0007767$$

$\rho_b(20^\circ\text{C}) \text{ (g/cm}^3\text{)}$	α	T (°C)
0,7964	0,0007767	53

La masse volumique du brut à la température de dessalage sera :

$$\rho_b(53^\circ\text{C}) = 0,7964 - 0,0007767 \times (53 - 20)$$

$$\rho_b(53^\circ\text{C}) = 0,7707 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_b = 770,70 \text{ kg/m}^3$$

On trace la courbe de Variation de la densité du brut en fonction de la température.

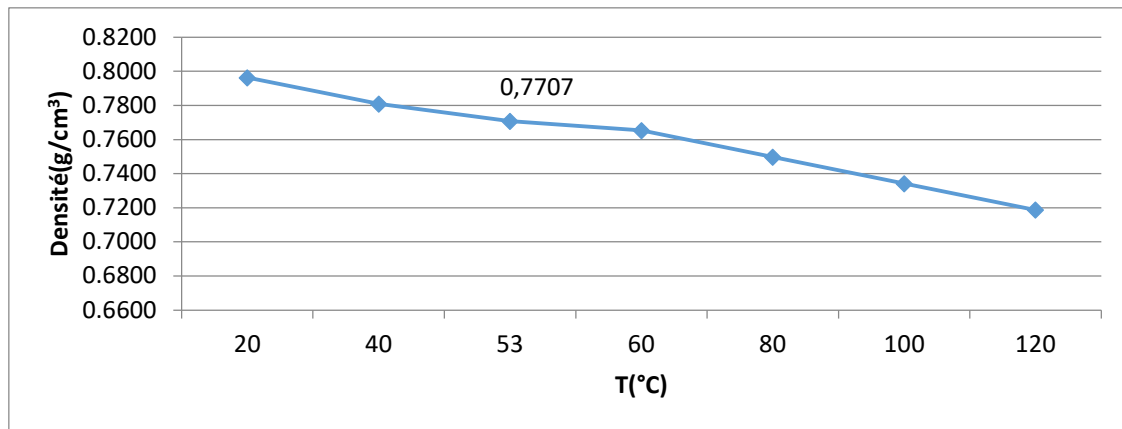


Figure III.13 : Evaluation de la densité du brut en fonction de la température

Avec l'augmentation de la température, la densité de la phase continue (brut) diminue.

III.9.3.3 Masse volumique de l'eau à la température de dessalage (53°C)

On a: $\rho_e(T) = \rho_e(20^\circ\text{C}) - \alpha \times (T - 20)$

et : $\alpha = 0,001828 - 0,00132 \times \rho_e(20^\circ\text{C})$

- A.N:

On a: $\rho_e(20^\circ\text{C}) = 1 \text{ g/cm}^3$

$$\alpha = 0,001828 - 0,00132 \times 1$$

$$\alpha = 0,000508$$

$\rho_e(20^\circ\text{C})(\text{g/cm}^3)$	α	T (°C)
1	0,000508	53

$$\rho_e(53^\circ\text{C}) = 1 - 0,000508 \times (53 - 20)$$

$$\rho_e(^\circ\text{C}) = 0,9832 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_e = 983,20 \text{ Kg/m}^3$$

III.9.3.4 Viscosité dynamique du brut à 53°C

Celle-ci est impossible à réaliser à la température de 53°C au niveau de laboratoire d'huile et gaz de CINA (DLCC).

Tout d'abord, nous déterminons la viscosité cinématique et ensuite nous avons converti à la viscosité dynamique.

La méthode utilisée pour déterminer la viscosité cinématique de brut à 53°C consiste à :

- Analyses de viscosité cinématique de brut à 20°C et 40°C au niveau du laboratoire huile et gaz de CINA :

$$\vartheta_b = 2,01 \text{ Cst à } 20^\circ\text{C et } 1,53 \text{ Cst à } 40^\circ\text{C}.$$

Pour la détermination de la viscosité à la température de dessalage (53°C) nous utilisons la relation de GROSS [11] :

$$\log \frac{\vartheta_{T1}}{\vartheta_{T2}} = R \log \frac{T_2}{T_1}$$

On détermine d'abord le coefficient « R »

$$R = \log \frac{\vartheta_{T1}}{\vartheta_{T2}} / \log \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow R = \log \frac{2,01}{1,53} / \log \frac{40}{20} = 0,393$$

Donc, la viscosité cinématique de la phase continue (brut) à la température de dessalage sera :

$$\log \vartheta_b (T_2) = \log \vartheta_b (T_1) - R \times \log \frac{T_2}{T_1}$$

T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ϑ_b (40°C) (cSt)	R
40	53	1,53	0,393

$$\log \vartheta_b (53^\circ\text{C}) = \log 1,53 - 0,393 \times \log \frac{53}{40}$$

$$\log \vartheta_b (53^\circ\text{C}) = 0,136$$

Donc : $\vartheta_b = 1,36 \text{ cSt}$

$$\vartheta_b = 1,36 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

On trace la courbe de Variation de la viscosité cinématique du brut en fonction de la température.

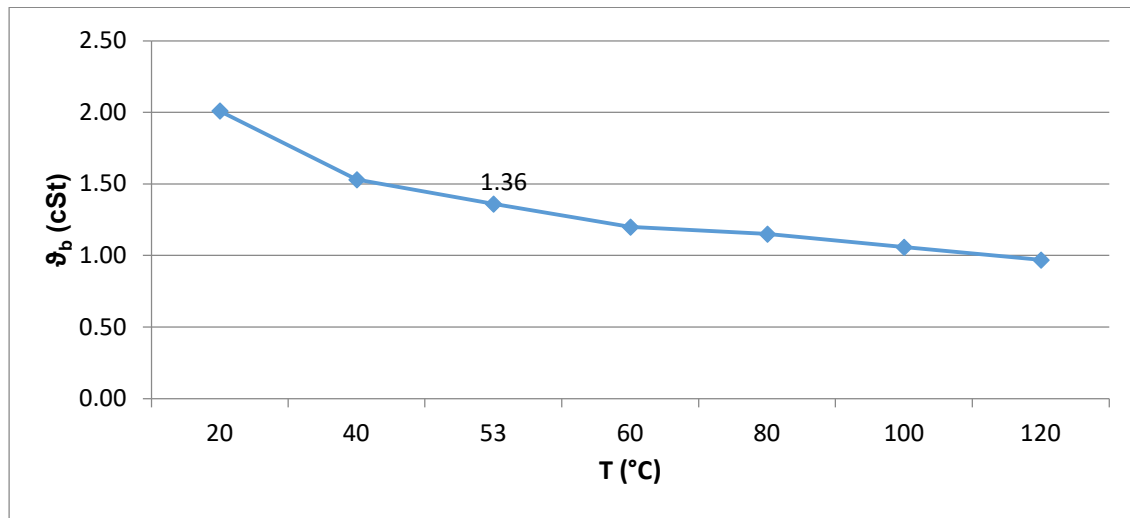


Figure III.14 : Evaluation de la viscosité cinématique du brut en fonction de la température

Interprétation

On remarque qu'avec l'augmentation de la température, la viscosité de la charge diminue, donc la vitesse de décantation augmente (V_d est inversement proportionnelle à la viscosité), car l'élévation de la température augmente l'agitation moléculaire, donc la probabilité de rencontre des gouttelettes d'eau augmente (donc la vitesse de coalescence augmente) et la viscosité de la couche interfaciale diminue.

Cette coalescence provoque une augmentation du diamètre des gouttelettes d'eau, elles acquièrent alors une masse suffisante pour descendre par gravité vers le fond du dessaleur.

- Viscosité dynamique du brut à 53°C

On a: $\mu_b = \nu_b \times \rho_b$

- μ_b : Viscosité dynamique du brut (Pa.s) ;
- ν_b : Viscosité cinématique du brut (m^2/s) ;
- ρ_b : Masse volumique du brut (Kg/m^3).

ν_b (m^2/s)	ρ_b (Kg/m^3)
$1,36 \cdot 10^{-6}$	770,70

$$\mu_b = 1,36 \cdot 10^{-6} \times 770,70$$

$$\mu_b = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

r (m)	ρ_b (Kg/m ³)	ρ_e (Kg/m ³)	g (m/s ²)	μ_b (Pa.s)
$3,25 \cdot 10^{-5}$	770,70	983,20	9,81	$1,05 \cdot 10^{-3}$

$$V_d = \frac{2}{9} \times \frac{(3,25 \cdot 10^{-5})^2 \times (983,20 - 770,70) \times 9,81}{1,05 \cdot 10^{-3}}$$

$$V_d = 4,66 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

III.9.4 Détermination de la nature du régime d'écoulement

Le régime hydraulique est fonction du nombre de Reynolds qui se détermine à partir de la vitesse de décantation [11]:

$$Re = \frac{V_d \times D_e}{\vartheta_b}$$

- Re : Nombre de Reynolds ;
- V_d : Vitesse de décantation (m/s) ;
- D_e : Diamètre de la goutte d'eau (m) ;
- ϑ_b : Viscosité cinématique du brut (m²/s).

- A.N :

V_d (m/s)	D_e (m)	ϑ_b (m ² /s)
$4,66 \cdot 10^{-4}$	$6,50 \cdot 10^{-5}$	$1,36 \cdot 10^{-6}$

$$Re = \frac{4,66 \cdot 10^{-4} \times 6,50 \cdot 10^{-5}}{1,36 \cdot 10^{-6}}$$

$$Re = 0,022$$

Tableau III.6 : nature du régime d'écoulement

Nombre de Reynolds	$Re \leq 0,2$	$0,2 < Re < 500$	$Re > 500$
Régime d'écoulement	Laminaire	Intermédiaire	Turbulent

On a : **Re < 0,2**

Donc : le régime d'écoulement est laminaire.

III.9.5 Calcul des caractéristiques électriques du dessaleur

III.9.5.1 Champ électrique entre les deux électrodes

La figure suivante (**figure III.13**) représente la distance entre les électrodes dans le dessaleur FA2609A.

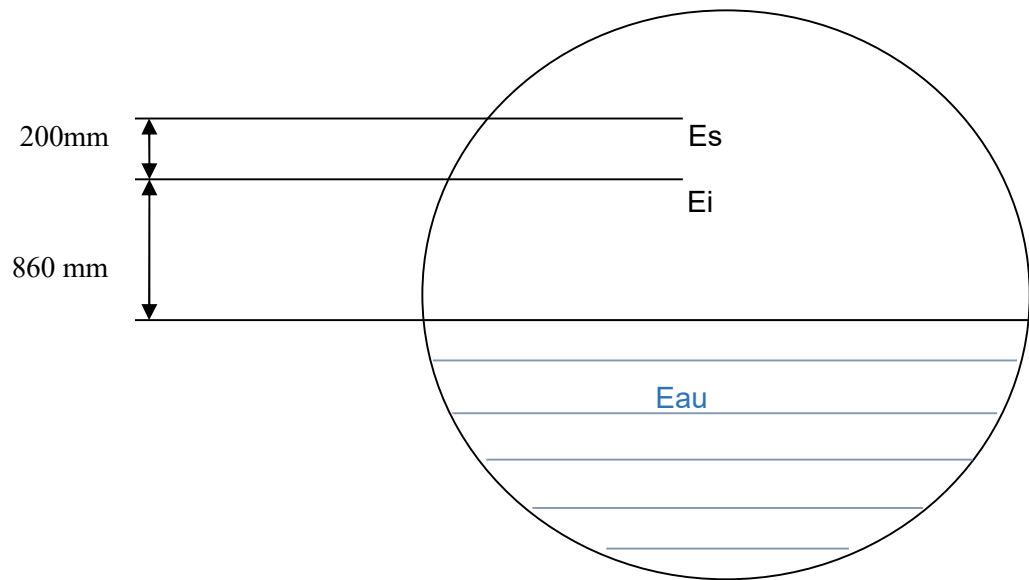


Figure III.15 : Représentation de la distance entre les électrodes.

- Es : Electrode supérieure ;
- Ei : Electrode inférieure.

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

$$E = \frac{U}{L_{si}}$$

- E : Champ électrique entre les deux électrodes (Volts/cm).
- U : Tension du courant (volts).
- L_{si} : Distance entre les deux électrodes (cm).

• A.N :

U (volts)	L_{si} (cm)
17 000	20

$$E = \frac{17\,000}{20}$$

$$E = 850 \text{ Volts /cm}$$

III.9.5.2 Champ électrique entre le niveau haut d'eau et l'électrode inférieure

On a : $E' = \frac{U}{L'}$

- E' : Champ électrique entre le niveau haut d'eau et l'électrode inférieure (Volts/cm) ;
- U : Tension du courant (volts);
- L' : Distance entre l'électrode inférieure et le niveau haut d'eau (cm).

• A.N :

U (volts)	L' (cm)
17 000	86

$$E' = \frac{17\,000}{86}$$

$$E' = 197,67 \text{ Volts /cm}$$

Pour un bon fonctionnement du dessaleur, il faut que le champ électrique (E) entre les électrodes, soit inférieur au champ critique (E_C).

III.9.5.3 Champ critique

Le champ critique se calcule par cette formule :

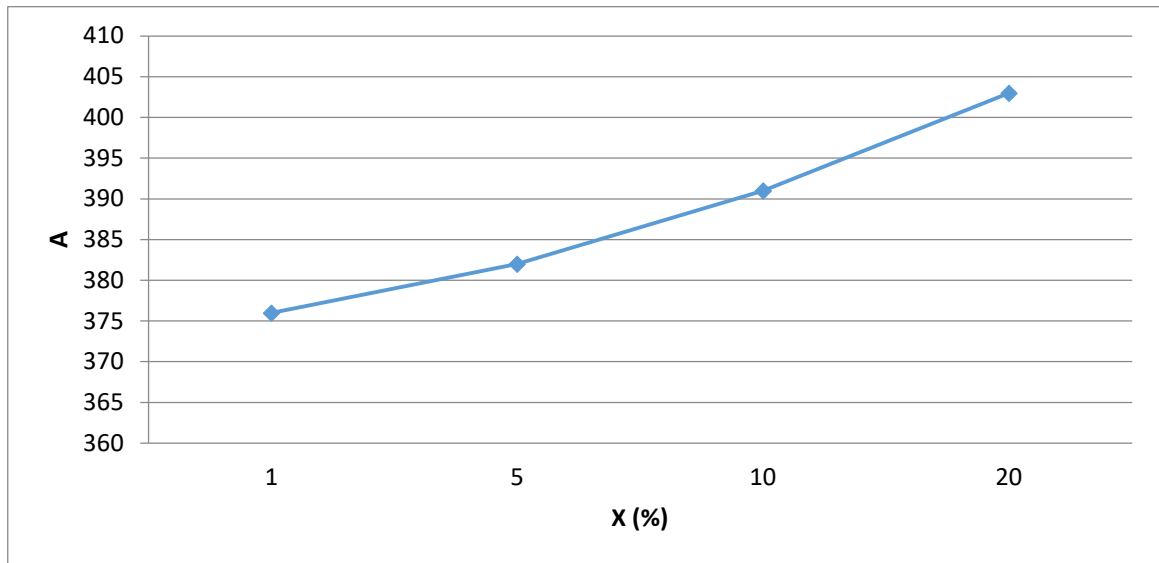
$$E_C = A \times \sqrt{\frac{2 \times \delta}{\epsilon \times D_e}}$$

- E_C : Champ critique (Volts/cm) ;
- A : Coefficient de proportionnalité ;
- δ : Tension superficielle entre l'eau et le brut (g/cm²) ;
- ε : Coefficient diélectrique ;
- D_e : Diamètre de la goutte d'eau (cm).

D'après le tableau (IV.7), on trace la courbe A = f(X) (voir graphe IV.15) et on tire la valeur du coefficient de proportionnalité (A).

Tableau III.7 : Coefficient de proportionnalité (A) en fonction de taux de lavage.

Taux d'eau de lavage (X%)	1	5	10	20
A	376	382	391	403

**Figure III.16:** Courbe de coefficient de proportionnalité (A) en fonction de taux de lavage.

On a : X= 2,1%

D'après le graphe : **A=380**

- A.N :

A	δ (g/cm ²)	ε	D _e (cm)
380	15	16	6,50. 10 ⁻³

$$E_c = 380 \times \sqrt{\frac{2 \times 15}{16 \times 6,50. 10^{-3}}}$$

$$E_c = \mathbf{6453,98 \text{ Volts /cm}}$$

Après le calcul du champ électrique entre les électrodes (E) et du champ critique (E_c), on remarque que le champ électrique entre les électrodes est inférieur au champ critique (E < E_c).

Donc, notre dessaleur a un fonctionnement normal du point de vue électrique.

III.9.6 Calcul de temps de séjour et de temps de décantation

III.9.6.1 Temps de séjour

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

$$T_s = \frac{V}{Q}$$

- T_s : Temps de séjour (h) ;
- V : Volume de capacité du dessaleur (m^3) ;
- Q : Débit volumique total (m^3/h).

- A.N :

$V (m^3)$	$Q (m^3/h)$
76,40	434,95

$$T_s = \frac{76,40}{434,95}$$

$$T_s = 0,176 \text{ h}$$

$$T_s = 10,54 \text{ min}$$

III.9.6.2 Temps de décantation

On calcule le temps de décantation par la formule suivante :

$$T_d = \frac{L'}{V_d}$$

- T_d : Temps de décantation (s) ;
- L' : Distance entre l'électrode inférieure et le niveau haut d'eau (m) ;
- V_d : Vitesse de décantation (m/s).

- A.N :

$L' (m)$	$V_d (m/s)$
0,86	$4,66 \cdot 10^{-4}$

$$T_d = \frac{0,86}{4,66 \cdot 10^{-4}}$$

$$T_d = 1845,49 \text{ s}$$

$$\mathbf{T_d = 30,75 \text{ min}}$$

On remarque que : $T_d > T_s$

Le temps de décantation doit être supérieur au temps de séjour pour éviter l'entraînement de l'eau séparée avec le brut dessalé.

III.9.7 Calcul du distributeur

Sur la rampe de distribution on a deux rangées de trous, le calcul de la distribution a pour but d'assurer une vitesse d'entrée admissible de la charge à travers les trous, l'augmentation de la vitesse améliore le degré de distribution de la charge sur toute la longueur du dessaleur, mais les grandes vitesses donnent lieu à une haute turbulence ce qui favorise la formation d'une émulsion stable.

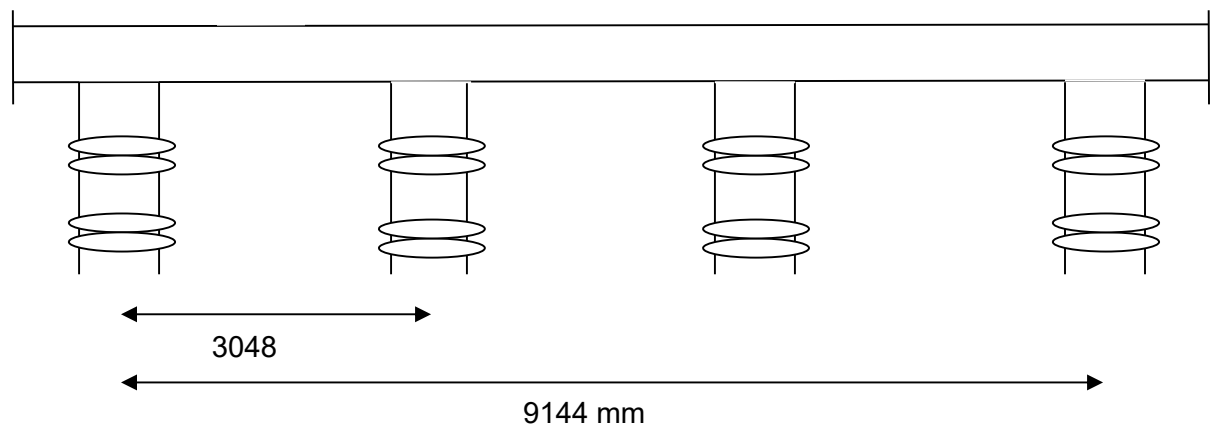


Figure III.17: Représentation du distributeur.

III.9.7.1 Nombre de rampes de distribution

Le nombre de rampes est donné par la formule suivante :

$$n_r = \frac{L}{l} + 1$$

- L : Distance séparant les deux trous extrêmes (mm) ;
- l : Distance séparant les deux rampes (mm) ;
- (+1) correspond aux deux moitiés des trous de l'extrémité.

- A.N :

L (mm)	l (mm)
9144	3048

$$n_r = \frac{9144}{3048} + 1$$

$$n_r = 4$$

III.9.7.2 Nombre de trous

On a : $n_t = 2 \times n_r$ (dans chaque rampe il y a deux trous)

- A.N :

$$n_t = 2 \times 4$$

$$n_t = 8$$

III.9.7.3 Vitesse d'écoulement

Le pétrole possède une vitesse d'écoulement que l'on peut calculer par la formule suivante :

$$W = \frac{Q_b}{3600 \times n \times f}$$

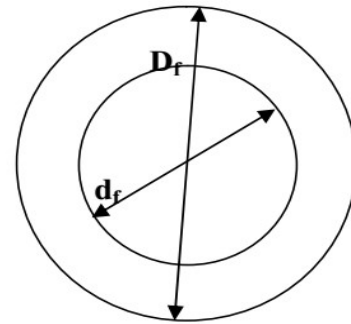
- W : Vitesse d'écoulement (m/s) ;
- Q_b : Quantité du pétrole brut à dessaler (m^3/h) ;
- n: Nombre de trous ;
- f : Surface de passage d'un trou (m^2).

D'après le schéma ci-dessous, on peut calculer la surface de passage d'un trou avec la formule suivante : $f = \frac{\pi}{4} \times (D_f^2 - d_f^2) \times d$

D_f : Diamètre extérieur (m).

d_f : Diamètre intérieur (m).

d : Distance entre la section supérieure et la section inférieure (m).



• A.N :

D_f (m)	d_f (m)	d (m)
0,300	0,270	0,192

$$f = \frac{\pi}{4} \times (0,300^2 - 0,270^2) \times 0,192$$

$$f = 2,57.10^{-3} \text{ m}^2$$

Q_b (m ³ /h)	n_t	f (m ²)
426	8	$2,57.10^{-3}$

$$W = \frac{426}{3600 \times 8 \times 2,57.10^{-3}}$$

$$W = 5,76 \text{ m/s}$$

III.9.8 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.

III.9.8.1 Efficacité du dessaleur

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

$$E\% = \frac{S_e - S_s}{S_e} \times 100$$

- E% : Efficacité du dessaleur (%) ;
 - S_e : Salinité du brut à l'entrée du dessaleur (mg/L) ;
 - S_s : Salinité du brut à la sortie du dessaleur (mg/L).
- A.N :

S _e (mg/l)	S _s (mg/L)
1531,60	254,20

$$E\% = \frac{1531,60 - 254,20}{1531,60} \times 100$$

$$E\% = \mathbf{83,40\%}$$

III.9.8.2 Efficacité de dessalage

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

$$E'\% = \frac{S_e - S_s}{S_e - S_o} \times 100$$

- E'% : Efficacité de dessalage (%) ;
- S_e : Salinité du brut à l'entrée du dessaleur (mg/L) ;
- S_s : Salinité du brut à la sortie du dessaleur (mg/L) ;
- S_o : Salinité théorique optimale du brut à la sortie du dessaleur (mg/L).

S_o est déterminée par la formule suivante :

$$S_o = \frac{Z \times (S_e + \frac{X \times S_w}{100})}{X + Y}$$

- S_o : Salinité théorique optimale du brut à la sortie du dessaleur (mg/L) ;
- S_e : Salinité du brut à l'entrée du dessaleur (mg/L) ;
- S_w : Salinité de l'eau injectée (mg/l) (négligeable car c'est une eau douce) ;
- X : Taux d'eau de lavage (%) ;
- Y : Teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur (%) ;
- Z : Teneur en eau du brut à la sortie du dessaleur (%).

Z est le rapport de la quantité d'eau dans le brut dessalé sur la quantité de ce dernier :

$$Z = \frac{Q_{wd}}{Q_d} \times 100$$

- A.N :

$Q_{wd} \text{ (m}^3/\text{h)}$	$Q_d \text{ (m}^3/\text{h)}$
0,42	425,58

$$Z = \frac{0,42}{425,58} \times 100$$

$$\mathbf{Z = 0,1 \%}$$

$S_e \text{ (mg/L)}$	$S_w \text{ (mg/L)}$	X (%)	Y (%)	Z (%)
1531,60	0	2,1	0,42	0,1

$$S_o = \frac{0,1 \times (1531,60 + \frac{2,1 \times 0}{100})}{2,1 + 0,42}$$

$$\mathbf{S_o = 60,78 \text{ mg/L}}$$

$S_e \text{ (mg/L)}$	$S_s \text{ (mg/L)}$	$S_o \text{ (mg/L)}$
1531,60	254,20	60,78

$$E'\% = \frac{1531,60 - 254,20}{1531,60 - 60,78} \times 100$$

$$\mathbf{E'\% = 86,85 \%}$$

III.9.9 Synthèse des résultats obtenus

Tableau III.8 : Résultats obtenus

Grandeur	Symbole	Valeur
Teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur	Y	0,42 %
Quantité d'eau de lavage	Q_w	8,95 m ³ /h
Quantité d'eau dans le brut à dessaler	Q_{wb}	1,79 m ³ /h
Quantité d'eau dans le brut dessalé	Q_{wd}	0,42 m ³ /h

Quantité de brut dessalé	Q_d	425,58 m ³ /h
Quantité d'eau de purge	Q'_w	9,37 m ³ /h
Quantité totale	Q	434,95 m ³ /h
Diamètre de la goutte d'eau	D_e	6,5. 10 ⁻⁵ m
Rayon de la goutte d'eau	r	3,25. 10 ⁻⁵ m
Masse volumique du brut à (53°C)	ρ_b	770,70 Kg/m ³
Masse volumique de l'eau à (53°C)	ρ_e	983,20 Kg/m ³
Viscosité cinématique du brut à (53°C)	ϑ_b	1,36. 10 ⁻⁶ m ² /s
Viscosité dynamique du brut à (53°C)	μ_b	1.05. 10 ⁻³ Pa.s
Vitesse de décantation	V_d	4,66. 10 ⁻⁴ m/s
Nombre de Reynolds	Re	0,022
Champ électrique entre les deux électrodes	E	850 volts/cm
Champ électrique entre le niveau haut d'eau et l'électrode inférieure	E'	197,67 Volts/cm
Champ critique	E_c	6453,98 Volts/cm
Temps de séjour	T_s	10,54 min
Temps de décantation	T_d	30,75min
Nombre de rampes de distribution	n_r	4
Nombre de trous de distribution	n_t	8
Vitesse d'écoulement	W	5,76 m/s
Efficacité du dessaleur	$E\%$	83,40 %
Teneur en eau du brut à la sortie du dessaleur	Z	0,1 %
Salinité théorique optimale du brut à la sortie du dessaleur	S_o	60,78 mg/L
Efficacité de dessalage	$E'\%$	86,85 %

Interprétation

- L'efficacité actuelle du dessaleur est inférieure à celle de design ;
- Le dessaleur est en bon fonctionnement, d'après les valeurs des temps de séjour et de décantation, et les caractéristiques électriques.

Donc la diminution de l'efficacité de dessalage n'est pas causée par une anomalie au niveau du dessaleur, mais par les paramètres de marches incompatibles avec le design, notamment :

- La température de dessalage (53°C au lieu de $80\text{-}120^{\circ}\text{C}$) ;
- Le taux d'eau de lavage (2,1% au lieu de 4-6%).

III.9.10 Choix des paramètres convenables au dessalage

On prend des valeurs de température et taux d'eau de lavage comprises dans les intervalles du tableau V.2, et on refait le calcul du dessaleur suivant les mêmes étapes précédentes.

- $T = 100^{\circ}\text{C}$;
- $X = 5\%$.

Les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.9 : Résultats obtenus après changement des paramètres

Grandeur	Symbole	Valeur
Teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur	Y	0,42 %
Salinité du brut à la sortie du dessaleur	S_s	118,68 mg/L
Quantité d'eau de lavage	Q_w	21,30 m ³ /h
Quantité d'eau dans le brut à dessaler	Q_{wb}	1,79 m ³ /h
Quantité d'eau dans le brut dessalé	Q_{wd}	0,42 m ³ /h
Quantité de brut dessalé	Q_d	425,58 m ³ /h
Quantité d'eau de purge	Q'_w	21,72 m ³ /h
Quantité totale	Q	447,3 m ³ /h
Diamètre de la goutte d'eau	D_e	10^{-4} m
Rayon de la goutte d'eau	r	$5 \cdot 10^{-5}$ m

Masse volumique du brut à 100°C	ρ_b	734,20 Kg/m ³
Masse volumique de l'eau à 100°C	ρ_e	959,36 Kg/m ³
Viscosité cinématique du brut à 100°C	ϑ_b	1,06. 10 ⁻⁶ m ² /s
Viscosité dynamique du brut à 100°C	μ_b	7,78. 10 ⁻⁴ Pa.s
Vitesse de décantation	V_d	1,37.10 ⁻³ m/s
Nombre de Reynolds	Re	0,129
Champ électrique entre les deux électrodes	E	850 volts/cm
Champ électrique entre le niveau haut d'eau et l'électrode inférieure	E'	197,67 Volts/cm
Champ critique	E _c	5230,75 Volts/cm
Temps de séjour	T _s	10,24 min
Temps de décantation	T _d	10,46 min
Nombre de rampes de distribution	n _r	4
Nombre de trous de distribution	n _t	8
Vitesse d'écoulement	W	5,76 m/s
Efficacité du dessaleur	E%	92,25 %
Teneur en eau du brut à la sortie du dessaleur	Z	0,1 %
Salinité théorique optimale du brut à la sortie du dessaleur	S _o	28,25 mg/L
Efficacité de dessalage	E'%%	93,98 %

Interprétation

On remarque que l'efficacité du dessaleur en utilisant ces paramètres (**92,25%**) est proche de celle du design (95%), et la salinité du brut à la sortie du dessaleur a diminué par rapport à la première (de 254,2 à 118,68 mg/l). Cela prouve que la température de dessalage et le taux d'eau de lavage sont des paramètres de marche importants qui influent sur l'efficacité de dessalage.

Conclusion générale

D'après les analyses et les calculs effectués au niveau du dessaleur FA2609A, on constate une chute d'efficacité de ce dernier (**83,40 %** au lieu de **95%** prévu par le design), Ceci permet de conclure que le problème déjà posé se situe non pas au niveau de l'équipement (selon les résultats du calcul électrique), mais dû au changement des paramètres opératoires :

- La température (**53°C** au lieu de **80-120°C** prévu par le design) ;
- Le taux d'eau de lavage (**2,1 %** vol au lieu de **4-6%** vol prévu par le design).

Pour obtenir l'efficacité désirée, on doit modifier ces paramètres de telle façon à ce qu'ils soient dans les intervalles précisés dans le tableau (IV.2).

D'autre part cette baisse d'efficacité a une influence directe sur les équipements de chauffage de l'unité elle-même ainsi que les pipes (pour le transport du brut) et les colonnes de distillation, en provoquant l'attaque du métal par la corrosion.

D'après les calculs effectués à la température et au taux d'eau de lavage convenable ($T=100^{\circ}\text{C}$, $X=5\% \text{vol}$), on constate une augmentation de la vitesse de décantation et cela à cause de :

- La diminution de la viscosité de la phase continue, autrement dit diminution des forces opposées au déplacement des gouttelettes ayant une masse suffisante pour descendre par gravité vers le fond du dessaleur.
- L'augmentation du taux d'eau de lavage qui augmente la taille des gouttelettes d'eau (voir tableau IV.5), ce qui conduit à l'augmentation de la vitesse de décantation.

Par ailleurs l'augmentation de la vitesse de décantation diminue l'entraînement des sels dissous dans l'eau avec le brut dessalé et par conséquent, augmentation de l'efficacité de dessalage.

Pour cela, on recommande les solutions suivantes :

- Placer un échangeur de chaleur en amont du dessaleur pour préchauffer le brut à dessaler à une température de $80-120^{\circ}\text{C}$ (surtout en cas de baisse de la température ambiante) ;
- Augmenter le taux d'eau de lavage (4-6%) pour avoir une meilleure diffusion des sels dans l'eau.

Bibliographie

- [1] A.Skoblo, I.Tregoubova, N.Egrov), '' *méthodes et appareils d'industrie de pétrole* '' Moscow, 1967, tome II.
- [2] Direction exploitation CINA (SONATRACH).
- [4] Documents de TOTAL, *Manuel de formation*, Cours exp-pr-eq090, 2007, p 4-97.
- [5] Documents de TOTAL, *Manuel de Formation*, cours EXP-PR-UT110 Version 0.1, Les utilités-Le laboratoire.
- [6] F. Chadli, '' *Guide pratique de laboratoire* '', CINA, 2001, p 23-46.
- [7] J.P, Wauquier, '' *Le raffinage de pétrole brut* '', procédés de séparation, EDITIONS TECHNIP, Tom 2 ; 1998, p 240-260.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Manuel opératoire (TRT/CINA) Hassi messaoud 1975.
- [11] P.Wuithier '' *Le pétrole, raffinage et génie chimique* '', Tome I, Edition Technip-Paris, 1972.
- [12] R.David, *Handbook of chemistry and physics*, CRD, edition 89eme, 2008, p 9-50. (ISBN 142006 ET 978-140066791).

Annexe A : Fiches de données de sécurité des produits utilisés

Nom	Nitrate d'argent	Chromate de potassium
Formule brute	AgNO ₃	K ₂ CrO ₄
Masse molaire (g/mole)	169,87	194,19
Densité à 20°C (g/cm ³)	4,35	2,680
T° ébullition (°C)	444	1000
T° fusion (°C)	212	985
Dangers et Mesures de sécurité	 - Dangerous pour l'environnement. - Favorise l'inflammation des matières combustibles. - Provoque des brûlures. - Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. *En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste. * Porter un vêtement de protection approprié, des gants et un appareil de protection des yeux/du visage. * En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette). * Eliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux. * Eviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.	 - Dangereux pour l'environnement. - Peut provoquer le cancer par inhalation - Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires. - Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau. - Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau. - Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. * Eviter l'exposition - se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation. * En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette). * Eliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux. * Eviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la FDS.

Annexe A : Schéma simplifié de l'USS1 (CINA)

