



République Algérienne Démocratique Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur & de la
Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued



Faculté de Technologie

Département de Génie des procédés et Pétrochimie

Spécialité: Génie Pétrochimie

Mémoire de la fin d'étude

Présenté pour l'obtention de diplôme : de Master académique

Thème :

**La filtration de l'eau d'injection des bacs du stockage
de la région TFT: étude comparative**

Présenté par :

1. Baouia Mohammed Tahar
2. Soualah Khaled
3. Kadri Salah Eddine

Soutenu publiquement le: 13/06/2022

Devant le jury compose de :

Président	Dr. Zeghoud Laid	université
Examineur	Dr. Rouahna Nour Eddine	université
Encadreur	Dr. Ahmouda Kaouthar	université

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciements

Ô Allah, à toi sont tous les remerciements, et à toi sont toutes les louanges, et toutes les louanges t'appartiennent

L'achèvement de cette modeste recherche, que nous considérons, si Dieu le veut,

Une référence utile pour tous les étudiants en sciences

Sincères remerciements et reconnaissance de gratitude, d'appréciation et de gratitude au professeur superviseur "**Ahmouda Kaouthar** " qui n'a pas lésiné sur nous avec ses conseils

Nous adressons également nos sincères remerciements à tous les professeurs de l'Institut des sciences et de la technologie qui ont encadré notre enseignement tout au long du parcours universitaire à l'Université d'El-oued.

Nous adressons également nos plus sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail

Dédicace

A ceux dont les prières m'ont mis en sécurité

A celui qui a marché avec moi vers le rêve, pas à pas, le semant ensemble et le récoltant ensemble... A celui dont le front était usé par la sueur et les jours lui fendaient les mains... A

celui qui m'a appris que les grandes actions ne s'accomplissent qu'avec patience, détermination et détermination... A celui je porte son nom avec fierté... A mon père, que Dieu prolonge sa vie et le revête du vêtement de la santé et du bien-être.

À un cœur chaud et à une main tendre... À qui je suis resté éveillé la nuit pour dormir... Pour toi est une goutte dans la mer de ton grand don... Amour, obéissance et droiture.

A tous les frères, sœurs et amis.

ملخص:

ان من اهم المشاكل التي اصبحت تشكل عائقا كبيرا على منطقة تفت (تين فوين تبن كورت) و يهدد انتاجها هو تشكل كبريتات الباريوم والتي تنتج بسبب الباريوم الموجود في الماء المصاحب للبترول الخام داخل البئر و الكبريت الموجود في ماء الحقن الذي يحافظ على ضغط البترول داخل البئر للحفاظ على تدفقه، والذي يستوجب عليهم الولوج الى تقنيات معالجة مياه الحقن قبل حقنها من ترسيب و فلترة بجميع انواعها (الفلتره النانوية والتناضح العكسي وغيرها)، وفي دراستنا هذه بينا مبدا كل تقنية وكذا اهم الفروقات بينها و نتائجها.

الكلمات المفتاحية:

البترول - الفلتره النانوية - التناضح العكسي - تقنيات المعالجة.

Résume :

L'un des problèmes les plus importants qui est devenu un obstacle majeur à la zone de TFT (**Tin Fouyé Tabankort**) et menace sa production est la formation de sulfate de baryum, qui est produit en raison du baryum présent dans l'eau accompagnant le pétrole brut à l'intérieur du puits et le soufre présent dans l'eau d'injection, qui maintient la pression du pétrole à l'intérieur du puits Pour maintenir son débit, ce qui les oblige à accéder à des techniques de traitement de l'eau d'injection avant de l'injecter de sédimentation et de filtration de toutes sortes (nanofiltration, osmose inverse, etc.) , et dans cette étude nous avons montré le principe de chaque technologie ainsi que les différences les plus importantes entre elles et leurs résultats.

les mots clés:

Pétrole - nanofiltration - osmose inverse - techniques de procédés.

Abstract :

One of the most important problems which has become a major obstacle to the TFT (**Tin Fouyé Tabankort**) area and threatens its production is the formation of barium sulfate, which is produced due to the barium present in the water accompanying the crude oil inside the well and the sulfur present in the injection water, which maintains the pressure of the oil inside the well to maintain its flow rate, which requires them to access oil treatment techniques. injection water before injecting it with sedimentation and filtration of all kinds (nanofiltration, reverse osmosis, etc.), and in this study we have shown the principle of each technology as well as the most important differences between them and their results.

key words:

Petroleum - nanofiltration - reverse osmosis - process techniques.

Liste des acronymes

SONATRACH : Société Nationale de Transport et de Commercialisation

TFT : Tin Fouyé Tabankort des Hydrocarbures.

BNP : Produit National Brut.

TEP : Tonnes Equivalent Pétrole.

GPL : Gaz du Pétrole Liquéfié.

HP: Haute Pression

ASME: American Society of Mechanical Engineers.

AMA: AMASSAK

TAM: Tamendjelt

TDH: Total dynamic head

TFN: Tifernine

TFY: Tin Fouyé

TVD: True Vertical D

DJW : Djoua

H : Hauteur dynamique [mètre]

HMB : Hassi Mazoula B

HMZ : Hassi Mazoula

HZS : Hassi Mazoula Sud

NF : Nanofiltration

NFEI : Nanofiltration + Résine à Echange d'Ions

OI : Osmose Inverse

OIEI : Osmose Inverse + Résine à Echange d'Ions

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	
Dédicace.....	
TABLE DES MATIÈRES	
Liste des Figures	
Liste des Tableaux.....	
Introduction générale.....	
Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements	2
I.1.Introduction.....	3
I.2. la représentation de la région TFT.....	3
I.2.1. Situation géographique.....	3
I.2.2. La représentation du gisement de la région TFT.....	4
I.2.3. Historique de production.....	5
I.2.4. Représentation de la direction régionale de la région TFT.....	6
I.2.4.1.1. LA division exploitation.....	6
I.3. Les périmètres de région TFT.....	9
I.4. Les caractéristiques et Production du Pétrole brut et du gaz et de l'eau de la région TFT.....	9
I.4.1. Les caractéristiques du Pétrole brut.....	9
I.4.2. L'évolution de la production du Pétrole brut Introduction.....	10
I.4.3. Les caractéristiques du Gaz de la région du TFT.....	11
I.4.4. Les caractéristiques de l'eau associée et l'eau d'injection.....	14
I.5. Précipitation de sulfate de baryum dans les équipements de sulfate de baryum (Dépôt de BaSO ₄) dans les équipements de surface.....	16
I.6. Conclusion.....	19
Chapitre II : Techniques de filtration de l'eau de l'injection	20
II.1 Introduction	21

II .4.2. La filtration.....	28
II.5.Conclusion.....	41
Chapitre III : Techniques de filtration de l'eau de l'injection	42
III.2 Matériaux et méthodes	43
III.2.1 Matériaux	43
III.2.2 Méthodes.....	43
III.2.2.1. Protocole expérimental de dosage qualitatif de l'eau associée, quantitatif de l'eau de l'injection, la nanofiltration des sulfates.....	42
III.2.2.1.1. Dosage qualitatif de l'eau associée.....	42
III.2.2.1.2. Dosage quantitatif de l'eau de l'injection.....	44
III.2.2.1.3.Le protocole de la nanofiltration des ions sulfates dissoutes dans l'eau d'injection.....	45
III.3 Résultats et descussion.....	46
III.3.1 Le dosage qualitatif de l'eau associée, quantitatif de l'eau de l'injection, la filtration des sulfates dissoutes.....	46
III.3.1.2. La filtration d'ions de sulfates dissoutes dans l'eau d'injection par différentes techniques de filtration.....	47
III.4. Comparaison entre la rentabilité de différentes techniques de filtration ainsi que leurs couts de production.....	51
III.5. Conclusion	54
Conclusion générale	55
BIBLIOGRAPHIE.....	57

Liste des Figures

Figure.I.1 : LA SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE TFT .	4
Fig. I.2 : Organigramme de la direction régionale de TFT	8
FIGURE I.3 : Les périmètres de la région TFT	9
Figure I.4 : Le dépôt de BaSO_4 dans les manifolds	17
Figure :I.5. Le dépôt de BaSO_4 dans les manifolds	17
Figure I.6 : Le dépôt de BaSO_4 dans les séparateurs.....	18
Figure :I.8. Le dépôt de BaSO_4 dans les bacs tampon	18
Figure II.2 : Injection groupée	23
Figure II.3: Injection dispersée	24
Figure II.4 : Image originale du sel de sulfates de baryum.....	25
formé dans une conduite da la zone de TFT	25
Figure. II.5. Représentation de la technique de sédimentaire	27
Figure II.5 : Les matières dissoutes tels que les sels sont aussi possible de les séparer [1]	30
Figure II.6: Représentation le principe de Microfiltration tangentielle	31
Figure II.7 : le principe de l'ultrafiltration.	32
Figure. II.8 : Le principe de l'osmose inverse	33
Figure II.9 : Schéma simplifié du principe de nanofiltration.	35
Figure :II.10. opérations membranaires mettant un œuvre un gradient de pression - Classement selon la taille moyenne de pores (rayon) des membranes mises en jeu.	36
Figure : II.11.membrane globalement neutre	37
Figure II.12 : exemple d'une membrane chargée négativement et d'un mélange d'ions mono et multivalents ($\text{Na Cl}/\text{Na}_2\text{SO}_4$).	37

Figure III.3 : schéma représente les étapes du dosage qualitatif.....	44
Figure III.4 : schéma représente les étapes du dosage quantitatif	45
Figure : III.5 : la représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par l'osmose inverse à 6 bars	49
Figure :III.6: la représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par l'osmose inverse.....	50
Figure:III.7. la représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par la nanofiltration à 6 bars	51
Figure III.8 : la représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par la nanofiltration à 10 bars	52

Liste des Tableaux

Tableau I.1: Les dates de découverte et de mise en service des périmètres de champs TFT [1]	5
Tableau I.2 : Analyse des (densités, salinité, des échantillons parvenus) des bacs d'expédition du pétrole brute [1]	9
Tableau I.3. L'évolution de la production du Pétrole brut [1].....	10
Tableau I.4 : Les caractéristiques du Gaz de la région du TFT [1].....	11
Tableau I.5 : Les caractéristiques du Gaz de la région du TFT en autre date prélèvement [1]	14
Tableau I.6 : Les caractéristiques des de l'eau associée (ORDOVICIEN) [1].....	15
Tableau I.7 : Les caractéristiques des de l'eau d'injection	16
Tableau II.1: Procédés de filtration en fonction de la taille des particules [8]	34
Tableau III. 1 : Les concentrations des ions de baryum et sulfates.....	47
Tableau III. 2 : La nanofiltration à 6 bars et à différentes températures 20, 30 et 40 °C	48
TABLEAU : III .3 : le dosage quantitatif d'ions de sulfates dans l'eau d'injection sans et après la filtration par la technique de l'osmose inverse à 10 bars et à différentes températures 20, 30, 40 °C.....	50
Tableau III. 4 : La nanofiltration à 6 bars et à différentes températures 20, 30 et 40 °C	51
Tableau III. 5 : La nanofiltration à 10 bars et à différentes températures 20, 30 et 40 °C	52
Tableau III. 6 : La comparaison de la nanofiltration et l'osmose inverse à filtrer l'ions de sulfates à différentes pressions et températures	53

Introduction Générale

INTRODUCTION GENIRALE

La direction régionale de Tin Fouyé Tabankort ou (TFT) fait partie de la division de production de la société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures. Elle est chargée de la production du pétrole et du gaz dans ses différents gisements. La direction régionale de production TFT est créé en 1976 pour réorganiser de l'ancien secteur de In Aménas.

Au début de forage dans la zone de production TFT le pétrole brut montait vers le haut spontanément à cause de la grande pression à l'intérieur des puits de pétrole brut. Mais avec le temps, cette pression chutait rapidement qui rendait la monte spontanée du pétrole devenue impossible. L'injection de l'eau dans les puits de pétrole pour le faire monter en haut est réussie à maintenir cette pression élevée, mais avec le temps, de nouveaux problèmes de colmatage sont apparus dans les puits, bacs de stockage de pétrole brut, et dans les conduites de transport du pétrole brut.

La formation des sels durs et insolubles de la réaction entre les ions chimiques contenant dans l'eau associée au pétrole brut et celles contenant dans l'eau d'injection est la cause principale de ce colmatage. Notamment le sel du sulfate de baryum qui se forme de la réaction entre les ions du baryum (Ba^{2+}) contenant dans l'eau associée au pétrole brut (l'eau associée est barytée) et les ions de sulfates (SO_4^{2-}) contenant dans l'eau d'injection.

Alors, la recherche des solutions pour éviter la formation de sels de colmatage est une nécessité. Différentes techniques de la filtration des ions chimiques contenant dans l'eau de l'injection sont connues comme la sédimentation, l'osmose inverse et résine échangeuse d'ions, et la nanofiltration membranaire. La nanofiltration est une technique qui se caractérise par un taux de conversion et un débit élevé, très sélective, et non énergivore.

Ce travail a étudié la filtration des ions de sulfates contenant dans l'eau d'injection de la batterie filtration de la station d'injection d'eau CS2 (center de séparation) de la région TFT par différentes techniques de filtration tels que la nanofiltration et la sédimentation à différentes conditions de pressions et températures.

La représentation de ce manuscrit est comme suivant : une introduction générale. Une partie théorique se compose de trois chapitres : le premier chapitre présente une description de la région TFT, le deuxième chapitre présente les techniques de filtration de l'eau, et le détaille la technique de la nanofiltration de l'eau. La deuxième partie pratique de ce manuscrit présente le troisième chapitre qui montre les matériaux et méthodes utiles et les protocoles expérimentaux utilisés, puis les résultats obtenus et la discussion. En fin, une conclusion générale .

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

I.1.Introduction

Un gisement de pétrole est généralement constitué de gaz, d'huile et d'eau. Ces trois fluides ne sont pas nécessairement présents en même temps, car il existe des gisements d'huile et de gaz et des gisements de gaz sans huile, par contre l'eau est un constituant permanent du gisement, variablement chargée en sels.

La direction régionale de Tin Fouyé Tabankort ou (TFT) fait partie de la division de production de la Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures (SONATRACH) [1].

Elle est chargée de la production du pétrole et du gaz dans les différents gisements qui existent dans la région TFT, Le principe La direction régionale TFT production créée en 1976 dans le cadre de réorganisation de l'ancien secteur de In Aménas [1].

I.2. Le représentation de la région TFT

La région de TFT c'est une partie de la division de production de la Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures (SONATRACH), et dans cette section nous present les informations les plus importantes sur TFT (la Situation géographique et représentation du gisement de la région et la direction régionale de la région TFT, Historique de production).

I.2.1. Situation géographique

La Région de Tin Fouyé Tabankort (TFT) est située dans la partie Nord -Ouest du bassin d 'Illizi, plus précisément à 300 km au Nord - Ouest d 'In-Amenas à 500 km au Sud-Est de Hassi Messaoud sur la route national N°3, à 1300 Km d'Alger et dépend administrativement de la Wilaya d'Illizi. La région se trouve sur une altitude de 432 m à une superficie de 4000 Km² selon les coordonnées [1].

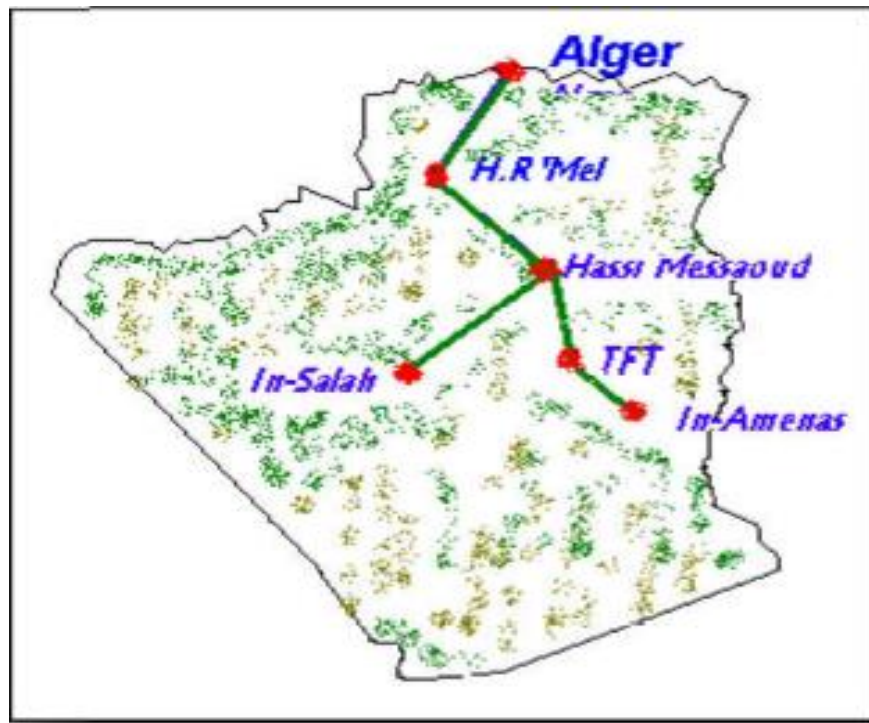


Figure.I.1 : LA SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE TFTA [1]

Y1=3110000

Y2=3900000

X1=3100000

X2=400000

La région de Tinhert se trouve sur une altitude de **432 m** avec une température ambiante qui varie entre **0°C** et **45°C** durant l'année. Elle est limitée par les coordonnées UTM (Universal Transverse Mercator).

I.2.2. La représentation du gisement de la région TFTA

Le gisement de TFTA a deux réservoirs productifs, le dévonien et l'ordovicien. Le réservoir ordovicien est de profondeur de **2100 m** en moyenne, il tient son nom de l'ancienne tribu celtique des ordovices qui vivait dans la région du pays de Galles.

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

Le dévonien est un réservoir d'huile à une profondeur de **1400 m**, il est non éruptif exploité par des modes artificiels, il tient son nom du comté du Devon dans le Sud-ouest de l'Angleterre.

L'ordovicien est le principal gisement, il a été découvert en 1967. Ce réservoir est une colonne d'huile sous forme d'un anticlinale surmonté par le gaz-cap au sud et d'huile au nord, le réservoir s'étend sur 7 à 15 Km du nord au sud et 25 km d'est à l'ouest.

Le dévonien est un réservoir d'huile non éruptif exploité par des modes artificiels.

La région TFT est divisée en deux secteurs :

- Le secteur nord regroupe les champs du TFT ordovicien et dévonien (TAM, AMA et Djoua).
- Le secteur sud et nord, les champs de Tin-Fouyé et Mazoula.

Les dates de découverte des champs de TFT et de leurs mises en production sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.1: Les dates de découverte et de mise en service des périmètres de champs TFT [1]

	<i>Champs</i>	<i>Date de découverte</i>	<i>Date de mise en service</i>
Secteur sud	<i>TIN FOUYE</i>	1961	1963
	<i>HASSI MAZOULA SUD</i>	1963	1966
	<i>HASSI MAZOULA B</i>	1966	1967
	<i>TIN FOUYE NORD</i>	1966	1966
	<i>HASSI MAZOULA</i>	1958	1965
Secteur nord	<i>TFT ZONE 100</i>	1966	1967
	<i>DJOUA QUEST</i>	1966	1968
	<i>TFT ORDOVICIEN</i>	1967	1968
	<i>TFT ZONE EST</i>	1968	1968
	<i>TAMENDJELT</i>	1970	1974
	<i>AMASSAK</i>	1970	1974

I.2.3. Historique de production

La région de TFT est connue par sa capacité de production d'huile, classée la 2^{ème} région après Hassi Messaoud qui produit moyenne de : \approx 10700 T/jour d'huile presque 13000

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

m³ / jour. ☐ 18500 m³ / jour d'eau. ☐ 3500 000 m³ / jour de gaz. Le réservoir de TFT ordovicien (2000 m) produit la plus grande partie de la production de la région. Son exploitation a commencé en novembre 1968. Jusqu'au 1975, les puits forés étaient en nombre de 52, dont 49 producteurs. La surface embrasser par les forages ne présentait que 40% de la surface de TFT, la production d'huile en 1974 a atteint 2634000 tonnes. En raison de la diminution de pression de gisement conduisant à l'épuisement de l'énergie de réservoir, le projet de maintien de pression a été introduit en 1980. Les résultats ont commencé à ce manifester à partir de 1984 ou il a été produit 2751651 tonnes, 4976886 tonnes en 1981 et 4410176 tonnes en 1994 et 3504200 tonnes en 1998 et 3987213 tonnes en 2004.

Plusieurs techniques de récupération d'huile ont été utilisées dans la région de TFT : récupération primaire (puits éruptif), et récupération secondaire (gaz -lift, maintien de pression par injection d'eau et pompage électrique) [2].

I.2.4. Représentation de la direction régionale de la région TFT

La direction régionale de TFT, fait partie de la division production de l'entreprise SONATRACH. Elle est chargée de la production du pétrole du champ de TFT et de la gestion de toutes les divisions qui lui sont rattachées. [1]

La direction régionale TFT est constituée de trois (03) divisions techniques et trois (03) divisions techniques de soutien et trois (03) divisions de soutien [1].

➤ Les divisions techniques

- Division Engineering/ production.
- Division exploitation.
- Division maintenance

➤ Les divisions techniques de soutien

- Division réalisation.
- Division approvisionnement et transport.
- Division sécurité.

➤ Les divisions de soutien

- Division finance
- Division intendance.
- Division personnelle.

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

I.2.4.1.1. LA division exploitation

La division exploitation est chargée de l'exploitation de l'huile et du gaz du champ de TFT, qui comporte trois secteurs, le secteur nord (TFT ORDO, AMASSAK et DJOUA), le secteur sud (TIN-FOUYE et MAZOULA) et le secteur TFR. La division assure également des activités dans le cadre du maintien de pression des gisements, par la production et l'injection d'eau ainsi que l'injection de gaz lift. La production d'huile estimée est dans les environs de 9000 m³/j.

Parmi les tâches accomplies par la division exploitation, on peut citer :

L'ouverture et fermeture des puits [1].

Le signal des problèmes et des anomalies de collecte, de stockage ou d'expédition.

Le test de certains paramètres des puits dans le cadre d'un programme périodique, tels que : les débits (huile, gaz, eau), le pourcentage d'eau, la pression en tête de puits.

A. Les différents services de la division Exploitation :

La division Exploitation est composée de cinq services, qui sont :

- o Service maintien de pression.
- o Service FGL (fermeture gaz-lift).
- o Service UTG (unité de traitement gaz).
- o Service huile nord.
- o Service huile sud.

- **Service exploitation Huile Nord :**

Ce service assure l'exploitation de l'huile du secteur nord. Il comprend cinq centres de séparation CS1, CS2, CS3, CS4, CS5 ainsi que les centres de TAM et AMASSAK. L'huile récupérée est envoyée vers le centre de stockage et d'expédition de l'huile du secteur nord center principale de collecte (CPC).

- **Service exploitation Huile Sud :**

Ce service s'occupe de l'exploitation de l'huile du secteur sud. Il comprend cinq centres de Séparation Manifold (MF)1, MF2, MF3, MF4, MF5, ainsi que les centres CTFN, DJOUA et MAZOLA.

L'huile récupérée est envoyée vers le centre de stockage et d'expédition de l'huile du secteur sud (CPC/TFY).

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

- **Unité de traitement des gaz associés**

Cette unité a pour objectif la récupération des gaz torchés (haute et basse pression) du gisement ordovicien. Sa mission consiste à comprimer, sécher et traiter le gaz pour le commercialiser et dont une partie est utilisée pour les besoins en « gaz lift ». La capacité de traitement de cette unité est de 4,8.106 Sm³/jour.

- **Service fermeture gaz lift (FGL)**

Ce service assure la récupération des gaz torchés au niveau des différents centres du secteur sud et du centre de stockage TFT, la compression, le traitement au niveau des stations GL et l'injection du gaz dans les puits.

- **Service maintien pression**

Ce service assure la production d'eau et son injection dans le réservoir ordovicien, il comporte deux stations de production TAM et TFNE et deux stations d'injection CS2 et AMA.

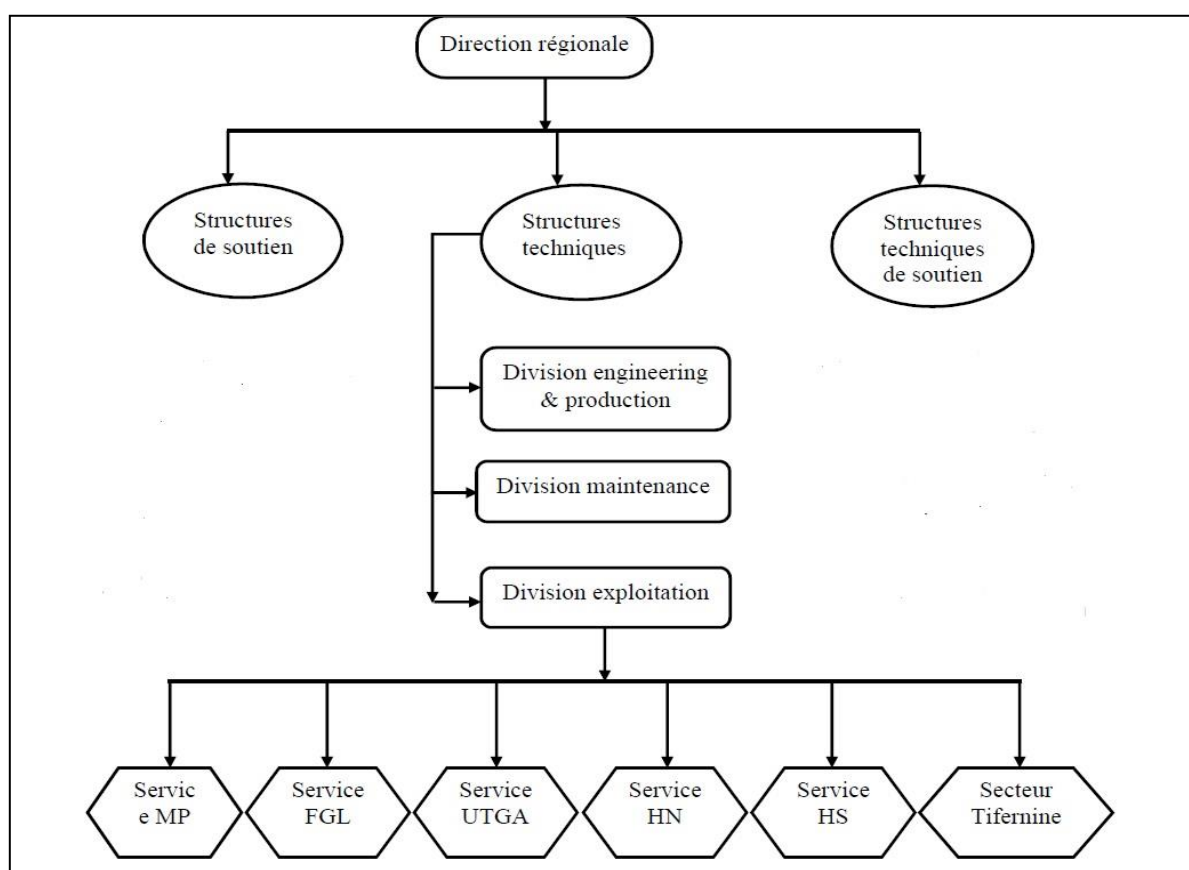


Fig. I.2 : Organigramme de la direction régionale de TFT [1]

I.3. Les périmètres de région TFT

Le réservoir de TFT se caractérise par l'importante variation d'épaisseur, de faciès et de caractéristiques pétro-physiques. Les accumulations principales d'huiles et de gaz appartiennent à l'unité IV-3 et IV-2 de l'ordovicien et surmontés par les argiles siluriennes (couverture) [1].

Le champ de TFT est composé de quinze (15) périmètres d'exploitation, ces derniers sont représentés dans la figure suivante :

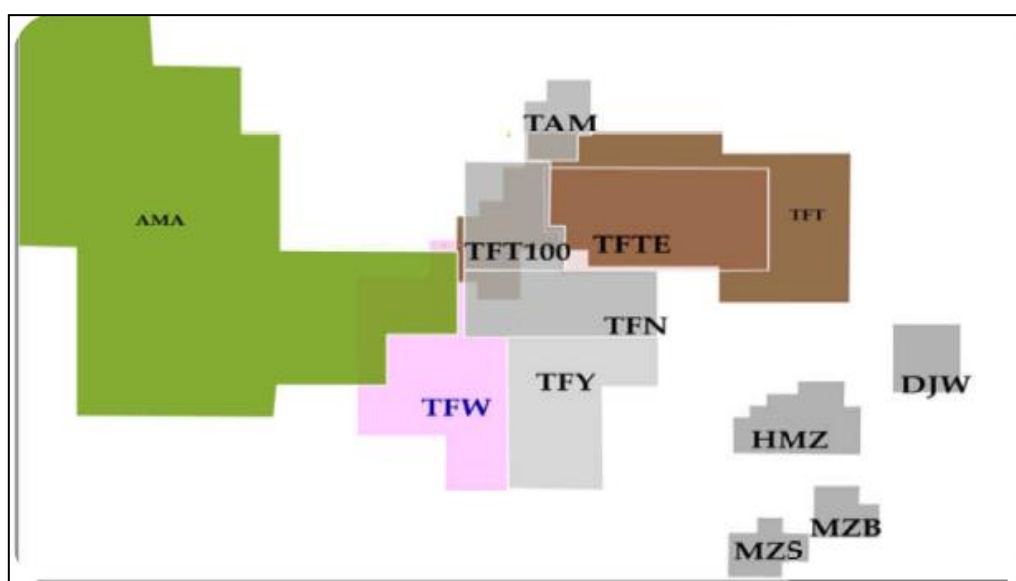


FIGURE I.3 : Les périmètres de la région TFT [3]

I.4. Les caractéristiques et Production du Pétrole brut et du gaz et du l'eau de la région TFT

I.4.1. Les caractéristiques du Pétrole brut

Tableau I.2 : Analyse des (densités, salinité, des échantillons parvenus) des bacs d'expédition du pétrole brute [1]

Bac du stockage	Densité	T (°C)	Salinité (mg/l)
TFT RS	0.815	16	40.95
ODN	0.812	22	105.30
TFY R1	0.813	19	46.80

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

I.4.2. L'évolution de la production du Pétrole brut Introduction

Tableau I.3. L'évolution de la production du Pétrole brut [1]

Année	Production de Pétrole brut (m³)	Année	Production de pétrole brut (m³)
1967	1693	1992	4100035,746
1968	2597	1993	3910122,324
1969	99402	1994	3846794,697
1970	519683	1995	3445590,156
1971	1104266	1996	3452478,545
1972	1719350	1997	3289462,716
1973	2251701	1998	3400423,611
1974	2643865	1999	3448843,203
1975	3263353	2000	3346324,04
1976	4609000	2001	3163939,823
1977	4870105,423	2002	2962425,106
1978	4358037,382	2003	3318814,813
1979	3545186,66	2004	3482607,498
1980	3097329,901	2005	3315034,436
1981	1881466,074	2006	3172104,518
1982	1451424,802	2007	3017130,118
1983	1438187,542	2008	2672202,52
1984	1768104,161	2009	2448793,154
1985	3324736,184	2010	2152201,091
1986	3495280,725	2011	2111333,278
1987	3373463,937	2012	2048007,601
1988	3425720,005	2013	1841727,586
1989	3956766,182	2014	1825058,18
1990	4338415,178	2015	1773165,625
1991	4342878,598	2016	3218874,387

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

I.4.3. Les caractéristiques du Gaz de la région du TFT

Le gaz est prélevé au-dessus du champ pétrolifère, c'est-à-dire au-dessus de l'eau et du pétrole, en raison de la densité de chacun d'eux

Les différents caractéristiques (du gaz de la région TFT) sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau I.4 : Les caractéristiques du Gaz de la région du TFT [1]

Identification	Gaz Séparateur CS-2 HP	Gaz séparateur CS-2 BP	Gaz séparateur CS-5 HP	Gaz séparateur CS-5BP
Date prélèvement	24.04.2019	24.04.2019	25.04.2019	25.05.2019
Heure prélèvement	09h55	09h30	07h50	08h25
Date Analyse	08.05.2019	14.05.2019	08.05.2019	15.05.2018
Constituants.	%Molaire			
Azote	1.447	1.921	1.426	2.58
Dioxyde de carbone	1.356	1.278	1.412	1.269
Méthane	75.146	64.602	73.996	73.262
Ethane	11.564	14.020	12.811	11.910
Propane	6.145	10.012	6.542	6.275
I-Butane	0.749	1.417	0.724	0.743
n-Butane	2.090	4.028	1.937	2.138
I-Pentane	0.474	0.905	0.393	0.533
n-Pentane	0.574	1.085	0.463	0.689
Hexanes	0.250	0.477	0.198	0.378
Heptanes	0.082	0.186	0.068	0.156
Benzène	0.004	0.007	0.003	0.006
Octanes	0.022	0.055	0.020	0.042
Toluène	0.003	0.007	0.003	0.006
Nonanes	0.004	0.000	0.004	0.000
Décanes	0.000	0.000	0.000	0.00
Undécanes	0.000	0.000	0.000	0.00
Totale	100.000	100.000	100.000	100.000
PROPRIETES DU GAZ REEL				

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

M _c (g /mole)				
Z _{mél} (t ₂ ,p ₂)		25.37	22.07	
d (t ₂ ,p ₂)	22.01	0.9946	0.9960	22.48
p(t ₂ ,p ₂),(kg/m ³)	0.9961	0.8803	0.7646	0.9959
p cal SUP ,	0.7627	1.0787	0.9369	0.7792
(kcal/m ³)	0.9346	11410.89	10969.94	0.9548
P cal INF,	11393.26	10360.00	9949.13	11472.06
(Kcal/m ³)	10343.40	13050.17	12820.64	10420.04
INDICE DE	13045.89			12996.46
WOBBE				
(Kcal/m ³)				
Identification	Gaz Séparateur CS-3 BP	Gaz séparateur CS-4BP	Gaz séparateur CS-4 HP	Gaz séparateur Amassak HP
Date prélèvement	24.04.2019	24.05.2019	24.05.2019	24.05.2019
Heure du prélèvement	09h15	08h20	08h45	10h40
Date Analyse	15.05.2019	14.05.2019	08.05.2019	
Constituants	Composition Molaire %			
Azote	2.756	2.736	1.540	1.819
Dioxyde de	1.355	1.301	1.390	1.249
carbone	72.898	69.940	75.113	76.982
Méthane	12.099	12.828	11.993	10.845
Ethane	6.228	0.924	5.923	5.119
Propane	0.758	7.260	0.686	0.628
I-Butane	2.147	0.924	1.898	1.824
n-Butane	0.495	2.685	0.438	0.443
I-Pentane	0.650	0.883	0.549	0.590
n-Pentane	0.384	0.492	0.295	0.329
Hexanes	0.167	0.197	0.125	0.124
Heptanes	0.008	0.009	0.006	0.005
Benzène	0.045	0.046	0.035	0.032
Octanes	0.006	0.005	0.006	0.005
Toluène	0.004	0.000	0.003	0.006
Nonanes	0.000	0.000	0.000	0.000
Décanes	0.000	0.000	0.000	0.000

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

Undécanes				
Totale	100.000	100.000	100.000	100.000
PROPRIETES DU GAZ REEL				
M (g /mol)				
Zmél(t2,p2)				
d (t2,p2)	22.53	23.54	21.96	21.56
p(t2,p2),(kg/m ³)	0.9959	0.9955	0.9961	0.9963
p cal SUP ,	0.7807	0.8160	0.7608	0.7468
(kcal/m ³)	0.9567	1.0000	0.9323	0.9152
	11448.95	11953.41	11346.25	11141.79
INDICE DE	10399.27	10869.58	10299.99	10109.60
WOBBE	12957.59	13232.39	13007.82	12892.59
(Kcal/m ³)				

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

Tableau I.5 : Les caractéristiques du Gaz de la région du TFT en autre date prélèvement [1]

Identification	Gaz Séparateur CS-1 BP	Gaz séparateur CS-1 HP	Gaz séparateur TFNW BP	Gaz séparateur TFNW HP
Date prélèvement	25.04.2019	25.04.2019	27.04.2019	27.04.2019
Heure prélèvement	09h35	09h10	11h15	11h30
Date Analyse	09.05.2019	08.05.2019	13.05.2019	09.05.2019
Constituants	Composition Molaire %			
Azote	3.314	1.571	5.671	1.387
Dioxyde de carbone	1.292	1.312	1.197	1.226
Méthane	72.146	76.460	72.173	76.253
Ethane	11.759	11.190	10.058	11.649
Propane	6.014	5.61	4.982	5.346
i-Butane	0.827	0.647	0.675	0.663
n-Butane	2.208	1.805	1.919	1.901
i-Pentane	0.641	0.426	0.782	0.476
n-Pentane	0.874	0.541	1.037	0.621
Hexanes	0.622	0.284	0.997	0.334
Heptanes	0.228	0.108	0.408	0.111
Benzène	0.009	0.004	0.007	0.005
Octanes	0.056	0.028	0.087	0.023
Toluène	0.005	0.003	0.000	0.003
Nonanes	0.005	0.008	0.007	0.002
Décanes	0.005	0.002	0.000	0.000
Undécanes	0.000	0.000	0.000	0.000

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

I.4.4. Les caractéristiques des de l'eau associée et l'eau d'injection

Tableau I.6 : Les caractéristiques des de l'eau associée (ORDOVICIEN) [1]

Compositions	ORDOVICIEN	
	TFT 97	CS5 HP
Na ⁺	42000	37500
K ⁺	4160	2200
Ca ⁺⁺	34373	27955,8
Mg ⁺⁺	3599	3830,4
Ba ⁺⁺	1064	752
Sr ⁺⁺	1040	1162,5
Fe ⁺⁺	73,5	263,2
Total	86309,5	73663,9
Anions (mg/l)		
HCO ₃ ⁻	36	15,9
CO ₃ ⁻	00	00
SO ₄ ⁻	00	00
Cl ⁻	134113	127113,2
Total	134149	127129,2

Chapitre I : présentation de la région TFT et la formation du sulfate de baryum dans ses équipements

Tableau I.7 : Les caractéristiques des de l'eau d'injection

N° Puits	Q huile m ³ /j	Q eau m ³ /j	% eau	Salinité	Nature du puits	Date test
TFT 34	30,4	247,1	89,04	135	Sulfaté	03/12/97
TFT 35	33,8	126,8	79,00	58,5	Sulfaté	02/11/97
TFT 39	8,1	54,7	87,1		Sulfaté	28/09/97
TFT 40	108,7	0,6	0,55	117	Sulfaté	05/12/98
TFT 42	41,5	10,3	19,88	35	Sulfaté	05/12/98
TFT 53	13,7	46,3	77,17	111	Sulfaté	31/01/96
TFT 54	1,1	52,3	97,94	64	Sulfaté	27/03/97
TFT 73	94,8	15,5	14,05	58,5	Sulfaté	28/12/98
TFT 203	98,1	41,00			Sulfaté	03/01/98
TFT 231	37,3	47,6	56,00	65	Sulfaté	27/01/98
TFT 254	13,6	46,6	78	47	Sulfaté	18/09/98

I.5. La précipitation de sulfate de baryum (Dépôt de $BaSO_4$) dans les équipements de surface

La formation de sulfate de baryum ne se limite pas aux seuls puits, mais dépasse également tous les équipements de surface et sous cette figure nous expliquons sa formation dans tous les équipements

La couleur jaune représente la formation de sulfate de baryum dans un chaque équipement

- de $BaSO_4$ dans les manifolds

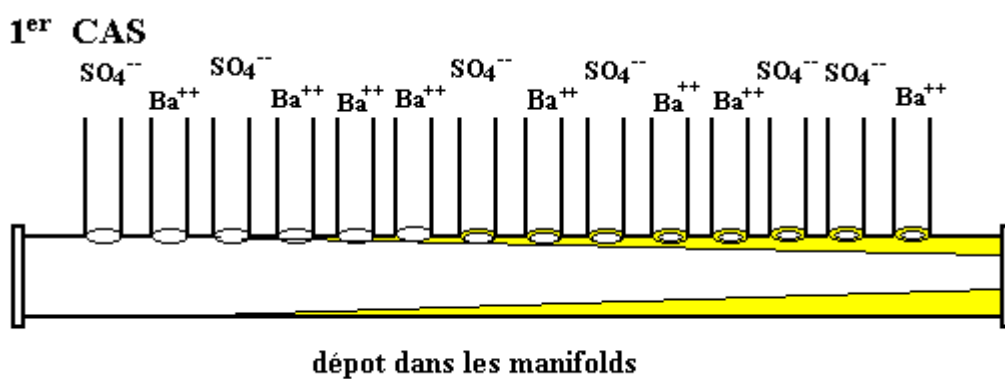


Figure I.4 : Le dépôt de $BaSO_4$ dans les manifolds [1].

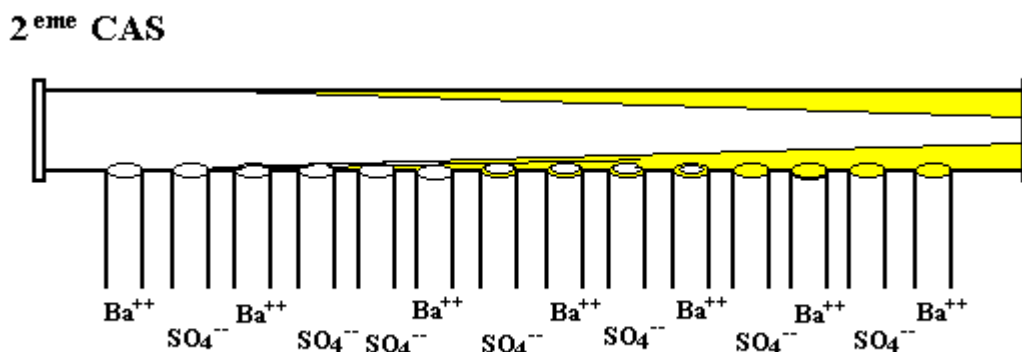


Figure : I.5. Le dépôt de $BaSO_4$ dans les manifolds [1].

- Dépôt de $BaSO_4$ dans le séparateur

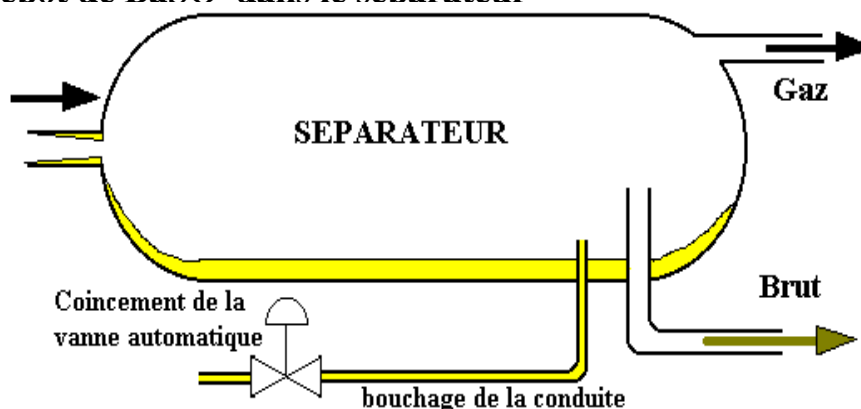


Figure I.6 : Le dépôt de BaSO₄ dans les séparateurs

- Dépôt de sulfate de baryum dans le gisement

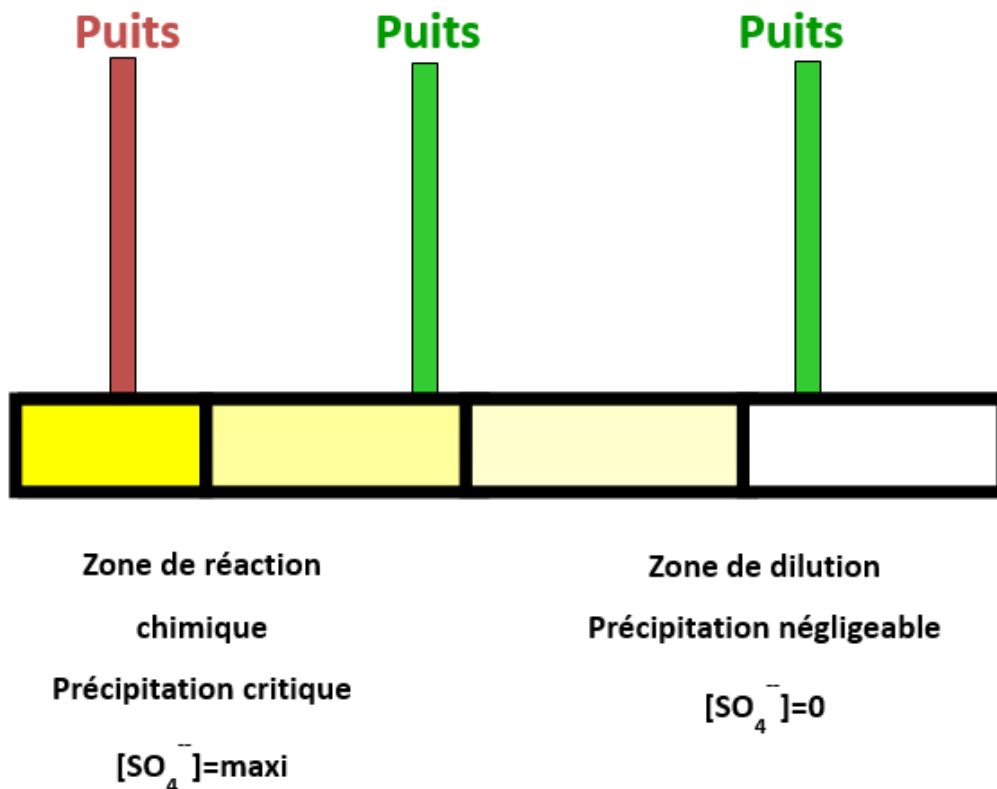


Figure :I.7. Le dépôt de BaSO₄ dans le gisement [1].

- Dépôt de BaSO₄ dans le bac tampon

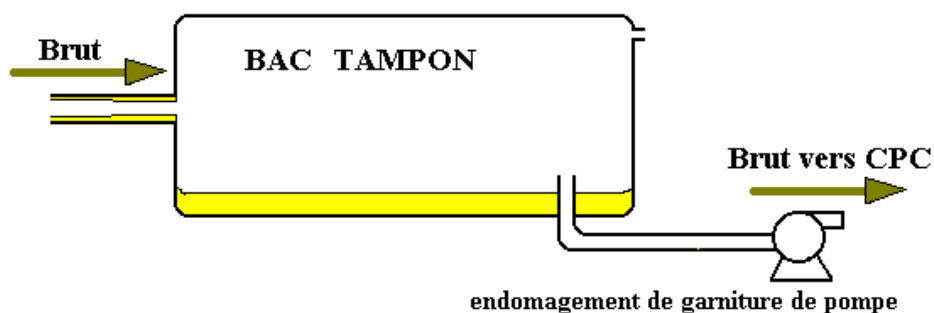


Figure :I.8. Le dépôt de BaSO₄ dans les bacs tampon [1]

I.6. Conclusion

TFT est une zone de production majeure pour les ressources pétrolières qui a une grande direction régionale dans ses affaires.

Le champ de TFT, deuxième champ de production d'huile après le champ de Hassi Messaoud, il renferme plusieurs gisements qui contiennent des centaines de puits à travers des formations géologique d'origine différente allant de Turonien en surface jusqu'au l'Ordovicien à 2000 m de profondeur.

Chapitre II : Techniques de filtration de l'eau de l'injection

II.1 Introduction

La grande pression à l'intérieur des puits de pétrole donne lui une forte impulsion le faisant monter rapidement vers le haut. Avec le temps, cette pression chute rapidement, ce qui rend l'extraction du pétrole difficile. Le processus d'injection d'eau dans les puits de pétrole est la solution idéale pour maintenir cette pression. La présence des polluants solides de dans l'eau d'injection dans les puits du pétrole brut cause le bouchage du puits de pétrole et le manque de produit. Pour cette raison, il est nécessaire de purifier et de traiter l'eau avant l'injection. Les plus importantes techniques de filtration dont nous allons parler dans ce chapitre sont les processus de sédimentation et de filtration.

II.2. L'injection d'eau

La méthode de l'injection de l'eau consiste à injecter de l'eau dans un réservoir afin de chasser le pétrole vers les puits de production. Dans le système de maille à cinq puits, par exemple, on force quatre puits injecteurs qui forment un carré dont le centre est occupé par le puits de production. L'injection est réglée afin de maintenir une progression égale de l'eau dans le gisement jusqu'au puits de production. Généralement, une partie de l'eau utilisée pour l'injection est de l'eau salée extraite du pétrole brut. Dans le système d'injection d'eau à basse pression, on ajoute un agent tensioactif à l'eau pour faciliter le passage de l'eau à travers le gisement en réduisant son adhérence à la roche.

L'injection d'eau est le procédé le plus ancien de récupération secondaire et reste le plus employé (80% de l'huile produite aux Etats -Unis en 1970 l'a été par injection d'eau). Elle permet d'augmenter la récupération d'huile par une amélioration du coefficient de balayage ou de déplacement. Mais, en dehors de cet objectif de récupération secondaire, l'injection d'eau peut être employé pour :

- Maintenir la pression du gisement si l'expansion de l'aquifère (ou de gaz-cap) ne fournit pas suffisamment d'énergie. Il ne s'agit pas de récupération secondaire à proprement parler mais de maintien de pression, et c'est le cas du champ d'Amassak,
- Eliminer éventuellement l'eau salée contenue dans la production si sa décharge en surface pose des problèmes particuliers (figure II.1) [1].

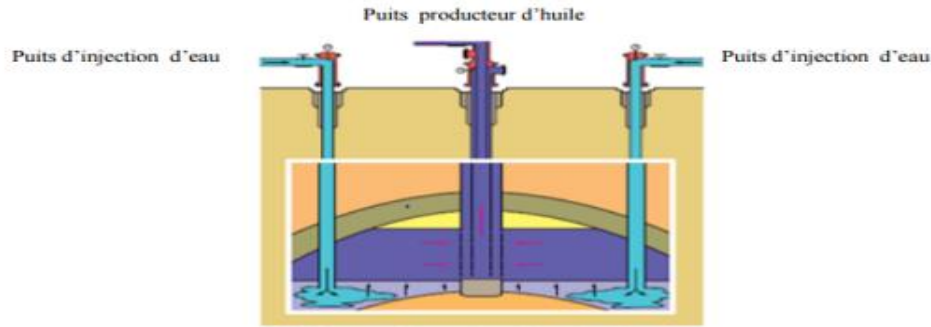


Figure II.1 : La récupération secondaire par injection d'eau [1]

II.2.1. Les différentes techniques d'injection d'eau

La disposition relative des puits d'injection et de production dépend de l'aspect géologique du réservoir, de son type (contenu fluide) et de l'importance du volume de la roche imprégnée qu'il faut balayer. On distingue deux schémas de localisation d'injection, qui peuvent éventuellement être utilisées simultanément sur certains réservoirs [2].

Il se trouve deux techniques d'injection de l'eau :

- L'injection groupée ou les puits sont groupés localement.
- L'injection dispersée ou les puits d'injection et de production sont intercalées.

A. Injection groupée

Dans Ce type d'injection, dans un réservoir assez pentu, on cherche à disposer les puits d'injection de façon telle que la pesanteur rende le déplacement assez régulier que possible. Dans les cas où un gisement présente un gaz-cap et un aquifère, il est intéressant d'injecter soit du gaz dans le gaz-cap, soit de l'eau dans l'aquifère au voisinage de l'interface huile-eau, c'est l'injection d'eau périphérique. Dans le cas d'une injection d'eau, les puits producteurs situés en aval-pendage seront souvent reconvertis en injecteur lorsque l'eau aura envahi la zone correspondante (figure II.2) [2].

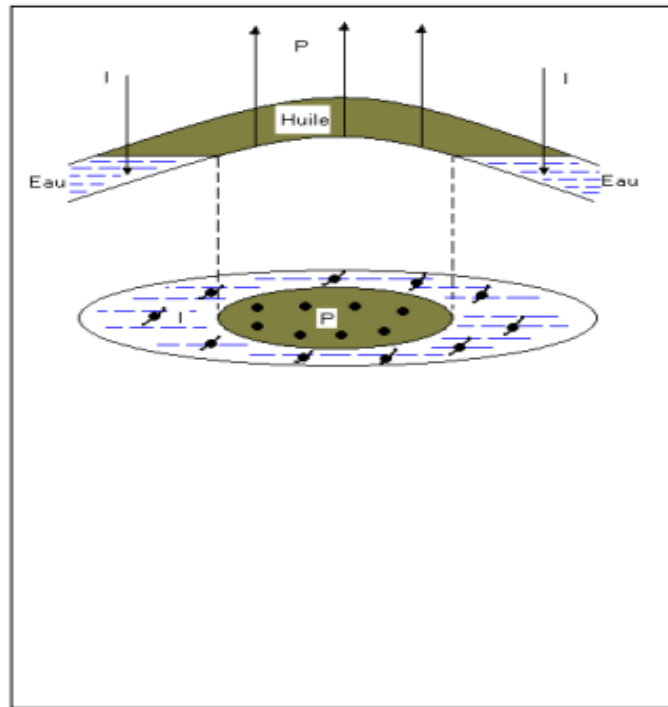


Figure II.2 : Injection groupée [1]

B. Injection dispersée

Ce type d'injection correspond au réservoir à faible pendage et étend, de plus, si la perméabilité est médiocre, d'autre part, en offshore, une injection périphérique peut amener à une distance importante entre puits. Pour obtenir un balayage uniforme, les puits producteur et injecteurs sont alors répartis suivant un schéma assez régulier : il s'agit d'injection dispersée ou répartie dans la zone à huile, les puits sont implantés en ligne directe, ou décalés avec en particulier des schémas à 5 puits (Five spot), 7 puits ou 9 puits (figure III.2) [2].

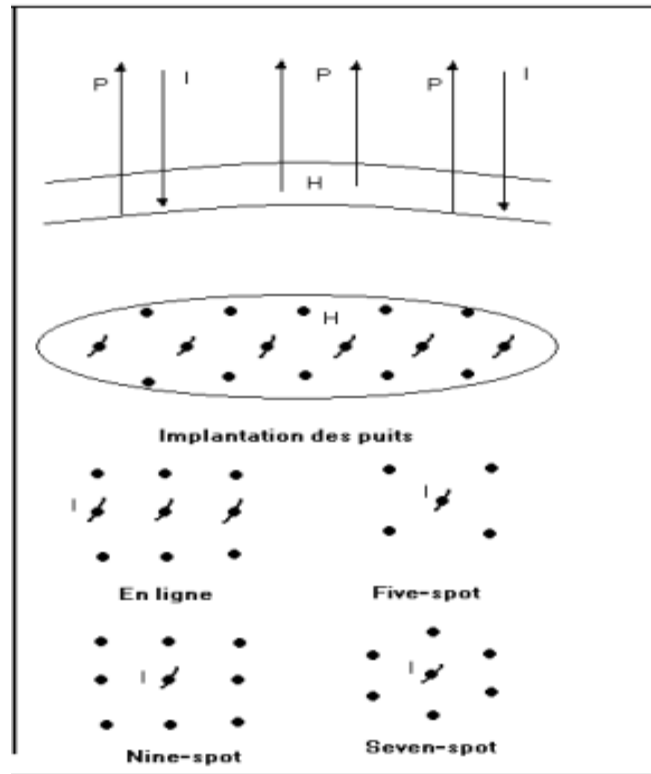


Figure II.3: Injection dispersée [1]

II.3.les polluants solides dissoutes dans l'eau d'injection

Il existe de nombreux polluants solides de dans l'eau d'injection qu'il soit amalgamé comme le sable et le sulfate de baryum ou des éléments chimiques libres comme l'aluminium, magnésium, sodium, chlore, le sel ou le sulfate et le baryum. La présentation des polluants solides de dans l'eau d'injection dans les puits du pétrole brut cause le bouchage du puits de pétrole et le manque de produit. L'un des plus dangereux pour les puits de pétrole est le sulfate de baryum.

II.3.1 Le sulfate de baryum

Le sulfate de baryum est un corps chimique minéral cristallin, le sulfate de baryum est un précipité blanche insoluble même dans les acides forts, résultant d'une réaction de la rencontre des ions sulfates avec les ions baryum de la formule chimique $BaSO_4$ selon l'équation II-1, c'est un métal aussi naturel, appelée barytine [2].



La figure suivante montre le sulfate de baryum formé dans une conduite de transport du pétrole :



Figure II.4 : image originale du sel de sulfates de baryum formé dans une conduite da la zone de TFT

II .4. Les techniques de filtration de polluants de dans l'eau d'injection au puit du pétrole brut

Il existe nombreuses techniques de filtration que l'eau subit avant l'injection afin de la purifier des polluants solides pour assurer un bon processus d'injection. Les plus importants d'entre eux sont la s sédimentation et la filtration.

II.4.1.la sédimentation

La sédimentation c'est un procédé de traitement de l'eau du gisement visent à éliminer la plus grande quantité des polluants solides coincés dans l'eau d'injection (Figure. II.5). Ce processus s'effectue dans une plusieurs bassins de sédimentaire et dans lesquels les polluants solides se déposent. Dans tous les bassins des sédimentations dans une certain de temps (temps de l'eau restant dans le bassin sédimentaire), les polluants solides sont classés par leur taille, état et propriétés chimiques. La distribution de leur taille à suspendu déposant polluants solides persistant que sont des substances insolubles dans l'eau. Ces substances sonde sable dans l'eau par colmatage la surface du sol ou par même les rives de la voie navigable, tous les polluants de l'eau contribuent à augmenter la teneur en eau des solides [3].

La présence de polluants solides en suspension dans l'eau d'injection a un impact négatif sur sa qualité. Ces polluants solides fournissent des sites d'adsorption pour les matériaux les sites biologiques et chimiques fournissent l'acte chimique du chlore, Ces substances peuvent également se décomposer Protecteur, il est donc considéré comme donnant des sous-produits indésirables et ainsi de suite, dans spécial l'enlèvement de ces matériaux est d'une grande importance et fait l'objet d'une attention particulière les stations d'épuration indiquent ici l'efficacité du traitement physique et biologique , les polluants solides entrant au début des bassins de sédimentation sont séparés de moyen de réduire la vitesse d'écoulement de sorte que les solides en suspension soient déposés dans le fond des bassins de sédiments primaires [3].

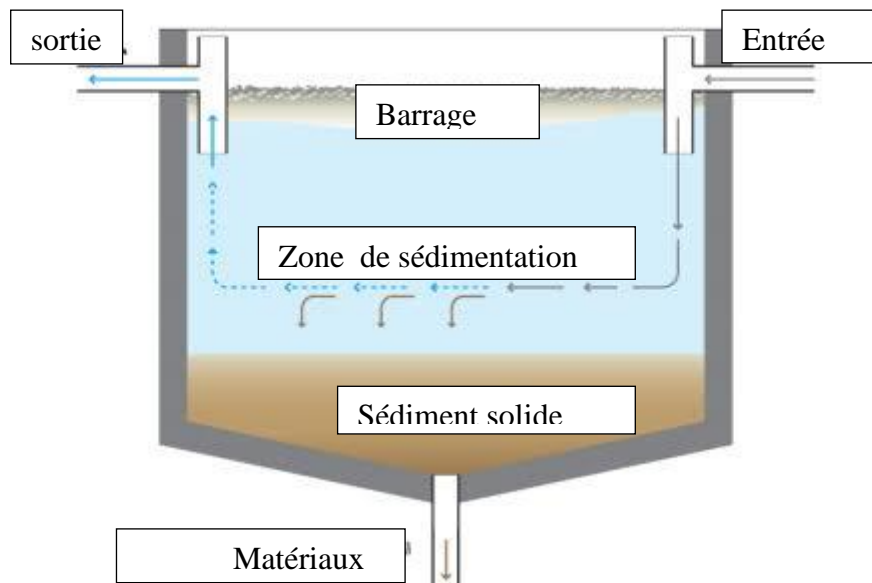


Figure. II.5. Représentation de la technique de sédimentaire [3]

II.4.1.1. Types de bassins sédimentaires

Les bassins sédimentaires sont les plus importantes unités dans le processus de filtration par la sédimentation. Il existe plusieurs types de bassins, et nous les mentionnons Bassins sédimentaires rectangulaires à disposition horizontale, bassins sédimentaires à action d'encre, et bassins sédimentaires circulaires.

II.4.1.1.2. Bassins sédimentaires rectangulaires à disposition horizontale

Ce type de bassins sédimentaires sont considéré comme l'un des meilleurs bassins de sédimentation simple, dans lequel l'eau s'écoule horizontalement et à grande vitesse, à condition qu'elle n'atteigne pas le point d'entraver le processus de sédimentation, et que cette vitesse soit régulière dans le bassin.

II.4.1.1.3. Bassins sédimentaires circulaires

Ce type de bassins sédimentaires est de comportement qatari et a des interférences L'eau du centre et se termine au périmètre du déversoir de sortie s'étendant le long de circonférence pelvienne.

II.4.1.1.4. Bassins Les sédimentaires à disposition verticale

Ce type de bassins sédimentaires sont relativement profonds et sont les bassins de sédimentation les plus profonds, et dirigent l'eau de manière à ce que sa direction soit du bas

vers le haut et à une vitesse qui ne permet pas à l'eau d'emporter avec elle des solides en suspension [4].

1. Zone d'entrée

- Distribution uniformément de l'eau et les particules en suspension à travers la zone de sédimentation ;
- Série de conduits à l'entrée et oriente ensuite dans le réservoir;
- Écoulement uniforme dans la cuve.

2. Zone de sédimentation :

- Écoulement laminaire et passif;

3. Zone de sortie

- Présence de barrages pour éviter toute turbulence et laisser quitter uniquement la couche supérieure d'eau à l'extérieur du réservoir [5].

4. Zone d'entreposage de la boue [5]

- Hauteur d'environ 2m près de l'entrée et 0,3m près de la sortie
- Grattoir pousse la vase dans des distributeurs

II .4.2. La filtration

La filtration est un procédé permettant de séparer les polluants solides d'un mélange hétérogène qui possède une phase liquide et une phase solide à travers un milieu poreux membranés. [6]

C'est un procédé pour séparer les impuretés suspendues ou colloïdales dans l'eau en faisant passer celle-ci dans un médium poreux.

II.4.2.1. Types de filtration

Il existe plusieurs types de filtration qui diffèrent selon le principe de filtration utilisé, les conditions de fonctionnement, le type de filtres utilisés, et la taille des particules à éliminer.

II.4.2.1.1. La filtration par gravité

Dans cette technique de filtration (à une pression atmosphérique) le mélange liquides plus polluants solides, le liquide passe à travers le support filtration, qui peut être du sable par exemple, tandis que les polluants solides sont récupérés sur le support filtration.

II.4.2.1.2 . La filtration par surpression

Dans ce type de filtration, la suspension arrive sous pression dans le filtre.

II.4.2.1.3. La filtration sous pression réduite

Dans ce type de filtration, le mélange est soumis d'un côté du filtre à la pression atmosphérique, et de l'autre côté, où sort le filtrat, à une dépression réalisée grâce à une pompe à vide. Lors du passage d'une suspension à travers un milieu filtrant, le fluide circule à travers les ouvertures tandis que les particules sont arrêtées. En s'enchevêtrant, ces dernières finissent par former un second milieu filtrant pour les autres particules qui se déposent d'une manière continue sous forme de gâteau dont l'épaisseur va en croissant au fur et à mesure de l'écoulement de la suspension. La différence de pression entre l'amont et l'aval (perte de charge) a une grande importance car elle règle la vitesse de filtration [1].

II.4.2.1.4. La filtration membranaire ou (filtration fine)

Dans ce type de filtration, les polluants solides très petites tels que les nano et les micropolluants sont facilement séparés. Les matières dissoutes tels que les sels sont aussi possible de les séparer. Dans la plupart des cas, on utilise comme matière filtrante des membranes [1].

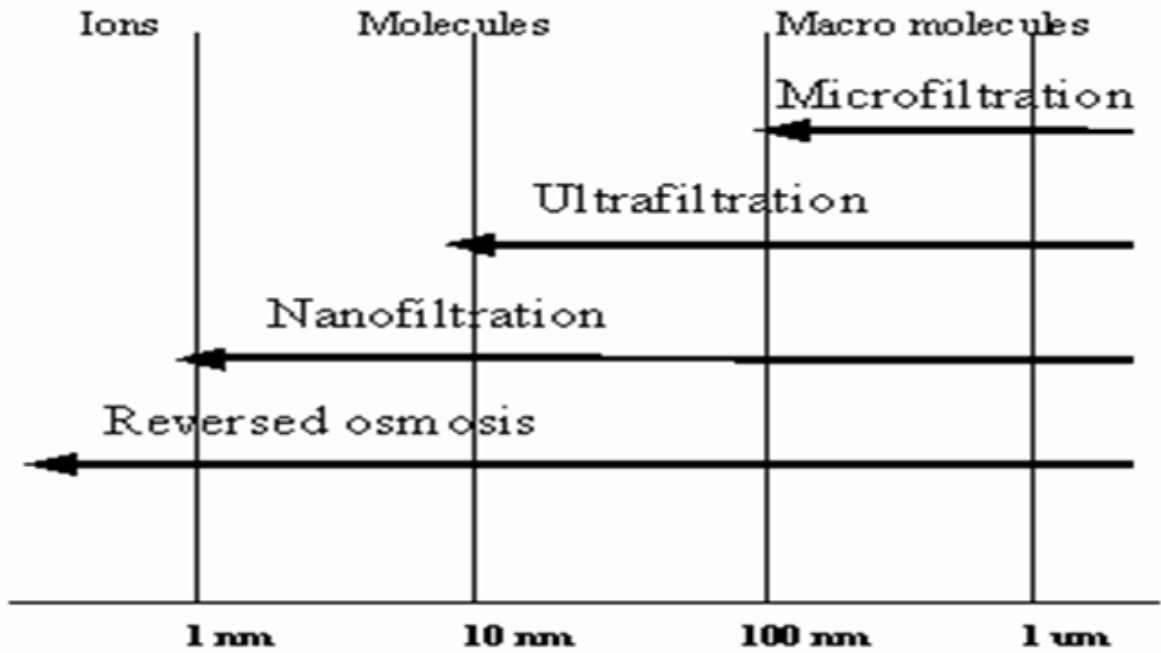


Figure II.5 : Les matières dissoutes tels que les sels sont aussi possible de les séparer [1]

II.4.2.1.5. Microfiltration tangentielle

Ce procédé de séparation solide-liquide met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10 µm. Il permet donc la rétention des particules en suspension, des bactéries et indirectement des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur des plus grosses particules obtenues par complexation, précipitation ou floculation [4].

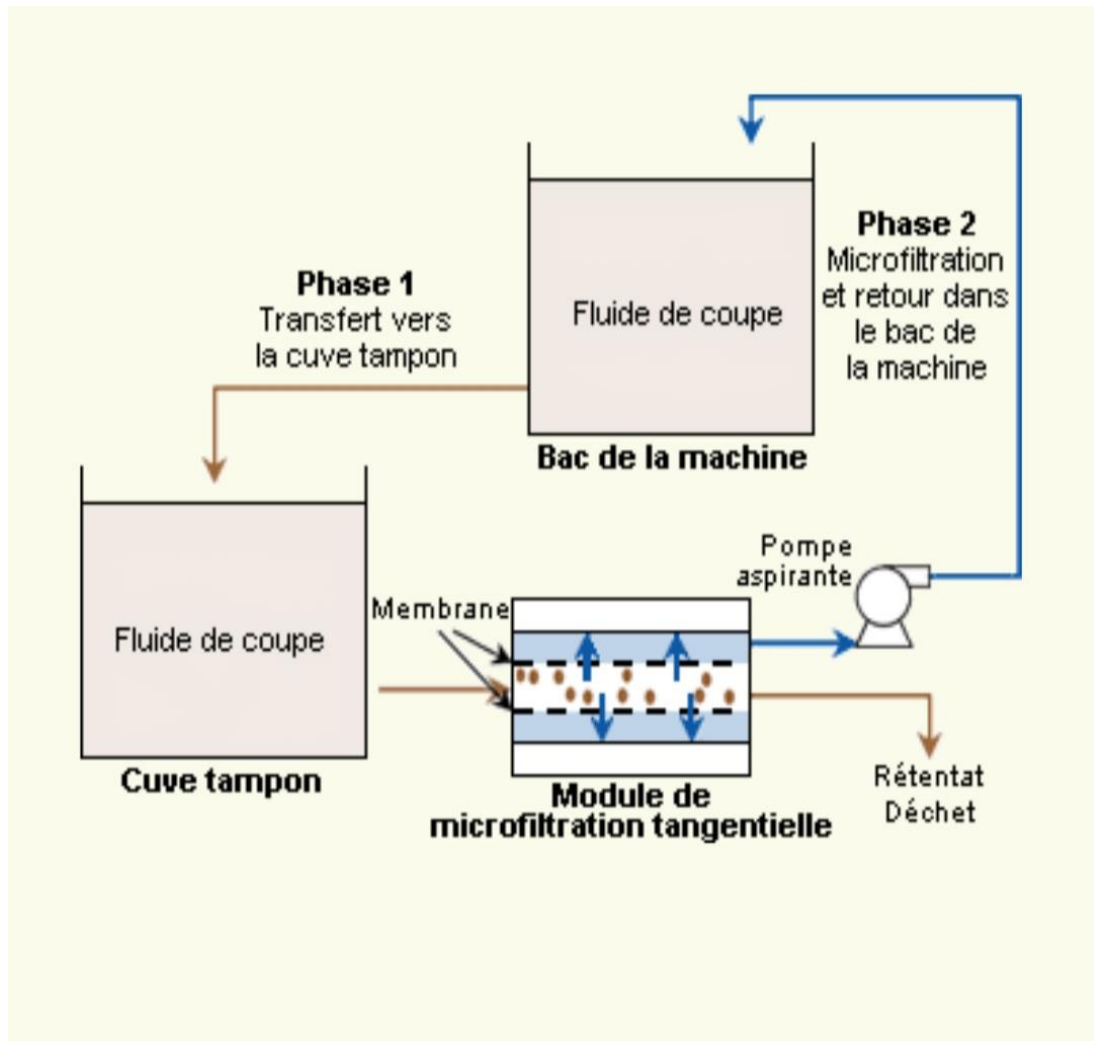
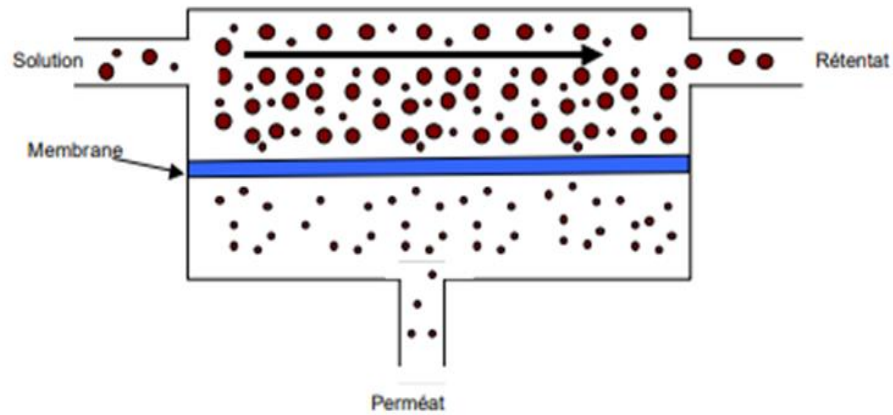


Figure II.6: Représentation le principe de Microfiltration tangentielle [1]

II.4.2.1.6 L'ultrafiltration

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. Ces membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes) [1].



Principe de l'ultrafiltration (d'après site Internet relatif au génie alimentaire

Figure II.7 : le principe de l'ultrafiltration. [1]

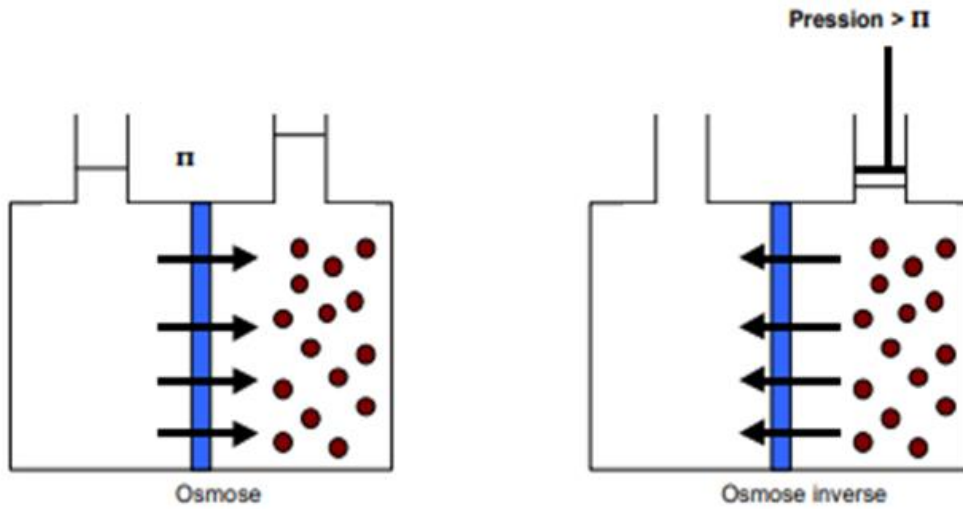
- Théoriquement, la différence entre ultrafiltration et microfiltration est très nette. Dont :
 - L'ultrafiltration fonctionne en phase liquide homogène alors que la microfiltration a pour objectif une séparation solide-liquide ;
 - La pression de travail est généralement plus faible dans le cas de la microfiltration (Pression transmembranaire < 3 bars) ;
 - Les flux de filtration sont souvent plus importants dans le cas de la microfiltration.
- Cependant, du point de vue technologique, les deux techniques peuvent se recouper. Ainsi, pour minimiser les phénomènes de colmatage et éviter que des particules solides pénètrent dans les pores des membranes, on a souvent intérêt à utiliser des membranes d'ultrafiltration pour effectuer une opération de microfiltration. Inversement, une membrane de microfiltration peut devenir une membrane d'ultrafiltration (1 à 100 nm) ou même d'osmose inverse (< 1 nm) par suite de la formation en cours de fonctionnement d'une couche de gel à porosité très fine (membrane dynamique) [1].

II.4.2.1.7. L'osmose inverse

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires. La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique [1].

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels. Cette technique est utilisée pour [1].

- 1/Le dessalement des eaux de mer ;
- 2/ Le dessalement des eaux saumâtres



La pression osmotique π est d'autant plus importante que la concentration est élevée et que la masse molaire est faible.

Nota bene : la pression osmotique de l'eau de mer est de l'ordre de 25 bars

Figure. II.8 : Le principe de l'osmose inverse

II.4.2.1.8. La nanofiltration

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de polluants solides ayant une taille nanométrique (10 \AA). Les polluants solides [7], sels ionisés, monovalents et les polluants solides organiques non ionisés de masse molaire inférieure à environ $200 - 250 \text{ g/mol}$ ne sont pas retenus par ce type de membrane. Les polluants solides, sels, ionisés multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates, baryum) et les polluants solides organiques non ionisés de masse molaire supérieure à environ 250 g/mol sont, par contre, fortement retenus [1].

- Les mécanismes de transfert sont intermédiaires entre ceux de l'osmose inverse et ceux de l'ultrafiltration. Cette technique est souvent utilisée pour l'adoucissement des eaux [1].

Chapitre II : Techniques de filtration de l'eau de l'injection

Tableau II.1: Procédés de filtration en fonction de la taille des particules [8]

Taille des particules	Dénomination générique	Types de filtres
> 50 μm	Filtration grossière	Filtre à alluvionnement Filtre presse Filtre tangentiel Pm: filtre rotatif sous vide/filtre à plaques dégrossissantes
10 à 50 μm	Filtration dégrossissante	Filtre à alluvionnement Filtre presse Filtre tangentiel Filtre à plaques dégrossissantes
3 à 10 μm	Filtration clarifiante	Filtre à alluvionnement Filtre à plaques clarifiantes/lenticulaires Filtre à cartouches pré-filtres Filtre tangentiel
1 à 3 μm	Microfiltration	Filtres à plaques/lenticulaires Filtre à cartouche pré-filtre Filtre à cartouche membrane Filtres tangentiel
0,45 à 1 μm	Filtration stérilisante	Filtres à plaques/lenticulaires stérilisantes Filtres à cartouches membrane Filtres tangentiel
0,1 à 0,45 μm	Microfiltration tangentielle	Filtre tangentiel
<0,1 μm	Ultrafiltration Nanofiltration Osmose inverse	Membranes filtrantes

A. Le principe fondamental de la nanofiltration

Le principe fondamental de la technologie membranaire de nanofiltration est l'utilisation de la pression pour séparer les ions solubles de l'eau par un matériau semi-perméable. La membrane, contrairement à une impasse filtre, fonctionne sous un profil hydraulique différent qui est connu comme filtration tangentielle.

La plupart des membranes de nanofiltration sont des matériaux composites qui sont supporté par un substrat polymère et fabriqué en spirale configuration par opposition à une feuille plate ou à une géométrie de tube. Le modèle prédominant utilisé aujourd'hui pour les applications industrielles est la configuration en spirale [8].

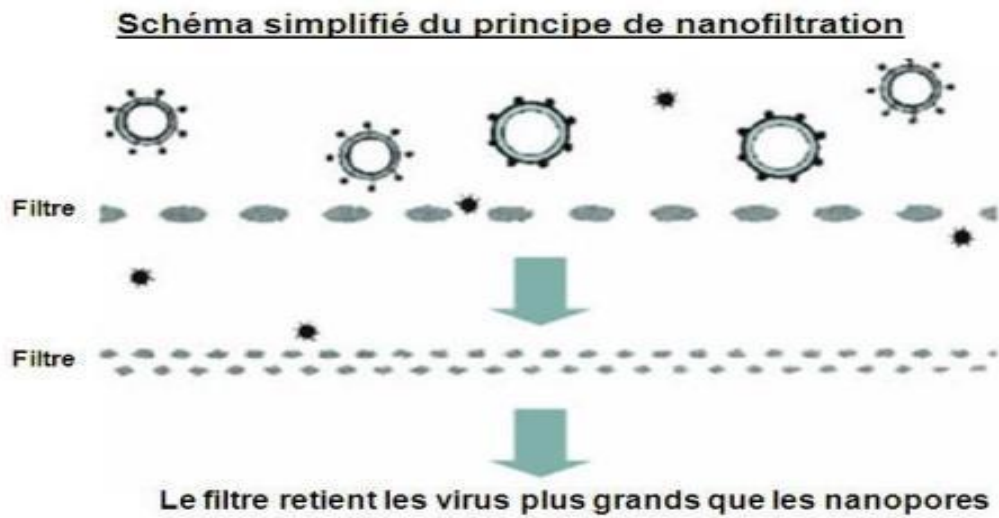


Figure II.9 : Schéma simplifié du principe de nanofiltration. [9]

Cette technique de séparation peut aussi être utilisée dans le traitement des eaux de surface (eaux de lacs et rivières) et des eaux saumâtres (eaux de qualité intermédiaire entre l'eau de surface et l'eau de mer du point de vue de la salinité). Comme ça, élimine les agents colorants, les ions polyvalents (métaux lourds), les micropolluants organiques (pesticides), et les nitrates. La nanofiltration est donc utilisée dans les procédés de dépollution solide, mais également pour l'adoucissement et la décoloration de l'eau. [8]

B. Les applications de la nanofiltration

La nanofiltration est utilisée dans de nombreux usages et domaines car il s'agit d'une méthode scientifique moderne. Elle peut être utilisée dans les domaines suivants [6] :

- Séparation et concentration de molécules à forte valeur ajoutée telles que les antibiotiques.
- Adoucissement d'eau potable avec élimination d'ions multivalents et/ou de petites molécules toxiques.
- Fractionnement d'acides aminés.
- Déminéralisation et concentration de lactosérum.
- Traitement d'élus de régénération de résines échangeuses d'ions.
- Récupération de colorants dans les effluents de l'industrie chimique.

C. Le type de membranaires utilisé dans la nano filtration

Une membrane de nanofiltration possède des pores d'environ 0,001 micron (1 nanomètre). La nanofiltration élimine la majorité de molécules organiques, presque tous les virus, la majorité de la matière organique naturelle et une variété de sels dissouts. Elle enlève également les ions divalents qui rendent l'eau dure, alors elle est souvent utilisée pour adoucir l'eau. [6]

Nous nous focaliserons ici sur les techniques de séparation mettant en œuvre un gradient de pression ΔP . Ces dernières peuvent elles-mêmes être classées selon la taille moyenne de pores des membranes mises en jeu. Il est à noter que les membranes d'osmose inverse peuvent également être considérées comme non poreuses (membranes denses) [6].

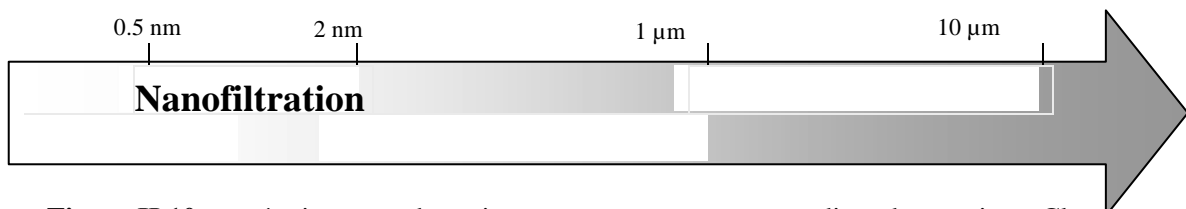


Figure II.10 : opérations membranaires mettant un œuvre un gradient de pression - Classement selon la taille moyenne de pores (rayon) des membranes mises en jeu [1]

D. Les différentes catégories de nano-membranes

Les nano-membranes utilisés dans la nanofiltration peuvent être classées en 3 catégories :

- Les membranes organiques neutres ou de structure amphotère, c'est à dire comportant à la fois des groupes chargés négativement et positivement, qui les rendent globalement électriquement neutres.
- Les membranes organiques chargées électriquement en surface.
- Les membranes céramiques dont la charge électrique de la surface varie en fonction du pH de la solution.

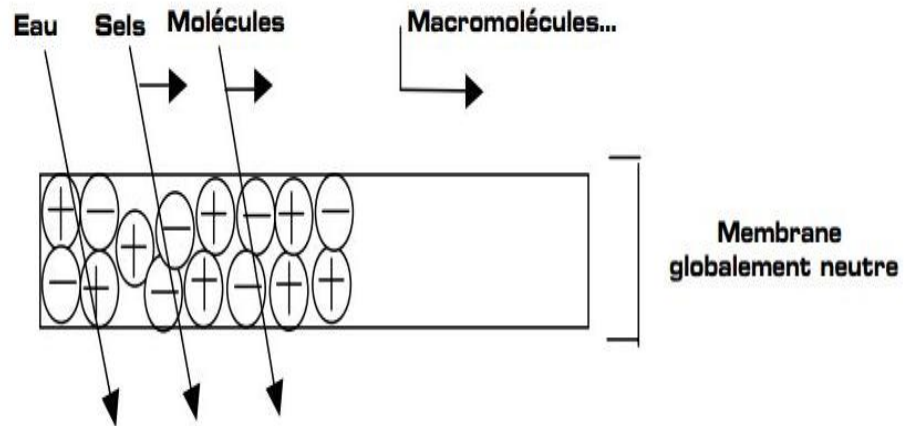


Figure II.11: .membrane globalement neutre

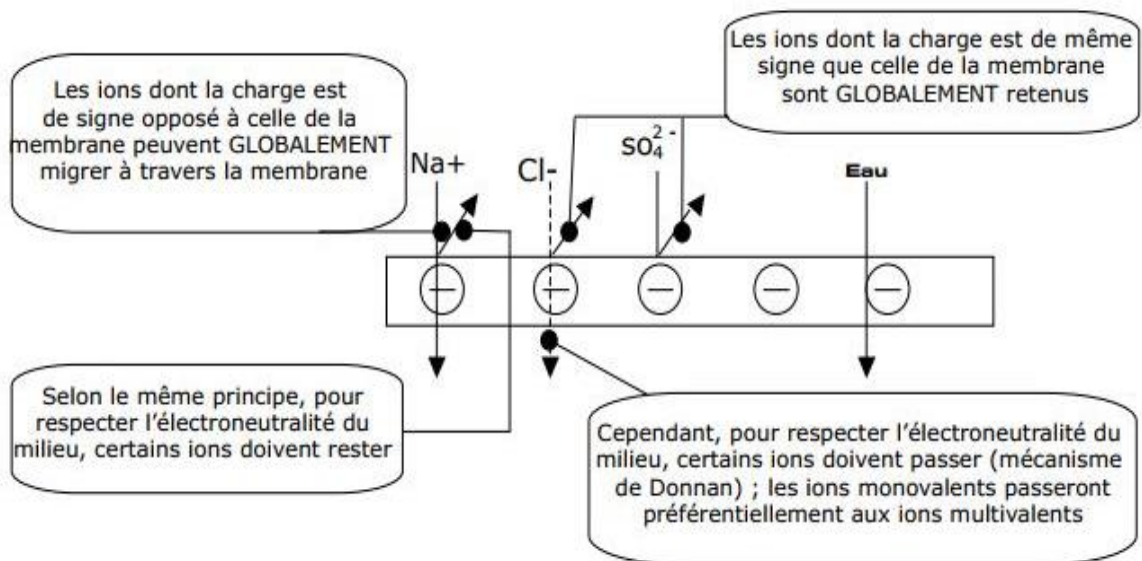


Figure II.12 : exemple d'une membrane chargée négativement et d'un mélange d'ions mono et multivalents (Na Cl/Na₂SO₄) [1]

E. Caractéristiques des matériaux et des membranes de la nano filtration

Les membranes nanométriques de filtration ont plusieurs types :

- La structure des membranes de nanofiltration est de type microporeux, avec des diamètres de pores de l'ordre du nanomètre.
- Les membranes peuvent présenter une charge électrique de surface.

F. Caractéristiques d'utilisation de la nano filtration

- les pressions de travail varient de 10 à 30 bars.
- les flux de perméation peuvent atteindre quelques dizaines de l/(hm_ de membrane).
- des espèces de masse molaire inférieure à 1 000 peuvent être retenues.
- des rétentions sélectives d'ions multivalents par rapport à des ions monovalents peuvent être obtenues [1].

G. Les modes de fonctionnement du processus de nanofiltration

Le procédé de filtration peut être continu ou discontinu.

○ Filtration en mode discontinu

Dans les filtres discontinus, l'opération a lieu par charge, c'est-à-dire que l'alimentation de la suspension et le chargement du solide se font par intermittence. La filtration est arrêtée quand la capacité au-dessus de la surface filtrante est remplie ou que le colmatage du filtre atteint une valeur limite. filtre presse : c'est le plus répandu. Les éléments du filtre (plateaux et cadres) sont serrés avec une presse. Les toiles filtrantes séparent les plateaux et les cadres. Le filtre fonctionne sous pression (quelques bars). Le gâteau se dépose entre les toiles ; on peut alors procéder au lavage du gâteau en faisant circuler le liquide de lavage dans le filtre. Ces filtres sont simples et bon marché par contre ils nécessitent beaucoup de main d'œuvre. [1]

○ Filtration en mode continu

Dans les filtres continus, la surface filtrante fermée sur elle-même se déplace entement devant l'alimentation ; le gâteau atteint une certaine épaisseur et dès qu'il sort de la partie filtrante il est détaché par un système raclant. Un cycle de lavage puis d'essorage est souvent adjoint. Ces filtres constituent un investissement plus important mais ils ont un coût de fonctionnement moindre : ils conviennent donc aux productions importantes. On trouve principalement des appareils fonctionnant sous vide : on peut citer les filtres rotatifs à tambour et les filtres à bande. Ils ont les mêmes applications mais les filtres à bande

traitent des bouillies plus épaisses (jusqu'à 50% de solide).

filtre rotatif à tambour : il est constitué par deux tambours cylindriques coaxiaux ; le tambour extérieur supporte une toile filtrante. Il est divisé en plusieurs zones :

- zone de filtration : le liquide est aspiré et le gâteau se dépose sur le filtre.
- zone de lavage : le gâteau est lavé grâce à un arrosage par de l'eau.
- zone d'essorage du gâteau.
- zone de séchage et décollage : l'air comprimé est introduit par les canalisations ; le gâteau est donc séché et décollé du filtre puis détaché à l'aide d'un racloir.

Filtre à bande sans fin : une bande sans fin horizontale en caoutchouc synthétique tourne sur deux tambours dont l'un est moteur.

La bande de caoutchouc est perforée à intervalles réguliers d'orifices allongés qui passent au fur et à mesure du déroulement devant des chambres sous dépression.

Elle est revêtue d'une toile de filtration adaptée au mélange liquide-solide à séparer. On retrouve les zones de filtration, lavage et séchage. Le gâteau est parfois détaché à l'aide d'un racloir [10].

H. Considérations économiques pour une mise à l'échelle réelle d'un système d'affinage par NF

Il existe deux principales stratégies d'opération des procédés membranaires. Premièrement, on peut choisir d'opérer dans des conditions qui minimisent le colmatage et ainsi faire des économies en énergie reliées à la plus faible perte de productivité. On peut aussi choisir d'opérer dans des conditions qui ne minimisent pas le colmatage mais qui permettent de réduire considérablement l'investissement initial. L'opération à basse vitesse de perméation nécessite une plus grande surface de membrane pour traiter le même débit de permet qu'à plus haute vitesse de perméation. Cela se traduit donc en des coûts d'investissement supplémentaires. Par exemple, lors de l'essai 5B réalisé à 20 L/(h. m²), on a produit 46,8 m³ de permet en 309 h avec une résistance additionnelle corrigée de $12 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ tandis que pour produire le même volume de permet lors de l'essai 2B réalisé à 28 L/(h. m²), il a fallu 220 h avec une résistance additionnelle corrigée de $37 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$. Afin de produire 46,8 m³ permet en 220 h lors de l'essai 5B au lieu de la faire en 309 h, il

Chapitre II : Techniques de filtration de l'eau de l'injection

aurait fallu avoir $3,1 \text{ m}^2$ de membrane supplémentaire (rappelons que la surface filtrante du module NF200-4040 est de $7,6 \text{ m}^2$).

Dans cet exemple, il faudrait donc évaluer s'il est plus économique à long terme, d'investir dans une plus grande surface de membrane ou bien de travailler dans des conditions qui favorisent davantage le colmatage et qui nécessitent donc des coûts énergétiques supplémentaires. Dans le deuxième cas, on pourrait aussi minimiser l'impact énergétique du colmatage en effectuant des lavages à une fréquence plus élevée mais cela se traduirait en des coûts supplémentaires liés à l'opération des lavages et aux quantités d'eau et de produits chimiques requis. Les lavages chimiques fréquents pourraient aussi raccourcir la durée de vie des membranes. Dans l'exemple présenté, le $3,1 \text{ m}^2$ de membrane supplémentaire nécessaire pour produire le même débit de permet à $20 \text{ L}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ qu'à $28 \text{ L}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ correspond à une augmentation de surface membranaire d'environ 40 %. Cela pourrait constituer un investissement supplémentaire substantiel.

Dans cet investissement, il faudrait aussi compter la taille du bâtiment ainsi que son chauffage et son éclairage. D'autres facteurs économiques à considérer lors du choix des conditions d'opération sont les coûts liés au pompage et à la disposition du concentré ainsi que les coûts liés à la recirculation du concentré. Ces aspects doivent être considérés lors du choix du taux de récupération global et du débit de recirculation [1].

En bref, le choix des conditions d'opération pour un système d'affinage par NF à l'échelle réelle est un exercice ardu qui doit inclure pour différents scénarios possibles, un bilan des coûts d'investissement, d'opération et d'entretien. Les scénarios possibles sont les différents agencements de conditions d'opération qui pourraient aussi changer avec les saisons. Les résultats du présent projet de recherche pourraient éventuellement se traduire en coûts d'opération liés à la dépense énergétique supplémentaire due au colmatage. Il pourrait donc y avoir, pour les différents agencements de conditions d'opération étudiés, une évaluation des coûts en énergie. Finalement, pour compléter l'étude économique il faudrait évidemment estimer les autres coûts liés à l'affinage par NF [1].

I. Les avantages de la nanofiltration

- o Séparation sélective des substances durcissantes.
- o Séparation des bactéries et virus.
- o Faible dépense d'énergie.
- o Dépense minimale en ce qui concerne le post-traitement.

II.5. Conclusion

Ce que nous avons fait dans cette partie est l'analyse de l'eau d'accompagnement et de l'eau d'injection, où nous avons effectué des analyses avant et après le processus de filtration et d'osmose inverse, et dans différentes conditions de température et de pression avec stabilisation du pH à 7,7, où nous avons remarqué qu'il existe une relation inverse entre la température et la pression avec le rendement de la nanofiltration et de l'osmose inverse, ainsi que nous avons comparé les résultats de chaque technique et les avons discutés afin de connaître la technique la plus appropriée et la plus efficace. Mais la technique de la nanofiltration a des avantages majeurs en comparant avec l'osmose inverse qui ferrent la nanofiltration le choix adéquat pour filtrer l'ions de sulfates dans l'eau d'injection. La technique de l'osmose inverse est non sélective, énergivore, logistique complexe, et potentiel fort de colmatage, ce qui demande un cout très élevé pour réaliser la filtration avec cette technique. En revanche, la nanofiltration est une technique simple, donne un très bon taux de conversion, débit élevé, très sélective, non énergivore (panneaux solaires), ce qui nécessite un cout bas pour filtrer l'ions avec cette technique.

Chapitre III : Techniques de filtration de l'eau de l'injection

III.1. Introduction

Dans cette partie, nous avons effectué les analyses les plus importantes réalisées sur l'eau (eau assistée et eau d'injection), à partir de la détermination de la qualité et de la quantité d'eau barytée ou soufrée dans chaque eau. En plus des méthodes de traitement.

Au cours de notre étude que nous avons menée dans les laboratoires TFT, nous nous sommes beaucoup concentrés sur les analyses de soufre et de baryum (quantitativement et qualitativement) sur l'eau d'injection ainsi que sur la description de l'unité de pilote (L'Unité de Traitement d'eau) et des membranes les plus importantes utilisées et sur la connaissance des techniques de filtration les plus efficaces, et cette partie explique les matériaux et les méthodes les plus importants utilisés ainsi que le protocole et les résultats les plus importants obtenus et discutés. Ou nous aborderons a les matériaux et méthodes utilisés et les méthodes utilisés L'Unité de Traitement d'eau et PROCEDURE D'UTILISATION DU SPECTROPHOTOMETRE DR2500 et le protocole expérimental et Résultats et discussion et enfin la conclusion.

III.2 Matériaux et méthodes

III.2.1 Matériaux

Les matériaux utilisés sont : eau d'injection stocké dans les bacs de TFT, l'eau associée au pétrole brut, gouttes de baryum et du sulfate pour vérifier la nature de l'eau associée si elle est barytée ou sulfatée.

III.2.2 Méthodes

III.2.2.1. Protocole expérimental de dosage qualitatif de l'eau associée, quantitatif de l'eau de l'injection, la nanofiltration des sulfates

III.2.2.1.1. Dosage qualitatif de l'eau associée

Le dosage qualitatif de l'eau associée au pétrole brut donne une idée sur la nature du puit s'elle est barytée ou sulfatée en mesurant la quantité des ions sulfates (SO_4^{2-}) et des ions baryum (Ba^{2+}) de l'eau des puits, comme il est montré dans le schéma suivant :

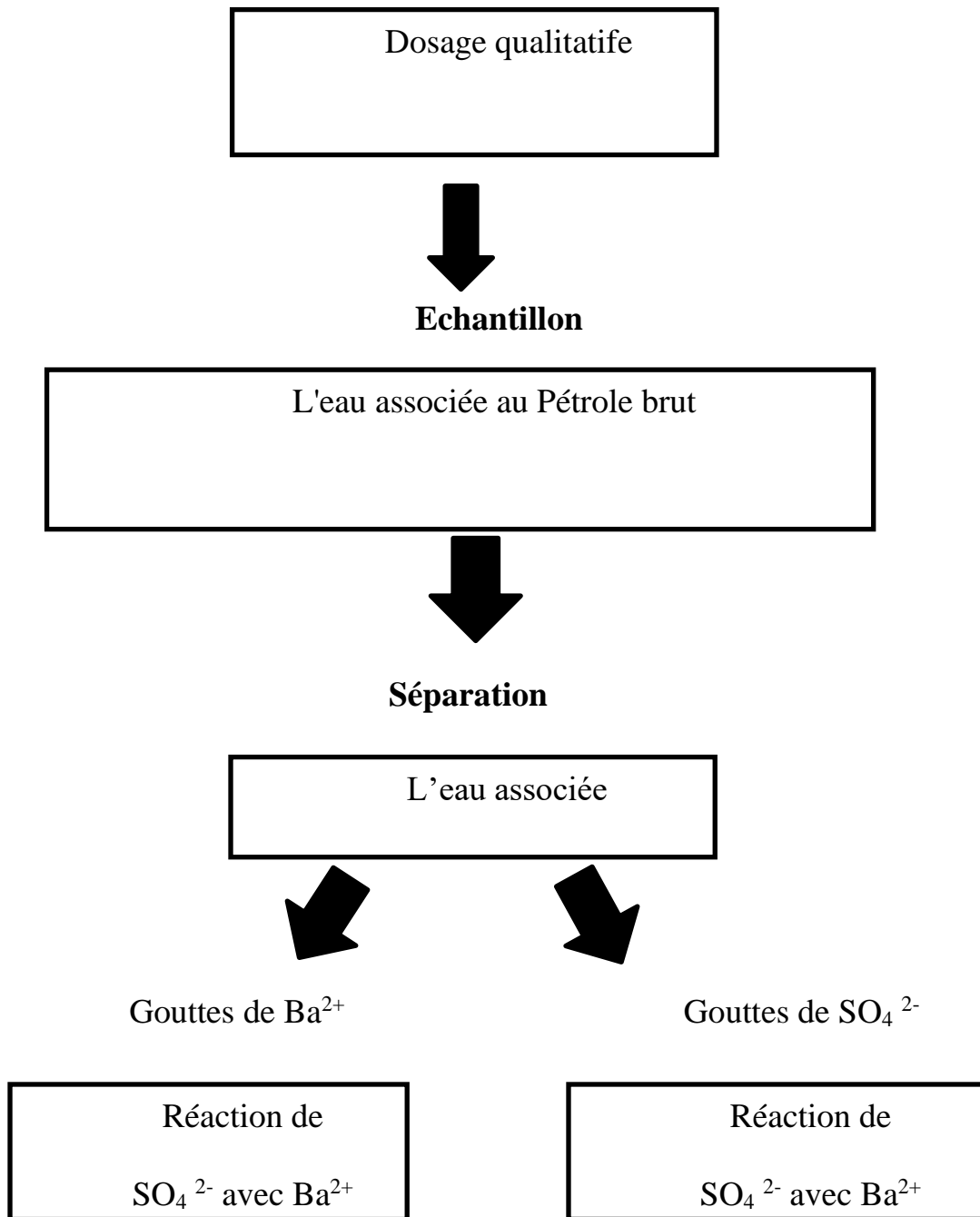


Figure III.3 : schéma représente les étapes du dosage qualitatif

Ce schéma illustratif montre que le dosage qualitatif nécessite les étapes suivantes :

1. Échantillonnage à partir des bacs de stockage d' pétrole brut,
2. On la fait chauffer dans le bain-marie dans le but de assier l'émulsion s'il y en a, et de favoriser la séparation huile-eau ;
3. On met les poires chauffées et essuyées dans la centrifugeuse réglée à une vitesse constante de 2000 tours /minutes pendant 5 minutes ;
4. Prendre un échantillon de volume connu (50ml) du brut à analyser ; on le verse dans une ampoule à décanter de 500ml. On fait chauffer de l'eau distillée dans un bêcher, puis on verse une quantité d'eau chaude dans l'ampoule à décanter contenant l'échantillon de brut; on agite Séparation semi-totale du pétrole brut de l'eau ;
5. Nous prenons deux tasses du même échantillon filtré et y mettons ampoule à décanter des gouttes de sulfate ou de baryum, et lorsqu'une réaction se produit, le type d'échantillon est détecté.



III.2.2.1.2. Dosage quantitatif de l'eau de l'injection

Le dosage quantitatif de l'eau d'injection donne une idée sur les concentrations de des ions sulfates (SO_4^{2-}) et des ions baryum (Ba^{2+}) dedans l'eau d'injection, comme il est montré dans le schéma suivant :

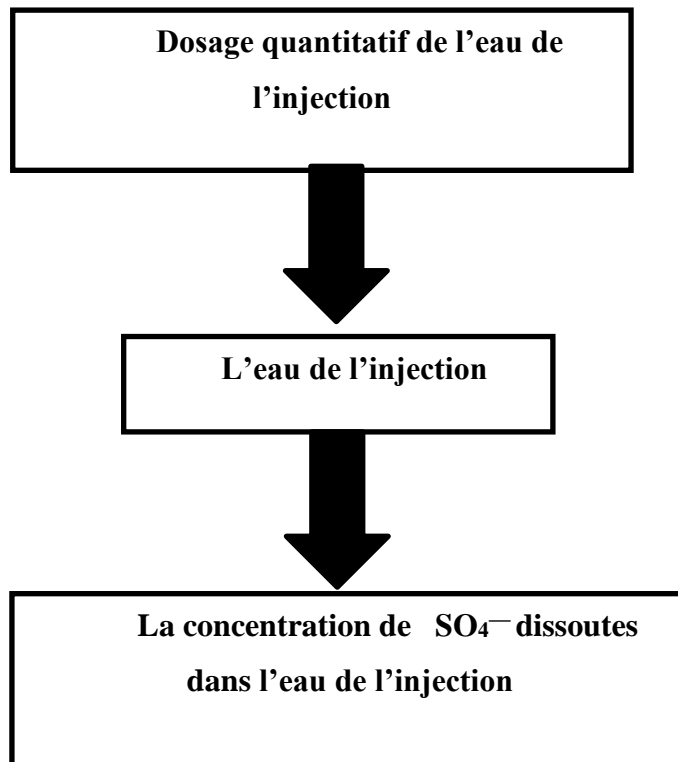


Figure III.4 : schéma représente les étapes du dosage quantitatif

Chapitre III: La filtration d'ions de sulfates dissoutes dans l'eau d'injection

Ce schéma illustratif montre que le dosage quantitatif nécessite les étapes suivantes :

Prélevez de très petits échantillons de l'eau obtenue et divisez-la dans En deux flacons gradués de 25 ml, puis

Mettez des gouttes de sulfate ou de baryum lorsque la réaction se produit, une détection qualitative est effectuée.

Le spectrophotomètre DR2500 est utilisée dans la plupart des cas dans notre laboratoire pour :

On remplit deux flacons avec l'échantillon préalablement filtré, l'un sera ; le blanc et l'autre auquel on ajoute le réactif correspondant.

Une fois qu'on a ajouté le réactif, on agite bien la solution

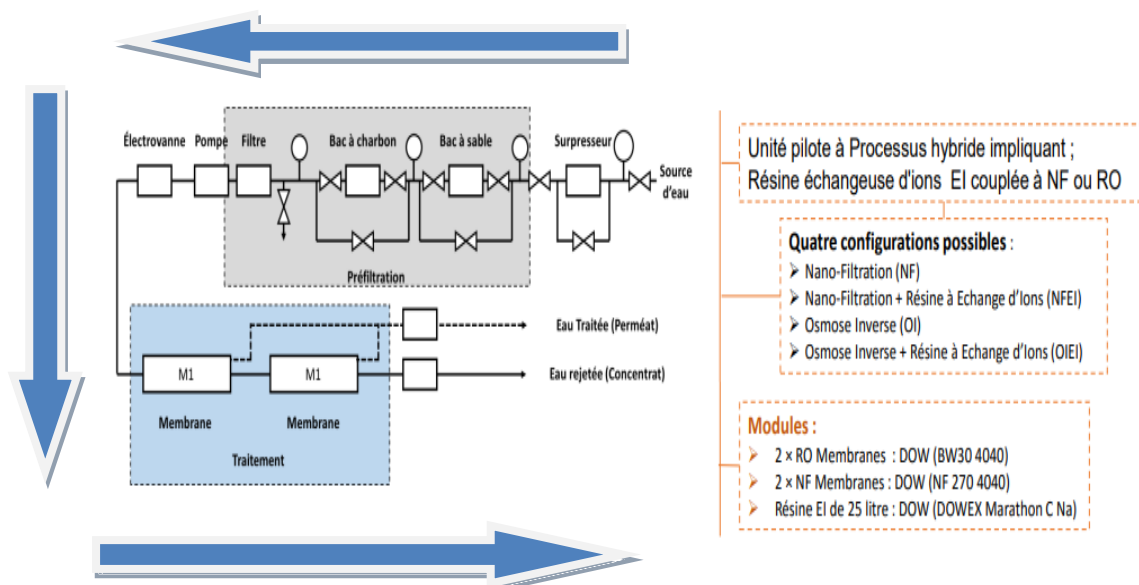
On introduit ensuite le flacon de l'échantillon avec le réactif et on lit directement le résultat en mg/l.

Il faut toujours procéder à une dilution de l'échantillon à analyser, notamment pour les ions baryum (Ba^{2+}) et sulfates (SO_4^{2-})

Pour cela, mettre 2,5 ml d'eau de l'échantillon à compléter d'eau distillée dans un flacon gradué à 25 ml Le résultat sera multiplié par 10.

III.2.2.1.3. Le protocole de la nanofiltration des ions sulfates dissoutes dans l'eau d'injection

Les étapes suivis dans le Protocol expérimental de la nanofiltration des sulfates dans l'eau d'injection stocké dans les bacs de TFT sont représentées dans le schéma suivant :





III.3. Résultats et discussion

III.3.1. Le dosage qualitatif de l'eau associée, le dosage quantitatif de l'eau de l'injection, la filtration des sulfates dissoutes

Les concentrations des ions de baryum et sulfates obtenues après les dosages qualitatif de l'eau associée et quantitatif de l'eau d'injection (en 20°C et 10 bars) sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III. 1 : Les concentrations des ions de baryum et sulfates

Compositions	ZARZAITINE LIAS		ORDOVICIEN	
	TFT 621	TFT 610	TFT 97	CS5 HP
Cations (mg/l)				
Ba ⁺⁺	00	00	1064	752
SO ₄ ⁻	1136,6	1086	00	00
Total	2160,8	2557	134149	127129,2

III.3.1.2. La filtration d'ions de sulfates dissoutes dans l'eau d'injection par différentes techniques de filtration

La filtration d'ions de sulfates contenant dans l'eau d'injection a été réalisé par plusieurs techniques de filtration à des différentes conditions de pressions et de températures.

A. L'osmose inverse

1.L'osmose inverse à 6 bars et à 20, 30, et 40 °C

La filtration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection par la technique de l'osmose inverse montre que la concentration de ces ions est diminuée après l'augmentation de la pression de 1 bar à 6 bars, (à 20 °C) de 1086 mg/l (20 °C, 1 bar) au 16.02 mg/l (20 °C, 10 bars). Néanmoins, cette concentration est augmentée progressivement avec l'augmentation de la température de 20 à 40 °C à 6 bars de 16.02 à 50.87 mg/l comme il est montré dans le tableau et figure suivants :

Tableau III. 2 : La nanofiltration à 6 bars et à différentes températures 20, 30 et 40 °C

La concentration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection sans filtration 20 °C, 1 bar		Filtration avec l'osmose inverse 6 bars		
Ions	Concentration (mg/l)	20 °C (mg/l)	30 °C (mg/l)	40 °C (mg/l)
So ₄ ²⁻	1086	16.02	28.52	50.87

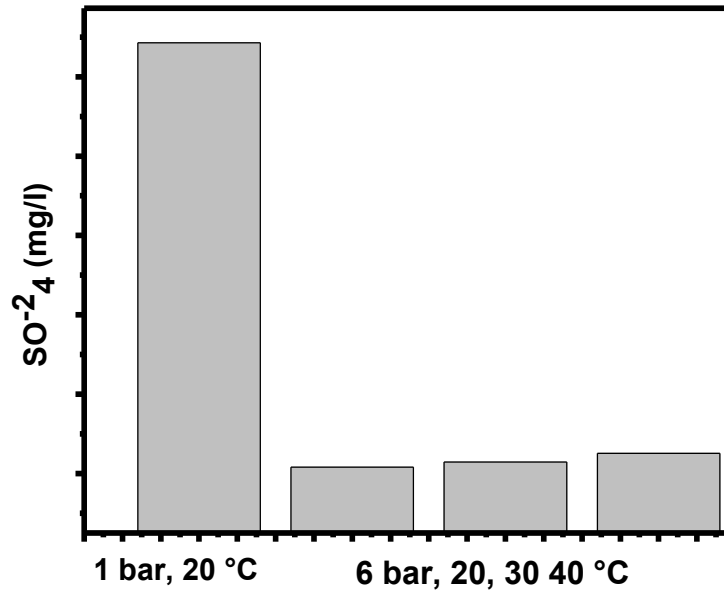


Figure : III.5 : la représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par l'osmose inverse à 6 bars

2.L'osmose inverse à 10 bars et à 20, 30, et 40 °C

La filtration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection par la technique de l'osmose inverse montre que la concentration de ces ions est diminuée après l'augmentation de la pression de 1 bar à 10 bars, (à 20 °C) de 1086 mg/l (20 °C, 1 bar) au 10.61 mg/l (20 °C, 10 bars). Néanmoins, cette concentration est augmentée progressivement avec l'augmentation de la température de 20 à 40 °C à 10 bars de 10.61 à 32.91 mg/l comme il est montré dans le tableau et figure suivants :

La concentration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection sans filtration 20 °C, 1 bar		Filtration avec l'osmose inverse 10 bars		
Ions	Concentration (mg/l)	20 °C (mg/l)	30 °C (mg/l)	40 °C (mg/l)
SO ₄ ²⁻	1086	10.61	18.8	32.91

Tableau: III .3.le dosage quantitatif d'ions de sulfates dans l'eau d'injection sans et après la filtration par la technique de l'osmose inverse à 10 bars et à différentes températures 20, 30, 40°C

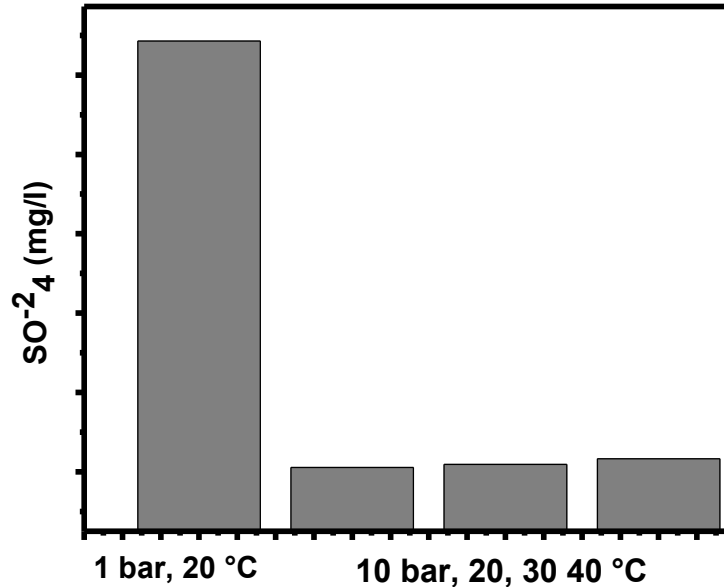


Figure :III.6: la représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par l'osmose inverse

B. La nanofiltration

1.La nanofiltration à 6 bars et à 20, 30, et 40 °C

La filtration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection par la technique de la nanofiltration montre que la concentration de ces ions est diminuée après l'augmentation de la pression de 1 bar à 6 bars, (à 20 °C) de 1086 mg/l (20 °C, 1 bar) au 41.22 mg/l (20 °C, 6 bars). Néanmoins, cette concentration est augmentée progressivement avec l'augmentation de la température de 20 à 40 °C à 6 bars de 41.22 à 116.7 mg/l comme il est montré dans le tableau et figure suivants :

Tableau III. 4 : La nanofiltration à 6 bars et à différentes températures 20, 30 et 40 °C

La concentration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection sans filtration 20 °C, 1 bar		Filtration avec nanofiltration 6 Bars		
Ions	Concentration (mg/l)	20 °C (mg/l)	30 °C (mg/l)	40 °C (mg/l)
SO ₄ ²⁻	1086	41.22	67.45	116.7

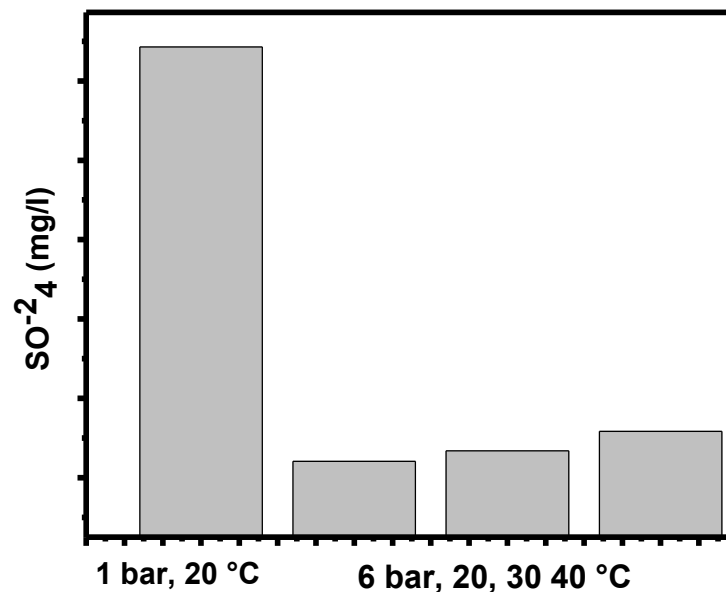


Figure III.7 : La représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par la nanofiltration à 6 bars

2. La nanofiltration à 10 bars et à 20, 30, et 40 °C

La filtration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection par la technique de la nanofiltration montre que la concentration de ces ions est diminuée après l'augmentation de la pression de 1 bar à 10 bars, (à 20 °C) de 1086 mg/l (20 °C, 1 bar) au 29.27 mg/l (20 °C, 10 bars). Néanmoins, cette concentration est augmentée progressivement avec l'augmentation de la température de 20 à 40 °C à 10 bars de 29.27 à 77.73 mg/l comme il est montré dans le tableau et figure suivants :

Tableau III. 5 : La nanofiltration à 10 bars et à différentes températures 20, 30 et 40 °C

La concentration d'ions de sulfates dans l'eau d'injection sans filtration 20 °C, 1 bar		Filtration avec nanofiltration 10 bars		
Ions	Concentration (mg/l)	20 °C (mg/l)	30 °C (mg/l)	40 °C (mg/l)
SO ₄ ²⁻	1086	29.27	47.55	77.73

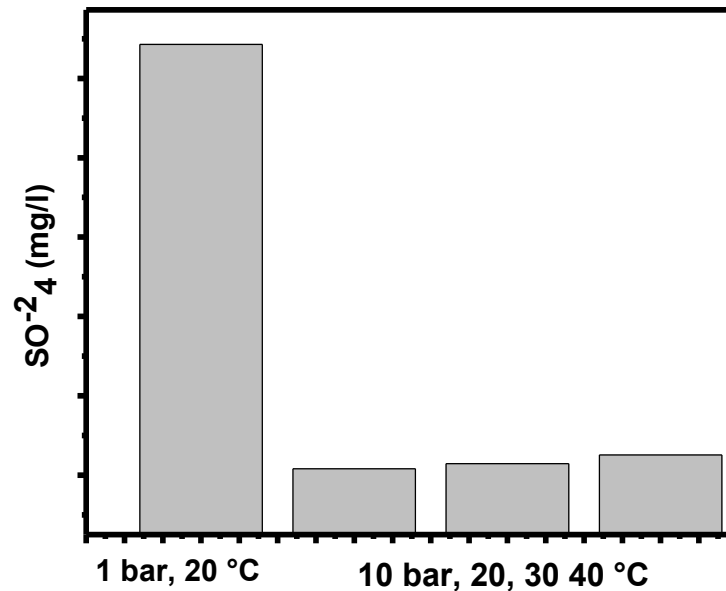


Figure III.8 : la représentation graphique de l'effet de la T et P sur la filtration d'ions sulfates par la nanofiltration à 10 bars

III.4. Comparaison entre la rentabilité de différentes techniques de filtration ainsi que leurs couts de production

Le tableau et la figure suivants montrent que la technique de l'osmose inverse est la plus rentable dans la filtration d'ions de sulfates à des conditions de pression et de température 10 bars et 20 °C, respectivement, dont la concentration résiduelle de ces ions est diminuée de 1086 mg/l à 1 bar et 20 °C (sans filtration) au 10.61 mg/l à 10 bars et 20 °C. Alors que la concentration résiduelle d'ions de sulfates après la nanofiltration et dans les mêmes conditions

Chapitre III: La filtration d'ions de sulfates dissoutes dans l'eau d'injection

de la température et pression (10 bars et 20 °C) est diminuée au 16.02 mg/l. Néanmoins, la technique de la nanofiltration a des avantages majeurs en comparant avec l'osmose inverse qui ferrent la nanofiltration le choix adéquat pour filtrer l'ions de sulfates dans l'eau d'injection. La technique de l'osmose inverse est non sélective, énergivore, logistique complexe, et potentiel fort de colmatage, ce qui demande de un cout très élevé pour réaliser la filtration avec cette technique. En revanche, la nanofiltration est une technique simple, donne un très bon taux de conversion, débit élevé, très sélective, non énergivore (panneaux solaires),ce qui nécessite un cout bas pour filtrer l'ions avec cette technique.

Tableau III. 6 : La comparaison de la nanofiltration et l'osmose inverse à filtrer l'ions de sulfates à différentes pressions et températures

Technique	Pression (bars)	Température (°C)	Concentration de sulfates après la filtration (mg/l)
Osmose inverse	6	20	16.02
		30	28.52
		40	50.87
	10	20	10.61
		30	18.80
		40	32.91
nanofiltration	6	20	41.22
		30	67.45
		40	116.7
	10	20	29.27
		30	47.55
		40	77.73

III.5. Conclusion

Grâce à l'étude précédente, nous avons conclu que cette eau contient de nombreuses substances, dont le sulfate, qui constitue parfois un problème de blocage dans les oléoducs de transport de pétrole, en particulier lorsqu'il interagit avec le baryum à l'intérieur des points chauds de pétrole brut. Cette substance est affectée par la température. Lorsqu'il augmente, le pourcentage de ce dernier augmente, et lorsqu'il diminue, le pourcentage diminue. Grâce à notre analyse des résultats de l'eau pour le pétrole brut et l'utilisation de la technologie de nanofiltration, nous avons conclu que cette technologie réagit rapidement, et donc c'est la technologie la plus efficace pour résoudre de nombreux problèmes liés aux huiles et aux méthodes de transport, en particulier les tuyaux et problème de colmatage des canalisations (sulfate de baryum).

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERAL

Dans cette étude, les dosages qualitatif et quantitatif de l'eau de l'injection et associée ont été fait. Les dosages ont montré que l'eau associée est très riche en ions de baryum (mettez les valeurs) en comparaison avec les ions sulfates (mettez les valeurs). Ce nous entraine à déclarer que la nature de l'eau associée au pétrole brut dans le gisement TFT est barytée.

Différentes techniques de filtration : la nanofiltration et l'osmose inverse ont été utilisé, conditions de température et de pression, pour éliminer les ions de sulfates contenant dans l'eau d'injection stockée dans les bacs.

Les résultats obtenus nous ont montré la différence significative qui s'est produite après le processus de filtration pour chaque technique et avec la stabilisation du pH à 7, 7. Alors que lorsque la technique d'osmose inverse a été appliquée et dans différentes conditions de température différente 20 °C, 30 °C, et 40 °C et à une pression de 10 bars et 6 bar, il y a eu une diminution significative de la quantité de soufre de 1086 mg/l à 10,61 mg/l. Nous appliquons également les mêmes conditions à la nanofiltration, c'est-à-dire à différentes températures (20°C, (30°C) et (40°C) et à une température de et à une pression de 6 bar et 10 bars il y a eu une diminution significative de la quantité de soufre de 1086 mg/l à 29,27 mg/l ,où nous avons remarqué que plus le cycle de température et de pression était élevé, plus le rendement de filtration était faible, c'est-à-dire que le rendement de filtration était idéal à basse température et pression, c'est-à-dire en 20°C et 6bar.

Grâce à notre étude et analyse du sujet bien, où la technologie de nanofiltration est encore en usage, . Nous aspirons à apporter des solutions dans le futur, nous espérons que les ingénieurs de Sonatrach seront intéressés à rechercher d'autres sources d'eau d'injection, après s'être assuré que toutes les sources d'eau pour la zone TFT contiennent de grandes quantités de sulfate, ou en injectant certains médias avec de l'eau, qui décourage la réaction du soufre avec le baryum.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[1] SH DP-TFT, «Documentation sur le gisement TFT.,» Illizi. [2] Université Kasdi Merbah Ouargla, «Étude comparative entre la méthode d'activation de puits par gas-lift et par pompe électrique immergée (ESP) dans la région TFT,» ZENDARI Hocine , ALLOUT Omar, Ouargla, 2018.

[3] SONATRACH / DP REGION DE T F T , «PROBLEME DE DEPOT DE SULFATE DE BARYUM A TFT,» DIVISION / EP , SERVICE / TECHNIQUE , PRODUCTION, Illizi, 2000.

[4] SONATRACH ACTIVITE EXPLORATION-PRODUCTION DIRECTION REGIONALE TFT, «Revamping de la batterie de filtration au niveau de la station d'injection d'eau CS2,» Mme. Kenza KECHID, Illizi, 2017.

[5] نمذجة الحاجز في حوض الترسيب بمنهجية ديناميك الموائع الحاسوبية, فاطمة جعار, محمد امين شغالة, تسنيم]
SUST Journal of Engineering and Computer Sciences (JECS), p. 29_30, 03 09 2020.

[6] McGill University & EPFL, «Coagulation, Flocculation, Sédimentation & Filtration des eaux usées industrielles,» Emilie Fournier, Mars 2008.

[7] Académie Nationale de Pharmacie, «Définition de la filtration».

[8] Jean-Michel Desseigne IFV Rodilhan, «La filtration du vin Cuers,» Jean-Michel Desseigne IFV Rodilhan, le jeudi 9 avril 2015.

[9] FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC , Mathieu Bonnelly, 2005.

[10] Anderson 160 King Street W, 2nd Floor Dundas, Ontario L9H 1V4 CANADA, Degremont Technologies, CANADA.

[11] Le centre de recherche des technologies des semi-conducteur (CRTSE), CRTSE.

[12] Atkinson, S, «Nanofiltration concentrates Coloured Waste water and produces potable water. Membrane Technology,» Atkinson, S, 2002.

[13] Copyright TECHNO, «MEMBRANES,» Copyright TECHNO, juillet 2004 .

[14] Université Paul Sabatier _Laboratoire MSAS2004, «Etude de la nanofiltration pour son intégration dans les procédés de production d'acides organiques. Chemical engineering,» Antoine Bou choux, French, III, 2004.

[15] FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC, juillet 2005.

[16] FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC, Mathieu Bonnelly, juillet 2005.