

N° Série : ...../2025

Université Kasdi Merbah Ouargla



*Faculté des hydrocarbures énergies renouvelables et science de la terre et de l'univers*

**Département de Production des Hydrocarbures**

**MEMOIRE**

**Pour obtenir le Diplôme de Master**

**Option : Production Professionnel**

Présenté Par :

**KOUISSA Oussama, OMRANI Ismail, ALILI Ibrahim**

**-THÈME-**

---

**Optimisation du réseau de collecte : cas du MFD S1B'' - Champ Hassi  
Messaoud -**

---

Soutenue le : 29 / 05 / 2025 devant la commission d'examen

**Jury :**

|                                    |       |               |
|------------------------------------|-------|---------------|
| Président : BELMILOUD Fatima Zohra | M.A.A | Univ. Ouargla |
| Rapporteur : TOUAHRI Abdeldjebar   | M.C.A | Univ. Ouargla |
| Examineurs : DOUAK Mohamed         | M.C.B | Univ. Ouargla |

### *Remerciement*

*Nous remercions «الله» tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté et de nous avoir bénie jusqu'à la réalisation de ce travail.*

*On remercie vivement les membres de jury qui nous honore en jugeant notre mémoire de fin d'étude.*

*Nous tenons aussi à remercier chaleureusement notre encadreur Mr : TOUAHRI Abeldjabbar, mine de savoir et d'expérience, pour son grand soutien au travail.*

*Nous n'oublierons pas de remercier Mr : BENMENZER Soufyane ainsi que tous les Enseignants de notre département Hydrocarbure, pour les efforts qu'ils ont fournis durant notre cursus afin de nous amener jusqu'au bout de la formation.*

*Enfin, grand merci à nos familles respectives et nos amis qui nous ont aidés.*

*Nous profitons de l'occasion pour remercier tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

## ***Dédicace***

*C'est grâce à ALLAH, à Lui Seul la louange, que nous avons pu finir ce travail ;*

*Et nous tenons fermement à signaler que cette aventure nous a permis d'apprendre énormément de connaissances.*

*Comme nous saisissons cette occasion pour dédier cette œuvre :*

*À nos chers parents pour leurs sacrifices et leurs efforts consentis ;*

*À nos frères et nos sœurs ;*

*Aux membres de nos grandes familles paternelle maternelle et nos alliés ;*

*À tous nos amis ;*

*À tous ceux qui ont contribué à nos savoir et nos bonheurs...*

## Résumé

Ce travail a pour but d'étudier le dimensionnement de la collecte de l'un des manifolds du champs Hassi Messaoud afin d'optimiser la production dans ce champ par l'installation d'un séparateur avec une unité de pompage au niveau de ce manifold, ou/et la pose d'un nouveau collecteur, ou/et l'ajout d'un nouveau élément ou manifold tous dépend les résultats d'optimisation. Des études comparatives (avant et après l'optimisation de production) à l'aide de logiciel PipeSim ont été proposées afin de pouvoir transporter le brut à partir des puits vers les stations satellites ou les centres de traitements dans les bonnes conditions.

**Mots clés :** Optimisation du réseau de pipelines, Pipesim, Collecte, Manifold, Modélisation, Débit, Optimisation du diamètre, Reconfiguration du réseau.

## الملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تصميم شبكة التجميع لأحد المجمعات (Manifolds) في حقل حاسي مسعود، وذلك بهدف تحسين الإنتاج في هذا الحقل من خلال تركيب فاصل (Separator) مزود بوحدة ضخ عند مستوى هذا المجمع، أو/و إنشاء مجمع تجميع جديد، أو/و إضافة عنصر جديد، وذلك حسب نتائج التحسين. وقد تم اقتراح دراسات مقارنة قبل وبعد تحسين الإنتاج باستخدام برنامج PipeSim، من أجل ضمان نقل النفط الخام من الآبار إلى المحطات الفرعية أو مراكز المعالجة في ظروف مناسبة.

## الكلمات المفتاحية

تحسين شبكة الأنابيب، PipeSim، التجميع، المجمع (Manifold)، النمذجة، معدل التدفق، تحسين القطر، إعادة تشكيل الشبكة.

## Summary

This work aims to study the sizing of the gathering system of one of the manifolds in the Hassi Messaoud field in order to optimize production in this field through the installation of a separator with a pumping unit at the level of this manifold, and/or the installation of a new gathering line, and/or the addition of a new element or manifold, depending on the optimization results. Comparative studies (before and after production optimization) using the PipeSim software have been proposed to ensure the proper transportation of crude oil from the wells to satellite stations or processing centers under optimal conditions.

## Keywords:

Pipeline network optimization, Pipesim, Gathering, Manifold, Modeling, Flow rate, Diameter optimization, Network reconfiguration.

## Table des matières

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| I.1. Généralités sur le champ Hassi Messaoud .....             | 3  |
| I.1.1. Introduction.....                                       | 3  |
| I.1.2. Situation géologique du champ HMD .....                 | 3  |
| I.2. Description de réseau de collecte de Hassi Messaoud ..... | 4  |
| I.2.1. Le réseau de collecte Nord.....                         | 4  |
| I.2.2. Le réseau de collecte Sud.....                          | 5  |
| I.3. Description de réseau de collecte du manifold S1B” .....  | 6  |
| II.1. Généralités sur le réseau de collecte .....              | 10 |
| II.1.1. Introduction .....                                     | 10 |
| II.1.2. Classification des conduites.....                      | 10 |
| II.1.3. Plans de réseau de collecte .....                      | 10 |
| II.1.4. Manifolds.....                                         | 13 |
| II.2. Etude de perte de charge .....                           | 13 |
| II.2.1. Définition de l’écoulement multiphasique .....         | 13 |
| II.2.2. Les types d’écoulement .....                           | 14 |
| II.2.3 Variation de la pression le long d’une conduite.....    | 16 |
| II.2.4. Liquid hold-up .....                                   | 18 |
| II.2.5. Régimes d’écoulement à travers la Duse.....            | 20 |
| II.2.5.1. Régime critique.....                                 | 21 |
| II.2.5.3. Régime non critique.....                             | 21 |
| II.3. Généralités sur les pompes .....                         | 23 |
| II.3.1. Introduction .....                                     | 23 |
| II.3.2. la classification des pompes .....                     | 23 |
| II.3.2.1. Les pompes centrifuges .....                         | 24 |
| II.3.2.2. Les pompes volumétriques .....                       | 24 |
| II.3.3. Pompe multiphasique .....                              | 25 |
| II.3.4. Types de pompes multiphasiques .....                   | 26 |
| II.3.4.1. Les pompes rotodynamiques (turbopompes).....         | 26 |
| II.3.4.1.1. Pompes hélico-centrifuges.....                     | 26 |
| II.3.4.1.2. Pompes centrifuges multicellulaires.....           | 27 |
| II.3.4.2. Les pompes à déplacement positif (volumétrique)..... | 27 |
| II.3.4.2.1. Pompes à cavité progressive (une seule vis) .....  | 27 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| II.3.4.2.2. Pompes à double vis .....                                         | 28 |
| II.3.4.2.3. Pompe à piston.....                                               | 29 |
| II.3.4.2.4. Pompe à diaphragme .....                                          | 29 |
| III.1. Outil de calcul.....                                                   | 32 |
| III.2. Données de modélisation .....                                          | 32 |
| III.2.1. Données de fluide.....                                               | 32 |
| III.2.2. Paramètres de production .....                                       | 33 |
| III.3. Mise en place des données sur Pipesim .....                            | 34 |
| III.3.1. Choix de la corrélation .....                                        | 36 |
| III.3.2. Procédure de la modélisation .....                                   | 37 |
| III.4. Présentation des résultats .....                                       | 39 |
| III.4.1. Résultats de pression des pipeline (Pp) après calage .....           | 39 |
| III.4.2. Résultats de l'étude de vitesse et de pression du réseau actuel..... | 40 |
| IV.1. Optimisation par la pose d'une pompe multiphasique : .....              | 44 |
| IV.1.1. Analyse des Pressions.....                                            | 45 |
| IV.1.2. Analyse de la EVR, Vitesse, et $\Delta P$ du réseau .....             | 46 |
| IV.2. Optimisation par le changement du diamètre des pipelines.....           | 48 |
| Conclusion générale.....                                                      | 50 |
| Références bibliographiques .....                                             | 52 |

## Liste des figures

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure I.1: Situation géographique de la zone d'étude [1].....                                | 3  |
| Figure I.2 : Circuit de production du MFD S1B'' jusqu'à Haoud El Hamra (HEH) .....            | 6  |
| Figure I.3 : Réseau des puits reliés au MFD S1B'' .....                                       | 8  |
| Figure I.4 : Plan isométrique du MFD S1B'' .....                                              | 9  |
| Fig.II.1. Liaison individuelle .....                                                          | 11 |
| Fig.II.2. La liaison par collecteur .....                                                     | 12 |
| Fig.II.6. Liquide hold up .....                                                               | 20 |
| Figure II.7 : Régimes d'écoulement à travers la duse [8] .....                                | 22 |
| Figure II.8 : la classification des pompes.....                                               | 23 |
| Fig.II.9. Pompe centrifuge .....                                                              | 24 |
| Fig.II.10. Pompe volumétrique .....                                                           | 24 |
| Fig.II.11. Différence entre l'installation d'un séparateur et d'une pompe multiphasique ..... | 25 |
| Fig.II.12. Roue d'une pompe hélico-centrifuge .....                                           | 26 |
| Fig.II.13. Différence entre une roue centrifuge et une roue hélicoïdale .....                 | 27 |
| Fig.II.14. Pompe à cavité progressive.....                                                    | 28 |
| Fig.II.15. Pompe à double vis .....                                                           | 28 |
| Fig.II.16. Pompe à piston.....                                                                | 29 |
| Fig.II.17. Schéma d'une pompe à diaphragme .....                                              | 29 |
| Figure III.1 : Modèle actuel du réseau MFD S1B'' .....                                        | 31 |
| Figure III.2 : Paramètres PVT du fluide black-oil .....                                       | 32 |
| Figure III.3 : Fenêtre d'entrée des données de puits .....                                    | 34 |
| Figure III.4: Sources des données d'élévation .....                                           | 35 |
| Figure III.5 : Informations sur les transferts de chaleur.....                                | 36 |
| Figure III.6 : Choix de type de corrélation. ....                                             | 37 |
| Figure III.7 : schéma de la procédure de modélisation .....                                   | 38 |
| Figure IV.1 : Paramètres de la pompe multiphasique .....                                      | 45 |

## Liste des tableaux

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau I.1 : Données des puits reliés au MFD S1B .....                         | 7  |
| Tableau II.1 : Pourcentage de chaque terme de pertes de charge .....            | 17 |
| Tableau II.2 : Les valeurs (a, b et c) pour chaque régime d'écoulement.....     | 18 |
| Tableau II.3 : Les valeurs (d, e, f et g) pour chaque régime d'écoulement ..... | 19 |
| Tableau III.1 : Paramètres du bilan de production .....                         | 33 |
| Tableau III.2 : Tableau des résultats comparative de pression de pipe .....     | 39 |
| Tableau III.3 : Tableau des résultats de modélisation du réseau MFD S1B” .....  | 41 |
| Tableau IV.1: Résultats de pression pipe (Pp) et rapport Pt/Pp .....            | 45 |
| Tableau IV.2: Résultats de l'EVR pour les trois scenarios .....                 | 46 |
| Tableau IV.3 : Résultats de la vitesse max pour les trois scenarios .....       | 47 |
| Tableau IV.4 : Résultats des pertes de charge pour les trois scenarios.....     | 47 |
| Tableau IV.5: Comparaison des résultats de Pp et rapport Pt/Pp .....            | 48 |
| Tableau IV.6: Comparaison des résultats : EVR, $\Delta P$ , et Vmax .....       | 49 |

## LISTE DES ABREVIATIONS

|        |                                                 |
|--------|-------------------------------------------------|
| API :  | American Petroleum Institute                    |
| BSW :  | Basic and sédiment water                        |
| GOR :  | Gaz Oil Rapport ( $\text{Sm}^3 / \text{Sm}^3$ ) |
| HMD :  | Hassi Messaoud                                  |
| Bbl:   | Baril                                           |
| Bo:    | Oil Bulk ( $\text{m}^3 / \text{m}^3$ )          |
| HP :   | Haute Pression.                                 |
| BP:    | Basse Pression.                                 |
| DA:    | Dinar Algérien.                                 |
| D :    | Densité                                         |
| H :    | Hauteur (m)                                     |
| Dh:    | Différence de la hauteur.                       |
| DP:    | Différence de la pression.                      |
| EPF:   | Early Production Facility.                      |
| MFD :  | Manifold                                        |
| Rs :   | GOR de solution                                 |
| Pasp : | Pression d'aspiration (bar)                     |
| Pp :   | Pression de pipe (bar)                          |
| Pref : | Pression de refoulement (bar)                   |
| Psep : | Pression de séparation (bar)                    |
| Q :    | Débit ( $\text{m}^3 / \text{h}$ )               |
| Qc :   | Débit calculé ( $\text{m}^3 / \text{h}$ )       |
| Qh :   | Débit d'huile ( $\text{m}^3 / \text{h}$ )       |
| Qm :   | Débit mesuré ( $\text{m}^3 / \text{h}$ )        |

$Q_w$  : Débit d'eau( $m^3 /h$ )  
 $VMF$  : Vitesse moyenne du fluide  
 $\Delta P$  : Perte de charge (bar)  
 $\mu$  : Viscosité (Cp)  
 $T_{am}$  : Temp d'amortissement  
 $IP$ : Indice de Productivité ( $m^3 /h /bars$ )  
 $IPR$ : Inflow Performance Relationship  
 $L_{ss}$  : Longueur de séparateur  
 $MP$  : Moyenne Pression  
 $PFD$ : Pression du Fond Dynamique ( atm )  
 $P_g$ : Pression de gisement ( atm )  
 $PIPESIM$ : Pipeline Simulator  
 $P_{pc}$ : Pression de pipe calculée (atm )  
 $P_{pm}$ : Pression de pipe mesurée (Atm)  
 $P_t$ : Pression de tête (Atm)  
 $P_{ui}$ : Puissance.  
 $PVT$ : Pression, Volume, Température.  
 $VMF$ : La vitesse moyenne du fluide (m/s)  
 $\$_{usa}$  : Dollar Américaine  
 $CIS$  : Centre Industriel Sud

## **Introduction Générale**

Le champ de Hassi Messaoud est l'un des plus vastes et importants gisements pétroliers au monde, représentant un pilier stratégique de l'industrie pétrolière en Algérie. Dans le cadre de sa politique d'augmentation de la capacité de production globale du champ, la société Sonatrach a entrepris plusieurs actions de développement, incluant l'extension des unités de séparation et d'expédition existantes (MFDs), l'installation de nouvelles unités, ainsi que la mise en exploitation des gisements périphériques. C'est dans cette optique qu'une nouvelle unité, le MFD S1B'', a été mise en production en 2020. Cette unité est dédiée à la collecte et à l'acheminement de la production de seize (16) puits producteurs de pétrole. La production est ensuite dirigée vers une autre unité MFD à travers deux collecteurs aériens de 6'' et 8''. Ce mémoire vise à étudier le fonctionnement et la performance de cette unité dans un contexte d'expansion du réseau de production, et à évaluer son efficacité en termes de collecte et de transfert des hydrocarbures, tout en proposant des pistes d'optimisation afin d'améliorer la fiabilité et la capacité du système existant.

### **Problématique de la recherche**

L'exploitation du Manifold S1B'' connaît plusieurs contraintes opérationnelles, notamment :

- La saturation des points d'entrée suite à l'augmentation du nombre de puits connectés
- Les pertes de charge importantes affectant le rendement global.
- Des écoulements parfois en régime critique, limitant l'efficacité de certains segments de la conduite.

Ces difficultés compromettent la stabilité du plateau de production à long terme et exigent des solutions techniques adaptées.

### **Objectifs de la recherche**

Ce travail a pour objectifs principaux de :

- Modéliser le réseau actuel de collecte du MFD S1B'' à l'aide du logiciel PIPESIM.
- Diagnostiquer les performances hydrauliques de l'unité (pressions, régimes d'écoulement, vitesses, pertes de charge, etc.).
- Identifier les segments du réseau nécessitant des ajustements.
- Proposer des solutions d'optimisation pour garantir une exploitation durable et efficace.

## **Méthodologie du travail :**

La démarche méthodologique repose sur les étapes suivantes :

1. Collecte des données (production, GOR, température, pression, water-cut, caractéristiques des pipelines) ;
2. Construction d'un modèle de simulation dans PIPESIM, fidèle à la réalité terrain ;
3. Calage du modèle par comparaison des valeurs mesurées et simulées ;
4. Analyse des résultats pour identifier les conduites problématiques (sous/surdimensionnées) ;
5. Élaboration de recommandations techniques pour l'amélioration du réseau.

## **Organisation du mémoire :**

Le mémoire commence par une introduction qui s'appuie sur le contexte de création d'un modèle de réseau de collecte, la problématique et les objectifs du travail. Par la suite, nous avons :

- Chapitre I : Généralité sur le champ de Hassi Messaoud (HMD) et sur le MFD S1B''.
- Chapitre II : Généralités théoriques sur les réseaux de collecte et les principes de modélisation.
- Chapitre III : Modélisation du réseau actuel du MFD S1B'' à l'aide du logiciel PIPESIM.
- Chapitre IV : Optimisation du réseau et proposition de solutions techniques adaptées.

Enfin, ce mémoire se termine par une conclusion qui rappelle les résultats obtenus à partir de cette étude et les recommandations permettant d'éviter certains problèmes et de maintenir les puits dans les meilleures conditions de performance.

CHAPITRE I :  
Généralité sur le Champ HMD,  
et le Manifold S1B’’

## I.1. Généralités sur le champ Hassi Messaoud

### I.1.1. Introduction

Le gisement de Hassi Messaoud est un gisement d'huile léger, il a été découvert en 1956 par le forage du puits MD1 [1] qui a traversé les réservoirs de grès du Cambro-Ordovicien à 3 337 mètres de profondeur. Le gisement, de dimensions 50 x 40 km, est situé dans le Sahara algérien, à 800 km au sud d'Alger.

Le gisement de Hassi Messaoud présente une structure en dôme anticlinal, largement héritée de la phase orogénique hercynienne dont le paroxysme s'est produit à la fin du Paléozoïque.

### I.1.2. Situation géologique du champ HMD

Le champ de Hassi Messaoud occupe la partie centrale de la province triasique. Par sa superficie et ses réserves, il est le plus grand gisement de pétrole d'Algérie qui s'étend sur près de 2200 km<sup>2</sup> de superficie. Il est limité :

- Au Nord-Ouest par les gisements de Ouargla [Gellala, Ben Kahla et Haoud Berkaoui].
- Au Sud-Ouest par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb.
- Au Sud-Est par les gisements ; Rhourde El Baguel et Mesdar.

Géologiquement, il est limité :

- A l'Ouest par la dépression d'Oued M'ya.
- Au Sud par le môle d'Amguid El Biod.
- Au Nord par la structure Djammâa-Touggourt.
- A l'Est par les hauts fonds de Dahar, Rhourde El Baguel et la dépression de Ghadames.

Le champ de Hassi Messaoud demeure traditionnellement divisé d'Est en ouest en deux parties distinctes : Hassi Messaoud Nord, et Hassi Messaoud Sud.



Figure I.1: Situation géographique de la zone d'étude [1]

## **I.2. Description de réseau de collecte de Hassi Messaoud**

Il existe quatre types de réseaux au niveau de ce champ :

- 1- Un réseau pour la production d'huile : Puits huile → Manifold → Stations → Centres de traitement (CIS, CINA...etc.).
- 2- Un réseau pour l'injection de gaz à haute pression & gaz lift : Centres de traitement (CIS, CINA, & Z-CINA) → Manifolds Gaz → Puits injecteurs gaz /Puits gaz lift.
- 3- Un réseau pour la production et l'injection d'eau (maintien de pression) : Puits Albien → Stations (Traitement & pompage) → Manifolds eau → Puits injecteurs d'eau.
- 4- Un réseau pour eau de dessalage : Stations (Traitement & pompage) → Skids d'injection d'eau pressurisé → Puits huile salés.

Comme le champ de Hassi Messaoud est divisé en deux ; le réseau de collecte est aussi divisé en deux parties qui sont plus ou moins indépendantes :

### **I.2.1. Le réseau de collecte Nord**

Il comporte un système de collecte composé d'environ 4900 km de pipelines dont 1500 km sont enterrés, 57 manifolds, 9 stations satellites et un centre de traitement destinés à la séparation, au traitement, et au transport de la production de plus de 950 puits.

Une grande partie de la production de ces puits est séparées dans les neuf stations de séparations avant une deuxième séparation et un traitement final au niveau du Centre Industriel Nord (CINA).

Au niveau de CINA, l'huile venant des stations satellites est séparée dans le système de 2ème étage, où les séparateurs fonctionnent à une pression de 6 Bar.

La production de quelques puits est séparée directement dans les séparateurs HP et MP au niveau de CINA, sans passer par les stations de séparations. Ces systèmes de séparation sont appelés :

- 1- **LDHP** : pour les puits connectés sur le système de séparation de 15 bar.
- 2- **LDMP** : pour les puits connectés sur le système de séparation de 7 bar.

Une quantité du gaz reçue au niveau de CINA est envoyée vers l'unité de GPL pour l'extraction des condensas. Le gaz léger est envoyé vers les stations de compression pour l'injection. Il y a aussi un nouveau centre de Traitement HP- ZCINA : alimenté par les puits à for GOR.

### **I.2.2. Le réseau de collecte Sud**

Il est plus compliqué que celui du nord. Il comporte un système de collecte composé d'environ 5600 km de pipelines dont 1900 km sont enterrés, 92 manifolds, sept (07) stations satellites et Trois centres de traitement destinés à la séparation, au traitement, et au transport de la production de plus de 980 puits.

Une grande partie de la production de ces puits est séparées dans les sept (07) stations satellites avant une deuxième séparation et un traitement final au niveau des Centres de traitement. Toutes les stations satellites contiennent, chacune, un manifold, deux séparateurs ou plus, une pomperie composée de plus de deux pompes d'expédition d'huile et une station de compression du gaz. L'huile séparée dans ces stations est pompée et le gaz est comprimé pour être envoyés vers CIS.

Au niveau du CIS, l'huile venant des stations satellites est séparée dans le système de 2ième étage, où les séparateurs fonctionnent à une pression de 4,5 Bar.

Dans les dernières années une nouvelle unité de traitement de brut est créée « UTBS ». Cette dernière est destinée à recevoir et traité l'huile non stabilisé provenant des six stations satellites existantes ; par la suite il assure l'expédition de l'huile stabilisée vers le centre de stockage Haoud El Hamra (HEH) via des pipelines de grands diamètres.

La production des puits non séparée dans les stations satellite est envoyée directement vers les séparateurs HP et BP au niveau du CIS. Ces systèmes de séparation sont appelés LDHP, pour les puits connectés sur le système de séparation de 28 bar, et LDBP pour les puits connectés sur le système de séparation de 11 bar.

Dans le cadre de développement du champ HMD des champs périphériques ont été exploré pour l'augmentation de la production comme par exemple : Hassi Gettara (HGA), Hassi Terfa (HTF), Hassi Zabat (HDZ)...etc. la production venant de ces champs est accumulée, et séparée au niveau du centre GOSP HGA ; ensuite, la production de l'huile est acheminée vers le centre UTBS pour le traitement et la stabilisation.

Le gaz riche est envoyé vers les unités de GPL pour l'extraction des condensas, le gaz léger est comprimé, jusqu'à 400 Bar, dans la section de compression au CIS pour être injecté dans les puits injecteurs gaz et gaz lift.

Les eaux huileuses provenant de la séparation primaire au niveau des stations satellites sont acheminées vers les bourbiers, par la suite l'huile est aspirée par des camions spécial de la couche superficielle desdits bourbiers et l'eau reste en place jusqu'à la vaporisation.

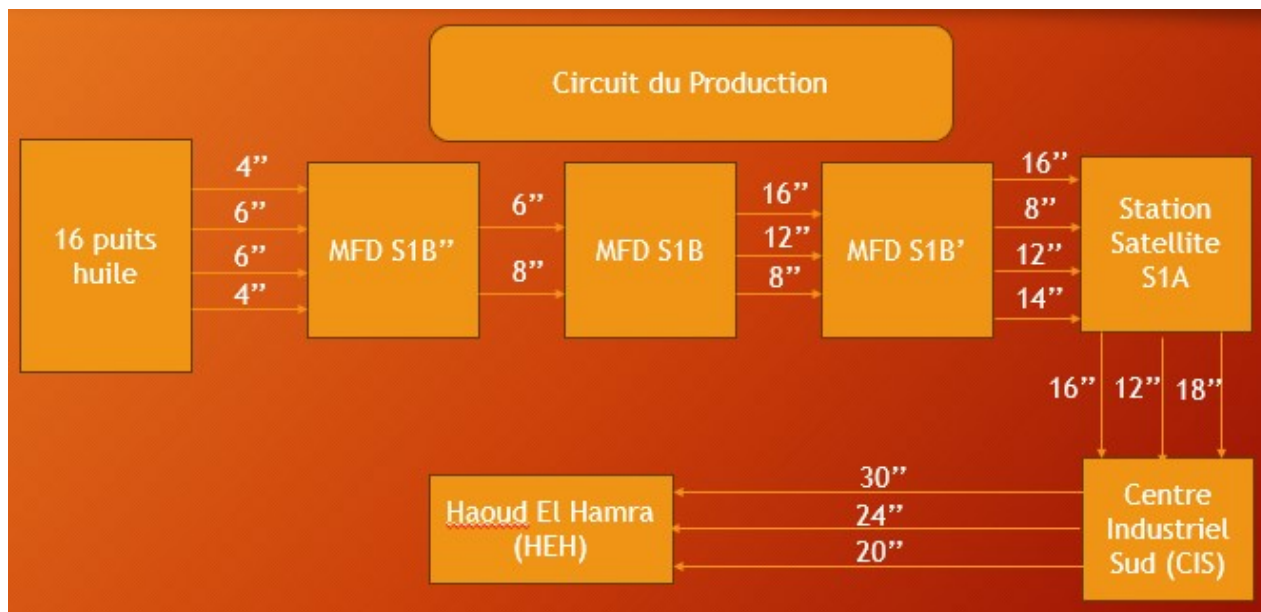


Figure I.2 : Circuit de production du MFD S1B'' jusqu'à Haoud El Hamra (HEH)

### I.3. Description de réseau de collecte du manifold S1B''

Le manifold S1B'' est situé dans la partie sud du champ HMD, exactement sur la zone de production HZS (Ces zones sont relativement indépendantes et correspondent à un ensemble de puits communiquant entre eux mais pas avec ceux des zones voisines, et se comportent de la même manière de point de vue pression de gisement ; le champ est divisé en 25 zones de production). Il a été mis en service en 2020 après l'augmentation du nombre des nouveaux puits huile forés dans cette zone pendant la période du 2016 jusqu'à 2019. Ce manifold collecte actuellement la production du 16 puits ; puis il achemine la production vers un autre MFD huile (S1B) via deux collecteurs aériens du diamètres 6" et 8". Ci-dessous un tableau qui illustre les données des puits reliés au MFD S1B'' :

**Tableau I.1 : Données des puits reliés au MFD S1B**

| <b>Puits</b> | <b>Dia. (in)</b> | <b>Long. (m)</b> | <b>Point<br/>d'arrivée</b> | <b>Réservoir</b> | <b>Réservoir<br/>Exploité</b> | <b>Drains<br/>Perforés</b> | <b>Observation</b>               |
|--------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| MD754        | 6                | 1239             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5-D4                         | Crépine<br>(D5/D4)         | Directe sur MFD S1B''            |
| MDZ729       | 6                | 1664             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5                            | D5                         | Directe sur MFD S1B''            |
| MDZ770       | 6                | 2066             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5                            | D5                         | Directe sur MFD S1B''            |
| MD38         | 6                | 1250             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5-D4                         | Short radius<br>D5         | Directe sur MFD S1B''            |
| MD730        | 6                | 2891             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5-D4                         | Crépine<br>(D5/D4)         | Directe sur MFD S1B''            |
| MD749        | 6                | 1173             | 6" MD730                   | Cambrien         | D5-D4                         | Short radius<br>D5         | Raccordé à 821m de GR<br>MD730   |
| MD756        | 6                | 2000             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5-D4                         | Short radius<br>D5         | Directe sur MFD S1B''            |
| MD765        | 6                | 1430             | 6" MD38                    | Cambrien         | D5-D4-D3                      | Short radius<br>D5         | Raccordé à 350m de GR<br>MD38    |
| MDZ700       | 6                | 1618             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5                            | D5                         | Directe sur MFD S1B''            |
| MDZ796       | 6                | 1384             | 6" MDZ770                  | Cambrien         | D5_Bas                        | D5                         | Raccordé à 435m de GR<br>MDZ770  |
| MDZ802       | 6                | 2927             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5_Basal                      | D5                         | Directe sur MFD S1B''            |
| MD610        | 6                | 955              | 6" MDZ802                  | Cambrien         | D5-D4-D3-<br>D2-ID-D1         | Short radius<br>D5         | Raccordé à 2910m de GR<br>MDZ802 |
| MD742        | 6                | 1698             | MFD S1B''                  | Cambrien         | D5-D4-D3                      | Crépine<br>(D5/D4)         | Directe sur MFD S1B''            |
| MD743        | 6                | 2397             | MFD S1B''                  | Cambrien         |                               |                            | Directe sur MFD S1B''            |
| MD764        | 4                | 853              | 6" MD743                   | Cambrien         | D5-D4                         | Short radius<br>D5         | Raccordé à 597m de GR<br>MD743   |
| MDZ810       | 4                | 1257             | 6" MDZ770                  | Cambrien         | D5_Basal                      | D5                         | Raccordé à 735m de GR<br>MDZ770  |

L'exploitation du secteur manifold S1B" pose de nombreux problèmes en raison du nombre des nouveaux puits forés dans les dernières années à hauteur dudit manifold. Depuis la mise en service de notre MFD ; sept (07) puits huile ont été forés et raccordés, trois (03) nouveau puits huile sont en cours de forage. Actuellement ; toutes les entrées du MFD sont occupées (le manifold contient dix entrées comme il est présenté dans le plan ci-dessous) cela signifie que les puits nouvellement forés vont être raccordés en jonction avec les puits actuels ; donc, plusieurs problèmes viennent d'apparaître sur le réseau de collecte : surcharge, freinage, fuite ...etc.

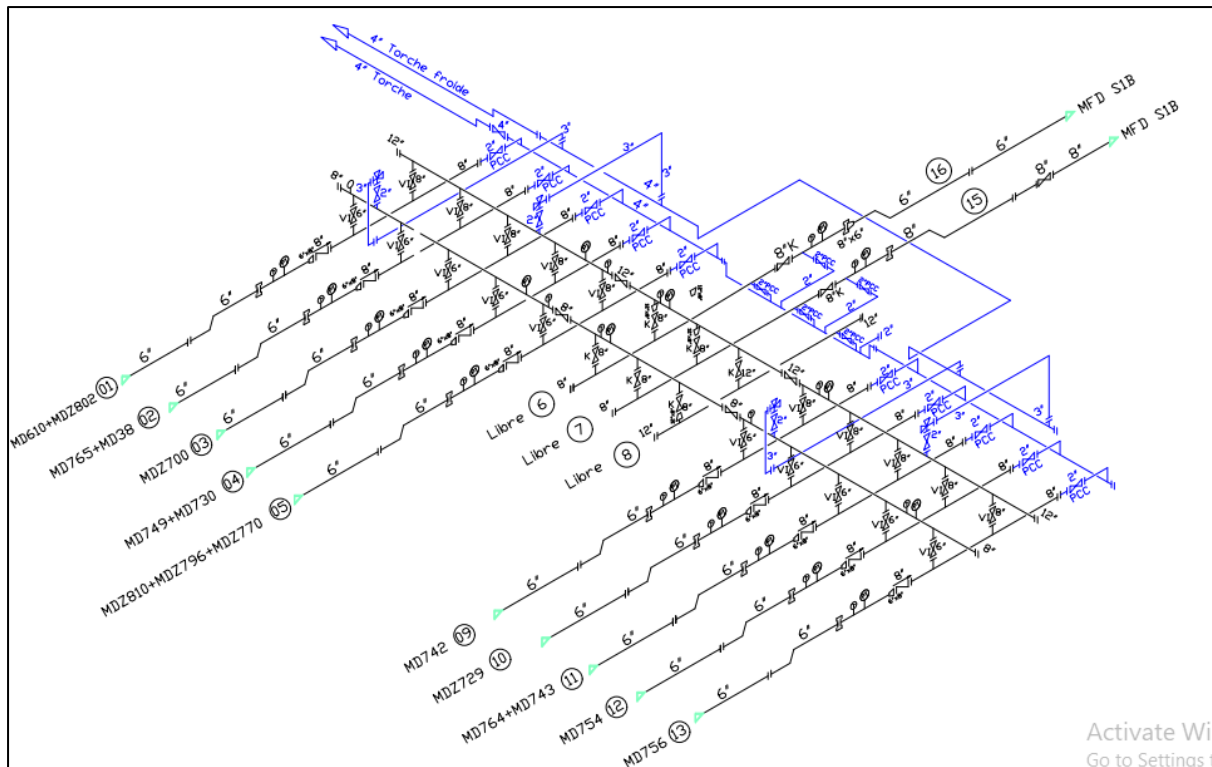


Figure I.4 : Plan isométrique du MFD S1B''

Voire la situation actuelle et prenant en considération les futures évolutions programmées au niveau de la zone du MFD S1B'' nous avons opté à étudier le dimensionnement de la collecte dudit MFD afin d'avoir une valeur minimale des pertes de charge possibles tout en optimisant le débit et cela dans le but d'avoir une marge pour prolonger le plateau de production.

# CHAPITRE II :

## Généralités sur les réseaux de collectes

## **II.1. Généralités sur le réseau de collecte**

### **II.1.1. Introduction**

L'effluent brut recueilli en surface doit être transporté et expédié vers les centres de traitement par un réseau de conduites munies par des accessoires de ces conduites, l'ensemble de ces conduites et ses accessoires est appelé réseau de collecte.

Les lignes de collecte transportent presque toujours un effluent poly phasique où les lois d'écoulement sont complexes et les pertes de charge sont importantes, ces derniers sont calculés par plusieurs méthodes qui utilisent des algorithmes différents. [2]

### **II.1.2. Classification des conduites**

Elles peuvent être classées comme suite :

- a) Selon leur destination :
  - Conduites d'huile.
  - Conduites de gaz.
  - Conduites d'eau.
- b) Selon leur pression de service :
  - À basse pression : 0-6 bars.
  - À pression moyenne : 6-16 bars.
  - À haute pression : > 16 bars.
- c) Selon le caractère du mouvement hydraulique :
  - Conduites forcées (la section est remplie complètement).
  - Conduites gravitaires (la section est remplie partiellement).

### **II.1.3. Plans de réseau de collecte**

Lors de l'établissement d'un projet de réseau de collecte on doit choisir le tracé (chemin à suivre) des conduites le plus court et le type de réseau de collecte assurant le système le plus rationnel. On distingue les réseaux de collecte suivants :

### a) Liaison individuelle

Dans ce cas chaque puits est relié individuellement à l'entrée du centre de traitement, ce système offre d'importants avantages techniques : (fig. II.1)

- Identification sur le centre des puits en service et à l'arrêt.
- Contrôle des puits en service par un simple examen des pressions et températures d'arrivées.
- Facilité d'isoler une production polluée.
- Rapidité de passage d'un puits en test.

L'inconvénient principal est l'installation de plusieurs conduites dans le cas d'un grand gisement et des puits nombreux.

Le schéma suivant montre un réseau de collecte par ligne individuelle :

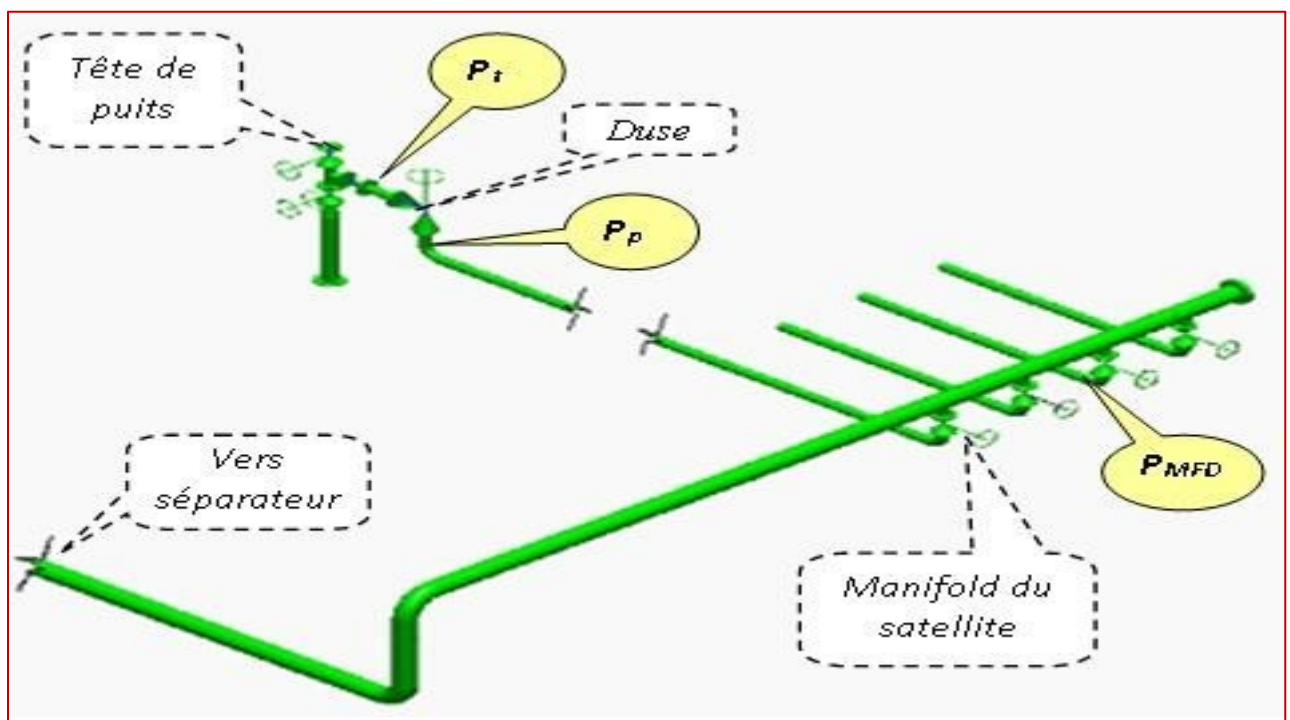


Fig.II.1. Liaison individuelle<sup>[3]</sup>

### b) Liaison par collecteur

L'effluent brut des différents puits est acheminé par un collecteur de grande capacité vers le centre de traitement. Le (ou les) point de groupement des lignes individuelles des puits est choisi sur le terrain de telle façon à avoir les lignes individuelles les plus courts possibles.

Au point de regroupement on installe un ensemble de vannes qui permettent d'isoler la production de chaque puits, ces points de groupement sont appelés manifold. Dans la plupart des cas on double le collecteur par une ligne de test.

Ce système de liaison prend un avantage incontesté (fig. II.2.) sur le champ de grande étendue où les puits sont nombreux et le centre de traitement est assez éloigné, l'inconvénient principal est que la production entière peut être polluée par celle d'un seul puits. [3]

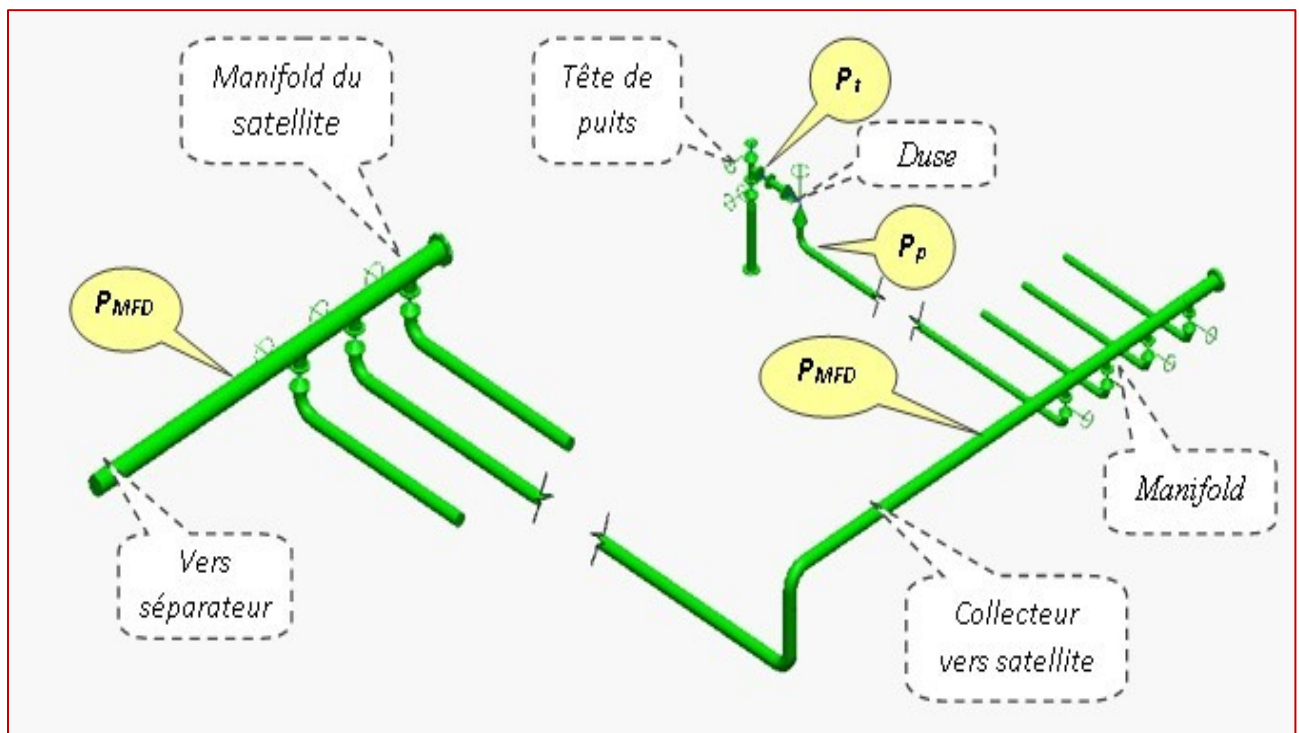


Fig.II.2. La liaison par collecteur<sup>[3]</sup>

### c) Autres types de liaison

Dérivés des systèmes précédents on rencontre assez souvent deux solutions intermédiaires. Dans la première, on installe au niveau de chaque manifold une batterie de séparateurs d'essai qui permet de supprimer la conduite de test. Sur les petits champs, on se contente même parfois d'un séparateur mobile que l'on déplace selon le besoin. Dans la seconde solution, on implante au niveau de chaque manifold une station de traitement ; on revient ainsi à la collecte par lignes individuelles, le produit traité est ensuite expédié par pipe dans un bac de stockage général. Cette solution exige un personnel relativement nombreux ou une automatisation poussée.

#### **II.1.4. Manifolds**

Dans un souci d'optimisation opérationnelle, les vannes sont regroupées sur des manifolds, dispositifs destinés à orienter la production dans toutes les directions requises. Ces manifolds sont majoritairement préfabriqués en usine et livrés sous forme de modules portables montés sur châssis. Chaque module peut comporter entre cinq et dix entrées, voire davantage, les dimensions globales étant uniquement limitées par les contraintes de transport.

Dans les installations permanentes, l'assemblage des modules ainsi que leur raccordement aux lignes de collecte s'effectuent au moyen de raccords à brides. Les sorties vers les différents postes desservis sont réalisées par l'insertion, entre deux modules successifs, de manchettes équipées des piquages nécessaires. Ce mode de conception présente l'avantage de standardiser la fabrication des éléments tout en permettant, lors de l'installation sur site, d'ajuster l'emplacement des sorties selon les besoins spécifiques. Pour garantir son efficacité, un manifold doit offrir des accès dégagés, intégrer l'ensemble des accessoires indispensables à la conduite des opérations, et être équipé de dispositifs de sécurité visant à protéger le personnel et les équipements en cas de mauvaise manipulation. En outre, les vannes doivent présenter une parfaite étanchéité, un encombrement réduit, une grande facilité de manœuvre ainsi qu'une maintenance simplifiée.

### **II.2. Etude de perte de charge**

#### **II.2.1. Définition de l'écoulement multiphasique**

On appelle un écoulement multiphasique tout déplacement d'un effluent dans lequel plusieurs phases sont en présence, c'est le cas des écoulements des fluides pétroliers du fond du puits aux installations de séparation sur champ. Les phases qui existent dans ce type d'écoulement sont le gaz, l'huile ou le condensât, l'eau de gisement ainsi que des solides (sables et argiles ...).

Dans notre étude, l'écoulement multiphasique est assimilé à un écoulement diphasique, se composant d'une phase gazeuse et d'une phase liquide. Les pertes de charge sont différentes suivant le type d'écoulement. [3]

## **II.2.2. Les types d'écoulement**

### **a) Ecoulement avec bulle (bubble flow)**

Le gaz, en petites quantités (GOR très faible), se déplace sous forme de bulles à la partie supérieure de la conduite pipe à peu près à la même vitesse que le liquide. Le cheminement du fluide total s'apparente à celui d'une mousse ou d'une émulsion.

### **b) Ecoulement avec bouchant (plug flow)**

La phase gazeuse croît. Le gaz s'accumule à la partie supérieure de la conduite, l'écoulement se fait par alternance de bouchons de liquide et de gaz.

### **c) Ecoulement stratifié (stratified flow)**

Le gaz occupe toute la partie supérieure de la conduite et le liquide la partie inférieure, les vitesses d'écoulement étant encore à peu près identiques, l'interface Gaz-liquide est plan.

### **d) Ecoulement avec vagues (wavy flow)**

Le régime d'écoulement est analogue au précédent Mais l'importance de la phase gazeuse s'étant accrue, le gaz circule plus vite que le liquide et des ondulations (vagues) apparaissent sur l'interface.

### **e) Ecoulement avec vagues moutonnantes (slug flow)**

Lorsque les vagues atteignent le sommet de la paroi du pipeline et la vitesse du gaz devient suffisante pour arracher des crêtes d'écume aux vagues. L'écume forme un brouillard qui se déplace avec le gaz, plus vite que le liquide.

### **f) Ecoulement annulaire (annular flow)**

La vitesse du gaz est très grande. Le liquide est plaqué sur la paroi du tube et le gaz circule dans la partie centrale.

### **g) Ecoulement brouillard (spray flow)**

L'importance de la phase liquide est faible de celle de la phase gazeuse. La plus grande partie du liquide, voir sa totalité est entraînée sous forme de brouillard.

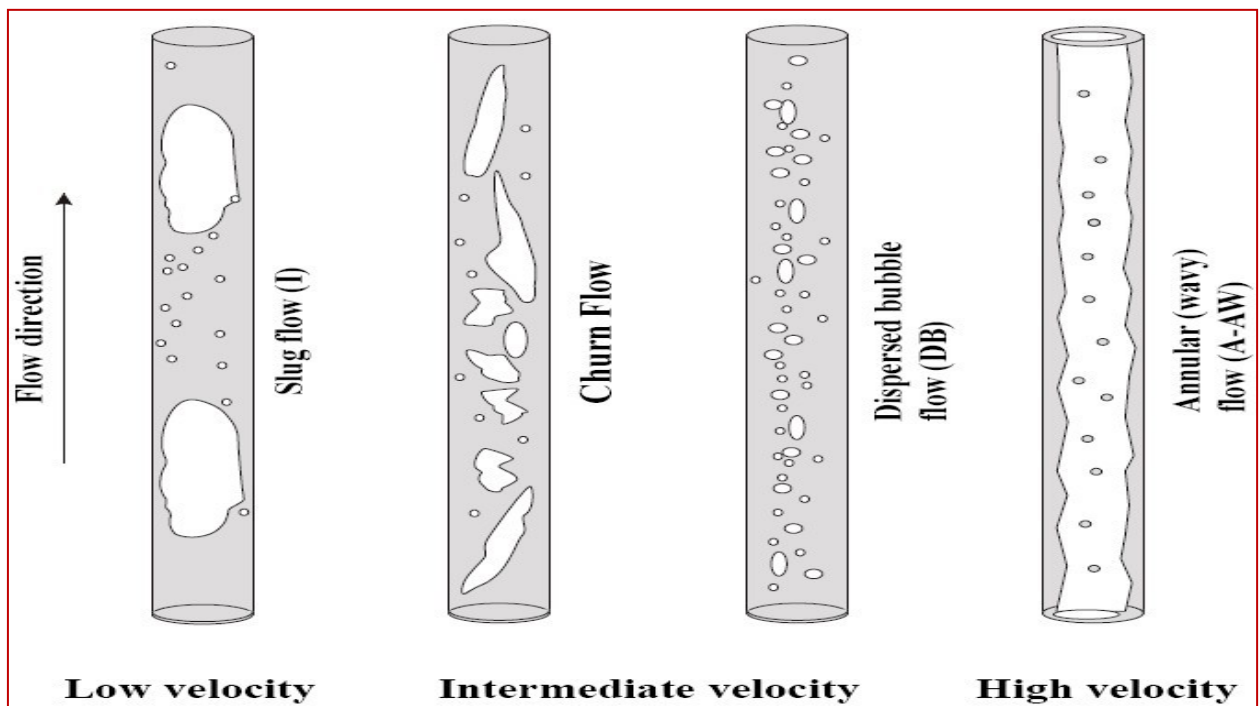


Fig.II.3 Types d'écoulement vertical

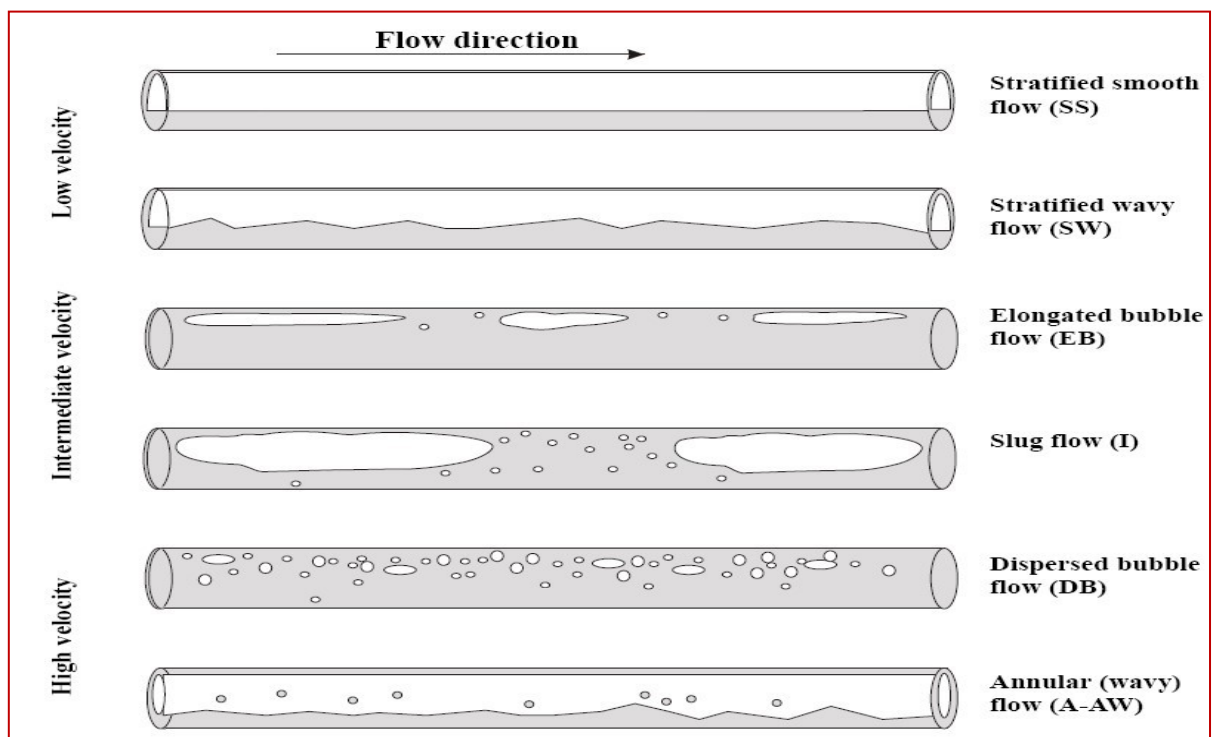


Fig.II.4 Types d'écoulement horizontal

### II.2.3 Variation de la pression le long d'une conduite

L'analyse physique des phénomènes conduit à écrire que pour un écoulement diphasique la variation de pression le long de la conduite est comme pour un écoulement monophasique égal à la somme de trois termes :[4]

$$\left(\frac{dP}{dl}\right)_{\text{totale}} = \left(\frac{dP}{dl}\right)_{\text{accélération}} + \left(\frac{dP}{dl}\right)_{\text{élévation}} + \left(\frac{dP}{dl}\right)_{\text{friction}} \quad \dots \text{(Eq. II.1)}$$

L'équation spécifique pour un écoulement monophasique représenté par trois termes est écrite comme suite :

$$\left(\frac{dP}{dl}\right)_{\text{totale}} = \frac{g}{g_c} \rho \sin \theta + \frac{f \rho V^2}{2 g_c D} + \frac{\rho V \cdot dV}{g_c \cdot dl} \quad \dots \text{(Eq. II.2)}$$

Pour un écoulement multiphasique ou diphasique, l'équation est comme suite :[4]

$$\left(\frac{dP}{dl}\right)_{\text{totale}} = \frac{g}{g_c} \rho_m \sin \theta + \frac{f_m \rho_m V_m^2}{2 g_c D} + \frac{\rho_m V_m \cdot dV_m}{g_c \cdot dl} \quad \dots \text{(Eq. II.3)}$$

Où :

$\rho_m$  : la densité du mélange.

$V_m$  : la vitesse du mélange.

$D$  : diamètre du pipe.

$g_c$  : facteur de conversion.

$f_m$  : facteur de frottement du mélange. Il est fonction de  $Re$ ,  $\epsilon$ ,  $D$ .

$g$  : Accélération de la gravité (9,81 m/s<sup>2</sup>).

$\theta$  : Pente de la conduite.

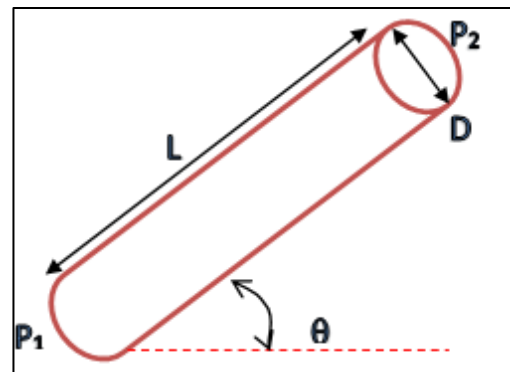


Fig.II.5 Ecoulement en tube incliné

Dans le tableau suivant, on a présente le pourcentage de chaque terme dans les pertes de charges totales dans un système de production (tubing).

Tableau II.1 : Pourcentage de chaque terme de pertes de charge

| Composante   | Puits à huile | Puits à gaz |
|--------------|---------------|-------------|
| Elévation    | 70% - 90%     | 20% - 50%   |
| Friction     | 10% - 30%     | 30% - 50%   |
| Accélération | 0% - 10%      | 0% - 10%    |

Le terme d'accélération qui correspond à la variation de l'énergie cinétique de la masse fluide, est d'une façon générale négligeable dans les écoulements monophasique pétroliers. Il est basé sur le changement de la vitesse entre différentes positions dans le pipe, ce terme est proche de zéro. Mais on doit cependant en tenir compte dans certain écoulement à grande vitesse (cas de basse pression et GOR élevé).

$$\left(\frac{dP}{dl}\right)_{accélération} = \frac{\rho_m V_m . dV_m}{g_c . dl} \dots (\text{Eq. II.4})$$

Le terme d'élévation ou gravité est indépendant du débit de fluide et dépend seulement des dénivellations de la conduite. Il est égal au poids de la colonne de fluide. Il faut dire aussi que pour un même débit massique de fluide à l'entrée, la proportion de gaz et liquide va varier tout le long de la conduite en fonction de la chute de pression et de température. Pour déterminer ce terme, il est nécessaire de déterminer la densité du mélange dans les conditions statiques qui est en fonction du liquide hold-up (  $\rho_s = \rho_l H_L + \rho_g H_g$  ).

Ce terme est très souvent négligeable devant le terme de perte de charge pour un écoulement permanent de gaz. Par contre, il est important pour un écoulement permanent de liquide et prépondérant aux faibles débits.

$$\left(\frac{dP}{dl}\right)_{élévation} = \frac{g}{g_c} \rho_m \sin\theta \dots (\text{Eq. II.5})$$

Le terme de friction due aux forces de frottements.

$$\left(\frac{dP}{dl}\right)_{friction} = \frac{f_m \rho_m V_m^2}{2 g_c . D} \dots (\text{Eq. II.6})$$

#### II.2.4. Liquid hold-up

Dans une ligne de collecte caractérisée par des points bas avec des dénivelés importants, le problème de liquide hold-up peut se manifester. Si on a des vitesses faibles du fluide circulant, sa partie lourde (l'eau) a tendance de stagner dans ces points bas, ce qui réduit la section de passage des conduits et par conséquent, les pertes de charges augmentent dans la conduite.

Ce taux de présence locale de liquide dans la conduite est calculé pour chaque type d'écoulement comme suit : [5]

$$H_L(\phi) = \psi H_{L(0)} \quad \dots \text{(Eq. II.7)}$$

Où :

$\psi$ : facteur d'inclinaison :

$H_{L(0)}$  : le liquide HOLD up dans une pipe horizontale, il est calculé par la formule suivante:

$$H_{L(0)} = a \lambda_L^b / N_{FR}^c \quad \dots \text{(Eq. II.8)}$$

Où :

$\lambda_L$ :  $0.34Re^{-0.25}$  a, b et c sont déterminés pour chaque régime d'écoulement à l'aide du tableau suivant :

Tableau II.2 : Les valeurs (a, b et c) pour chaque régime d'écoulement

| Régime d'écoulement | a      | b      | c      |
|---------------------|--------|--------|--------|
| Ségrégation         | 0.98   | 0.4846 | 0.0868 |
| Intermittent        | 0.845  | 0.5351 | 0.0173 |
| Distribué           | 0.1065 | 0.5824 | 0.0609 |

La valeur calculée de HL (0) doit être :  $HL(0) \geq \lambda L$

Le facteur de correction du HOLD UP dû à l'effet de l'inclinaison du pipeline est donné par [6] :

$$\Psi = 1 + C [\sin(1.8\varphi) - 0.333 \sin^3(1.8\varphi)]$$

Où :

$\varphi$ : l'angle du pipeline par rapport à l'horizontal.

C : est calculé par l'équation suivante :

$$C = (1 - \lambda_L) \ln [d L^e N_{LV}^f N_{FR}^g] \quad \dots \text{(Eq. II.9)}$$

Où :

$\lambda_L$  : grand changement dans le pseudo holdup nécessaire pour correspondre à la chute de pression observée.

NLV : Numéro de vitesse du liquide.

NFR : Gas flow rate, Mscf/D

e, f et g sont donnés par le tableau suivant :

Tableau II.3 : Les valeurs (d, e, f et g) pour chaque régime d'écoulement

| Régime d'écoulement | d                 | E       | f                                 | g       |
|---------------------|-------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| Ségrégation         | 0.011             | -3.768  | 3.539                             | -1.614  |
| Intermittent        | 2.96              | 0.305   | -0.4473                           | 0.0978  |
| Distribué           | Pas de correction |         | $C=0, \Psi=1, HL \neq f(\varphi)$ |         |
| Tout régime         | 4.70              | -0.3692 | 0.1244                            | -0.5056 |

Donc la même équation est utilisée pour calculer le HOLD Up pour chaque régime, Seuls les coefficients et les exposants utilisés diffèrent d'un régime à un autre.

Quand le régime d'écoulement est transitoire, le HOLD UP doit être calculé en utilisant à la fois les équations du régime intermittent et celui en ségrégation en introduisant deux facteurs A et B :

$$HL(\text{transition}) = A \times HL(\text{ségrégation}) + B \times HL(\text{intermittent})$$

Où :

$$A = L3 - NFR / L3 - L2$$

$$B = 1 - A$$

Une fois  $HL(0)$  est déterminé, la densité diphasique peut être calculée comme suit : [6]

$$\boxed{\rho_m = \rho_L H_L + \rho_g H_g} \quad \dots (\text{Eq. II.10})$$

Tel que :  $H_g = 1 - H_L$

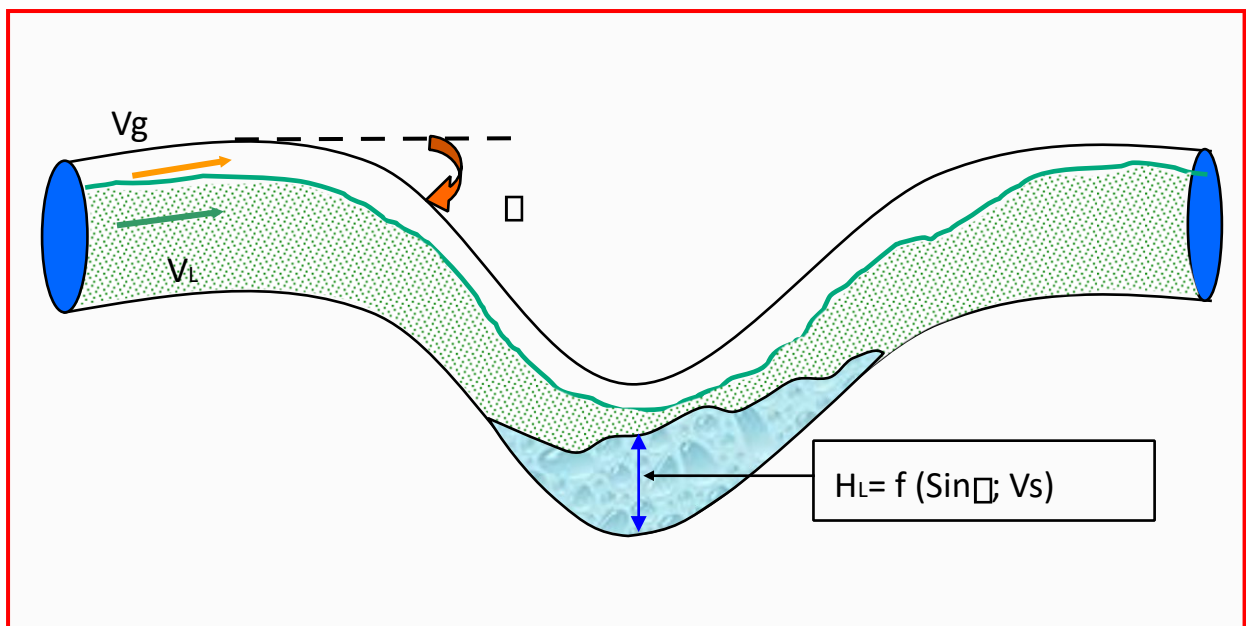


Fig.II.6. Liquide hold up

### II.2.5. Régimes d'écoulement à travers la Duse

La duse permet de contrôler le débit de production en ajustant la pression de tête voulue, tout en considérant les contraintes Réservoir - Puits- Réseau. Parmi ces contraintes, on cite [8] :

- Problème de conning.
- Régime d'écoulement vertical à travers la colonne de production.
- Installations de surface disponibles pour prendre en charge la production du puits.

Pour calculer le débit de production on utilise des formules d'écoulement multiphasique à travers une duse. Ces équations utilisent des coefficients qui se diffèrent d'un champ à un autre. Selon le rapport de la pression pipe sur la pression tête, trois régimes d'écoulements multiphasiques sont distingués.

#### II.2.5.1. Régime critique

Ce régime est obtenu lorsque le rapport de la pression en amont ( $P_{\text{pipe}}$ ) de la duse sur la pression en aval ( $P_{\text{tête}}$ ) est inférieur au point critique. Quoique dans la littérature on prend une valeur de 0,5 la valeur de ce point dépend de plusieurs paramètres ( $\text{GOR}$ ,  $\Phi_{\text{duse}}$ ,  $\text{WOR}$ ,  $\rho_g$ ,  $\rho_o$ ,  $\rho_w \dots$ ). Dans ce cas, le débit est fonction de la pression de tête seulement :  $Q = A \cdot P_t$  [7].

A Hassi Messaoud, l'équation suivante est utilisée :

$$Q = \frac{\Phi^{1.8}}{1000K} P_t \quad \dots (\text{Eq. II.11})$$

Avec :  $Q$  : débit d'huile (m<sup>3</sup>/hr)

$\Phi$  : diamètre de la duse (mm)

$P_t$  : pression de tête (bar)

$K$  : constante déterminée lors du dernier jaugeage

#### II.2.5.2. Régime transitoire :

C'est la zone où le point critique n'est pas bien déterminé. Il apparaît dans l'intervalle de :

$$0,5 < \frac{P_p}{P_t} < 0,75$$

#### II.2.5.3. Régime non critique

Lorsque l'écoulement à travers la duse est non critique, la pression de tête augmente et le débit de production diminue avec l'augmentation de la pression de pipe. Et inversement, la pression de tête diminue et le débit de production augmente quand la pression de pipe diminue. Donc toute variation de la pression avale duse ( $P_p$ ), fait varier la pression amont ( $P_t$ ) ce qui nous donne un écoulement non stable, d'où une perturbation sur le réseau qui influe sur le débit d'écoulement [8].

En général, le régime d'écoulement est non critique lorsque le rapport ( $P_p / P_t$ ) est supérieur ou égal à 0,75.

A Hassi Messaoud, l'équation suivante est utilisée :

$$Q = \frac{F(x) \cdot \phi^{1,8}}{1000K} P_t \quad \dots \text{(Eq. II.12)}$$

Avec  $F(x)$  : fonction du rapport  $P_t/P_t$

$$F(x) = 2,667 * \frac{P_p}{P_t * \sqrt{1 - \left(\frac{P_p}{P_t}\right)}} \quad \dots \left(\frac{P_p}{P_t} > 0,75\right) \quad \dots \text{(Eq. II.13)}$$

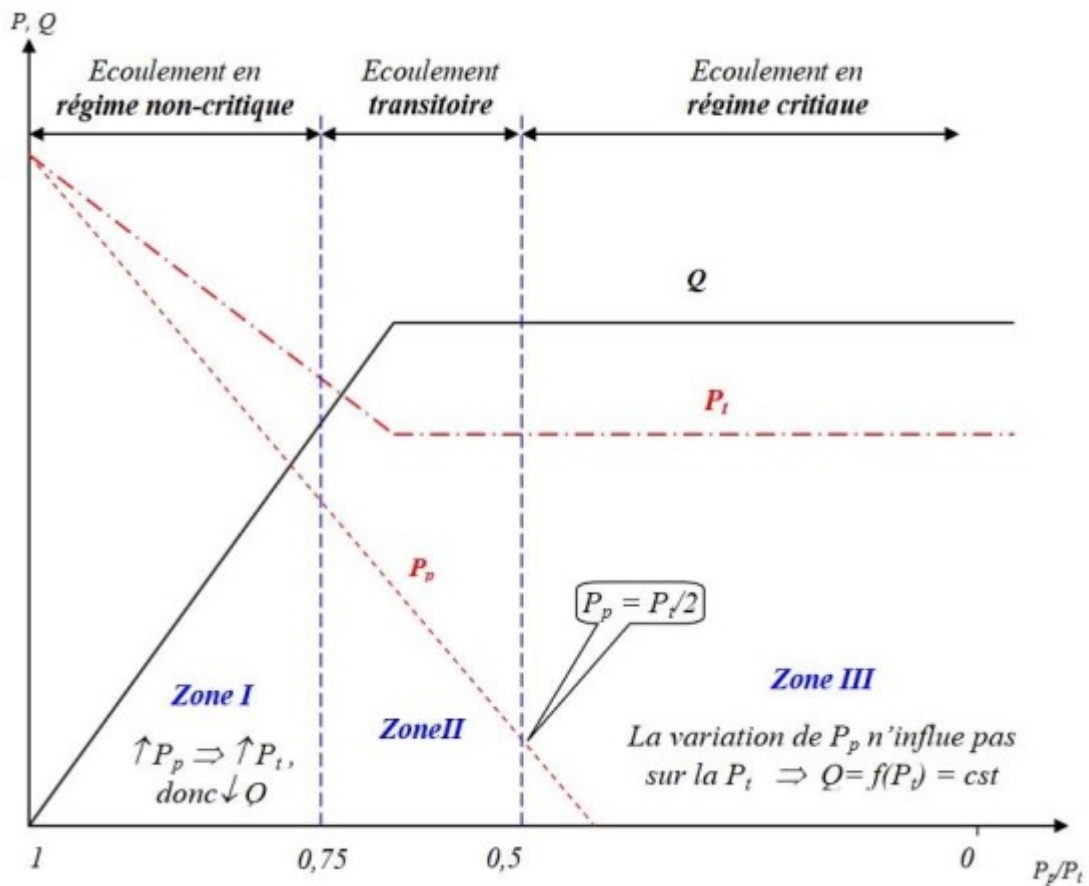


Figure II.7 : Régimes d'écoulement à travers la duse [8]

## II.3. Généralités sur les pompes

### II.3.1. Introduction

Une Pompe est une machine hydraulique tournante qui transforme l'énergie cinétique en énergie de pression, suivant un mouvement de rotation, ou de translation.

Autrement dit sont des appareils mécaniques servant à véhiculer des liquides d'un point A, à un point B. Elles permettent, notamment, de prendre un liquide à la pression  $P_1$  et de le porter à la pression  $P_2$  (avec  $P_2 > P_1$ ). Pour véhiculer un liquide d'un endroit à un autre, la pompe doit fournir une certaine pression appelée hauteur manométrique totale, cela dépend des conditions d'aspiration et de refoulement. [9]

### II.3.2. La classification des pompes

Selon le mode ou le type de mouvement on classe les pompes en deux catégories.

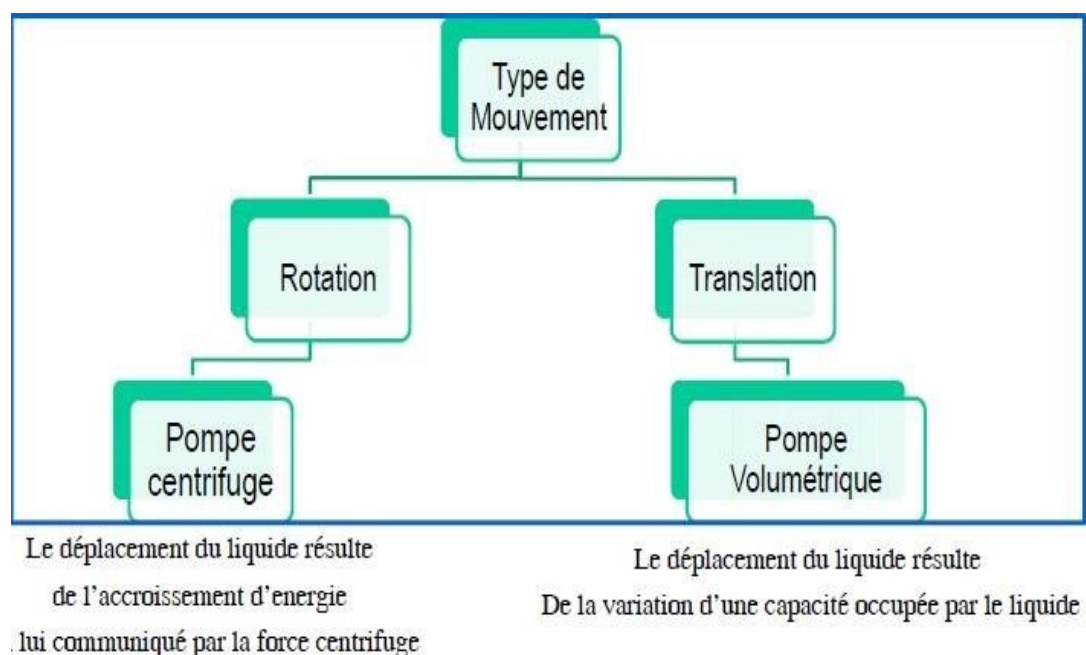
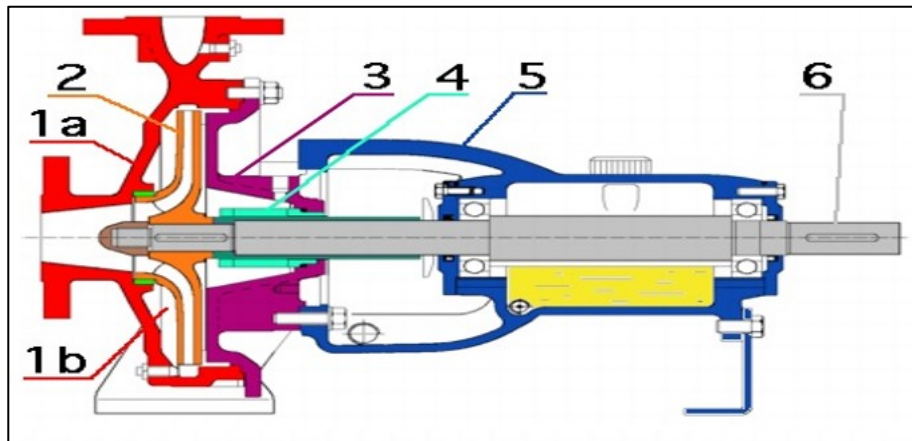


Figure II.8 : la classification des pompes

L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide. De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit on utilisera plutôt les pompes centrifuges.

### II.3.2.1. Les pompes centrifuges

Cette famille de pompes est très répandue en industrie pétrolière, Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge. Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge, générée par la rotation de la roue à aubes, le projette vers l'extérieur de la roue. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.



1a, 3, 5 : Corps de pompe – 1b : diffuseur – 2 : Impulseur – 4 : Garniture mécanique – 6 : Arbre

Fig.II.9. Pompe centrifuge

### II.3.2.2. Les pompes volumétriques

Une pompe volumétrique est une pompe dans laquelle une transformation de l'énergie mécanique fournie par le moteur en énergie de pression s'effectue au cours du processus de refoulement périodique du liquide des chambres d'aspiration et de refoulement sous l'action d'un élément de refoulement tels que piston, vis, engrenage, palette, etc... [9]

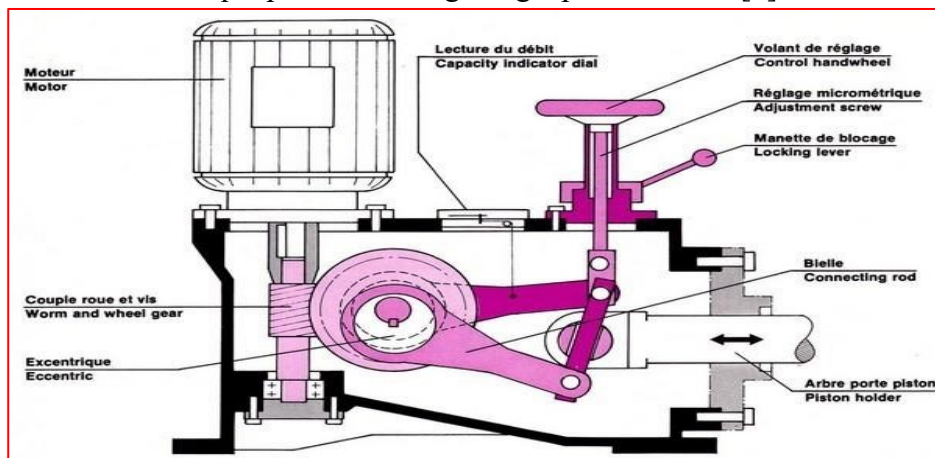


Fig.II.10. Pompe volumétrique

### II.3.3. Pompe multiphasique

Conventionnellement, la production d'un puits isolé nécessitant un apport en pression est d'abord séparée en liquide et gaz avant d'être transférée à travers deux conduites séparées en utilisant une pompe et un compresseur, car une pompe classique risquerait d'être endommagée par les quantités de gaz accompagnant les liquides. Or, à l'aide d'une pompe multiphasique, la production est boostée telle quelle. [10]

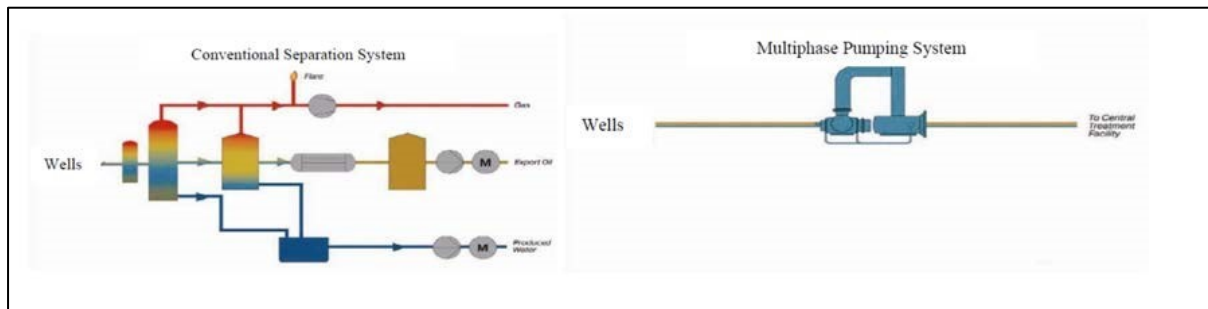


Fig.II.11. Différence entre l'installation d'un séparateur et d'une pompe multiphasique

En plus de se passer de l'opération de séparation et donc le transport de la production tous fluides confondus (eau, huile et gaz) dans une seule et même conduite, une pompe apporte plusieurs avantages dont :

- 1- **Faciliter l'exploitation d'hydrocarbures dans les environnements hostiles** : la possibilité de transférer la production vers de lointains sites de traitement est favorable pour des champs se trouvant dans des endroits difficiles tels que l'arctique, les déserts ou encore les forages en mer.
- 2- **Initialisation et stabilisation du débit dans des puits isolés** : la phase d'initialisation du débit découle de la réduction de pression en tête du puits générée par la pompe multiphasique à son démarrage. Plus encore, le phénomène de formation de bouchons est amoindri du fait de cette dépression.
- 3- **Accélération de la production** : alors que le réseau en aval du puits peut ralentir le débit du fait d'une contre-pression supérieure à celle de la tête de puits (le cas échéant), une pompe multiphasique réduit considérablement cet effet.
- 4- **Augmentation du volume de production** : l'extension du plateau de production intervient alors que la pression du réservoir est en déclin, la PMP permet alors de maintenir la production à sa valeur maximale même si la pression de réservoir baisse. De plus, la pompe multiphasique est capable de pomper les fluides jusqu'à des pressions très basses (selon la pompe choisie, la pression peut descendre jusqu'à la pression atmosphérique) alors qu'un

séparateur aura besoin d'une pression minimale de service pour fonctionner, il ne sera plus opérationnel une fois la pression en tête de puits trop faible.

- 5- **Economie et écologie** : au lieu d'envoyer le gaz émanant du puits de pétrole vers une torche, il peut être transféré vers un centre de traitement pour y être collecté et vendu. Cette opération est non seulement génératrice de revenus supplémentaires mais contribue aussi à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

### II.3.4. Types de pompes multiphasiques

Les pompes multiphasiques, comme les pompes classiques, se subdivisent en deux familles [11] :

#### II.3.4.1. Les pompes rotodynamiques (turbopompes)

Dans les pompes rotodynamiques, l'énergie cinétique est transférée vers le fluide sous forme de pression. Cela a lieu lorsque le fluide est assujéti à une force centrifuge qui le propulse d'une manière radiale à l'intérieur d'une roue puis, est subitement ralenti par un diffuseur stationnaire (volute) ce qui convertit l'énergie transmise au fluide en pression.

Plusieurs types de pompes centrifuges existent parmi eux :

##### II.3.4.1.1. Pompes hélico-centrifuges

Elles sont souvent constituées de plusieurs étages (cellules), chacun est constitué d'une roue hélicoïdale et d'un diffuseur stationnaire, chaque étage permet de pressuriser le fluide. Le fait d'avoir accolé ces étages augmente le rendement de la pompe mais aussi, empêche la séparation de l'huile et du gaz. Alors que le gaz est compressé d'un étage un autre, la géométrie des roues et des diffuseurs change pour s'accommoder à la diminution de volume. Même si les espaces desquels s'écoule le fluide sont assez larges pour laisser passer les petites particules solides, il est vivement recommandé d'installer un filtre en amont de ce type de pompe.

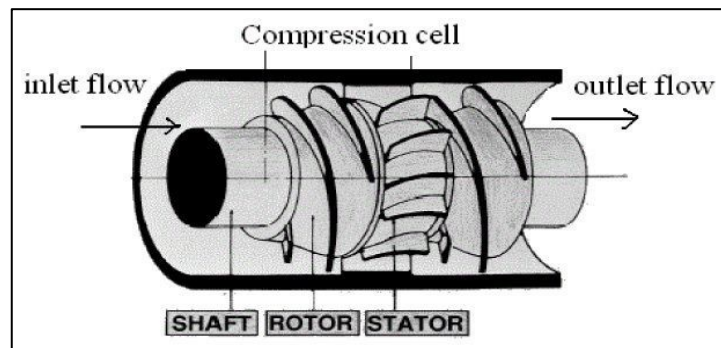


Fig.II.12. Roue d'une pompe hélico-centrifuge

#### II.3.4.1.2. Pompes centrifuges multicellulaires

Connues pour avoir été utilisées pendant longtemps comme des pompes submersibles (ESP), les pompes centrifuges multicellulaires ont toujours été calibrées de telle manière à ne pas être endommagées par des quantités de gaz présentes dans l'écoulement. C'est pour cela que les fabricants ont développé ce type de pompe dans le but de les utiliser en surface comme pompe pour les écoulements multiphasiques. Fonctionnant pratiquement de la même manière que les pompes hélico-centrifuges, seuls la forme de la roue et l'angle de sortie du fluide de cette roue diffèrent.

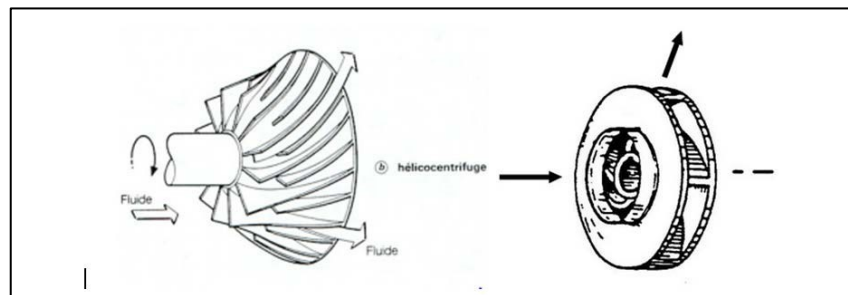


Fig.II.13. Différence entre une roue centrifuge et une roue hélicoïdale

#### II.3.4.2. Les pompes à déplacement positif (volumétrique)

Ce type de pompe fonctionne selon le principe de la création d'un volume de vide dans la chambre de pompage, le fluide est donc aspiré à l'intérieur de cette chambre du fait de la différence de pression puis, il est chassé en réduisant le volume de la chambre. La différence de pression de la pompe est en fonction de la résistance éprouvée par le débit à son aval ce qui a pour effet de déterminer les performances de ce type de pompe. Les principaux types de pompes à déplacement positif sont :

##### II.3.4.2.1. Pompes à cavité progressive (une seule vis)

Dérivées des pompes utilisées dans la remontée artificielle de la production du puits profond, les pompes à cavité progressive sont connues pour leur capacité à gérer les écoulements multiphasiques, elles sont utilisées pour le pompage en surface. Connues pour avoir le seuil maximal de performances, et sont utilisés pour les faibles débits et les faibles pressions. Cependant, ce type de pompe n'est pratiquement pas gêné par la production de sable élevée. Constituée d'une vis qui tourne à l'intérieur d'un corps cylindrique statique, le fluide se déplace au fur et à mesure des rotations de la vis.

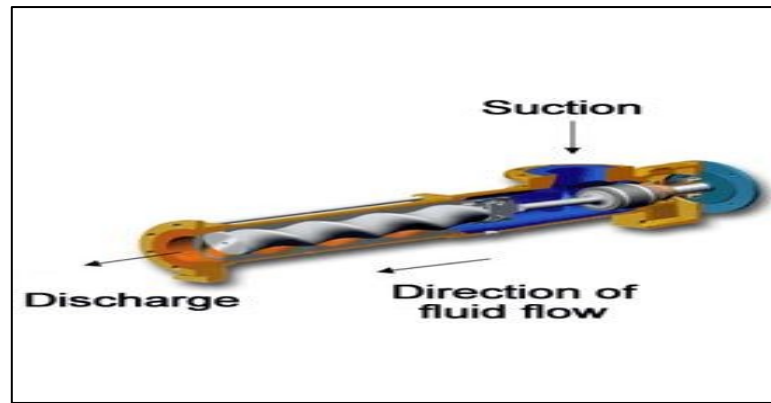


Fig.II.14. Pompe à cavité progressive

#### II.3.4.2.2. Pompes à double vis

La plus connue et la plus répandue des pompes multiphasiques est sans conteste la pompe à double vis. Sa notoriété a été acquise du fait de sa capacité à prendre en charge de grands volumes de gaz, pouvant atteindre les 95 %. La figure suivante montre le schéma d'une pompe à double vis. Le mélange multiphasique arrive à l'entrée de la pompe, puis se divise en deux écoulements qui se rencontrent dans une chambre créée par l'enchevêtrement des deux vis, et qui se déplace au fur et à mesure de leur rotation le long de leur axe vers la sortie de la pompe. Les performances de ces pompes sont déterminées par le pas, le diamètre et la vitesse de rotation des vis. Lors de l'augmentation de la pression dans la chambre, due à la compression du gaz, de petites quantités de liquide s'échappent à travers de petits espaces séparant les vis du corps de la pompe ce qui a pour effet de diminuer le rendement volumique de la pompe.

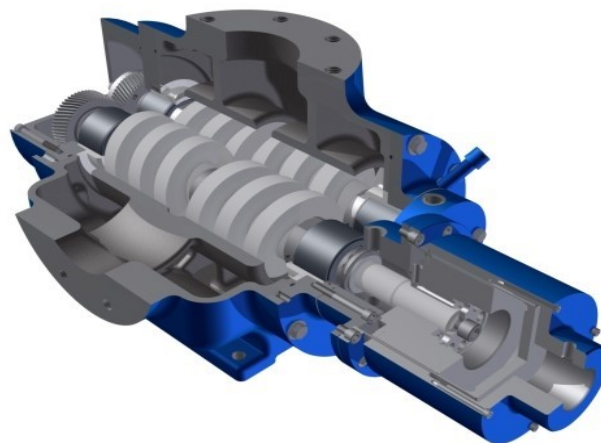


Fig.II.15. Pompe à double vis

#### II.3.4.2.3. Pompe à piston

L'une des méthodes les plus simples de pomper le fluide multiphasique et d'utiliser une pompe à piston à deux temps. Les mouvements alternatifs du piston créent successivement une pression et une dépression. Utilisé pour de faibles débits mais d'importantes pressions. C'est la force avec laquelle le piston comprime le fluide qui détermine la pression de refoulement de ce type de pompe.

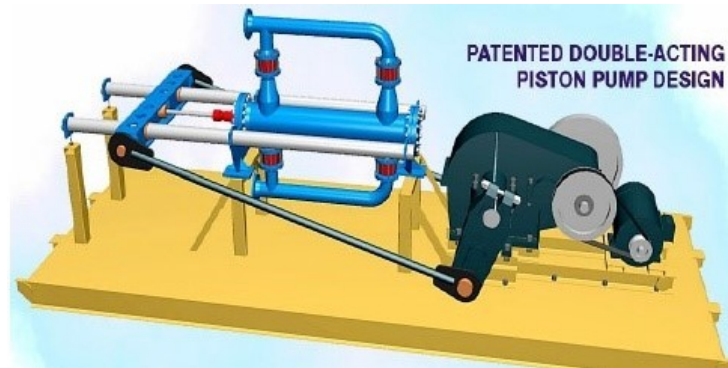


Fig.II.16. Pompe à piston

#### II.3.4.2.4. Pompe à diaphragme

Dans ce type de pompe, un diaphragme et élastométrique sépare deux chambres. Dans l'une de ces deux chambres, une huile hydraulique est pompée puis aspirée par une pompe hydraulique classique ce qui a pour effet de créer des dépressions et des surpressions dans la deuxième chambre est donc, d'aspirer et de refouler le fluide émanant du puits. Précédemment utilisée pour le pompage de mélanges liquides-solides, elles ont finalement été développées pour pouvoir gérer des quantités importantes de gaz.

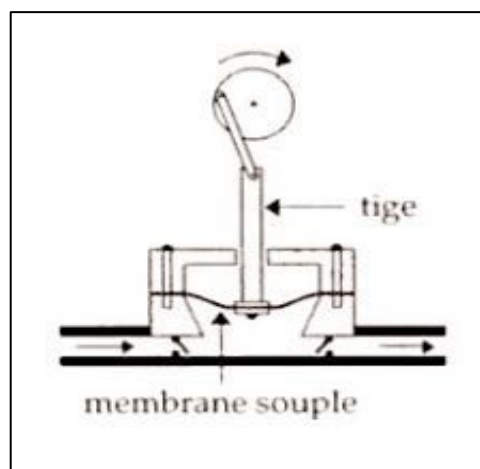


Fig.II.17. Schéma d'une pompe à diaphragme

CHAPITRE III :

Modélisation du Réseau Actuel  
du Manifold S1B’’

## Introduction

Le manifold S1B” reçu la production du seize (16) puits dont cinq (05) sont fermé ; en suit la production est acheminée vers un autre manifold (S1B) via deux collecteurs aériens du diamètre 6” et 8”. Afin de modéliser le réseau, le logiciel Pipesim de SLB a été utilisé avec l’espace de travail “Network”. Une fois créée, le modèle est utilisé comme outil de simulation.

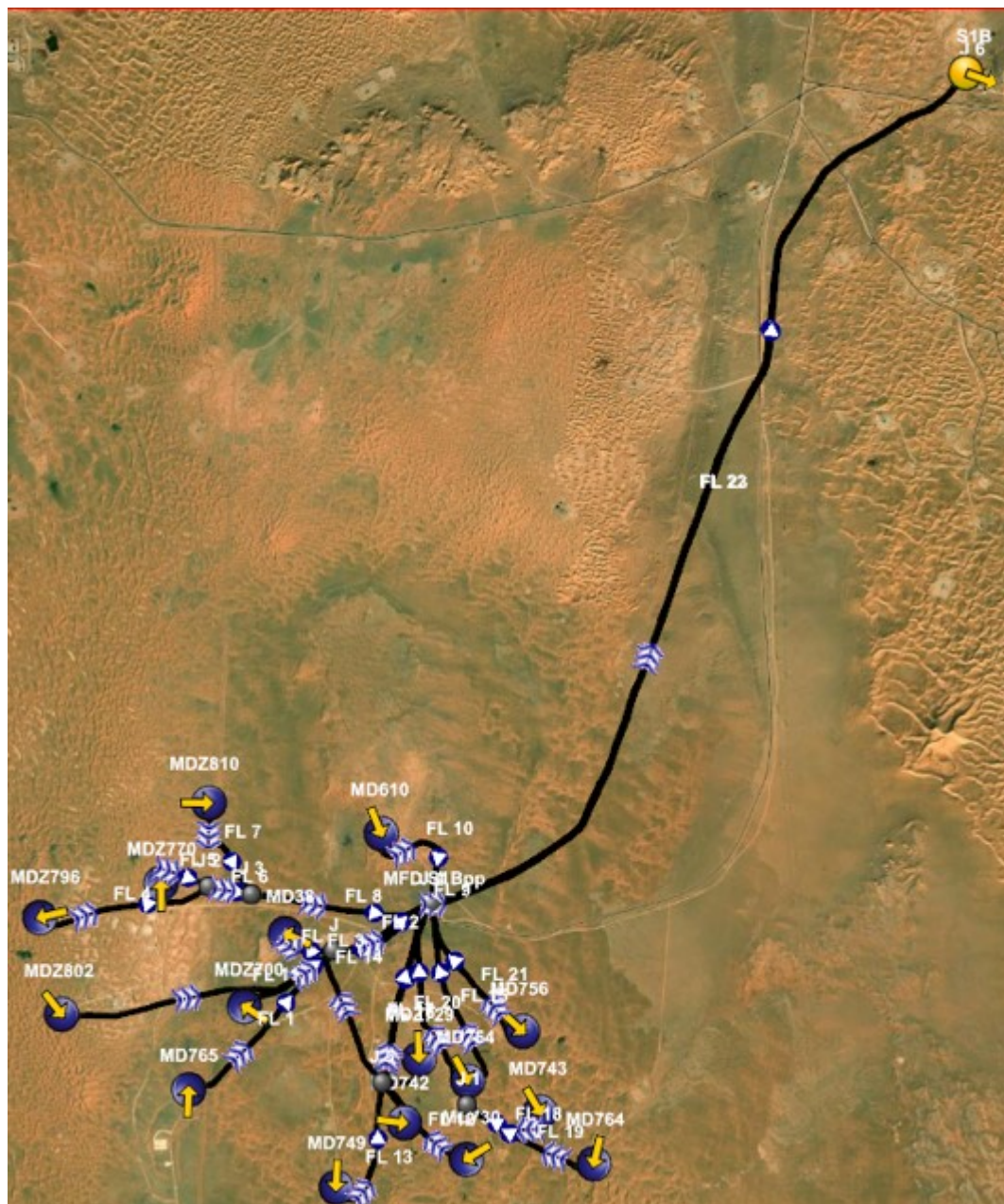


Figure III.1 : Modèle actuel du réseau MFD S1B”

### III.1. Outil de calcul

Pipesim est un logiciel développé par la société Schlumberger (SLB) et introduit sur le marché en 1984. Son objectif principal est de modéliser et d'optimiser les systèmes de production de pétrole et de gaz, en mettant l'accent sur la conception de puits et de pipelines. En utilisant Pipesim, les ingénieurs peuvent simuler et analyser l'écoulement multiphasique des fluides, le transfert de chaleur et le comportement des fluides dans les systèmes de production. Grâce à ses fonctionnalités avancées, Pipesim permet d'évaluer la performance des installations de production, d'identifier les goulots d'étranglement et de proposer des solutions pour améliorer l'efficacité et la rentabilité des opérations pétrolières et gazières. [8]

Le PIPESIM comporte deux modèles :

**A - Well Performance Analysis :** Ce module permet de simuler l'écoulement au fond du puits et à l'intérieur du tubing de production avant d'intégrer dans le modèle du réseau.

**B - Network Analysis :** Ce module nous permet de simuler l'écoulement du brut dans le réseau de collecte, et d'étudier l'effet des différents paramètres de ce dernier sur la production de chaque puits.

### III.2. Données de modélisation

#### III.2.1. Données de fluide

Les propriétés du fluide à Hassi Messaoud sont généralement :

SG = 0.836      SG(W) = 1,02

API = 45  $\rightarrow$  0,8017      Température ambiante (Température moyenne été / hiver) = 30°C

The screenshot shows the 'Edit BOFluid' window in PIPESIM. The 'FLUID' section has 'Name: BOFluid' and a 'Save as template' button. Below is a 'Description' field. The 'Properties' tab is active, showing 'STOCK TANK PROPERTIES' and 'CONTAMINANT MOLE FRACTIONS'. The 'STOCK TANK PROPERTIES' table includes Watercut (0%), GOR (100 sm3/sm3), Gas specific gravity (0.836), Water specific gravity (1.02), and API (45 dAPI). The 'CONTAMINANT MOLE FRACTIONS' table lists CO2, H2S, N2, H2, and CO fractions, all set to 0. The PIPESIM logo is at the bottom left, and a 'Close' button is at the bottom right.

| STOCK TANK PROPERTIES  |       |         |
|------------------------|-------|---------|
| Watercut               | 0     | %       |
| GOR                    | 100   | sm3/sm3 |
| Gas specific gravity   | 0.836 |         |
| Water specific gravity | 1.02  |         |
| API                    | 45    | dAPI    |

| CONTAMINANT MOLE FRACTIONS |   |
|----------------------------|---|
| CO2 fraction               | 0 |
| H2S fraction               | 0 |
| N2 fraction                | 0 |
| H2 fraction                | 0 |
| CO fraction                | 0 |

Figure III.2 : Paramètres PVT du fluide black-oil

### III.2.2. Paramètres de production

Le débit d'huile, le rapport gaz-huile (GOR), la température et la fraction d'eau (water-cuts) seront déterminées à partir des données des bilans de production et de jaugeage, le débit est calculé par la formule de SONATRACH développé en interne utilisant les pressions moyennes mesurées sur le terrain et les dimensions de la duse. Le bilan de production du 14 Avril 2025 est comme suit :

Tableau III.1 : Paramètres du bilan de production

| Nom<br>D'ouvrage | Pression<br>(P-Pt<br>/bar) | Débit<br>liquide<br>(Q/SM3/h) | Température<br>(T/Deg °C) | Type de<br>Fluide | GOR<br>(SM3/h<br>/SM3/h) | Water<br>Cut % | Observation                  |
|------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|
| MD754            | 25                         | 1                             | 11                        | BO Fluid          | 2429                     | 0              |                              |
| MDZ729           | 27                         | 1.7                           | 9                         | BO Fluid          | 986                      | 0              |                              |
| MDZ770           | 29                         | 0.1                           | 29.2                      | BO Fluid          | 42203                    | 0              |                              |
| MD38             | 28.2                       | 3.9                           | 19.4                      | BO Fluid          | 164                      | 7.8            |                              |
| MD730            | 27                         | 3                             | 19                        | BO Fluid          | 107                      | 0              |                              |
| MD749            | 37                         | 3.9                           | 21                        | BO Fluid          | 68                       | 0              |                              |
| MD756            | 35                         | 3                             | 35                        | BO Fluid          | 93                       | 0              |                              |
| MD765            | 65                         | 7.2                           | 22                        | BO Fluid          | 175                      | 0              |                              |
| MDZ700           | 41                         | 7.1                           | 26                        | BO Fluid          | 126                      | 0              |                              |
| MDZ796           | 31                         | 4.2                           | 16                        | BO Fluid          | 93                       | 26.6           |                              |
| MDZ802           | 70                         | 9                             | 21.4                      | BO Fluid          | 138                      | 0              |                              |
| MD610            | 25.9                       | 0.5                           | 30                        | BO Fluid          | 4657                     | 0              | Puits fermé le<br>21.07.2024 |

|         |      |     |    |          |       |   |                              |
|---------|------|-----|----|----------|-------|---|------------------------------|
| MD742   | 23.5 | 0.1 | 26 | BO Fluid | 14973 | 0 | Puits fermé le<br>29.01.2025 |
| MD743   | 27   | 2   | 7  | BO Fluid | 164   | 0 | Puits fermé le<br>25.02.2025 |
| MD764   | 24   | 2.3 | 33 | BO Fluid | 56    | 0 | Puits fermé le<br>15.02.2025 |
| MDZ810  | 23   | 3   | 25 | BO Fluid | 146   | 0 | Puits fermé le<br>29.03.2025 |
| MFD S1B | 14.5 |     |    |          |       |   |                              |

### III.3. Mise en place des données sur Pipesim

Afin d’avoir un model simulé à celui réalisé sur site ; nous avons positionné les puits et les différents manifolds du réseau sur google-earth pour avoir leurs coordonnées géographiques. En suite ; on a choisi le modèle Black-Oil pour le fluide utilisé au model. En plus ; les différents paramètres des puits (Q liquide, GOR, & Water Cut) et les données PVT sont fournies par le bilan de production de la station S1A pour la journée du 12/04/2024 (voir annexe). Les puits concernés par la modélisation sont liés au manifold S1B” par des pipelines de différents diamètres (4”, 6”, & 8”) dont certains puits sont reliés directement au manifold les autres sont raccordés en jonction avant l’arrivée au dit manifold.

The screenshot shows the 'Edit MD730' window in the Pipesim software. The window is organized into three main sections: **SOURCE**, **FLUID MODEL**, and **PRESSURE/FLOWRATE BOUNDARY CONDITIONS**. In the **SOURCE** section, the 'Name' field is set to 'MD730' and the 'Active' checkbox is checked. The **FLUID MODEL** section shows 'Fluid' set to 'BOFluid' with 'Edit...' and 'New...' buttons. The 'Override phase ratios' checkbox is checked, with 'GOR' set to 107 (sm3/sm3) and 'Watercut' set to 0 (%). The **PRESSURE/FLOWRATE BOUNDARY CONDITIONS** section has 'PQ curve' unchecked, 'Pressure' set to 'barg', 'Temperature' set to 19 (degC), and 'Liquid flowrate' set to 2.99 (SM3/h). The bottom of the window features the 'PIPESIM' logo and a 'Close' button with a green checkmark.

Figure III.3 : Fenêtre d’entrée des données de puits

Ensuite on va entamer la modélisation du réseau de collecte par l'insertion des flowlines en respectant le tracé de la ligne de collecte, le point de départ (Tête du puits) ainsi que le point d'arrivée (En jonction avec autre puits/ directe sur MFD). Par la suite ; on active les données d'élévations des flowlines, ces données sont directement capturées sur le logiciel à partir des cartes aérospatiales fourni par trois (3) sources :

- ESRI elevation service.
- SRTM Shuttle Radar Topography Mission.
- ASTER Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer service.

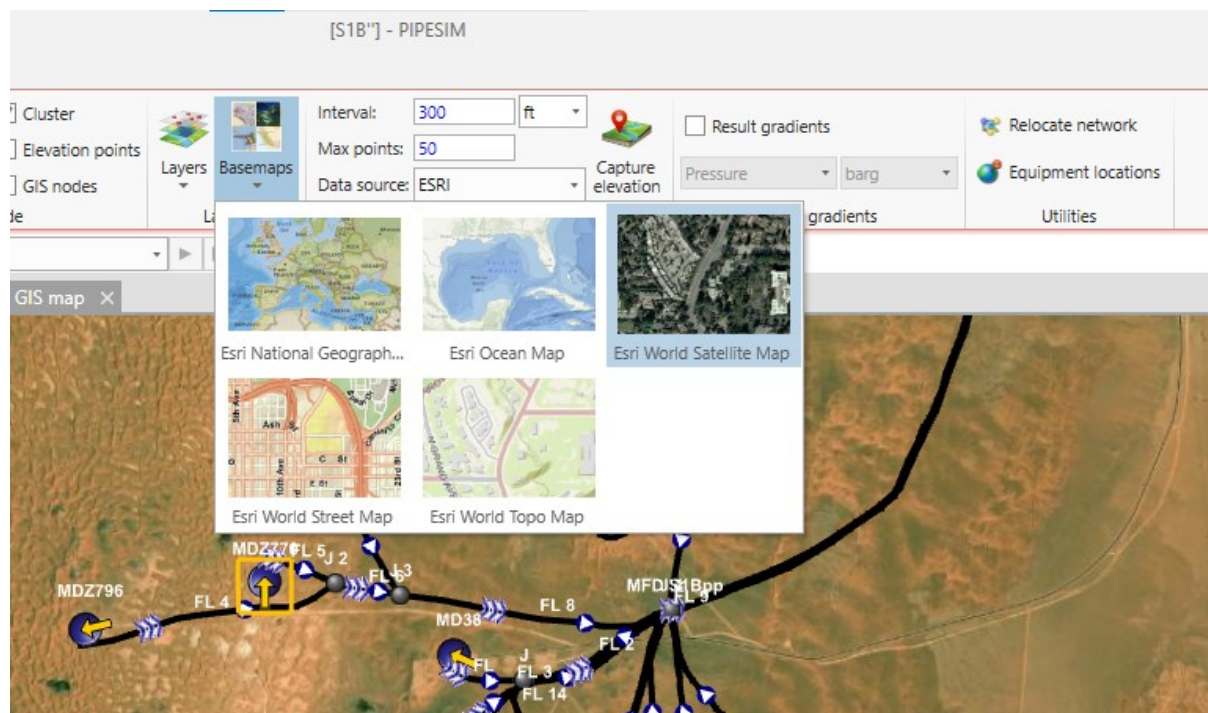


Figure III.4: Sources des données d'élévation

L'étape suivante est d'introduire les paramètres du flowline comme suite :

- Le diamètre correspondant au flowline du puits à partir du catalogue de pipesim avec un schedule std / 40.
- La conductivité du pipe égale à 45 W/m.K.
- Pour spécifier que le pipe n'est pas enterré on choisit le type 'bare in air' avec une profondeur d'enterrement de pipe égal à 0 comme il est indiqué sur la figure ci-dessous.

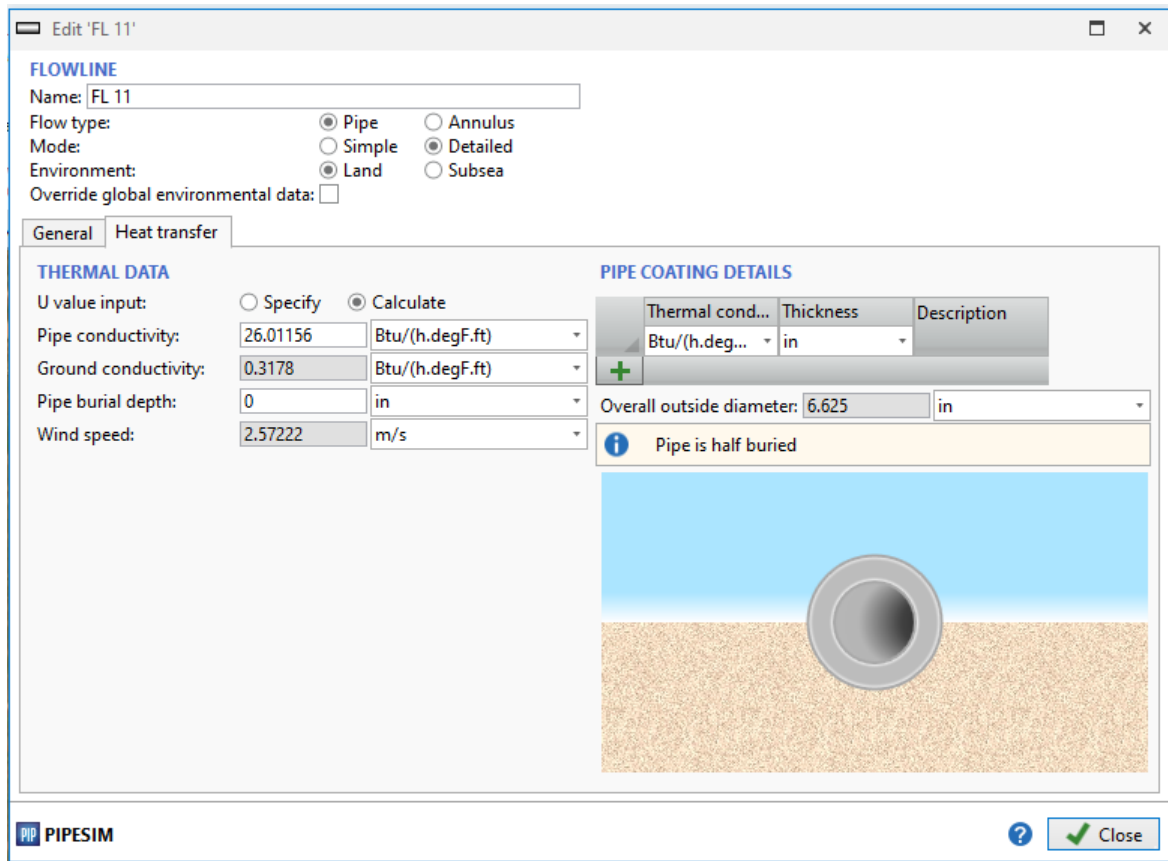


Figure III.5 : Informations sur les transferts de chaleur

### III.3.1. Choix de la corrélation

Le logiciel PIPESIM propose plusieurs corrélations pour le calcul des pertes de charges dans les conduites horizontales. Parmi les corrélations figurant dans PIPESIM on site :

- Lockhart-Martinelli.
- Beggs and Brill revised.
- Mukherjee and Brill.
- Dukler Aga and Flanagan.
- Oliemans.
- OLGAS.

Les corrélations choisies en général à Hassi Messaoud pour l'écoulement horizontal sont Beggs & Brill Revised (sous-estime les pertes de charge), baker jardine ou Dukler, AGA & Flanagan (surestime les pertes de charge). Le swap angle définit le type de corrélation que le logiciel va utiliser. Lorsqu'il est inférieur ou égal à 45, les corrélations horizontales sont utilisées ; et lorsqu'il est supérieur à 45 les corrélations verticales sont utilisées.

Pour notre projet, nous avons opté pour la corrélation Beggs and Brill revised, tout en maintenant la même pour les conduites en jonction et leur collecteur. Le data matching nous permet de simuler différentes corrélations pour chaque flowline et de faire varier simultanément, dans la même simulation, les facteurs de friction et de rétention.

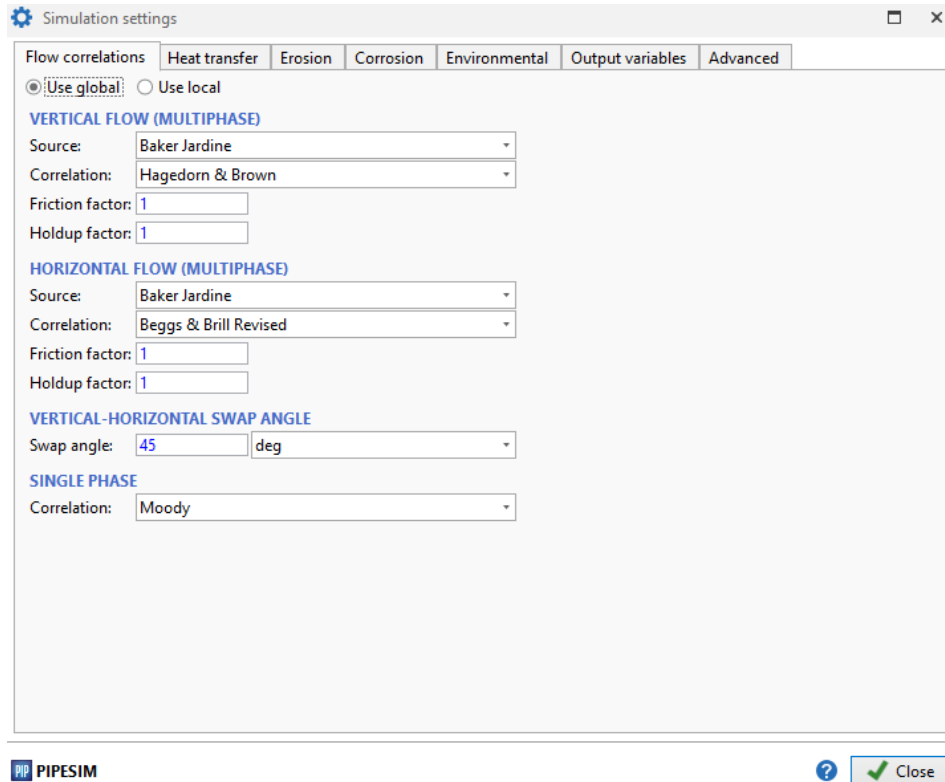


Figure III.6 : Choix de type de corrélation.

### III.3.2. Procédure de la modélisation

Après l'introduction des données dans le logiciel Pipesim, on exécute le premier run pour pouvoir créer un fichier sous Excel relatif au modèle développé, comportant toutes les données mesurées du modèle, ainsi que les résultats calculés par le logiciel. Ainsi, nous pouvons constater les écarts entre les valeurs calculées et celles mesurées.

#### ❖ Le calage

L'objectif du calage consiste à ajuster les valeurs des pressions calculées avec les valeurs mesurées, afin de trouver un modèle de base qui reflète l'état du réseau de collecte avec le moins d'erreurs possibles. La tolérance acceptée est de 2 bars. [8]

Tout puits excédant l'intervalle de tolérance d'erreur nécessite une vérification des données d'entrée pour réexaminer de nouveau le modèle.

Une fois ce point vérifié, l'algorithme (figure 2.5) montre les différentes étapes suivies dans le programme de PIPESIM, afin d'établir un modèle mieux adapté au statut actuel du réseau de collecte :

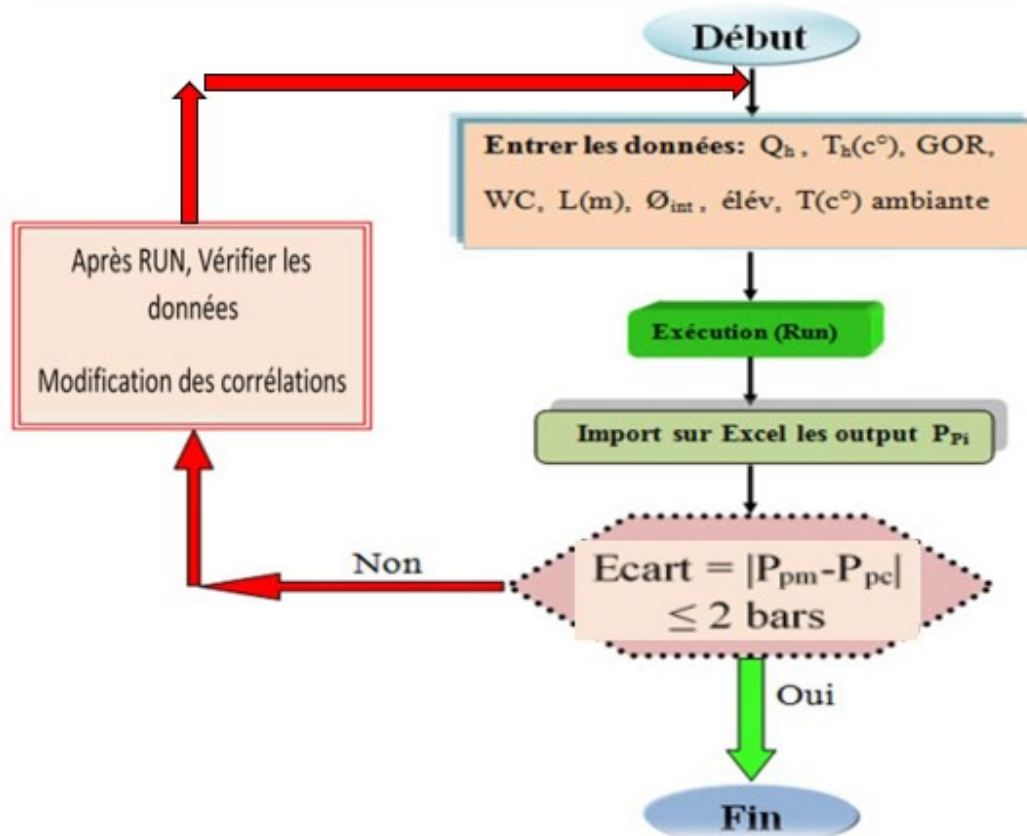


Figure III.7 : schéma de la procédure de modélisation

### III.4. Présentation des résultats

#### III.4.1. Résultats de pression des pipeline (Pp) après calage

Les résultats de la modélisation après le calage sont illustrés sur le tableau ci-dessous ;

Tableau III.2 : Tableau des résultats comparative de pression de pipe

| NOM    | Pp_cal | Pp_mes | Pt_mes | Pp/Pt | $\Delta P =  P_{mes} - P_{cal} $ | Commentaires                                            |
|--------|--------|--------|--------|-------|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| MD38   | 22.33  | 23.00  | 28.20  | 0.82  | 0.67                             | Écoulement en régime sub-critique (risque d'égalsation) |
| MD730  | 23.84  | 23.00  | 27.00  | 0.85  | -0.84                            | Écoulement en régime sub-critique (risque d'égalsation) |
| MD749  | 23.50  | 22.00  | 37.00  | 0.62  | -1.50                            | Écoulement en régime critique                           |
| MD754  | 22.02  | 23.00  | 25.00  | 0.88  | 0.98                             | Écoulement en régime sub-critique (risque d'égalsation) |
| MD756  | 22.68  | 22.00  | 35.00  | 0.63  | -0.68                            | Écoulement en régime critique                           |
| MD765  | 22.48  | 23.00  | 65.00  | 0.35  | 0.52                             | Écoulement en régime critique                           |
| MDZ700 | 22.69  | 23.00  | 41.00  | 0.56  | 0.31                             | Écoulement en régime critique                           |
| MDZ729 | 22.06  | 22.00  | 27.00  | 0.81  | -0.06                            | Écoulement en régime sub-critique (risque d'égalsation) |
| MDZ770 | 22.95  | 22.00  | 29.00  | 0.76  | -0.95                            | Écoulement en régime sub-critique (risque d'égalsation) |
| MDZ796 | 23.10  | 22.00  | 31.00  | 0.71  | -1.10                            | Écoulement en régime critique                           |
| MDZ802 | 23.04  | 22.00  | 70.00  | 0.31  | -1.04                            | Écoulement en régime critique                           |

L'analyse de ce tableau montre que le calage est réussi avec une différence de pression respectant l'écart fixé de 2 bars. Cependant on constate les remarques suivantes :

- Le rapport Pp/Pt est inférieur à 0,75 pour six (06) puits, ce qui correspond à un régime critique.
- Le rapport Pp/Pt est supérieur à 0,75 pour cinq (05) puits, ce qui correspond à un régime sub-critique. Il y a donc un risque d'égalsation des pressions de tête et ligne qui va générer avec le temps un freinage de la production pour ces puits.

A cet effet, nous avons opté à faire des études complémentaires pour l'optimisation du réseau de pipeline actuel afin d'avoir une meilleure production.

### III.4.2. Résultats de l'étude de vitesse et de pression du réseau actuel

D'après la norme API 14 E, la vitesse d'un fluide multiphasique circulant dans un pipeline doit respecter différentes contraintes pour minimiser les problèmes de bouchage, d'érosion, et de freinage ...etc. Ainsi la vitesse minimale doit être supérieure ou égale à 3m/s (10 ft/s) pour minimiser les bouchons affectant les équipements de séparation, particulièrement dans les changements d'élévation. Dans le cas contraire, le pipe est considéré comme étant surdimensionnée et le diamètre doit être diminué.

Cependant, selon les études menées en interne par le Département Réseaux & Process, une vitesse minimale de 01 m/s est acceptable pour éviter la corrosion et la décantation du sable ou des solides à faibles vitesses. De plus, la vitesse maximale doit être inférieure à la vitesse d'érosion, doit être inférieur à 18m/s (60 ft/s) pour éviter le bruit, et à 15 m/s (50ft/s) en cas d'injection des inhibiteurs de corrosion par CO<sub>2</sub>. Dans notre étude, nous allons considérer les contraintes :

- 1- La vitesse moyenne doit être supérieur à 01. Si non, le pipe est considéré comme étant surdimensionné.
- 2- Le pourcentage de la vitesse d'érosion Max (EVR) doit être inférieur à 0,6. Dans le cas contraire, le pipe est considéré comme étant sous-dimensionné et il faudra augmenter son diamètre.
- 3- Les pertes de charge par kilomètre de pipe sont limitées à 1 bar/km, sinon le pipe sera également classé comme sous-dimensionné.

En résumé, nous allons classer les pipelines selon l'algorithme suivant :

- ☞ Si  $EVR > 0,6$  OU  $\Delta P/km > 1$  alors pipe = “**sous-dimensionné**”
- ☞ Sinon si  $V_{mean} < 1$  alors pipe = “**Surdimensionné**”
- ☞ Sinon pipe = “**bon**”
- ☞ Fin si

Tableau III.3 : Tableau des résultats de modélisation du réseau MFD S1B''

| Nom du Flowline | Diamètre (inch) | Longueur (km) | $\Delta P/km$ | Système $\Delta P$ (bar) | EVR max (fract.) | Vitesse moyenne (m/s) | Etat du pipe    |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------|--------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| J1_MFD S1B''    | 6''             | -             | -             | -                        | -                | -                     | JCT fermée      |
| J2_J3           | 6''             | 0.317         | 0.700         | 0.222                    | 0.201            | 3.675                 | Bon             |
| J3_MFD S1B''    | 6''             | 1.357         | 0.783         | 1.063                    | 0.207            | 3.869                 | Bon             |
| J4_MFD S1B''    | 6''             | 0.017         | -0.803        | -0.014                   | 0.084            | 0.826                 | Sur dimensionné |
| J5_MFD S1B''    | 6''             | 1.882         | 0.680         | 1.280                    | 0.049            | 0.397                 | Sur dimensionné |
| J_MFD S1B''     | 6''             | 0.825         | 0.821         | 0.677                    | 0.117            | 1.243                 | Bon             |
| MD38            | 6''             | 0.505         | 0.191         | 0.096                    | 0.039            | 0.388                 | Sur dimensionné |
| MD610           | 6''             | -             | -             | -                        | -                | -                     | Puits fermé     |
| MD730           | 6''             | 0.906         | 1.115         | 1.010                    | 0.023            | 0.203                 | Sur dimensionné |
| MD742           | 6''             | -             | -             | -                        | -                | -                     | Puits fermé     |
| MD743           | 6''             | -             | -             | -                        | -                | -                     | Puits fermé     |
| MD749           | 6''             | 1.235         | 0.543         | 0.671                    | 0.024            | 0.171                 | Sur dimensionné |
| MD754           | 6''             | 1.531         | 0.304         | 0.465                    | 0.074            | 1.621                 | Bon             |
| MD756           | 6''             | 1.361         | 0.823         | 1.120                    | 0.023            | 0.189                 | Sur dimensionné |

|                           |    |       |       |       |       |       |                 |
|---------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| MD764                     | 4" | -     | -     | -     | -     | -     | Puits fermé     |
| MD765                     | 6" | 1.528 | 0.163 | 0.249 | 0.076 | 0.815 | Sur dimensionné |
| MDZ700                    | 6" | 1.649 | 0.688 | 1.134 | 0.063 | 0.601 | Sur dimensionné |
| MDZ729                    | 6" | 1.78  | 0.280 | 0.499 | 0.060 | 1.125 | Bon             |
| MDZ770                    | 6" | 0.485 | 0.234 | 0.113 | 0.139 | 3.376 | Bon             |
| MDZ796                    | 6" | 1.412 | 0.191 | 0.269 | 0.038 | 0.270 | Sur dimensionné |
| MDZ802                    | 6" | 2.931 | 0.511 | 1.497 | 0.084 | 0.826 | Sur dimensionné |
| MDZ810                    | 4" | -     | -     | -     | -     | -     | Puits fermé     |
| MFD<br>S1B''_FL 22_J<br>6 | 8" | 7.619 | 0.914 | 6.965 | 0.340 | 5.679 | Bon             |
| MFD<br>S1B''_FL 23_J<br>6 | 6" | 7.617 | 0.930 | 7.084 | 0.288 | 4.825 | Bon             |
| S1B                       |    |       |       | 0     |       |       |                 |

Après l'analyse des différents paramètres mentionnés dans le tableau ci-dessus on a conclu ce qui suit :

- Concernant la vitesse du fluide dans les pipelines ; révèlent que 10 pipes sont sur dimensionnés. Pour le reste des pipelines leurs vitesses sont acceptables.
- L'EVR est dans les tolérances requises, et bien que les pertes de charge par kilomètre soit légèrement supérieure à la tolérance, elle reste de l'ordre de 1.

A cet effet nous avons procédé à des études pour l'optimisation du réseau actuel afin d'éliminer les anomalies relevant dans les pipelines surdimensionnés.

# CHAPITRE IV :

## Optimisation du Réseau de collecte du Manifold S1B”

## Introduction

Suite aux résultats de la modélisation présentées dans le chapitre précédant on va procéder à l'optimisation du réseau de collecte actuel en proposant quelques modifications afin de remédier les problèmes rencontrés. Cette étude sera basée sur différents critères tels que le changement des diamètres des pipelines, la pose d'une nouvelle installation (pompe multiphasique), et à la possibilité de dévier la charge du MFD S1B'' dans le but d'améliorer la production du secteur.

L'optimisation du réseau de collecte est essentielle pour assurer la stabilité de la production, la rentabilité des puits et la sécurité des installations dans l'industrie pétrolière et gazière. À mesure que les opérations évoluent et que les exigences de production varient, l'optimisation du réseau devient indispensable pour faire face aux enjeux présents et à venir.

### IV.1. Optimisation par la pose d'une pompe multiphasique

La première étape d'optimisation consiste à poser une pompe multiphasique au niveau du MFD S1B'' afin de réduire la pression de pipe du réseau puisqu'on a trouvé que 10 puits produise sous un écoulement en régime sub-critique ( $0.75 \leq P_t/P_p \leq 1$ ).

Le logiciel Pipesime offre une possibilité d'insérer les pompes multiphasiques au réseau de collecte déjà modélisé par la fenêtre << Multiphase booster >>. Cette fenêtre nous permet d'insérer un équipement conçu pour augmenter la pression d'un mélange gaz-liquide en vue de son transport sur de longues distances ou vers des unités de traitement. Il peut s'agir d'un dispositif à déplacement positif, tel qu'une pompe à vis jumelées, ou d'un dispositif rotodynamique, tel qu'une pompe hélico-axiale.

Après l'insertion de la pompe dans le model on procède à connecter la pompe directement avec le MFD S1B'' (coté aspiration), et avec les deux collecteurs qui véhiculent la production vers l'autre manifold (coté refoulement).

Concernant les paramètres de la pompe on va jouer sur la différence de pression entre l'enterrée et la sortie de pompe ; en change la  $\Delta P$  et on constate la Pression du pipeline ( $P_p$ ) de chaque puits.

**Edit 'MPB'**

**MULTIPHASE BOOSTER**

Name:

Active: ☒

Booster type:

**OPERATION PARAMETERS**

Discharge pressure:  barg

Pressure differential:  bar

Pressure ratio:

Power:  hp

**GENERIC BOOSTER PROPERTIES**

Pump efficiency:  %

Compressor efficiency:  %

**PIPESIM**   Close

Figure IV.1 : Paramètres de la pompe multiphasique

#### IV.1.1. Analyse des Pressions

Pour choisir la pompe adéquate on a comparé trois scénarios en changeant la différence de pression ;  $\Delta P = 10$  Bar,  $\Delta P = 12$  Bar, et  $\Delta P = 15$  Bar. Les résultats du pression pipe (Pp) et rapport Pt/Pp sont mentionnées sur le tableau ci-dessous.

Tableau IV.1: Résultats de pression pipe (Pp) et rapport Pt/Pp

| Name   | Type   | P p calc (barg) | P p Mes (barg) | P_Mes-P_Calc | P t Mes (barg) | Pp / Pt | $\Delta p$ pump = 10 Bar |         | $\Delta p$ pump = 12 Bar |         | $\Delta p$ pump = 15 Bar |         |
|--------|--------|-----------------|----------------|--------------|----------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
|        |        |                 |                |              |                |         | P p calc (barg)          | Pp / Pt | P p calc (barg)          | Pp / Pt | P p calc (barg)          | Pp / Pt |
| S1B    | Sink   | 14.50           | 14.50          | 0.00         | -              | -       | 14.5                     | -       | 14.5                     | -       | 14.5                     | -       |
| MD38   | Source | 22.33           | 23.00          | 0.67         | 28.2           | 0.79    | 15.22                    | 0.54    | 13.26                    | 0.47    | 10.28                    | 0.45    |
| MD610  | Source | -               | 22.70          | -            | 25.9           | 0.88    | 14.60                    | 0.56    | 12.68                    | 0.49    | 9.70                     | 0.43    |
| MD730  | Source | 23.84           | 23.00          | -0.84        | 27             | 0.88    | 16.49                    | 0.61    | 14.43                    | 0.53    | 11.25                    | 0.49    |
| MD742  | Source | -               | 22.10          | -            | 23.5           | 0.94    | 14.66                    | 0.62    | 12.72                    | 0.54    | 9.72                     | 0.44    |
| MD743  | Source | -               | 22.00          | -            | 27             | 0.81    | 16.28                    | 0.60    | 14.21                    | 0.53    | 11.03                    | 0.50    |
| MD749  | Source | 23.50           | 22.00          | -1.50        | 37             | 0.64    | 16.25                    | 0.44    | 14.24                    | 0.38    | 11.11                    | 0.51    |
| MD754  | Source | 22.02           | 23.00          | 0.98         | 25             | 0.88    | 14.93                    | 0.60    | 12.99                    | 0.52    | 9.99                     | 0.43    |
| MD756  | Source | 22.68           | 22.00          | -0.68        | 35             | 0.65    | 15.54                    | 0.44    | 13.55                    | 0.39    | 10.44                    | 0.47    |
| MD764  | Source | -               | 23.00          | -            | 24             | 0.96    | 16.32                    | 0.68    | 14.32                    | 0.60    | 11.20                    | 0.49    |
| MD765  | Source | 22.48           | 23.00          | 0.52         | 65             | 0.35    | 15.42                    | 0.24    | 13.49                    | 0.21    | 10.55                    | 0.46    |
| MDZ700 | Source | 22.69           | 23.00          | 0.31         | 41             | 0.55    | 15.47                    | 0.38    | 13.48                    | 0.33    | 10.41                    | 0.45    |
| MDZ729 | Source | 22.06           | 22.00          | -0.06        | 27             | 0.82    | 14.94                    | 0.55    | 13.00                    | 0.48    | 9.99                     | 0.45    |
| MDZ770 | Source | 22.95           | 22.00          | -0.95        | 29             | 0.79    | 16.55                    | 0.57    | 14.77                    | 0.51    | 12.26                    | 0.56    |
| MDZ796 | Source | 23.10           | 22.00          | -1.10        | 31             | 0.75    | 16.64                    | 0.54    | 14.84                    | 0.48    | 12.29                    | 0.56    |
| MDZ802 | Source | 23.04           | 22.00          | -1.04        | 70             | 0.33    | 15.88                    | 0.23    | 13.93                    | 0.20    | 10.91                    | 0.50    |
| MDZ810 | Source | -               | 21.00          | -            | 23             | 0.91    | 16.48                    | 0.72    | 14.68                    | 0.64    | 12.07                    | 0.57    |

Après l'analyse des résultats mentionnées au tableau ci-dessus ; on peut conclure ce qui suit :

- Les pressions de pipe (Pp) sont diminuées pour la plupart des puits.
- La différence de pression optimale pour la pompe et de 15 Bar ; parce que la majorité des puits sont en régime critique (Il nous donne un débit d'huile maximal comme il est mentionné à la figure II.6).
- Lorsque la  $\Delta P$  Pompe = 15 Bar ; 15 puits produisent en régime critique, et un (01) puits produise en régime transitoire.
- Les cinq puits qui ont été fermé (en réalité) peuvent être remis en service après la pose de la pompe ; 04 puits produisent en régime critique, et un (01) puits produise en régime transitoire. Pour cela on a constaté que le débit au MFD S1B'' a été augmenté d'environ 08 SM3/h ( $Q_{liq} \text{ model} = 45,77 \text{ SM3/h}$  ;  $Q_{liq} \text{ pompe} = 53,62 \text{ SM3/h}$ ).

#### IV.1.2. Analyse de la EVR, Vitesse, et $\Delta P$ du réseau

Les résultats de l'EVR max pour les trois scenarios sont à l'intervalle tolérable, (EVR max > 0.6 m/s) ; comme il est résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.2: Résultats de l'EVR pour les trois scenarios

| Name            | Erosional velocity ratio maximum (fract.) |        |        |
|-----------------|-------------------------------------------|--------|--------|
| $\Delta p$ pump | 10 Bar                                    | 12 Bar | 15 Bar |
| J 1_MFD S1Bpp   | 0.04                                      | 0.05   | 0.05   |
| J 2_J 3         | 0.24                                      | 0.25   | 0.28   |
| J 3_MFD S1Bpp   | 0.29                                      | 0.31   | 0.36   |
| J 4_MFD S1Bpp   | 0.19                                      | 0.21   | 0.24   |
| J 5_MFD S1Bpp   | 0.06                                      | 0.06   | 0.07   |
| J 7_Cvl 1_J 6   | 0.43                                      | 0.43   | 0.43   |
| J 7_Cvl_J 6     | 0.36                                      | 0.36   | 0.36   |
| J_MFD S1Bpp     | 0.14                                      | 0.15   | 0.17   |
| MD38            | 0.05                                      | 0.05   | 0.06   |
| MD610           | 0.08                                      | 0.08   | 0.09   |

| Name            | Erosional velocity ratio maximum (fract.) |        |        |
|-----------------|-------------------------------------------|--------|--------|
| $\Delta p$ pump | 10 Bar                                    | 12 Bar | 15 Bar |
| MD730           | 0.03                                      | 0.03   | 0.03   |
| MD742           | 0.05                                      | 0.05   | 0.06   |
| MD743           | 0.02                                      | 0.03   | 0.03   |
| MD749           | 0.03                                      | 0.03   | 0.03   |
| MD754           | 0.09                                      | 0.10   | 0.11   |
| MD756           | 0.03                                      | 0.03   | 0.03   |
| MD764           | 0.04                                      | 0.04   | 0.04   |
| MD765           | 0.09                                      | 0.10   | 0.11   |
| MDZ700          | 0.08                                      | 0.08   | 0.09   |
| MDZ729          | 0.07                                      | 0.08   | 0.09   |
| MDZ770          | 0.16                                      | 0.17   | 0.19   |
| MDZ796          | 0.04                                      | 0.05   | 0.05   |
| MDZ802          | 0.10                                      | 0.11   | 0.12   |
| MDZ810          | 0.07                                      | 0.08   | 0.09   |

D'autre part ; les résultats de la vitesse max sont presque identiques à celle du model actuel, où neuf (09) pipelines sont surdimensionnées ( $V_{max} \leq 1$ ). Voir le tableau ci-dessous :

Tableau IV.3 : Résultats de la vitesse max pour les trois scenarios

| Name            | Mixture velocity maximum (m/s) |        |        |
|-----------------|--------------------------------|--------|--------|
| $\Delta p$ pump | 10 Bar                         | 12 Bar | 15 Bar |
| J 1_MFD S1Bpp   | 0.45                           | 0.52   | 0.67   |
| J 2_J 3         | 5.17                           | 5.82   | 7.05   |
| J 3_MFD S1Bpp   | 6.17                           | 7.12   | 9.19   |
| J 4_MFD S1Bpp   | 3.40                           | 3.91   | 5.06   |
| J 5_MFD S1Bpp   | 0.58                           | 0.67   | 0.86   |
| J 7_Cvl 1_J 6   | 7.48                           | 7.49   | 7.52   |
| J 7_Cvl_J 6     | 6.27                           | 6.28   | 6.25   |
| J_MFD S1Bpp     | 1.84                           | 2.11   | 2.73   |
| MD38            | 0.57                           | 0.65   | 0.82   |
| MD610           | 2.18                           | 2.51   | 3.25   |

| Name            | Mixture velocity maximum (m/s) |        |        |
|-----------------|--------------------------------|--------|--------|
| $\Delta p$ pump | 10 Bar                         | 12 Bar | 15 Bar |
| MD730           | 0.29                           | 0.34   | 0.43   |
| MD742           | 1.46                           | 1.68   | 2.18   |
| MD743           | 0.30                           | 0.35   | 0.44   |
| MD749           | 0.25                           | 0.28   | 0.36   |
| MD754           | 2.42                           | 2.78   | 3.60   |
| MD756           | 0.28                           | 0.32   | 0.41   |
| MD764           | 0.28                           | 0.32   | 0.40   |
| MD765           | 1.19                           | 1.36   | 1.74   |
| MDZ700          | 0.89                           | 1.02   | 1.32   |
| MDZ729          | 1.68                           | 1.93   | 2.50   |
| MDZ770          | 4.73                           | 5.31   | 6.40   |
| MDZ796          | 0.36                           | 0.41   | 0.48   |
| MDZ802          | 1.22                           | 1.40   | 1.81   |
| MDZ810          | 0.87                           | 0.97   | 1.18   |

Pour les pertes de charge dans le réseau ; elles sont dans la marge tolérable pour la majorité des pipelines, alors qu'elles dépassent le un (01) dans deux branches. Comme il est illustré ci-dessous :

Tableau IV.4 : Résultats des pertes de charge pour les trois scenarios

| Name            | DP/Km  |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|
| $\Delta p$ pump | 10 Bar | 12 Bar | 15 Bar |
| J 1_MFD S1Bpp   | 0.65   | 0.61   | 0.54   |
| J 2_J 3         | 0.84   | 0.90   | 1.03   |
| J 3_MFD S1Bpp   | 1.20   | 1.33   | 1.59   |
| J 4_MFD S1Bpp   | 0.14   | 0.26   | 0.51   |
| J 5_MFD S1Bpp   | 0.58   | 0.55   | 0.50   |
| J 7_Cvl 1_J 6   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| J 7_Cvl_J 6     | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| J_MFD S1Bpp     | 0.76   | 0.75   | 0.76   |
| MD38            | 0.18   | 0.18   | 0.18   |
| MD610           | 0.09   | 0.10   | 0.12   |

| Name            | DP/Km  |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|
| $\Delta p$ pump | 10 Bar | 12 Bar | 15 Bar |
| MD730           | 0.99   | 0.93   | 0.83   |
| MD742           | 0.09   | 0.09   | 0.09   |
| MD743           | 0.98   | 0.92   | 0.81   |
| MD749           | 0.54   | 0.53   | 0.50   |
| MD754           | 0.28   | 0.28   | 0.28   |
| MD756           | 0.76   | 0.72   | 0.65   |
| MD764           | 0.70   | 0.71   | 0.69   |
| MD765           | 0.19   | 0.21   | 0.23   |
| MDZ700          | 0.59   | 0.56   | 0.52   |
| MDZ729          | 0.25   | 0.24   | 0.24   |
| MDZ770          | 0.33   | 0.36   | 0.43   |
| MDZ796          | 0.18   | 0.17   | 0.17   |
| MDZ802          | 0.47   | 0.46   | 0.46   |
| MDZ810          | 0.44   | 0.44   | 0.44   |

## IV.2. Optimisation par le changement du diamètre des pipelines

Dans cette étape on va procéder au changement du diamètre des conduites surdimensionnées et sous dimensionnées. Après la pose de la pompe multiphasique ; on a constaté que neuf (09) pipelines sont surdimensionnées, ainsi que deux pipelines sont sous dimensionnées (voir les tableau IV -4 et IV -3).

Le changement du diamètre des pipelines doit atteindre les conditions optimales suivantes :

- Une vitesse maximum plus qu'un ( $V_{max} > 01 \text{ m/s}$ ) avec le rapport de la vitesse d'érosion maximal ( $EVR\_max$ ) moins de 0.6 ( $EVR \text{ max} > 0.6 \text{ m/s}$ ).
- Les pertes de charge dans les canalisations Selon comme suite :  $0 \leq \Delta P \leq 1 \text{ bar/km}$ .

Après le changement des diamètres :

- Les 09 pipes (6'') sur dimensionnés sont changer en (4'').
- Les 02 pipes (6'') sous dimensionnés sont changer en (8'').

Les résultats de la deuxième étape d'optimisation sont comme suit :

- Les pressions des pipelines du réseau ( $P_p$ ) et les rapports  $P_t/P_p$  sont semblables à ceux du scenario  $\Delta P \text{ Pompe} = 15 \text{ Bar}$  ; où 15 puits produisent en régime critique, et un (01) puits produise en régime transitoire. Voir le ci-dessous :

Tableau IV.5: Comparaison des résultats de  $P_p$  et rapport  $P_t/P_p$

| Name  | $\Delta p \text{ pump} = 15 \text{ Bar}$ |         | $\Delta p \text{ pump} = 15 \text{ Bar} + \text{diam. Change}$ |         |
|-------|------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------|---------|
|       | P p calc (barg)                          | Pp / Pt | P p calc (barg)                                                | Pp / Pt |
| S1B   | 14.5                                     | -       | 14.5                                                           | -       |
| MD38  | 10.28                                    | 0.45    | 10.34                                                          | 0.37    |
| MD610 | 9.70                                     | 0.43    | 9.61                                                           | 0.37    |
| MD730 | 11.25                                    | 0.49    | 11.73                                                          | 0.43    |
| MD742 | 9.72                                     | 0.44    | 9.63                                                           | 0.41    |
| MD743 | 11.03                                    | 0.50    | 10.99                                                          | 0.41    |
| MD749 | 11.11                                    | 0.51    | 11.67                                                          | 0.32    |
| MD754 | 9.99                                     | 0.43    | 9.90                                                           | 0.40    |
| MD756 | 10.44                                    | 0.47    | 10.21                                                          | 0.29    |

| Name   | $\Delta p \text{ pump} = 15 \text{ Bar}$ |         | $\Delta p \text{ pump} = 15 \text{ Bar} + \text{diam. Change}$ |         |
|--------|------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------|---------|
|        | P p calc (barg)                          | Pp / Pt | P p calc (barg)                                                | Pp / Pt |
| MD764  | 11.20                                    | 0.49    | 11.26                                                          | 0.47    |
| MD765  | 10.55                                    | 0.46    | 10.45                                                          | 0.16    |
| MDZ700 | 10.41                                    | 0.45    | 10.32                                                          | 0.25    |
| MDZ729 | 9.99                                     | 0.45    | 9.89                                                           | 0.37    |
| MDZ770 | 12.26                                    | 0.56    | 10.73                                                          | 0.37    |
| MDZ796 | 12.29                                    | 0.56    | 11.14                                                          | 0.36    |
| MDZ802 | 10.91                                    | 0.50    | 10.82                                                          | 0.15    |
| MDZ810 | 12.07                                    | 0.57    | 10.67                                                          | 0.46    |

- L'EVR max est toujours à l'intervalle tolérable même avec le changement des diamètres.
- Les pertes de charge dans le réseau sont ajustées et ne dépassent pas un (01) pour tous les branches.
- La vitesse max est aussi ajustée pour la majorité des branches :  $V_{max} > 01$  m/s pour 19 branches ;  $V_{max} = 1$  pour trois branches (acceptable) ;  $V_{max} < 1$  pour deux (02) braches (reste surdimensionnées).

Tableau IV.6: Comparaison des résultats : EVR,  $\Delta P$ , et  $V_{max}$

| Name            | Erosional velocity ratio maximum (fract.) |                      | Mixture velocity maximum (m/s) |                      | DP/Km  |                      |
|-----------------|-------------------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------|----------------------|
| $\Delta p$ pump | 15 Bar                                    | 15 Bar + diam change | 15 Bar                         | 15 Bar + diam change | 15 Bar | 15 Bar + diam change |
| J 1_MFD S1Bpp   | 0.05                                      | 0.12                 | 0.67                           | 1.54                 | 0.54   | 0.63                 |
| J 2_J 3         | 0.28                                      | 0.17                 | 7.05                           | 4.60                 | 1.03   | 0.42                 |
| J 3_MFD S1Bpp   | 0.36                                      | 0.21                 | 9.19                           | 5.34                 | 1.59   | 0.59                 |
| J 4_MFD S1Bpp   | 0.24                                      | 0.24                 | 5.06                           | 5.11                 | 0.51   | 0.52                 |
| J 5_MFD S1Bpp   | 0.07                                      | 0.17                 | 0.86                           | 1.98                 | 0.50   | 0.88                 |
| J 7_Cvl 1_J 6   | 0.43                                      | 0.43                 | 7.52                           | 7.54                 | 0.00   | 0.00                 |
| J 7_Cvl_J 6     | 0.36                                      | 0.36                 | 6.25                           | 6.20                 | 0.00   | 0.00                 |
| J_MFD S1Bpp     | 0.17                                      | 0.17                 | 2.73                           | 2.75                 | 0.76   | 0.76                 |
| MD38            | 0.06                                      | 0.13                 | 0.82                           | 1.88                 | 0.18   | 0.48                 |
| MD610           | 0.09                                      | 0.09                 | 3.25                           | 3.28                 | 0.12   | 0.12                 |
| MD730           | 0.03                                      | 0.08                 | 0.43                           | 0.92                 | 0.83   | 0.69                 |
| MD742           | 0.06                                      | 0.06                 | 2.18                           | 2.20                 | 0.09   | 0.09                 |
| MD743           | 0.03                                      | 0.07                 | 0.44                           | 1.00                 | 0.81   | 0.68                 |
| MD749           | 0.03                                      | 0.08                 | 0.36                           | 0.77                 | 0.50   | 0.46                 |
| MD754           | 0.11                                      | 0.11                 | 3.60                           | 3.64                 | 0.28   | 0.28                 |
| MD756           | 0.03                                      | 0.08                 | 0.41                           | 0.94                 | 0.65   | 0.55                 |
| MD764           | 0.04                                      | 0.04                 | 0.40                           | 0.40                 | 0.69   | 0.69                 |
| MD765           | 0.11                                      | 0.11                 | 1.74                           | 1.76                 | 0.23   | 0.24                 |
| MDZ700          | 0.09                                      | 0.09                 | 1.32                           | 1.33                 | 0.52   | 0.52                 |
| MDZ729          | 0.09                                      | 0.09                 | 2.50                           | 2.52                 | 0.24   | 0.24                 |
| MDZ770          | 0.19                                      | 0.20                 | 6.40                           | 7.34                 | 0.43   | 0.60                 |
| MDZ796          | 0.05                                      | 0.12                 | 0.48                           | 1.24                 | 0.17   | 0.50                 |
| MDZ802          | 0.12                                      | 0.12                 | 1.81                           | 1.83                 | 0.46   | 0.46                 |
| MDZ810          | 0.09                                      | 0.09                 | 1.18                           | 1.33                 | 0.44   | 0.45                 |

## Conclusion générale

En réponse aux défis pressants posés par les phénomènes de freinage, perte de charge ( $\Delta P$ ), et la vitesse d'érosion au sein du réseau de collecte centré autour du manifold S1B'' au Champ Hassi Messaoud ; ce mémoire s'est lancé dans une exploration complète visant à traiter ces questions critiques et à optimiser la performance du réseau. Grâce à une analyse systématique couvrant les fondements théoriques, la modélisation informatique, les stratégies d'optimisation et la vérification des équipements, l'étude a permis de diminuer les pertes de charge, ainsi que les pressions aux lignes ( $P_p$ ) éliminant le freinage, et d'augmenter les vitesses d'écoulement au réseau de collecte ce qui améliore la production.

À travers cette étude, il a été démontré que l'optimisation du réseau de collecte à l'aide d'outils de simulation tels que le logiciel PIPESIM constitue un levier essentiel pour améliorer les performances de production, réduire les pertes de charge et stabiliser la pression. L'intégration d'une pompe multiphasique combinée à l'ajustement des diamètres des conduites a permis de basculer la majorité des puits en régime d'écoulement critique, ce qui a entraîné une augmentation du débit d'environ 8 m<sup>3</sup>/h. Plusieurs puits qui étaient auparavant hors service ont été remis en production, confirmant l'impact positif de la gestion dynamique et l'optimisation du réseau sur l'efficacité globale de la production.

A la lumière de ces résultats nous recommandons :

- Continuer à utiliser les outils de simulation (comme **PIPESIM**) pour anticiper les effets des modifications futures sur le réseau.
- Réaliser une révision périodique des diamètres des conduites en fonction des conditions réelles d'exploitation (pression, vitesse, facteur d'érosion).
- Étendre l'utilisation des pompes multiphasiques aux autres secteurs confrontés à des problèmes similaires.
- **Intégrer une évaluation économique complète** avant l'installation des pompes multiphasiques, incluant :
  - Le coût d'acquisition.
  - Les frais d'installation.
  - La consommation énergétique.
  - Et les coûts de maintenance.

Afin de s'assurer que les gains de production justifient l'investissement à long terme.

- Mettre en place un tableau de bord numérique pour relier les données du terrain aux résultats de simulation de manière interactive.
- Renforcer les pratiques de maintenance préventive des installations en se basant sur les scénarios simulés.
- Réaliser des études d'impact en aval afin d'évaluer les effets de l'augmentation de la production sur les unités de traitement et sur l'environnement.

## Références bibliographiques

- [1] Data Bank de la division de production Hassi Messaoud.
- [2] Bratland, "Pipe Flow 2, multiphase Flow Assurance", O, 2009.
- [3] Mr Zaatout Kamel, "Etude d'installation d'une unité de pompe a W2A", Mémoire de projet d'induction : Ingénieur Production, 2002.
- [4] Mr ABDENNOUR BOUGESBA, Mr SADAoui KHALED, "Réseau collecte et installation séparateur et unité Pompage de niveau manifold", Mémoire fin d'étude Master, Université de KASDI Merbah Ouargla, 2012.
- [5] Mémoire fin d'étude Master : Optimisation de production dans le champ Nord de Hassi Messaoud par la Mise en place d'un séparateur avec une unité de pomperie au niveau du manifold OMP153.
- [6] BAKER, (DESIGNING FOR SIMULTANEOUS FLOW OF OIL AND GAS). OIL AND GAS J., 52, 7, 1954, PP. 185-195.
- [7] Mr Ben Athmane Radhwan, Mr Keddari Abderrahmane, "Dimensionnement et optimisation du réseau de collecte du champ de Foukroun à Adrar", 2022.
- [8] Mlle GUEYE Sokhna Mou Mapeinda, "OPTIMISATION DU RESEAU DE SURFACE : CAS DU RESEAU DE COLLECTE DE L'EPF ONI31 ", 2023.
- [9] M. Simon CYR : Machines Tournantes, Formation professionnalisant PRO / EXP1, IFP Training.
- [10] B. Heyl, "Multiphase Pumps", 24<sup>th</sup> International Pump Users Symposium, Texas A&M University, 2008.
- [11] M. Shippen, Dr. S. Scott, "Multiphase pumping as an alternative to conventional separation, pumping and compression"; 34<sup>th</sup> annual PSIG meeting, 2002,