

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES  
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES**



*En vue de l'obtention du diplôme  
De MASTER en GENIE DES PROCEDES*

*Option : Génie Chimique*

*Thème*

**Simulation de l'unité de stabilisation de  
pétrole brut de Hassi Messaoud.**

**Réalisé par :**

**HAMADACHE Saloua  
RAHIL Fatma**

**Promoteur:**

**p<sup>r</sup>.HACHEMI**

*Année universitaire 2019/2020*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*Particulièrement à ma mère et à mon père décédé  
que*

*Dieu l'accepte en son vaste paradis.*

*A mes frères et sœurs qui m'ont toujours soutenu et  
encouragé durant ces années d'études, sans oublier mes  
neveux et nièces.*

*A mon très cher binôme fatma*

*A tout ma famille et mes collègues*

*A tous les enseignants et toutes les enseignantes de  
génie chimique*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin  
pour ce projet soit possible je vous dis merci*

*Saloua*

# Dédicaces

*Je dédie ce mémoire à la femme la plus chère,*

*Ma mère.*

*Mon cher papa, le pilier de ma vie,*

*Pour ses encouragements.*

*Mes frères : WALID et AHMED que Dieu les protège.*

*Ma fleur de ma vie, ma sœur NARIMANE.*

*A toute la famille RAHIL.*

*A ma chère binôme SALOUA,*

*La sœur agréable qui a été toujours à mes côtés.*

*Mes très chères amies MERIEM et Maroua.*

*A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.*

**FATMA**

# Sommaires

# SOMMAIRES

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>01</b>
-----------------------------------	-----------

## **CHAPITR I : PRESENTATION DU CHAMP DE HASSI MESSAOUD**

I.1.Introduction.....	02
-----------------------	----

I.2.Historique de découverte du champ d’Hassi Messaoud .....	02
--	----

I.3.Situation géographique.....	03
---------------------------------	----

I.4.Situation géologique.....	04
-------------------------------	----

I.5.Zone et numérotation des puits.....	05
---	----

I.6.Description du réservoir.....	05
-----------------------------------	----

I.7.Description d’unité de Hassi Messaoud.....	07
--	----

I.8.Base de dimensionnement.....	09
----------------------------------	----

## **CHAPITR II : GENERALITE SUR LE PETROLE BRUT.**

II.1.Introduction.....	10
------------------------	----

II.2.Définition du pétrole brut.....	10
--------------------------------------	----

II.3.Les différentes utilisations actuelles de pétrole.....	10
---	----

II.4.Origine de pétrole brut.....	12
-----------------------------------	----

II.5.Composition chimique de pétrole.....	13
---	----

II.6.Les principales famille d’hydrocarbures.....	14
---	----

II.6.1.Les hydrocarbures .....	14
--------------------------------	----

II.6.2.Composés organiques hétéro atomiques .....	15
---	----

II.6.3.Composé organométalliques.....	16
---------------------------------------	----

II.6.4.Composé chimiquement mal définis.....	16
--	----

II.7.Classification du pétrole.....	16
II.7.1.Classification industrielle.....	16
II.7.2.Classification chimie.....	17
II.7.3.Classification selon le facteur de caractérisation K.U.O.P.....	17
II.7.4.Classification économique (technologique).....	17
II.8.Caractérisation et propriétés pétroliers de pétrole brut.....	18
II.8.1.La densité.....	18
II.8.2.Densité de vapeur de Reid.....	19
II.8.3.L'indice d'acide.....	19
II.8.4.Point de trouble.....	19
II.8.5.Point d'écoulement.....	19
II.8.6.Point de congélation.....	20
II.8.7.Teneur en soufre.....	20
II.8.8.Teneur en sédiment.....	21
II.8.9.Le facteur de caractérisation K.U.O.P.....	21
II.8.10.Pouvoir calorifique.....	22
II.8.11.La masse volumique.....	22
II.8.12.La viscosité .....	23

### **CHAPITRE III : STABILISATION DE PETROLE**

III.1.Définition de stabilisation .....	24
III.2.Utilité de stabilisation du pétrole .....	24
III.3.Unité de dessaleur et colonne de stabilisation du brut.....	24
III.3.1.Un préchauffeur du brut et refroidissement du brut stabilisé.....	

III.3.2.Dessaleur du brut.....	25
III.3.3.Four de stabilisation.....	25
III.3.4.Un séparateur triphasique.....	25
III.3.5.Le séparateur diphasique .....	26
III.4.La colonne de stabilisation.....	26
III.4.1.Pression dans la colonne.....	27
III.4.2.Température en fond de la colonne.....	27
III.4.3.Répartition de la charge dans la colonne.....	27
III.5.Procédé et la chaîne de stabilisation .....	28
<b>CHAPITRE IV : SIMULATION DE L'UNITE DE HASSI MESSAOUD</b>	
IV.1.Introduction.....	31
IV.2.Simulation des procédés Industriels.....	32
IV.3.Présentation du logiciel simulation.....	33
IV.4.Simulation statique et dynamique.....	33
IV.5.Introduction sur la simulation de calculs Hysys .....	34
IV.6.Concepts et caractérisation de la simulation Hysys .....	35
IV.7.Les modèles thermodynamique de Hysys.....	37
IV.7.1.Les équations d'état.....	37
IV.8.Choix du modèle thermodynamique.....	42

# Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Situation géographique de Hassi Messaoud .....	03
<b>Figure I.2</b> : Répartition des zones pétrolières et gazifières .....	04
<b>Figure I.3</b> : Zone de production .....	05
<b>Figure I.4</b> : bloc diagramme de l'écorche géologique sous la discordance hercynienne .	06
<b>Figure I.5</b> : Plan générale de l'UTBS .....	08
<b>Figure II.1</b> : processus de migration .....	10
<b>Figure II.2</b> : Formation de gisement dans les roches réservoirs.....	12
<b>Figure II.3</b> : Mécanisme de formation de l'huile et de gaz .....	14
<b>Figure II.4</b> : Appareil de mesure du point d'écoulement .....	20
<b>Figure III.1</b> : schéma d'un séparateur triphasique .....	26
<b>Figure III.2</b> : Schéma de stabilisation .....	30
<b>Figure IV.1</b> : présentation du logiciel de simulation.....	33

# Listes des tableaux

<b>Tableau I.1 :</b> Base de dimensionnement de l'UTBS.....	09
<b>Tableau I.2 :</b> Les différents constituants de pétrole(UTBS).....	09
<b>Tableau II-1 :</b> Les différentes utilisations actuelles de pétrole .....	11
<b>Tableau II -2:</b> La recherche des proportions des éléments dans les pétroles bruts.....	13

# Liste des abbreviations

**P.C.I** Pouvoir Calorifique Inferieur.

**P.C.S** Pouvoir Calorifique Supérieur.

**d<sup>15</sup><sub>4</sub>** Densité à 15 °C par rapport à l'état standard de l'eau à 4°C.

**GPL** Gaz de pétrole liquéfié.

**API** American Petroleum Institut.

**PE** le point éclair.

**PM** poids moléculaire.

**Cst** centistokes.

**UTBS** Unité Traitement de Brut Sud.

**CIS** Centre Industriel Sud.

# Nomenclature

Symbols	Designation	Unite
H	Enthalpies.	[KW]
K.O.U.P	Le facteur de caractérisation pour déterminer les différents entre les composants de pétrole brut.	
$P_r$	Pression réduite	[atm]
PR	Peng Robison	
R	Constant des gaz parfait	[atm.mol <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Rk	Redlich-Kwong	
SRK	Saove-Redlich-Kwong	
Spgr	Spécifique gravité	à 60/60 F°
$T_c$	Température critique	C°
$T_{éb}$	Température d'ébullition	R° (1.8*TC°) +491.7
$T_r$	Température réduite	[K]
TVR	Tension de Vapeur Reid	[g.cm <sup>2</sup> ]

# Résumé

Un gisement produit un mélange d'hydrocarbures lourds et légers. Vu que le marché demande des produits satisfaisant à certaines spécification, pour cela SONATRACH a décidé de construire le complexe d'UTBS.

Notre étude consiste à étudier le procédé en œuvre plusieurs flash successifs de stabilisation de pétrole et expliquer le fonctionnement de la colonne de stabilisation afin d'abaisser la TVR (Tension Vapeur Reid) afin d'éviter le problème de dégazage qui pour lui-même influent de son stockage ou de son transport et récupérer le maximum d'hydrocarbure.

Pour ce travail nous avons utilisé un logiciel de simulation « HYSYS » pour définir les spécifications déterminant le fonctionnement de la colonne et préparer le brut pour les prochains traitements.

ينتج الرواسب مزيجاً من الهيدروكربونات الثقيلة والخفيفة. منذ السوق طلب المنتجات التي تفي بمواصفات معينة , لهذا لدي سونطراك قررت بناء مجمع وحدة معالجة خام الجنوب (UTBS)

تتمثل دراستها في دراسة العلمية من خلال فتح عدة وصفات متتالية من تثبيت الزيت و شرح تشغيل عمود التثبيت من اجل خفض جهد بخار ريد ( TVR ) من اجل تجنب مشكلة إطلاق الغازات عن نفسها مؤثرة في تخزينها أو نقلها و استعادة الحد الأقصى من الهيدوكربون.

في هذا العمل استخدمنا برنامج محاكاة Hysys للتعريف بالمواصفات المحددة لتشغيل العمود و تجهيز الخام له للعلاجات القادمة .

## summary

A deposit produces a mixture of heavy and light hydrocarbons. Since the market requests products that meet certain specifications, for this SONATRACH decided to build the south crude processing unit (UTBS) complex.

Our study consists in studying the process by carrying out several successive flashes of stabilization of oil and explains the operation of the stabilization column in order to lower the ( Reid Vapor Voltage )TVR in order to avoid the out gassing problem which. For itself read from its storage or transport and recover the maximum of hydrocarbon.

In this work, we used simulation software Hysys to dermine specification determining the operation of the column and preparing the crude for next treatment.

# Introduction Générale

# Introduction

L'énergie occupe une place prépondérante dans la vie de l'être humain .Les sciences et les progrès techniques ont permis à l'homme de découvrir des nouvelles ressources énergétiques : le pétrole.

L'Algérie est riche en pétrole brut. Dans certains cas, ce pétrole contient des quantités importantes de composé hydrocarboniques légers tel que le méthane. Il faut alors séparer ces hydrocarbures légers et de les employer à d'autres fins.

Le champ de Hassi Messaoud est un le plus important en Algérie et au monde depuis sa découverte.

L'UTBS (unité de traitement de brut sud) comprend trois unités de traitement d'huile.

L'unité de traitement permet d'atteindre les spécifications requises pour l'expédition en termes de TVR (entre 7 et 10 psi selon la température de stockage de l'huile stabilisée), de salinité (40 mg /l) et de teneur en eau (0.1% volume).

Le but de ce travail est la vérification et l'optimisation des paramètres de fonctionnement d'une colonne de stabilisation du pétrole brut, avec une bonne pureté et élimination des composants légers à haute tension de vapeur ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  et  $C_4$ ).

Pour mener à bien cette étude, notre plan de travail est structuré comme suit :

- ✓ Le premier chapitre : présentation du champ de Hassi Messaoud et L' UTBS.
- ✓ Le deuxième chapitre : traité du Description du pétrole brut.
- ✓ Le troisième chapitre : procédé de stabilisation de pétrole.
- ✓ Le quatrième chapitre : étude par simulation de l'unité de stabilisation de Hassi Messaoud en exploitant l'outil de simulation ASPEN HYSYS V.10.
- ✓ Conclusion générale.

# **CHAPITRE I :**

Présentation du champs de Hassi Messaoud

# Chapitre 1 : Présentation du champ de Hassi Messaoud

---

## **I.1. Introduction :**

Le gisement de Hassi Messaoud est l'un des plus grands et le plus complexe gisement du monde. Durant l'histoire géologique, ce gisement a subi une évolution tectonique intense lors de son enfouissement jusqu'à ce que le gisement a pris la forme actuelle. Ces événements peuvent améliorer les paramètres très pétrophysiques (fracturation naturelle, la dissolution ...)

Comme ils peuvent les réduire (réduction de la porosité, la cimentation des grains, la création de matrices de petits grains, la création des barrières imperméables etc...)

Ce champ s'étend sur une superficie voisine de 2500 Km<sup>2</sup>. Découvert en 1956 et mis en production généralisée en 1958, le gisement de Hassi Messaoud continue, après plus de 50 ans, de fournir à l'Algérie cette ressource naturelle qu'est le pétrole brut. Des investissements importants ont été réalisés et d'autres le seront dans le futur pour extraire la maximum de pétrole et augmenter ainsi la récupération finale [1].

## **I.2. Historique de découverte du champ de Hassi Messaoud :**

Le gisement de Hassi Messaoud a été découvert le 16 janvier 1956 par le premier forage MD1 ; implanté suite à une campagne sismique réfraction non loin du puits chamelier de Hassi Messaoud.

Le 15 juin de cette même année, ce forage découvert à 3338 mètres de profondeur de l'huile dans les grès du cambrien.

En mai 1957 et à 7 Km au Nord-ouest de MD1, le forage OM1 foré par la C.F.P.A confirmait l'existence d'une quantité très importante d'huile dans les grès du cambrien [1].

Le gisement est donc couvert par deux concessions distinctes :

- ✓ Au Nord la compagnie française de pétrole d'Algérie (C.F.P.A).
- ✓ Au sud la société Nationale de Recherche Pétrolière en Algérie (S.N.REPAL).

## I.3. Situation géographique :

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme l'un des plus grands gisements dans le monde .Il fait partie d'un ensemble de structures formant la partie nord de la province Triasique ,et se situe à environ 850 km au Sud –Sud –est d'Alger ,à 280 km au Sud –Est du gisement de gaz –condensat de Hassi R'Mel et à 350 km à l'ouest de la frontière tunisienne (**figure I.1**).Il s'étend sur 2500km<sup>2</sup> , il a pour coordonnée Lambert :

$$X = [790000-840000 \text{ m}] \text{ Est}$$

$$Y = [110000-150000 \text{ m}] \text{ Nord}$$

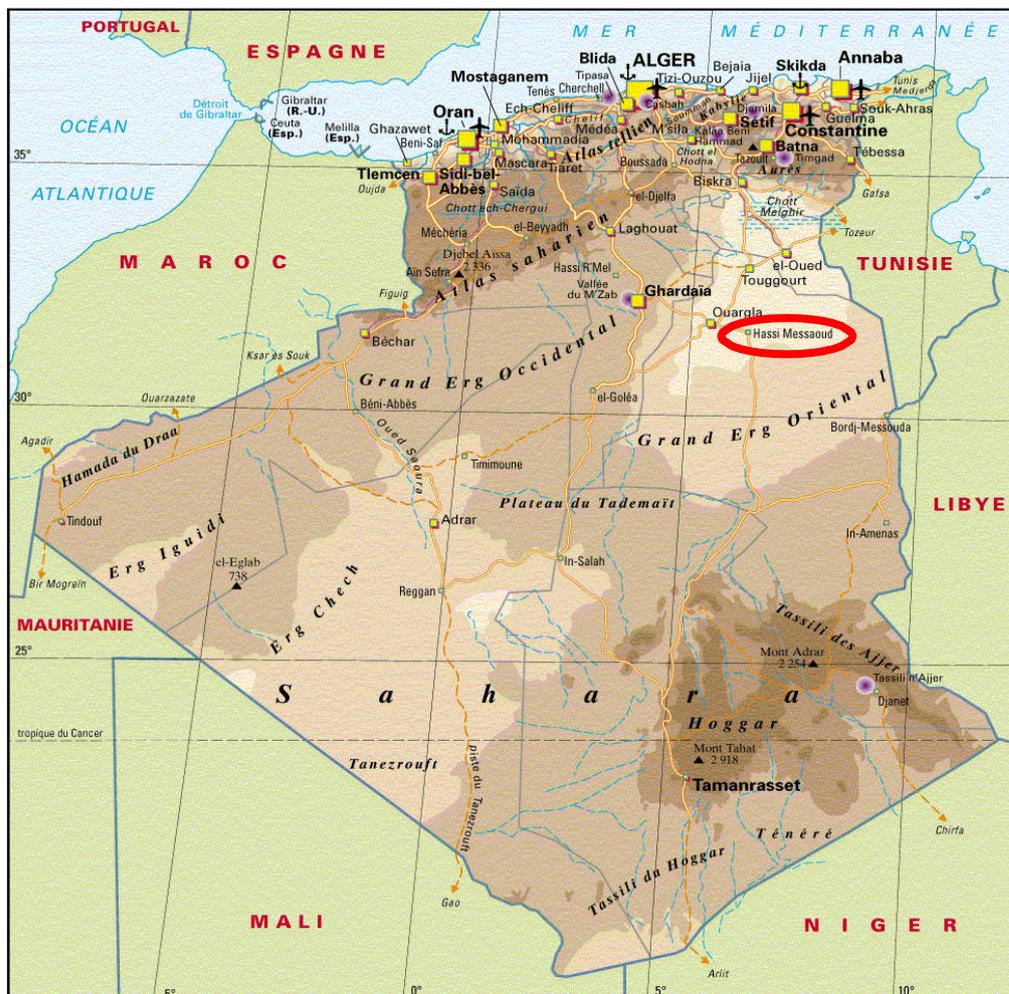
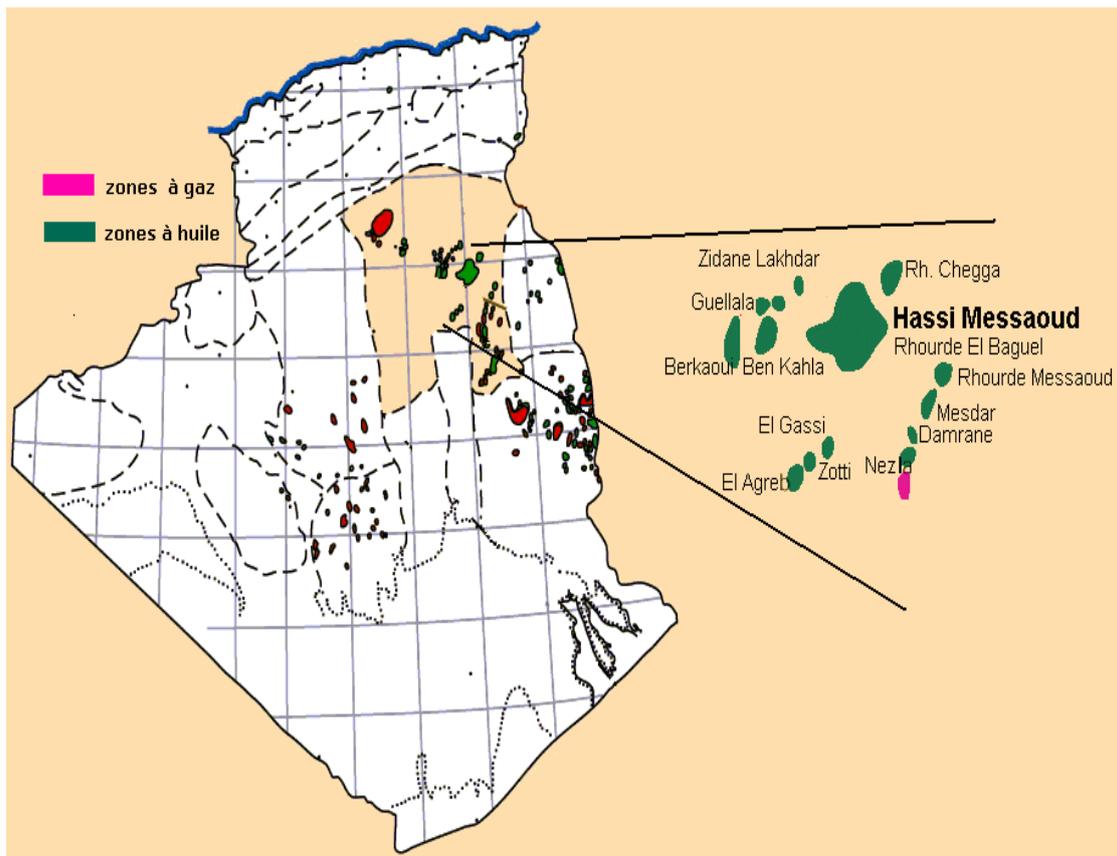


Figure I.1 : Situation géographique de Hassi Messaoud.



**Figure 02 :** Répartition des zones pétrolières et gazifières.

## **I.4. Situation géologique :**

Par rapport aux gisements, les champs de Hassi Messaoud est limité (figure I.2)

Au nord –ouest par les gisements de Ouargla (Guellela ; Ben Khla et Haoud Berkaoui).

Au sud – Ouest par les gisements d’El Gassi, Zotti et El Agreb. [2]

Il est limité :

- ✓ Au Nord-ouest par le gisement Ouargla [Gellala, Benkahla, Hao-Berkaoui]
- ✓ Au sud-ouest par les gisements d’ [El Gassi, Zotti et El Agreb]
- ✓ Au sud-est par le gisement de [Rhourd El bagual, Masdar]
- ✓ Au Nord-est par le gisement de [Rh Chegga] [3].

## I.5. Zone et numérotation des puits :

L'évolution des pressions des puits en fonction de la production a permis de subdiviser le gisement de Hassi Messaoud en 25 zones dites de production, d'extraction variable. ces zones sont relativement indépendantes et correspondent à un ensemble de puits communiquant entre eux relativement indépendamment et correspondant à un ensemble de la même manière du point de vue pression de gisement. Les puits d'une même zone drainent conjointement une quantité d'huile en place bien établie. Toutefois, il est souligné que le facteur pression ne peut être le seul critère de caractérisation des zones [1]

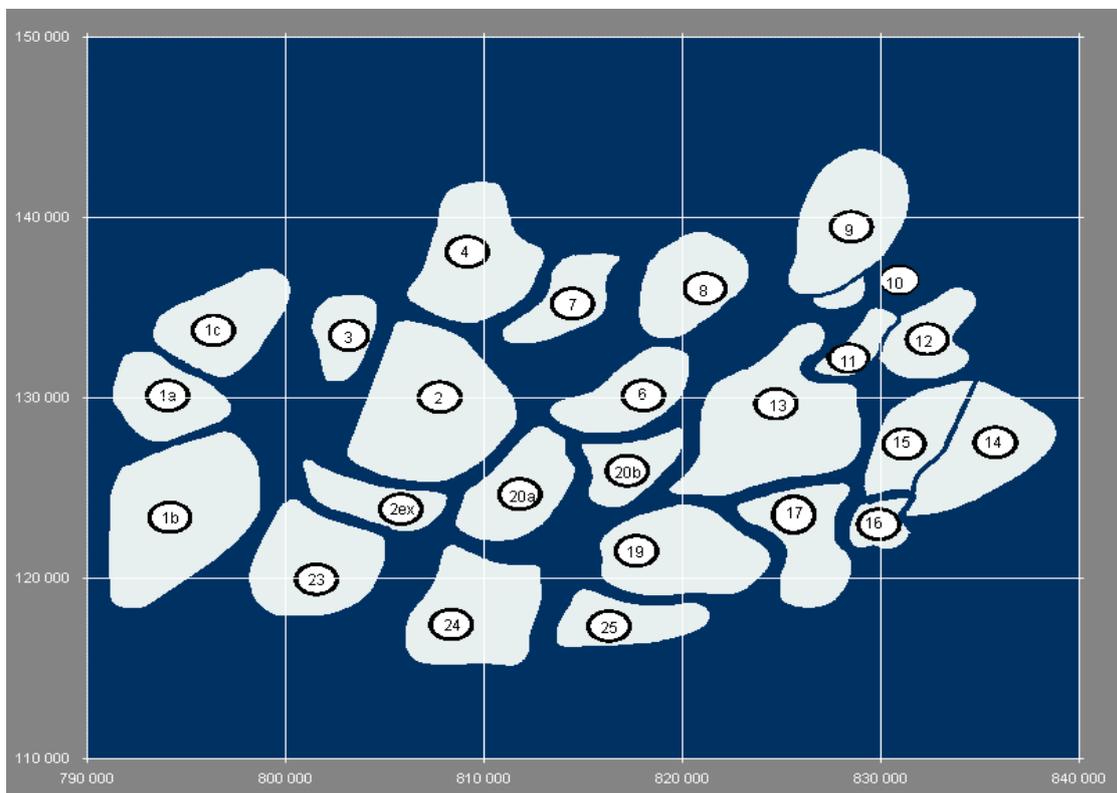
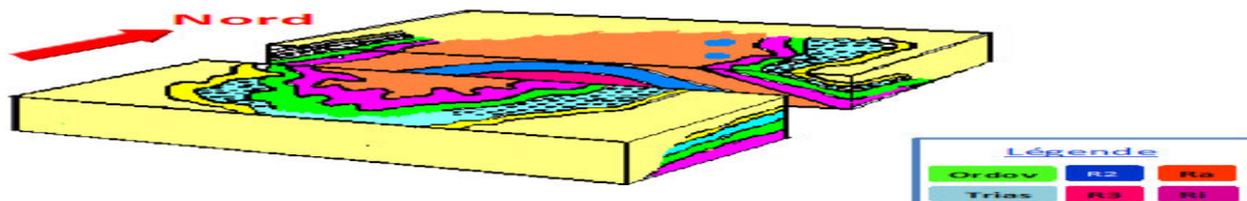


Figure I.3 : Zone de production.

## I.6. description du réservoir :

Le gisement de Hassi Messaoud est à une profondeur qui varie entre 3100 et 3380 m son épaisseur s'étend jusqu'à 200 m, il comprend trois répertoires gréseux d'âge cambrien, reposant directement sur le socle granitique il est représenté par une série gréseuse dont l'érosion post paléozoïque affecté une partie dans le centre du champ il se subdivise de haut en bas de :

- ✓ Ri : zone isométrique dont d'épaisseur est de 45 m essentiellement quartzite à grains fins et à tigilliter elle correspond au drain D5.
- ✓ Ra : zone anisométrique dont l'épaisseur moyenne est de 120m environ, composé de grés aciment silico-argileux de grains moyens à grossiers il est subdivisé en drains respectivement de bas en haut : D1, ID, D2, D3, D4.
- ✓ R2 : série gréseuse à ciment argileux, d'une épaisseur moyenne de 80 m.
- ✓ R3 : d'une hauteur d'environ 300m, c'est une série gréseuse très grossière à microconglomérique, très argileuse reposant sur le socle granitique qui a été rencontré à une profondeur inférieure à 4000m c'est un granité porphyroïde rose. Il se divise en deux sous niveau le R2c et R2ab. [1]



**Figure I.4** : bloc diagramme de l'écorche géologique sous la discordance hercynienne.

## I.7. Description de l'unité de Hassi Messaoud :

Sonatrach a décidé de réaliser une nouvelle unité de traitement de brut sur le champ de Hassi Messaoud sud, dénommée UTBS (Unité Traitement de Brut Sud).

L'UTBS est une unité de traitement de brut destinée à réservoir et traiter l'huile non stabilisée provenant de six champs satellites existants de la région d'Hassi Messaoud sud et d'expédier l'huile stabilisée vers le centre de stockage situé à Haoud El Hamra via le pipeline 24 CIS-HEH. Le site est situé au Sud Ouest du centre industriel sud existant (CIS) à 7km environ.

Le traitement consiste à dessaler et à stabiliser le brut provenant des satellites. Le gaz associée est utilisée comme gaz combustible, l'excédant étant envoyé vers l'unité de GPL situé au CIS. L'eau nécessaire au lavage du brut provient de deux puits d'eau d'Albien. Les eaux huileuses traitées sont envoyées vers l'unité d'injection d'eau située à OM N77 ou, en se cours vers le bassin d'évaporation l'UTBS comprend les unités suivantes :

- ✓ Un réseau de collecte de brut (6 pipelines) pour acheminer l'huile non stabilisée des satellites existants vers la nouvelle installation.
- ✓ Trois unités de traitement de brut afin de dessaler et stabiliser le brut provenant de ces satellites.
- ✓ Une unité de compression comportant 4 trains.
- ✓ Une unité de traitement d'huile hors-spec.
- ✓ Quatre bacs de stockage d'huile stabilisée.
- ✓ Une pompe d'expédition de l'huile stabilisée.
- ✓ Un système de comptage d'huile stabilisé.
- ✓ Une unité de traitement d'eaux huileuse.
- ✓ Des pipelines d'expédition (huile stabilisée, gaz associé, eau traitée).
- ✓ Les systèmes utilités nécessaires aux unités de procédés. [4]

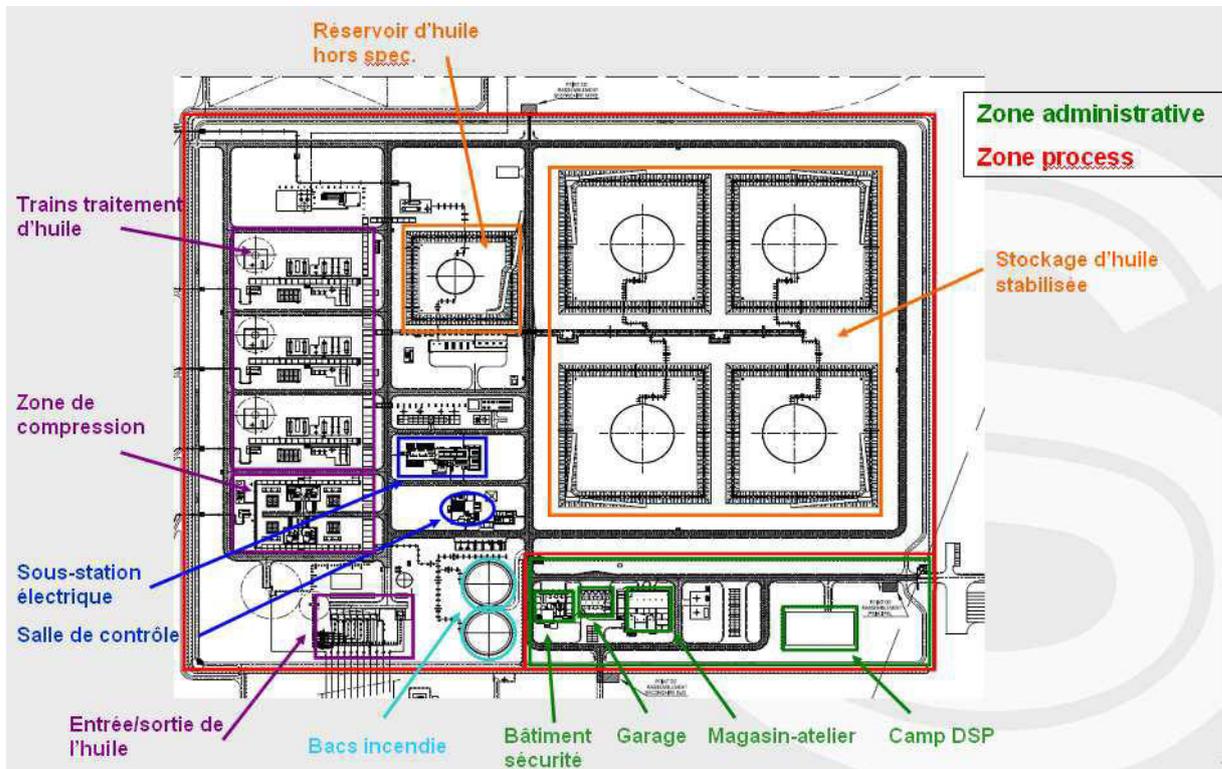


Figure I.5 : Plan générale de l'UTBS.

L'unité de l'UTBS comprend l'unité suivante :

- ✓ Un réseau de collecte de brut (6 pipelines) pour acheminer l'huile non stabilisés des satellites existants vers la nouvelle installation.
- ✓ Trois unités de traitement de brut afin de dessaler et stabiliser le brut provenant de ces satellites.
- ✓ Une unité de compression comportant 4 trains.
- ✓ Une unité de traitement d'huile hors -spec et un bac de stockage d'huile hors-spec.
- ✓ Quatre bacs de stockage d'huile stabilisé.
- ✓ Une pomperie d'expédition de l'huile stabilisée.
- ✓ Un système de comptage d'huile stabilisé.

## Chapitre 1 : Présentation du champ de Hassi Messaoud

- ✓ Une unité de traitement des eaux huileuses.
- ✓ Des pipelines d'expédition (huile stabilisé, gaz associé, eau traitée).
- ✓ Les systèmes utilités nécessaires aux unités de procédés.

### I.8.Base de dimensionnement :

Deux cas ont été considérés pour le dimensionnement des équipements sur UTBS, un cas été et un cas hiver .Les principaux critères de dimensionnement des équipements dans les deux sont définis dans le tableau suivant [4] :

	Cas « été »	Cas « Hiver »
Température à l'entrée d'UTBS	50°C	10°C
TVR (2) huile stabilisée spécifiée dans les bases de design (à 37.8	7.5 PSI	10 PSI
TVR huile stabilisé fournie par UTBS	7 PSI	10 PSI
Température ambiante maximum	50°C	25°C
Température huile stabilisé vers stockage	60°C	40°C
Température gaz en sortie d'UTBS vers expédition	70°C	55°C

**Tableau I.1 :** Base de dimensionnement de l'UTBS.

### Les différents constituants de pétrole brut de Hassi Messaoud (UTBS) :

Echantillon		
constituants	Densité à 15°C (Kg/m <sup>3</sup> )	Mol Wt
Azote		28.014
D carbone		44.01
Méthane		16.043
Ethane		30.07
Propane		44.097
I Butane		58.124
I Pentane		72.1510
Hexane		86.178
Heptane	727.5	96
Octane	738.9	107
Nonane	762.8	121

## Chapitre 1 : Présentation du champ de Hassi Messaoud

---

Décane	779.6	134
Undécane	794.9	147

**Tableau I.2** : Les différents constituants de pétrole(UTBS).

# **CHAPITRE II :**

## **Généralités sur le pétrole brut**

### II.1. Introduction :

La découverte du pétrole brute date de plus haut antiquité, considéré sous l'angle de son emploi comme produit énergétique, le pétrole est d'abord un carburant il a permis à l'industrie de se développer et à l'aviation de prendre son essor. [5]

### II.2. Définition du pétrole brut :

Le pétrole, vient du mot latin « Pétra » pierre et « oléum » huile (soit huile de pierre). C'est un liquide brun plus ou moins visqueux d'origine naturelle, mélange complexe hydrocarbure. Son exploitation est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car l fournit la quasi-totalité des carburants liquides. Le pétrole est aussi souvent appelé « or noir » en référence à sa couleur et à son coût élevé. [6]

Le pétrole est un mélange de liquide noir de densité 0.7 et 0.9 proviennent de la décomposition de matière organique accumulée y'a plus de 500 million année en passant par une substance intermédiaire appelée kérogène. Le produit peut ensuite se trouve piégé dans des formations géologique particulières, appelées « roche réservoir » constituant les gisements pétrolières.

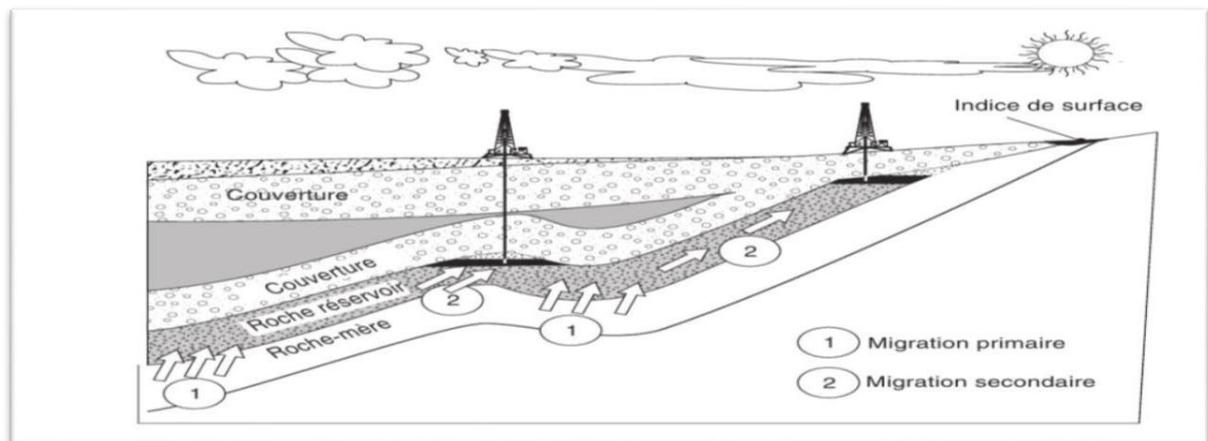


Figure II- 1 : processus de migration.

### II.3. Les différentes utilisations actuelles de pétrole :

En présentant tout d'abord son aspect énergétique, puis son aspect chimique, nous aborderons à la dépendance au pétrole. A savoir que pour

## Chapitre II : Généralité sur le pétrole brut.

Obtenir tous les produits qui seront cités dans le tableau suivant, il faut passer une première étape commune : la distillation. [7, 8, 9]

Les carburants	Les GPL ou gaz du pétrole liquéfié (butène, propane)	La cuisson des éléments dans les briques, ou le chauffage domestique. Dans les secteurs de l'aviculture (élevage d'oiseaux), l'horticulture (culture intensive de plantes) ou encore pour le séchage de céréales, avant leur stockage, les chaudières ou pour le chauffage (production de la chaleur).
	L'essence	Les moteurs à allumage (les voitures à essence).
	Le kérosène	Un carburant utilisé principalement dans l'avion.
	Le gazole	Utilisé comme carburant automobile, les transports de marchandises et les transports en commun.
Les produits du quotidien	La pétrochimie	Des matières plastiques, des solvants, des huiles (utilisées par toutes les machines industrielles, les véhicules terrestres, les bateaux) et encore des cires, des solvants détergents, engrais azotés, bitume, etc... Caoutchouc, des adhésifs et des médicaments.
	Les travaux publics	Le secteur de la construction routière (bitumes)
	Les secteurs de l'agriculture et de la pêche.	Nombreux engrais et pesticides : les machines agricoles (tracteurs, moissonneuses, Les bateaux de pêche
	La production d'électricité	Les centrales thermiques à fioul.

**Tableau II-1** : Les différentes utilisations actuelles de pétrole.

### II.4. Origine du pétrole brut :

Le pétrole est un mélange de liquide plus ou moins visqueux d'origine naturel généralement un liquide noir de densité entre 0,7 et 0,9 proviennent de la décomposition de matière organique accumulée il y a plus de 500 millions d'années en passant par une substance intermédiaire appelée kérogène. Le pétrole produit peut ensuite se trouver piégé dans des formations géologiques particulières, appelées « roche-réservoir » constituant les gisements pétrolifères exploités de nos jours [1]

Il s'est formé dans des lagunes peu profondes par décomposition de matières organiques accumulées en milieu anaérobie. Celle-ci se transforme en gaz et en liquide plus ou moins visqueux qui est le pétrole ; ces transformations sont très lentes. En raison de sa faible densité, il a tendance à migrer jusqu'à être piégé dans une couche poreuse qui donne alors la roche-réservoir, coincée entre deux couches imperméables. C'est là où se trouvent les gisements.

Il existe une grande diversité de pétrole brut aussi bien du point de vue physique que du point de vue de la composition chimique ce qui entraîne des conditions spécifiques de production, de transport, de stockage et de raffinage selon les pétroles et les produits qui en dérivent. D'où la nécessité d'une connaissance la plus exacte possible, de leur composition.

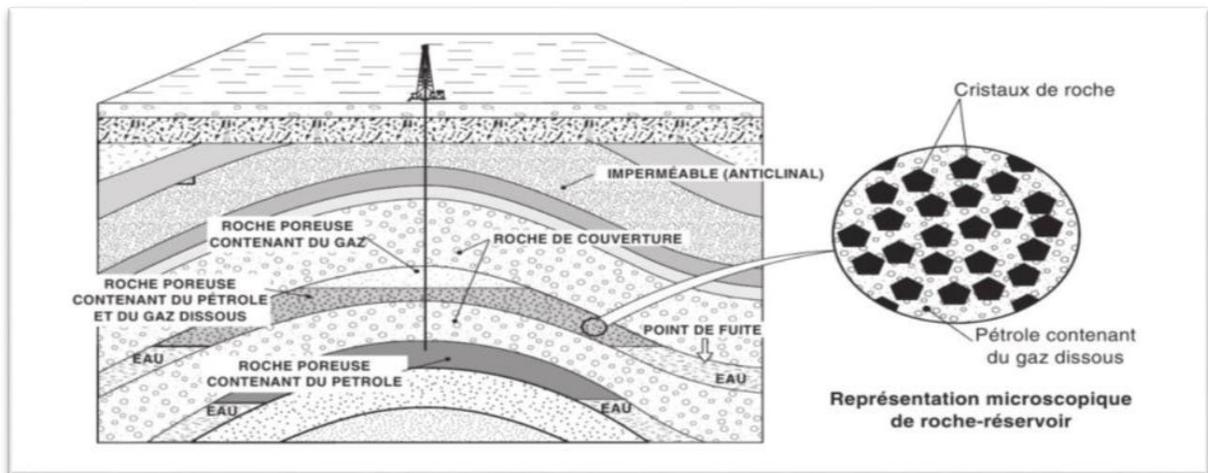


Figure II.2 : Formation de gisement dans les roches réservoirs.

## Chapitre II : Généralité sur le pétrole brut.

### II.5.Composition chimiques de pétrole :

La composition du pétrole dépend du lieu où il est extrait, il y a actuellement une centaine de bruts différents sur le marché pétrolier caractérisés par leurs densité (lourds, moyens, ou légers) souvent exprimées en degrés API.

Le pétrole est composé de plusieurs de molécules hydrocarbures pouvant comporter de quelques unités à plus d'une centaine d'atomes de carbone.

Les éléments présents dans les pétroles bruts	% poids (en masse)
CARBONE	84 à 87%
HYDROGENE	11 à 14 %
SOUFRE	0.04 à 6 %
AZOUTE	0.1 à 0.5 %
OXYGENE	0.1 à 0.5 %
METAUX	0.005 à 0.015 %
LE VANADIUM	Constitue plus de 75 de la teneur globale en métaux.

**Tableau II -2:** La recherche des proportions des éléments dans les pétroles bruts.

Les hydrocarbures constituent les éléments essentiels du pétrole ; leurs molécules ne contiennent que du carbone et l'hydrogène dont les teneurs sont respectivement (83% 87% ) et (11% -14%) ; elles se divisent en plusieurs familles chimiques selon leurs structures.

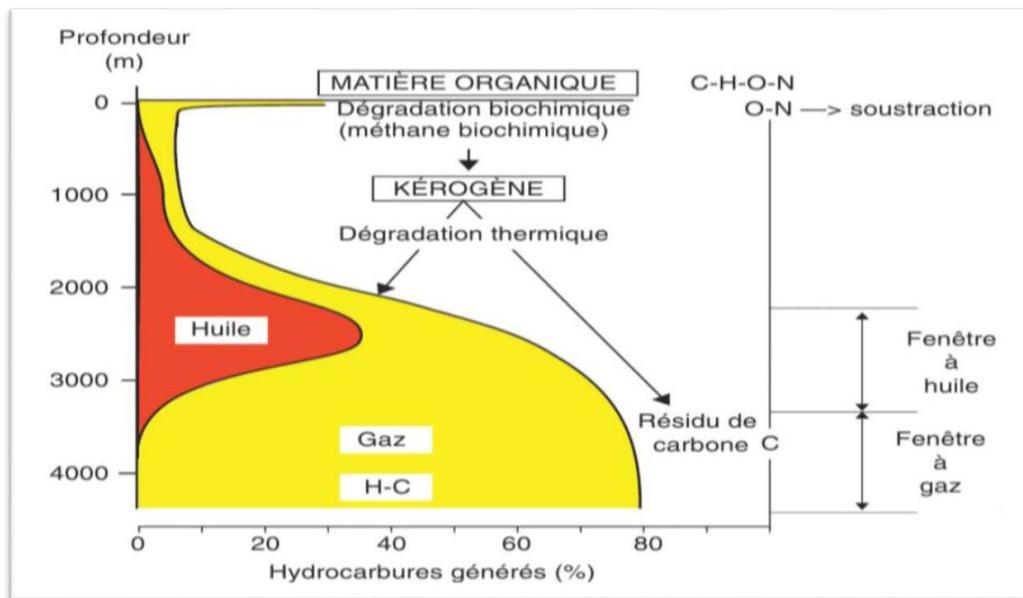


Figure 3 : Zone de production.

### II.6. Les principales familles d'hydrocarbures :

#### 6.1. Les hydrocarbures :

Les hydrocarbures constituent les éléments essentiels de pétrole :

##### 6.1. a. Les hydrocarbures aliphatiques saturés :

Leur formule générale  $C_nH_{2n+2}$ , il peuvent être structuré en chaînes : ce sont les paraffines normales dites N-paraffines (alcanes linéaires) ou iso-paraffines (alcanes ramifier) de formules développée :  $CH_3-(CH_2)_n-CH_3$  [10]

##### 6.1. b. Les hydrocarbures aliphatiques insaturés :

Ils ne se rencontrent pas ou très peu dans le pétrole brut du fait de leurs réactivités. Cependant, les oléfines peuvent être produites lors des procédés de raffinage et notamment lors de procédés de conversion des coupes lourdes [6]. Les premiers termes de cette famille sont également des matières de bases très importants de la pétrochimie (éthylène : propène : butène ...) [7]

##### 6.1. c. Les hydrocarbures aliphatiques cycliques saturé :

Dans le pétrole brute les cycles les plus fréquemment rencontrés sont les naphènes : qui sont des cycles carboné de 5 atomes pouvant comporter un plusieurs cycle et des chaînes ramifier (10).

## Chapitre II : Généralité sur le pétrole brut.

---

### 6.1.d. Les hydrocarbures aromatiques :

Composé cycliques polyinsaturés présent en fort quantité dans les coupes les plus lourdes de pétrole. Ils peuvent contenir un ou plusieurs cycles aromatiques et /ou naphténiques et /ou des chaînes ramifiées.

### 6.2. Composés organiques hétéroatomiques :

#### 6.2.a. Les composés oxygénés :

Parmi les composés oxygénés présents dans les produits pétroliers, on peut distinguer les acides carboxyliques naphténiques, les esters, les phénols, les furanes et les benzofuranes. Bien qu'ils soient présents en faibles teneurs, principalement dans les coupes lourdes, les composés oxygénés possèdent un caractère acide qui est responsable de l'acidité globale des pétroles bruts et qui engendre des problèmes de corrosion...etc. [10].

#### 6.2. b. Les composés azotés :

Les composés azotés sont essentiellement présents dans les fractions lourdes, en plus faible quantité que les composés soufrés. Ils se distinguent suivant leur caractère neutre ou basique : les composés azotés basiques et dans une moindre mesure les composés azotés neutres sont connus pour empoisonner les catalyseurs acides. Ils constituent alors un obstacle au raffinage de coupes lourdes. [10]

On trouve l'azote sous forme d'amides, d'amines, de carbazole, et de pyridines [7], dans les pétroles bruts : l'azote se trouve préférentiellement dans la fraction de point d'ébullition supérieur à 250°C et est particulièrement concentré dans les résines et les asphaltènes [10]

#### 6.2.c. Les composés soufrés :

Le soufre est l'hétéroélément le plus répandu dans le pétrole. Sa concentration peut aller de 0.1 à plus de 8% en poids : sa teneur est fortement corrélée avec la densité de brut et donc sa qualité (légère ou lourde) Ainsi les coupes lourdes en constituent la majeure partie.

Les composés soufrés présents dans les produits pétroliers appartiennent à différentes familles chimiques :

- ✓ Le soufre : où il s'intercale dans peu corrosif et inodore du fait de leur faible volatilité de formules brutes R-S-R' (ou polysulfures de formule brute R-S-...-S-R').
- ✓ Les thiols ou mercaptans : composés acides et sortant dans les coupes légères, de formules brutes R-S-H.
- ✓ Les composés thiophaniques et leurs dérivés, qui présentent un caractère aromatique, surtout présentant au-delà d'un point d'ébullition de 250°C.

## Chapitre II : Généralité sur le pétrole brut.

---

- ✓ Les disulfures : de formule générale R-S-S-R', surtout présent dans les fractions légères [7].

Les composés soufrés sont à l'origine de pollution atmosphérique (SO<sub>2</sub> et SO<sub>3</sub>) et de la désactivation de certain catalyseur utilisés notamment en procédés de raffinage ou dans les pots catalytiques [10].

### 6.3. Composés organométalliques :

Le nickel et le vanadium sont les métaux les plus répandus dans les produits pétroliers et sont principalement présents dans les produits lourds. Ils se trouvent dans des macros molécules dont les structures sont mal connus tels que résines et asphaltènes, ils sont également présents dans certains composés plus petits de la famille des porphyrines, ils sont également des poisons pour les catalyseurs utilisés pour la conversion des coupes lourdes. [10]

### 6.4. Composé chimiquement mal définis :

#### 6.4.a. Les asphaltènes :

Les asphaltènes sont des solides noirs et brillants : dont la masse moléculaire peut varier de 1000 à 100000 g/mol .Ils sont constitués d'une accumulation de feuilletts poly-aromatique condensée reliés par des chaines saturées, qui sont présents dans les résidus. [7]

#### 6.4.b. Les résines :

Ce sont des molécules à caractère aromatique très marqué, renfermant des hétéro-éléments (N, O, S, Ni, et V), leur masse moléculaire peut varier de 500 à 1000g/mol [7]

## II.7.Classification du pétrole :

La classification est d'une extrême importance car elle nous permet de reconnaître l'ensemble du traitement à envisager pour le pétrole et la qualité des produits pétroliers à obtenir, les pétroles bruts peuvent être caractérisés par leurs propriétés globales ou par classes moléculaire qui les composent.

### 7.1Classification industrielle :

Les pétroles sont répartis dans la parie industrielle en : légers, moyen et lourds, déterminés par simple mesure de densité tels que :

- ✓ Pétrole léger avec  $d_4^{15} < 0.828$
- ✓ Pétrole moyen avec  $0.828 > d_4^{15} < 0.875$
- ✓ Pétrole lourd avec  $d^{15} > 0.875$

### 7.2. Classification chimie :

Cette classification divise le pétrole selon la prédominance de l'une des familles d'hydrocarbure, ils peuvent être :

- ✓ Paraffiniques
- ✓ Naphténiques
- ✓ Paraffine –naphténique
- ✓ Aromatique
- ✓ Paraffino-naphténio-aromatique.

### 7.3. Classification selon le facteur de caractérisation K.U.O.P :

- ✓ Aromatique purs : K.U.O.P=10
- ✓ Naphtènes pur : K.U.O.P= 11
- ✓ Hydrocarbures mixtes : K.U.O.P =12
- ✓ Paraffine pur : K.U.O.P=1

### 7.4. Classification économique (technologique) :

#### 7.4.a. Teneur en soufre :

Elle est basée sur la connaissance de la teneur potentielle en soufre dans le pétrole et les fractions pétrolières :

- ✓ Teneur en soufre <0.5% = faible teneur en soufre.
- ✓ 0.5% Teneur en soufre < 2.5% = moyenne teneur en soufre.
- ✓ Teneur en soufre >2.5% = sulfureux.

#### 7.4.b. Teneur en paraffine :

En fonction de la teneur en paraffines, on distingue trois espèces de pétrole :

- ✓ Pétrole peu Paraffiniques <1.5%
- ✓ Pétrole Paraffiniques 1.5-6%
- ✓ Pétrole très Paraffiniques >6%

#### 7.4. c. Teneur en fraction clair (PF<sub>≤350</sub><sup>0</sup>c)

- ✓ Teneur élevée en fraction à PI =250 <sup>0</sup>c : >45% ( pétrole léger)
- ✓ Teneur moyenne en fraction à PI=250 : entre 30 et 45% (pétrole moyen)
- ✓ Teneur en fraction en fraction à PI =250 : <30% ( pétrole lourd)

### II.8. Caractérisation et propriétés pétroliers de pétrole brut:

La connaissance des caractéristiques physico- chimique globale des pétroles est d'une extrême importance vis-à-vis les conditions du traitement initial, le transport, le stockage et va permettre à l'acheteur potentiel d'avoir une première idée des qualités essentielles du brute et d'estimer grossièrement sa valeur.

La connaissance de ces propriétés va permettre au raffineur de faire un choix pour sélectionner les charges de différentes unités de séparation de transformation et de conversion.

#### II.8.1. La densité

La densité est un paramètre physique, sans dimension, spécifique à chaque produit, elle varie d'un gisement à un autre, et d'un point à un autre dans même région géographique.

La connaissance de la densité une importance valeur commerciale car la cotation des pétroles brute dépend en partie de cette propriété, la densité est exprimé le plus souvent en degré API [7].

Les densités des brutes se situent généralement entre 0.8 et 1, on les classe en 4 grandes catégories :

- ✓ Les bruts légers :  $d_4^{15} < 0.825$
- ✓ Les bruts moyens :  $0.825 < d_4^{15} < 0.875$
- ✓ Les bruts lourds :  $0.875 < d_4^{15} < 1.000$
- ✓ Les bruts extra lourds :  $d_4^{15} > 1.000$

C'est le rapport du poids d'un certain volume d'échantillon à une température au poids du même volume d'eau à une température standard .Le choix de l'état standard à 4<sup>0</sup>c permet l'identification des chiffre qui mesurent la densité et la masse volumique, la densité légale en France se mesure à 20<sup>0</sup>c et pour symbole : [11]

$$D_{4}^{20} = \frac{\text{poids d'un volume de produits à } 20^{\circ}\text{c}}{\text{poids du meme volume d'eau à } 4^{\circ}\text{c}}$$

## Chapitre II : Généralité sur le pétrole brut.

---

Le degré API définit par l'American Petroleum Institute, selon la formule suivante

$$\text{Degré API} = \frac{141.5}{\text{specific gravity}} - 131.5$$

### II.8.2. Densité de Vapeur de Reid :

La tension de vapeur mesure la tendance des molécules à s'échapper d'une phase liquide pour engendrer une phase vapeur en équilibre thermodynamique, c'est la pression exercée par le vapeur libérée de tout matériel à une température contrôlé de 37.5 °c. [12,13]

### II.8.3. Indice d'acidité :

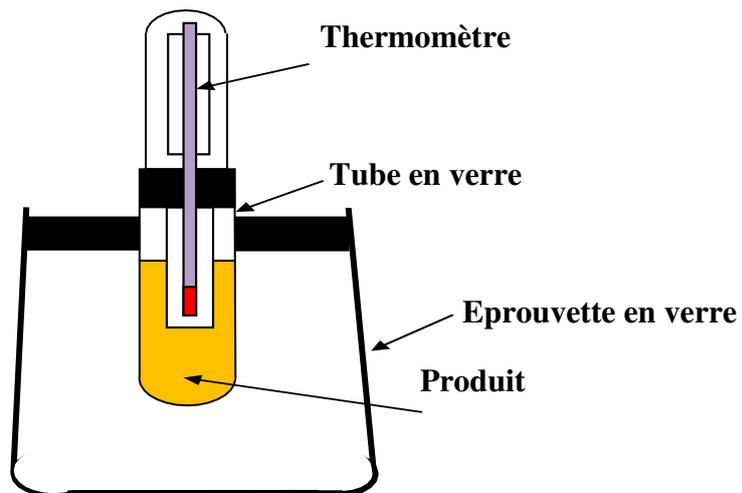
C'est la masse en mg d'hydroxyde de potassium nécessaire au dosage de tous les acides libres présent dans 1g de cette huile. [25]

### II.8.4. Point de trouble :

C'est la température à laquelle la coupe présente des particules solide, en général, on utilise cette mesure pour analyser les coupes kérosène et gazole : le point de trouble est essentiel pour caractériser la température en dessous de laquelle les cristaux qui se matérialisent vont commencer à s'accumuler dans les pores du filtre à carburant et à boucher celui-ci, conduisant à l'arrêt du moteur. [14]

### II.8.5. Point d'écoulement :

C'est la température minimale à laquelle le produit s'écoule encore .On mesure souvent le point d'écoulement d'un brut, d'un gazole, d'une fiole ou d'un lubrifiant pour définir la faisabilité d'un pompage.



**Figure II.4.** : Appareil de mesure du point d'écoulement.

### II.8.6 .Point de congélation :

Est la plus basse température à laquelle un produits continu dans un tube à essai ne coule plus lorsqu'une fraction pétrolière soumise au refroidissement dans une éprouvette de mesure demeure immobile lorsque l'éprouvette est inclinée de 45°C.

Le point d'écoulement = le point de congélation +3°C.

### 8.7. Teneur en soufre :

Le pétrole brute contient des hydrocarbures sulfurés, de l'hydrogène sulfuré dissous et parfois de soufre en suspension .La teneur en soufre est exprimé par le pourcent poids et compris entre 0.05 et 5%.

La connaissance de nature et de la quantité des produits sulfurés contenus dans les coupes pétroliers et les pétroles bruts, constitue une contrainte dans l'établissement du schéma de raffinage et l'élaboration des produits finis pour éviter la dégradation des catalyseurs, la corrosion des équipements, et la pollution. [7,15]

### II.8.8. Teneur en sédiment :

Les sédiments sont des fines particules de sable, de boues de forage, ou des métaux à l'état libre comme le fer ,le cuivre ,le plomb, le nickel , le vanadium ..... provenant de l'érosion des pipelines, bacs de stockage , vannes ou de toute autre tuyauteries que traverse le brute.

La présence de tels produits dans les pétroles bruts est extrêmes gênante puisqu'ils peuvent détériorer des équipements (corrosion, érosion, dépôts, bouchage, empoisonnement ...) [16]

### 8.9. Le facteur de caractérisation K.U.O.P :

Nelson, Watson et Murphy de la société U O P « Univers Oilproducts Co) ont proposé le facteur de caractérisation K.U.O.P pour classer les bruts selon la prédominance d'une famille chimique, et il est directement lié à la température d'ébullition moyenne et la masse volumique du produit pétrolier selon la formule : [17]

$$K.U.O.P = \frac{\sqrt[3]{T_{éb}}}{Spgr^{60/60}}$$

Où:

$T_{éb}$  : température d'ébullition exprime en degrés Rankine ( $^{\circ}R$  )

Est converti à  $^{\circ}C$  selon la formule :

$$R^{\circ} = 1.8 \text{ } ^{\circ}C + 491.67$$

Et

$$Spgr = \frac{d_{15.4}}{0.99904}$$

La connaissance du facteur de caractérisation K.U .O.P permet de situer les tendances des pétroles bruts et des fractions pétroliers :

✓ K.u.o.p=13 pour les paraffines normales et iso.

## Chapitre II : Généralité sur le pétrole brut.

---

- ✓ K.u.o.p=12 pour les hydrocarbures où le poids des chaînes et cycle sont équivalents.
- ✓ K.u.o.p=11 pour les aromatiques et les naphthéniques légèrement substitués.
- ✓ K.u.o.p =10 pour les aromatiques.

### II.8.9. Pouvoir calorifique :

C'est la quantité de chaleur libérée par la combustion de l'unité de volume ou de poids de combustible, lors de la réaction chimique de combustion complète conduisant à la formule de  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$  s'exprime en Kcal/Kg ou en MJ/Kg.

P.C.I : pouvoir calorifique inférieur → c'est le pouvoir calorifique de combustible mesurer ou calculer si l'eau dégagé de la combustion est de forme vapeur.

P.C.S : pouvoir calorifique supérieur → c'est le pouvoir calorifique de calorifique de combustible mesurer ou calculer si l'eau dégagé de la combustion est de forme liquide.

[16]

### II.8.10.La masse volumique :

La masse volumique d'une substance, aussi appelée densité volumique de masse, est une grandeur physique qui caractérise la masse de cette substance par unité de volume.

[26]

Les brut légers présentent généralement une faible masse volumique inférieur à  $900 \text{ kg/m}^3$  et une densité API de  $30^\circ$  ou plus.les brut lourds à l'inverse présente généralement des masse volumique supérieur à  $1000 \text{ Kg/m}^2$  API inférieur à  $20^\circ$ . [27]

### II.8.11.La viscosité :

La viscosité est généralement définie comme étant la caractéristique de la résistance à l'écoulement d'un fluide .Elle est liée à sa densité ainsi qu'à la présence de molécules organiques plus ou moins longue et complexe , plus le pétrole est lourd et moins il sera visqueux [19,8]

La mesure de la viscosité des pétroles bruts à différents température, est particulièrement importante pour le calcul des pertes de charge dans les pipelines, les tuyauteries et les conduits de raffinerie.

## Chapitre II : Généralité sur le pétrole brut.

---

La viscosité cinématique est de rapport de la viscosité absolue à la masse volumique d'un fluide, exprimée couramment en centistoke (cst) et dans le système SI en  $\text{mm}^2/\text{s}$ .

La viscosité absolue (ou dynamique) est le rapport de la contrainte de cisaillement au gradient de vitesse de cisaillement [20]

# **CHAPITRE III :**

## Stabilisation de pétrole

## Chapitre 3 : Stabilisation du pétrole.

---

### III.1. Définition de stabilisation :

Stabilisation est un procédé de séparation des fractions légères du pétrole en vue d'en abaisser la tension de vapeur.

Actuellement, pour stabiliser un pétrole brut sur un champ pétrolier, on utilise un procédé mettant en œuvre plusieurs flashes successifs.

Il s'agit d'un procédé de décompression en plusieurs étapes permettant d'abaisser la pression du pétrole brut qui s'accompagne principalement d'un dégazage pas toujours contrôlable des hydrocarbures les plus légers. [21]

### III.2. Utilité de stabilisation du pétrole :

La stabilisation permet de retirer les composés les plus légers du brut et d'atteindre en fond de colonne la TVR optimale (tension vapeur Reid) requise pour le stockage dans les bacs à toit flottant. Ainsi d'évité le dégazage dans les dessaleurs et les autres unités dans les traitements ultérieurs.

La présence des hydrocarbures légers dans le pétrole brut le rend plus sensible lors des opérations ultérieures car ces gaz peuvent se dégaze de façon intempestive.

Ce problème du dégazage ultérieur du pétrole brut, notamment lors de son stockage ou de son transport soit par un bateau soit par pipe-line, peut être à l'origine de difficultés nombreuses et surtout d'accidents possible. [22]

### III.3. Unité de Dessaleur et colonne de stabilisation du brut :

Cette unité a pour but le traitement et la stabilisation du brut .Ce système se compose de :

- ✓ Deux pompes d'alimentation de la colonne de stabilisation.
- ✓ Un préchauffeur du brut.
- ✓ Un dessaleur à deux étages.
- ✓ Des pompes de recyclage du dessaleur.
- ✓ Un préchauffeur de la stabilisation.
- ✓ Une colonne de stabilisation.
- ✓ Deux pompes du four de la stabilisation.
- ✓ Un four de la colonne de stabilisation.

## Chapitre 3 : Stabilisation du pétrole.

---

- ✓ Un séparateur d'eau.
- ✓ Un aéroréfrigérants du brut stabilisé.
- ✓ Des pompes d'eau de dessalage.
- ✓ Un séparateur triphasique.
- ✓ Un séparateur diphasique.

### **III.3.1. Un préchauffeur du brut et refroidissement du brut stabilisé :**

Le train de préchauffeur du brut / réfrigération du brut stabilisé est constitué par l'association de trios échangeurs disposés en 2 groupes dans le sens du refroidissement du brut stabilisé. L'échangeur permet de préchauffer le brut avant d'entrer dans la colonne de stabilisation en récupérant de la chaleur directement sur le flux du brut stabilisé. Il permet aussi de réduire la taille de l'aéroréfrigérants installé sur ce flux pour refroidir le brut stabilisé à la température requise avant envoi au stockage du brut.

### **III.3.2. Dessaleur du brut :**

Le dessalage a pour but d'éliminer le sel dans le brut afin d'atteindre les spécifications requises. Le dessalage est obtenu par lavage du brut avec de l'eau peu salée puis par séparation des gouttelettes d'eau par un champ électrostatique.

Les étages du dessaleur fonctionnent à contre-courant globale. L'eau de dessalage, provenant du stockage d'eau brut est injectée au niveau du dessaleur de premier et deuxième étage à l'aide des pompes d'eau de dessalage. Le volume de l'eau de dessalage injecté au niveau de la vanne de mélange du deuxième étage est environ deux fois celui injecté au premier étage.

### **III.3.3. Four de stabilisation :**

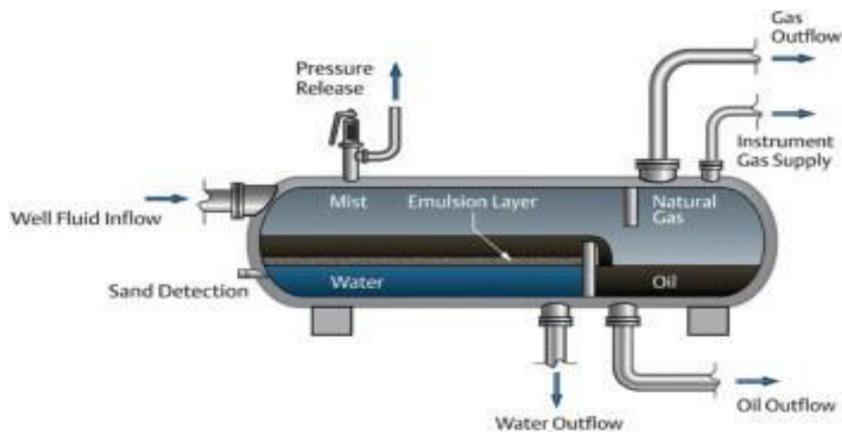
Le four de stabilisation est un four cylindrique vertical à tirage naturel. Le brut pompé du fond de la colonne par les pompes alimente le four de stabilisation. Le four permet d'atteindre la température requise pour ajuster la tension de vapeur du brut dans la colonne.

### **III.3.4. Un séparateur triphasique :**

Le séparateur triphasique constitue le premier étage de séparation. Il reçoit l'huile provenant directement des satellites.

## Chapitre 3 : Stabilisation du pétrole.

Le séparateur triphasique est opéré à 605 barg, avec un temps de rétention de 307 minutes pour l'huile et de 20 minutes pour l'eau.



**Figure III.1 :** schéma d'un séparateur triphasique.

Le gaz est envoyé par contrôle de pression vers l'unité de compression via le collecteur de gaz séparation, l'excès de gaz étant envoyé vers la torche basse pression de l'unité.

### III.3.5. Le séparateur diphasique :

L'huile chauffée à 70 °C alimente le séparateur diphasique qui constitue le deuxième étage de séparation. Il est opéré à 5 Barg avec un temps de rétention de huile de 3.2 minute. Le gaz de flash dû à la chauffe dans le réchauffeur d'huile et à la détente à 5 barg dans le séparateur diphasique est envoyé vers la compression via le collecteur de gaz de flash sous contrôle de pression, l'excès de gaz étant envoyé vers la torche basse pression de l'unité. L'huile est pompée du séparateur diphasique vers le package de dessalage par les pompes d'alimentation du dessaleur.

### III.4. La colonne de stabilisation :

La colonne de stabilisation permet la stabilisation du brut dessalé.

Elle permet d'atteindre la TVR requise pour le stockage c'est-à-dire qu'elle permet d'augmenter la température du point de bulle de l'huile stabilisée au-dessus de la température de sortie des aérorefrigérants d'huile. La chaleur en fond de colonne est fournie par le rebouilleur.

## Chapitre 3 : Stabilisation du pétrole.

---

Plusieurs paramètres ont une influence significative sur les performances de la colonne de stabilité et par conséquent sur la TVR en sortie de l'huile de traitement d'huile :

### III.4.1. Pression dans la colonne :

Plus la pression est élevée et plus les performances de la colonne seront dégradées. La pression a une grande influence sur la circulation liquide/ vapeur dans la colonne. La pression ne devra pas être considérée comme une variable de contrôle. La pression est régulée en tête de colonne par un contrôleur qui agit sur les vannes.

### III.4.2. Température en fond de colonne :

Plus la température en fond de colonne est élevée et plus la TVR sera faible. La température en fond de colonne dépend de la température de sortie du rebouilleur. A une pression donnée la TVR, et la température de fond de colonne sont corrélés. De la même manière, à une température de fond de colonne donnée, la TVR et la pression sont corrélées. Ainsi, un calculateur prenant en compte la pression et la température en fond de colonne permet d'estimer la TVR. Le contrôle de la chauffe du four peut être commandé par le calculateur de TVR en fond de colonne ou par la température en fond de colonne.

Le calculateur de TVR en fond de colonne permet d'estimer la TVR dans les conditions suivantes :

- ✓ Pression en fond de colonne entre 5 et 504 bar.
- ✓ Température en fond de colonne entre 130 et 165 °C
- ✓ Répartition de la charge dans la colonne : 20% au niveau de l'alimentation froide en tête de colonne et 80 % au niveau de l'alimentation intermédiaire en sortie du préchauffeur de la colonne de stabilisation.

De manière générale, le contrôle de la chauffe du four sera commandé par un des calculateurs de TVR en fond de colonne. L'opérateur entre la TVR cible en fonction de la température extérieure pour éviter le dégazage de l'huile dans les bacs de stockage à toit flottant.

### III.4.3. Répartition de la charge dans la colonne :

Ce paramètre est accessible en sortie du package de dessalage. Par défaut, la répartition est la suivante 20% au niveau de l'alimentation froide en tête de colonne et 80

## Chapitre 3 : Stabilisation du pétrole.

---

% au niveau de l'alimentation intermédiaire en sortie du préchauffeur de la colonne de stabilisation. Ce paramètre influence sur les trafics liquide-vapeur au niveau des plateaux de la colonne de stabilisation. L'influence de la modification de ce paramètre est importante et difficile à évaluer sans effectuer préalablement de simulation. La répartition de la charge ne doit pas être considérée comme une variable de contrôle.

### **III.5.Procédé et la chaîne de stabilisation :**

L'huile dessalée alimente la colonne de stabilisation P10-CB-21-01.

25% du débit alimente directement la tête de la colonne (alimentation froide) : 75 % du débit alimente le préchauffeur de la colonne de stabilisation P10-GA-01 A/B (alimentation chaude de la colonne). Le préchauffeur de la colonne de stabilisation est constitué de deux calandres en série. Chaque calandre peut être by-passée. La température de l'huile provenant du package de dessalage est de 70°C environ. Elle passe coté tubes et elle est chauffée par l'huile stabilisée qui passe coté calandre. Afin d'optimiser la récupération de chaleur, la température de l'huile stabilisée en sortie du préchauffeur coté calandre, est régulée à 120°C.

La colonne de stabilisation opérant à 5 barg permet de retirer les plus légers du brut et d'atteindre en fond de colonne la TVR (tension de vapeur Reid) requise pour le stockage dans les bacs à toit flottant. En d'autres termes, la colonne de stabilisation permet d'augmenter la température de vaporisation de l'huile stabilisée au-dessus de la température de sortie des aéroréfrigérants d'huile. La chaleur en fond de colonne est fournie par le four de remouillage P10-FA-21-01.

La colonne de stabilisation permet d'atteindre une TVR de 7 psi dans le cas été (c'est-à-dire pour obtenir un point de bulle de 61°C à pression atmosphérique) et de 10 psi dans le cas hiver (c'est-à-dire pour obtenir un point de bulle de 42 °C à pression atmosphérique).

La colonne de stabilisation comporte 21 plateaux réels, 8 plateaux à 2 passes sont installés dans la partie supérieure de la colonne, 13 plateaux à quatre passes dans la partie inférieure. L'alimentation froide liquide est réalisée en tête de colonne, au-dessus du plateau 21 ; l'alimentation chaude mixte est réalisée au-dessus du plateau 13.

## Chapitre 3 : Stabilisation du pétrole.

---

Afin de limiter la présence de sel dans la colonne, des soutirages d'eau sont installés sur les plateaux 11 et 19. Ils permettent de l'eau qui s'écoule par différence de densité dans des pots de récupération. L'eau accumulée est drainée manuellement vers le package de traitement des eaux huileuses.

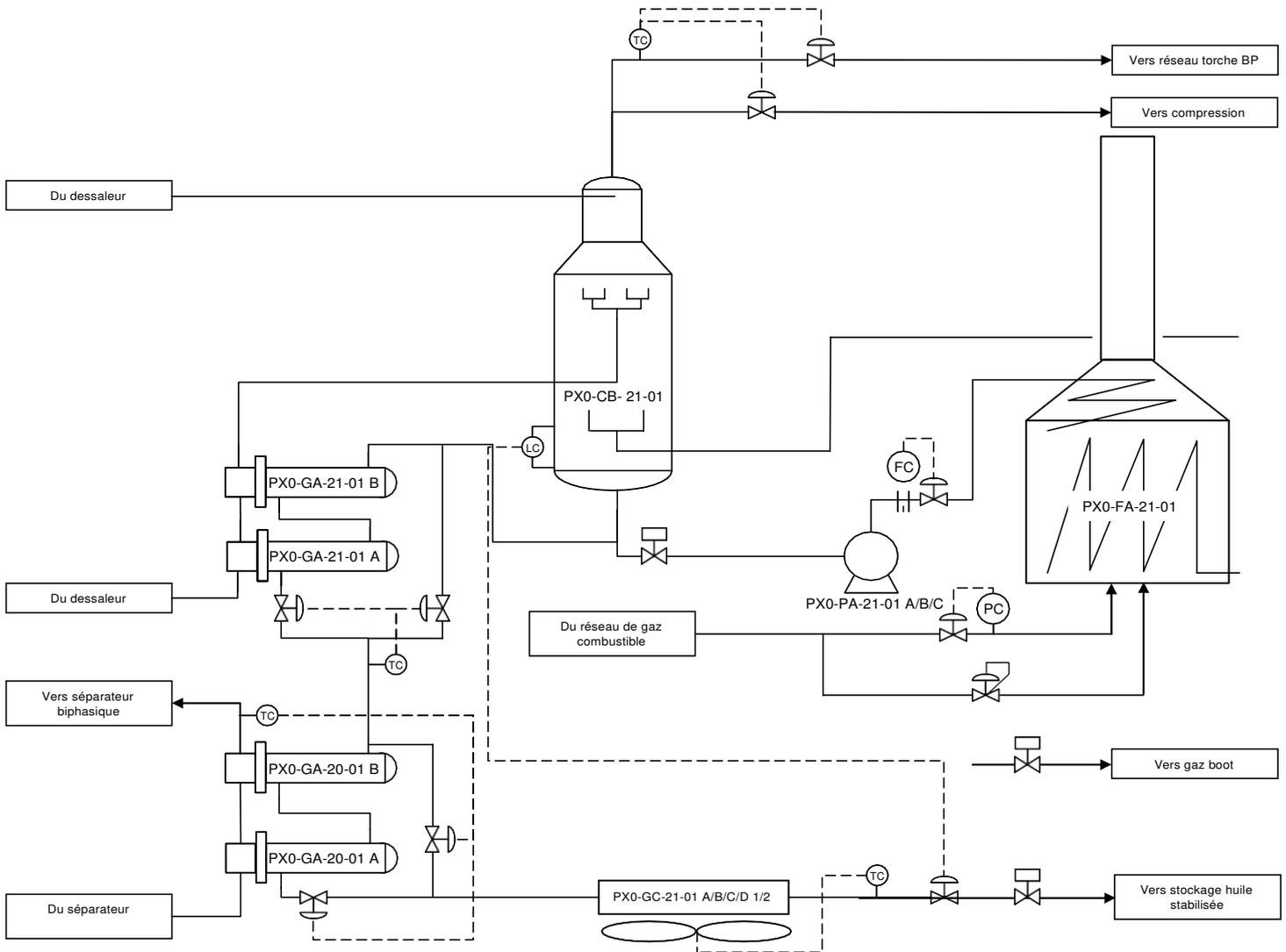
Le liquide descendant du plateau 1 est mélangé à l'huile stabilisée en fond de colonne qui ne comporte pas de cloison.

Une partie de l'huile en fond de colonne alimente le four de rebouillage P10-FA-21-01 par les pompes de recirculation du rebouilleur P10-PA-21-01 A/B/C (3\*50%). Le four apporte la chaleur nécessaire à la stabilisation et permet la vaporisation d'une partie de l'huile stabilisée. Le retour vers la colonne du mélange biphasique en sortie de four de rebouillage est réalisé sous le plateau 1. La vapeur alimente le plateau 1 alors que le liquide est mélangé au liquide stabilisé en fond de colonne et en vapeur et en partie.

Le four de rebouillage est un four à tirage naturel à quatre passes. Le débit vers les passes est équilibré manuellement. Le four dispose de six brûleurs et six pilotes. Le gaz provient du système de gaz combustible. Un pot de récupération est installé en amont du package de gaz combustible pour collecter le liquide éventuellement présent dans le gaz. Chaque four dispose de son propre ballon d'azote haute pression pour permettre l'étouffement du four en cas d'incendie.

L'huile stabilisée chaude (entre 135°C dans le cas hiver et 160°C en été) sort de la colonne et passe côté calandre dans le préchauffeur de la colonne de stabilisation puis côté calandre dans le réchauffeur d'huile et cède ainsi de sa chaleur à l'huile non stabilisée. Le refroidissement final avant stockage est assuré par les réfrigérants d'huile stabilisée P 10-GC-21 A/B/C/D. Constituée de 4 baies en parallèle, chaque baie comporte deux ventilateurs dont un à pales variables. [22].

## Chapitre 3 : Stabilisation du pétrole.



**Figure III.2 :** Schéma de stabilisation.

**PX0-VA-20-01 :** Séparateur triphasique.

**PX0-VA-20-02 :** Séparateur diphasique.

**PX0-GA-20-01 A/B :** Réchauffeur d'huile.

**PX0-UZ-21-01 :** Package de dessalage.

**PX0-GA-20-01 A :** préchauffeur de la colonne de stabilisation.

**PX0-GA-20-01-B :** Echangeur.

**PX0-PA-21-01 A/B/C :** Pompe de recirculation de rebouilleur.

# **CHAPITRE IV :**

*Simulation de l'unité de stabilisation de Hassi Messaoud*

# Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

## **IV.1.Introduction :**

Le simulateur est un outil précieux pour le calcul du procédé, il facilite énormément la tâche de l'ingénieur lui fait gagner beaucoup du temps.

Les logiciels de simulation sont de plus en plus nombreux et utilisés, parmi les logiciels les plus connus dans le domaine du génie chimique est le logiciel HYSYS PROCESS.

Les domaines d'application : procédés de l'industrie gazière et procédés de raffinage et de la pétrochimie.

## **IV.2. Simulation des procédés industriels :**

La simulation est un outil utilisé dans différents domaines de l'ingénierie et de la recherche en général, permettant d'analyser le comportement d'un système avant de l'implémenter et d'optimiser son fonctionnement en testant différentes solutions et différentes conditions opératoires. Un modèle n'est pas une représentation exacte de la réalité physique, mais il est seulement apte à restituer les caractéristiques les plus importantes du système analysé.

La simulation est une forme particulière de l'expérience, dans une expérience ordinaire (au laboratoire), l'expérimentateur exerce une action directe sur l'objet à étudier, par contre dans la simulation ce contact n'existe pas en ce sens que l'expérimentateur n'agit pas directement sur l'objet mais sur son modèle mathématique.

Un modèle mathématique est un ensemble d'équations qui décrivent le comportement d'un système à étudier (opération unitaire : séparation de phase, fractionnement de composants, compression, détente, échange de chaleur ou autre). Ces équations sont souvent des relations de conservation de masse, d'énergie et des équations de conservation de quantité de mouvement.

Les simulateurs de procédés chimiques utilisés classiquement dans l'industrie chimique ou para chimique, peuvent être considérés comme des modèles de connaissance. Ils sont basés sur la résolution de bilans de masse et d'énergie, des équations d'équilibres

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

thermodynamique,...et sont à même de fournir l'information de base pour la conception. Ils sont principalement utilisés pour la conception de nouveaux procédés (dimensionnement d'appareil, analyse du fonctionnement pour différentes condition opératoires, optimisation), pour l'optimisation de procédés existants et l'évaluation de changement effectuée sur la condition opératoire.

Ces simulateurs disposent tous d'une base de données thermodynamique contenant les propriétés des corps purs (masse molaires, température d'ébullition sous condition normales, paramètres des lois de tension de vapeur,...). Cette base de données est enrichie d'un ensemble de modèles thermodynamiques permettant d'estimer les propriétés des mélanges. [23]

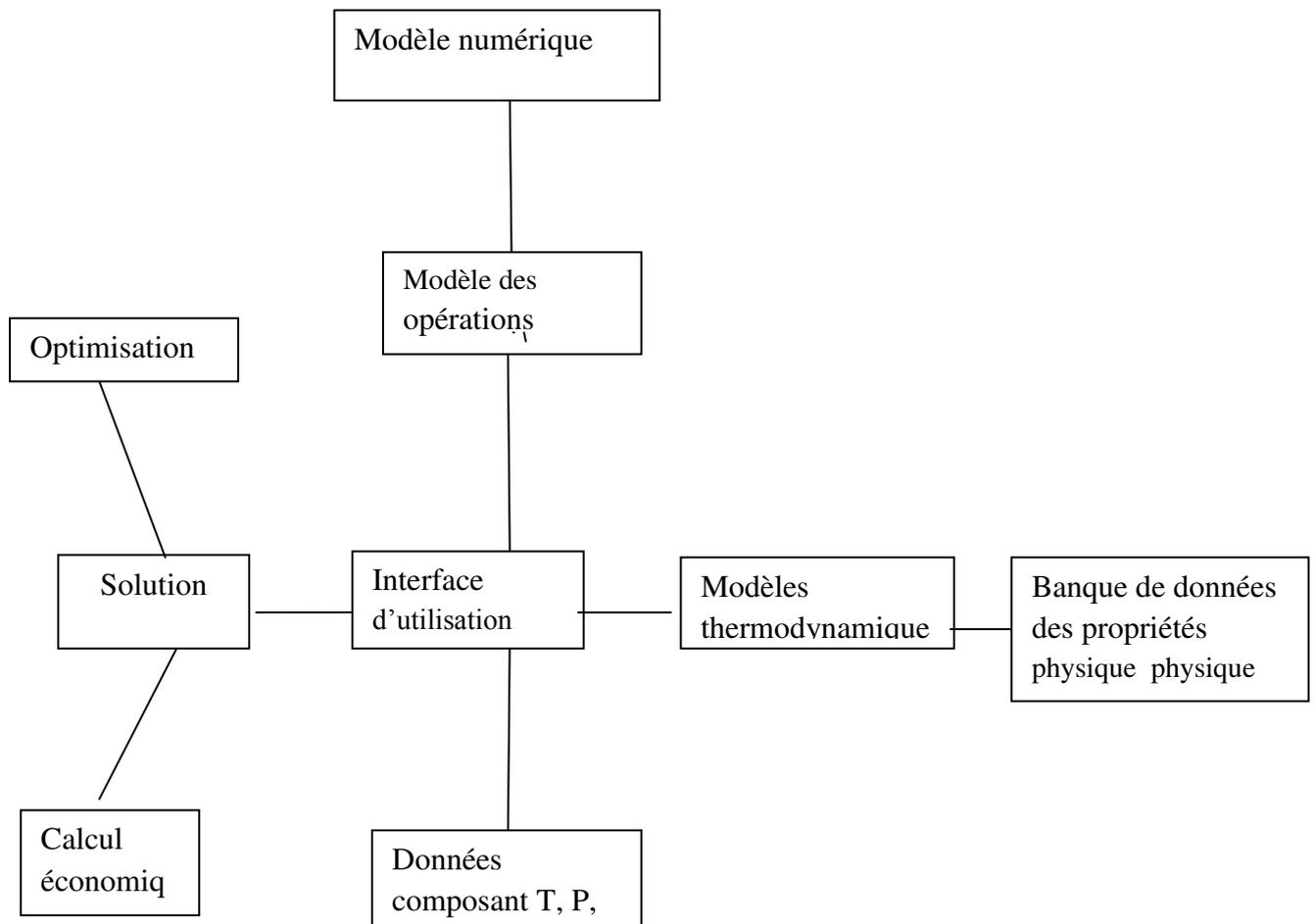
Tout simulateur industriel de procédé chimique est organisé autour des modules suivant :

- Une base de données des corps purs et un ensemble de méthodes pour estimer les propriétés des mélanges appelés aussi modèles thermodynamique.
- Un schéma de procédés permettant de décrire les liaisons entre la différente opération unitaire constituant l'unité PFD (Process Flow Diagram).
- Des modules de calcul des différentes opérations unitaires contenant les équations relatives à leur fonctionnement : réacteur chimique, colonne de distillation, colonne de séparation, échangeurs de chaleur, pertes de charges, ... [23]

Les différentes tâches qu'un simulateur de procédé devrait effectuer sont :

- ✓ La résolution des bilans de matière et d'énergie.
- ✓ L'optimisation du procédé.
- ✓ Le dimensionnement des équipements.
- ✓ L'évaluation économique du procédé.

**IV.3. Présentation du logiciel simulation :**



**Figure IV.1. :** Présentation du logiciel de simulation. [21]

**IV.4. Simulation statique et dynamique :**

Il y a deux modes de fonctionnement dans un simulateur : statique (stationnaire) et dynamique (transitoire).

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

L'état stationnaire de simulation : la simulation stationnaire d'un procédé vise à définir la propriété des flux (débit, température, fraction vaporisée), ainsi que le bilan de matière et d'énergie en régime stabilisé. Les simulateurs statique résolvent des équations statiques qui traduisent le fonctionnement régime permanent (à l'équilibre).

L'état dynamique de la simulation : la simulation dynamique d'un procédé vise à définir les n'est pas stable. Les simulateurs dynamiques permettent d'évaluer l'évolution des variables dans le temps à partir de la résolution de système d'équation différentielles.

Les simulateurs commerciaux les plus connus sont Aspen Plus (Aspen Technologies), Design II (de winsim), Hysys(Hyprotech), PRO II (simulation sciences), PROSIM et CHEMCAD. [23]

### **IV.5. Introduction sur le simulateur de calcul Hysys :**

« Hysys » est un simulateur de calcul, c'est un produit qui continuellement élargit les limites du process en engineering Software.

« Hysys » permet de créer des modèles rigoureux statique et dynamique pour le design des unités.

A travers ses interfaces on a la possibilité de manipuler facilement les variables process. Le rôle de la simulation est d'améliorer la compréhension du process pour permettre de prendre les meilleures décisions, les solutions apportées ont été et restent des simulations interactives.

Les ingénieurs engagés dans l'engineering de design utilisent le logiciel Hysys pour faire des calculs rapides en utilisant des modèles efficace et des techniques optimal.

La simulation par Hysys réduit les coûts de l'engineering par :

- ✓ Des calculs rapides de différents designs en utilisant des modèles efficaces et des techniques optimales pour s'assurer que les équipements du procédés sont correctement spécifiés afin de délivrer les caractéristiques du produit voulues aux rendement de la production désirés.

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

- ✓ Création de modèles qui peuvent être appliqués durant le fonctionnement de l'unité à partir du design de conception jusqu'aux détails : Estimation, formation et optimisation.

Le Hysys demande, pour définir ces corps, de remplir un tableau de valeurs à utiliser lors des calculs. En outre, pour caractériser les mélanges d'hydrocarbures complexes, il est possible d'utiliser les résultats d'analyses normalisées telles que TBP, ASTM, K.u.o.p...ect.

Le Hysys va par la suite utiliser ces données pour générer un nombre fini (choisi par l'utilisateur) de pseudo corps repérés par leurs points d'ébullition normaux pour représenter ces mélanges

Ces dernières n'ont pas seulement prouvé de faire l'utilisation la plus efficace de la simulation mais de construire un modèle interactif avec des résultats immédiats. [23]

Dans notre cas nous allons utiliser la simulation pour la TVR.

### **IV.6. Concepts et caractérisation de la simulation Hysys :**

HYSYS est un simulateur de conception orientée-objets .Tout changement spécifié sur un élément est répercuté dans tout le modèle .Dans ce qui suit, on définit les principaux concepts de base et vocabulaires associés, qui sont utilisés pendant les étapes de construction d'un modèle dans le simulateur Hysys :

- ✓ « Fluide Package » : il permet de définir les composants chimiques présents dans le procédé simulé et leurs affecte les propriétés chimiques et physiques contenues dans la base de donnée des corps purs .Il permet aussi de définir les modèles thermodynamique qui seront utilisées pour le calcul des propriétés des mélanges et de définir les cinétique des réactions chimiques mises en jeu dans le procédé.
- ✓ « Process Flow Diagram » : ce diagramme permet de visualiser les courants et les opératoires unitaires, représentées par des symboles dans le

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

- « Flowsheet », ainsi que la connectivité entre les courants, les opérations unitaires et les tableaux de propriétés des courants.
- ✓ « Work book » : il permet d'avoir accès à l'information sur les courants et les opérations unitaires sous formes de tableau de données.
- ✓ « Desktop » : c'est l'espace principal de Hysys pour visualiser les fenêtres lors de la conception.
- ✓ « Property view » : il contient l'information décrivant un objet (opération ou courants).
- ✓ « simulation case » : (fichier de simulation) c'est l'ensemble des « Fluid Packages », « Flowsheets » et « Flowsheet Eléments » qui constituent le modèle.

Quelque caractéristique de Hysys sur la manière dont sont réalisés les calculs :

- ✓ Gestion des événements (Event Driven) : Hysys combine le calcul interactif (les calculs sont exécutés automatique chaque fois que l'on fournit une nouvelle information) avec un accès instantané à l'information (à tout moment on peut avoir accès à l'information depuis n'importe quel environnement de simulation).
- ✓ Gestion intelligente de l'information (Built-in intelligence) : les calculs des propriétés thermodynamiques s'effectuent instantanément et automatiquement dès qu'une nouvelle information est disponible.
- ✓ Opérations modulaires : chaque courant ou unité d'opération peut réaliser tous les calculs nécessaires, en utilisant l'information soit indiquées dans l'opération ou communiquée depuis un courant l'information est transmise dans les deux directions à travers les Flowsheets. [23]

### **IV.7. Les modèles thermodynamique de Hysys :**

#### **IV.7.1. Les équations d'états :**

Les modèles basés sur les équations d'état (PR, SRK...etc.) sont souvent utilisées pour le calcul des systèmes d'hydrocarbures et des systèmes presque idéaux. Leurs

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

avantages par rapport aux autres modèles résident dans le fait de l'utilisation des coefficients d'interaction binaires.

En générale les équations d'état permettent de calculer l'ensemble des propriétés talque, le facteur de compressibilité, le volume molaire, la masse volumique, l'enthalpie résiduelle, l'énergie libre résiduelle, le coefficient de fugacité, la constante d'équilibre et l'ensemble des dérivées de ces propriétés par rapport à la température et aux fractions molaires.[23]

### ✓ Equation d'état de Redlich-Kwong(RK) :

Considères comme la plus simple des équations d'état, elle est très utilisée pour prédire l'état de la phase vapeur :

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{\sqrt{T}} \cdot \frac{1}{V(V+b)} \dots\dots\dots (1)$$

Avec :

$$a = 0.427480 \frac{R^2}{P_c} T_c.$$

$$b = 0.086640 \frac{RT_c}{P_c} .$$

**a, b** : constante liées à la température et à la pression critiques.

**R** : constante des gaz parfaits

### ✓ L'équation cubique en Z (coefficient de compressibilité) s'écrit :

$$Z^3 - Z^2 + Z (A-B-B_2) - AB=0 \dots\dots(2)$$

Avec :

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

$$A = a \frac{P}{R^2} \cdot \frac{1}{T^2}.$$

$$B = b \cdot \frac{P}{R^2} \cdot \frac{1}{T^2}.$$

$$Z = \frac{PV}{RT}.$$

**A, B** : constantes liées à la température et à la pression.

**Z** : coefficient de compressibilité.

✓ **L'équation du coefficient de fugacité de constituant pour s'écrit :**

$$\ln \frac{f}{p} = (Z - 1) - \ln (Z - B) - \frac{A}{B} \left( Z \frac{a^{0.5}}{a} - \frac{b}{b} \right) \ln \left( \frac{Z+B}{Z} \right) \dots \dots (3)$$

Pour le mélange :

$$a = \left( \sum Y a^{0.5} \right)^2.$$

$$b = \sum Y b.$$

Fugacité du constituant i dans le mélange en phase vapeur :

$$\ln \phi = \frac{b}{b} (Z-1) - \ln (Z-B) - \frac{A}{B} \left( \frac{a^{0.5}}{a} - \frac{b}{b} \right) \ln \left( \frac{Z+B}{Z} \right) \dots \dots (4)$$

Enthalpie résiduelle du mélange :

$$(H-H^*)_T = RT (Z-1) \cdot T \left( \frac{\partial a}{\partial T} - a \right) \cdot \frac{1}{b} \cdot \ln \left( \frac{Z+B}{Z} \right) \dots \dots (5)$$

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

✓ **L'équation d'état de Soave-Redlich-Kwong(SRK) :**

Cette équation modifiée de Redlich-Kwong est utilisée dans le calcul des constantes  $K_i$  et de l'enthalpie :

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V(V+b)} \dots \dots \dots (6)$$

$$A = A [1 + (0.480 + 1.574w - 0.176w^2) (1 - T_r^{0.5})]^2.$$

Avec :

$$a = 0.427480 \frac{R^2}{P_c} T_c.$$

$$b = 0.086640 \frac{R T_c}{P_c}.$$

$$T_r = \frac{T}{T_c}.$$

✓ **L'équation du coefficient de fugacité de constituant pur d'écrit :**

$$\ln \frac{f}{p} = (Z-1) - \ln (Z-B) - \frac{A}{B} \ln \left( \frac{A+B}{Z} \right) \dots \dots \dots (7)$$

Pour les mélanges :

$$a = \sum_i \sum_j Z_i Z_j a_{ij}.$$

$$a_{ij} = (1 - K_i) (a_i a_j)^{0.5}.$$

$$b = \sum Z_i b_i.$$

$$Z_i = x_i \text{ ou } y_i.$$

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

$K_i$  : coefficient d'interaction.

$x_i, y_i$  : fraction molaires des constituant i et j.

✓ **La fugacité du constituant i dans le mélange en phase vapeur :**

$$\ln \phi = \frac{b}{b} (Z-1) - \ln (Z-B) - \frac{A}{B} \left( Z \sum_j \frac{z_i a_{ij}}{a} - \frac{b}{b} \right) \ln \left( \frac{Z+B}{Z} \right) \dots \dots \dots (8)$$

✓ **Equation de Peng-Robinson (PR) :**

Elle est similaire à celle de Soave-Redlich-Kwong et très recommandée pour les traitements du gaz, notamment au voisinage du point critique :

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2 + 2bV + b^2} \dots \dots \dots (9)$$

✓ **L'équation cubique en Z (coefficient de compressibilité) s'écrit :**

$$Z^3 - (1-B) Z^2 + Z (A - 3B - 2B) - (AB - B_2 - B_3) = 0 \dots \dots \dots (10)$$

Avec:

$$A = a \cdot \frac{P}{R^2} \cdot \frac{1}{T^2}$$

$$B = b \cdot \frac{P}{R^2} \cdot \frac{1}{T^2}$$

$$Z = \frac{PV}{RT}$$

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

L'expression du coefficient de fugacité de constituant pur s'écrit :

$$\ln \frac{f}{p} = (Z-1) - \ln (Z-B) - \frac{A}{2\sqrt{2}B} \ln \left( \frac{Z+\sqrt{2}+1}{Z-\sqrt{2}-1} \cdot \frac{B}{B} \right) \dots\dots(11)$$

$$a = \sum_i \sum_j Z_i Z_j a_{ij}$$

$$a_{ij} = (1 - K_i) (a_{ji})^{0.5}$$

$$b = \sum Z_i b_i$$

$$Z_i = x_i \text{ ou } y_i$$

✓ la fugacité du constituant i dans le mélange en phase vapeur :

$$\ln \phi = \frac{b}{B} (Z-1) - \ln (Z-B) - \frac{A}{B} \left( 2 \sum_j \frac{Z_j a_{ij}}{a} - \frac{b}{B} \right) \ln \left( \frac{Z+B}{Z} \right) \ln \left( \frac{Z+(\sqrt{2}+1)B}{Z-(\sqrt{2}-1)B} \right) \dots\dots(12)$$

$$(H-H^*)_T = RT (Z-1) - T \left( \frac{\partial a}{\partial T} - a \right) \ln \left( \frac{Z+(\sqrt{2}+1)B}{Z-(\sqrt{2}-1)B} \right) \dots\dots (13)$$

Le modèle thermodynamique pour notre travail est basé sur l'équation Peng-Robinson ce dernier est le plus recommandé pour le domaine de gaz et de brut.

✓ Le coefficient d'activité dans une solution liquide peut s'écrit :

$$\ln y = \frac{v(\partial i - \bar{Y})}{RT}$$

## Chapitre 4 : Simulation d'unité de stabilisation de Hassi Messaoud

---

$$\bar{y} = \frac{\sum xv y}{\sum xv}$$

### IV.8. Choix du modèle thermodynamique :

Le modèle thermodynamique est composé par une série d'équation développées dans l'objectif de décrire le comportement d'un système en évolution (opération unitaire, séparation de phases, fractionnement de composants, compression, détente, échange de chaleur ...t), ce sont des équations de conservation de masse, d'énergie et de quantités de mouvement, ces équations peuvent être algébrique ou différentielles.

Le développement de l'informatique dans le domaine de simulation nous permet de résoudre le problème de calcul manuel long, en utilisant comme outil les logiciels de simulation.

Le simulateur peut être utilisé lors de la conception d'un procédé industriel afin de :

- ✓ Etablir les bilans de matière et d'énergie.
- ✓ Dimensionner les équipements de ce procédé ou bien dans le suivi des procédés déjà existants afin de :
- ✓ Réajuster les paramètres de fonctionnement dans le cas de changement de composition de l'alimentation ou les conditions de fonctionnement d'un certain équipement.
- ✓ Déterminer les performances des équipements.

Les logiciels de simulation donnent accès à un panel de modèles thermodynamiques pour les unités de séparation de pétrole brut, permettant de calculer les coefficients d'équilibre liquide-vapeur, les valeurs d'enthalpies et d'entropie, ainsi que les propriétés thermodynamiques adéquates. [23]

Nous avons utilisé un modèle basé sur les équations d'états (Peng Robinson) qui est le plus utilisé pour le mélange d'hydrocarbures.

conclusion générale

# conclusion

Notre étude concerne a porté sue d'étudier de l'unité de stabilisation de Hassi Messaoud et optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne de stabilisation. Notre but est d'obtenir une section avec un fluide taux d'engorgement et une perte de charge minimale et atteindre la TVR optimale.

D'après notre travail, l'optimisation de reflux froid au sommet de la colonne de stabilisation (diminution du débit du reflux froid) permet d'augmenter la température au fond et la température du sommet, tout en conservant le gradient de température et la qualité des produits.

# Références bibliographique

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE :

- [1] : DJIMTE MADJI et BENACHA Hani et MORSLI Hamza (mémoire de fin d'étude)  
Université de Boumerdes 2008.
- [2] : Web graphic : [ww.Sonatrach.com/nos-activités](http://ww.Sonatrach.com/nos-activités).
- [3] : KRARROUBI Ratiba « problème de coincement au d'ingénieur » (université Boumerdes  
2006).
- [4] : PDF 1 -UTBS-IAP-Boumerdes
- [5] : KHELLADI, M. « Qu'est ce que le pétrole ».Elaboration et conception (SONATRACH),  
(1984).
- [6] : [www.wikipédia.com,l'encyclopédie](http://www.wikipédia.com,l'encyclopédie) libre documentation internet.
- [7] : <http://www.connaissance> des énergies.org/en-dehors-du-transport-quels-sont-les autres-  
Usage-du-pétrole.
- [8] : <http://jancovici.com> /transition-énergétique/pétrole/a-quoi-nous-sert-ce-fameux-pétrole/.
- [9] : <http://l'homme-esclave-de-l'or-noir.e-monsite.com/> page /les utilisations-du pétrole.html.
- [10] : Jeremy Laxalade.Analyse des produits lourds du pétrole par spectroscopie vibrationnelle.  
Chimie thermique et /ou physique .université des sciences et technologie de Lille-Lille F,  
2012, française.
- [11] : FEIAISLEM.OKBA Mohammed Nadjib ; Amélioration de la teneur en précurseurs  
D'aromatiques de la NAPHTA B au niveau du splitter de l'unité Topping de la raffinerie  
De SKIKDARAI/K ; 01/06/2015.
- [12] : <http://www.yumpu.com/fr/document/view/31132105/Sahara-blend-amp-produit-dacriivas->  
Ministre-de-lacnergie et-desmines.
- [13] : Technique nouvelle pour l'exploration et l'exploitation des ressources de pétrole et de gaz

Les tome 1 volume1.Editions TECHNIP, 1979 ; page 14.

[14] : Jean-Pierre WUAQUAIER, le raffinage du pétrole tome 2, 1994 éditions technip.

[15] : [http://www.actenvironnement.com/ae/dictionnaire-environnement/diffinition/gaz-de-Pétrole-liquifier-glp.php4](http://www.actenvironnement.com/ae/dictionnaire-environnement/diffinition/gaz-de-Petrole-liquifier-glp.php4).

[16] : ENSPM formation industrie IFP training(2004), le pétrole, édition d'TFP, paris.

[17] : Hicham E, Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu Acide ortho-phosphorique par un antibiotique organique, Mémoire d'Etudes Supérieures Approfondies, université de Oujda(Maroc) ,2000.

[18] : M.Dibenedetto.LES METAUX LOURDS, « Génie des procédés », centre SPIN, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

[19] : C.Wolff « Viscosité » Technique de l'ingénieur, (1982).

[20] : M.KENAOUI et DIDAOUI, construction à l'étude de fractionnement et caractérisation Pétrole brut Algérien : 2014-2015.

[21] : PDF2-UTBS-IAP-Boumerdes.

[22] : RAHIM Khaled et BENRAHLA Sohaib, calcul de vérification des paramètres de Fonctionnement de la colonne de stabilisation PXO-CB-21-01 de l'UTBS : juin 2012.

[23] :PDF Mémoire master.

[24] :[www.chimix.com](http://www.chimix.com).

[25] : [www.mt.com](http://www.mt.com).

[26] : [fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org).