

N° Ordre ...../Faculté/UMBB/2022

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**  
**FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE**  
**DEPARTEMENT GISEMENTS MINIERES ET PETROLIERS**



**Mémoire de Fin d'Etudes**  
**En vue de l'obtention du diplôme :**

**MASTER**

Présenté par :

**CHERIF Saida**  
**MOUSSAOUDJA Mohamed**

Filière : Génie Pétrolier

Option : Forage Des Puits d'Hydrocarbures

**Thème :**

---

**Optimisation d'Emplacement De Drain Horizontal à**  
**Hassi Messaoud**

---

**Devant le jury :**

Mme. YAHY Fatma

MCB

UMBB

Présidente

Mme. AZRIL Nadjat

MAA

UMBB

Examinatrice

Mr. BOUBEKEUR Zinelabidine

MAA

UMBB

Encadrant

Année Universitaire : 2021-2022

N° Ordre ...../Faculté/UMBB/2022

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES  
FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE  
DEPARTEMENT GISEMENTS MINIERES ET PETROLIERS



**Mémoire de Fin d'Etudes**  
**En vue de l'obtention du diplôme :**

**MASTER**

Présenté par :

**MOUSSAOUJIA Mohamed**  
**CHERIF Saida**

Filière : Génie Pétrolier

Option : Forage Des Puits d'Hydrocarbures

**Thème :**

---

**Optimisation d'Emplacement De Drain Horizontal à**  
**Hassi Messaoud**

---

**Validé par**

Mr. BOUBEKEUR Zinelabidine MAA

UMBB

Encadrant

Année Universitaire : 2021-2022

## **Aperçu :**

Le gisement pétrolier de Hassi Messoud est considéré comme l'un des potentialités les plus importantes du pays. Cette région a été la première à découvrir cette principale ressource énergétique.

Toutes les capacités techniques et matérielles ont été mobilisées pour développer ce champ, l'économie nationale en a dépendu sur cette ressource depuis son apparition à ce jour, et afin de couvrir la demande croissante nationalement et internationalement, un programme intensif a été développé en partenariat avec des sociétés étrangères ayant une grande capacité et expériences considérables dans le domaine de l'énergie pour bénéficier de leurs expériences avancées dans les technologies modernes d'une part et d'acquérir une expérience professionnelle significative pour les cadres de la Sonatrach et perfectionner leur niveau d'autre part.

La période entre 2008\_2020 a été déterminée en raison de la densité de puits horizontaux réalisés par la Sonatrach durant cette période, et puisque le sujet de notre mémoire fin d'étude est lié à l'optimisation de placement de drain, la réalisation de ce type de puits a connu une activité importante durant cette période, ce qui nous permet d'obtenir les documents nécessaires pour réaliser une étude précise et approfondie sur le sujet.

-Quant à notre choix du sujet optimisation de placement de drain pour le mémoire fin d'étude Master 2, il est principalement dû à son importance dans le développement de la recherche et de la production avec des technologies modernes et avancées afin d'augmenter la production et d'exploiter les potentialités des réservoirs complexes à caractéristiques pétro physiques hétérogènes, couches de faible épaisseur avec intérêt important des réserves pétrolières

## **Abstract :**

The oil reservoir of Hassi Messoud is considered as one of the most important potentialities of the country, this region was the first to discover this major energy asset.

All the technical and material facilities have been deployed to develop the field

The national economy has depended on this resource since its inception to these days, and in order to satisfy the rapidly growing demand nationally and internationally,

An intensive program has been elaborated in partnership with foreign societies having a large capacity and considerable experiences in the field of energy to benefit from their experiences advanced in modern technologie

The period between 2008\_2020 was determined because of the density of horizontal wells realized by Sonatrach during this period, and since the subject of our dissertation is related to the optimization of drain placement, the realization of this type of well has known an important activity during this period, which enables us to obtain the necessary documents to conduct a precise and in-depth study on the matter.

-As for our selection of the topic horizontal drain placement optimization for the Master 2 thesis, it is mainly due to its importance in the development of the research and the production with modern and advanced technologies in the aim to enhance the production and to explore the potentialities of complex reservoirs with heterogeneous physical petroleum characteristics, thin layers with significant oil reserves interest

## REMERCIEMENT

Ne manquez pas cette précieuse occasion à travers le mémoire de fin d'étude d'obtention de diplôme de master, si ce n'est pas pour tirer quelques expressions venues du fond du cœur pour exprimer nos sentiments sincères pour remercier tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin durant notre parcours académique et durant notre préparation à cet humble travail.

Commençant par les professeurs de la faculté des hydrocarbures, l'encadrant monsieur BOUBEKEUR Zine Elabidine, le personnel administratif de l'université M'hamed Bougara Boumerdes, tous les cadres de la division forage " Direction régionale des opérations « D.D.O » Hassi Messaoud et notamment monsieur le directeur BOUKRAA Mustapha et madame BENDAAS Nedjoua qui n'a ménagé aucun effort pour aider nous avec tout ce qui était à disposition.

Merci à tous et à toutes.

# Dédicace

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ وَالصَّلٰةِ وَالسَّلَامِ عَلٰی رَسُوْلِهِ الْكَرِیْمِ،

*Je dédie cet humble travail à mes parents qui m'ont bien élevé, à mes frères et sœurs, ma femme et mes enfants, à mes amis chacun en son nom et titre.*

*A tous ce qui m'ont aidé, encouragé et soutenu de près et de loin pour mener à bien ce travail, en particulier messieurs, DECHMI Noureddine, KHAMGANI Abdelhadi, KEBIR Abdelkrim, Les frères LEMNAOUER (Reda, Faïçal, Lotfi).*

Mohamed

# *Dédicace*

A ma mère.

Saida

# SOMMAIRE

Aperçu :

REMERCIEMENT

Dédicace

## CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I. Introduction générale : .....	1
I.1 Objectifs du travail.....	3
I.1.2. Objectifs secondaires du travail : .....	3
I.2. Méthode de travail : .....	4
I.3. Collecte des données : .....	4
I.4. Organisation de document : .....	5

## CHAPITRE II : EMLACEMENT DU DRAIN HORIZONTAL A HASSI MESSAOU

II.1. Description du réservoir « le cambrien » : .....	6
II.1.1. Caractéristiques géologiques : .....	6
II.2. Problèmes géologiques et opérationnels du réservoir : .....	9
II.2.1. Problèmes géologiques du réservoir : .....	9
II.2.2. Problèmes opérationnels dans le Cambrien : .....	17
II.3. Principe d'emplacement d'un drain horizontal : .....	20
II.4. Intérêt du forage horizontal à Hassi Messaoud : .....	20

## CHAPITRE III : ETUDE STATISTIQUE DE PROBLEME D'EMPLACEMENT DU DRAIN HORIZONTAL A HMD

III.1. Etude statistiques des problèmes d'emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 8 ½ ‘’ et 6’’ : .....	22
III.1.1. Etude statistique du problème d'emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 8 ½ ‘’ : .....	24
III.1.2. Etude statistique du problème d'emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 6’’ : .....	27

## CHAPITRE IV : ETUDE ANALYTIQUE DE PROBLEME D'EMPLACEMENT DU DRAIN HORIZONTAL A HMD

IV.1. Etude analytique du problème d'emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 8 ½ ‘’ : .....	29
IV.1.1. Description lithologique de la phase 8’’1/2 à Hassi Messaoud .....	29
IV.1.2. Analyses des causes de Side Track due au problèmes d'emplacement de drain dans la phase 8’’1/2 : .....	30

IV.1.3. Cas d'étude : Présence des intrusions volcaniques [Puits MDZ-713] : .....	32
IV.2. Etude analytique du problème d'emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 6'' : .....	39
IV.2.1. Description lithologique de la phase 6'' à Hassi Messaoud .....	39
IV.2.2. Analyses des causes de Side Track dans la phase 6'' : .....	39
IV.2.3. Cas d'étude : .....	42

### **CHAPITRE V: IMPACTE TECHNICO-ECONOMIQUE DE PROBLEME D'EMPLACEMENT DU DRAIN HORIZONTAL A HMD**

V.1 Impact économique des problèmes d'emplacement de drain horizontal à Hassi Messaoud : .....	50
V.2 Impact technique des problèmes d'emplacement de drain horizontal à Hassi Messaoud : .....	54

### **CHAPITRE VI : Solution préconisée.**

VI. Introduction : .....	55
VI.1 Définition .....	55
VI.2 Considérations relatives aux mesures LWD : .....	55
VI.3 Principes fondamentaux de la pétrophysique .....	55
VI.4 Catégories de données de fond de puits .....	56
VI.5. Les mesures de la formation en fond de puits : .....	56
VI.5.1 Mesures des rayons gamma de formation.....	56
VI.5.2 Mesures de résistivité de la formation .....	57
VI.5.3 Mesures de la porosité de la formation .....	58

### **Chapitre VII : Conclusion générale**

VII.1 -Les recommandations.....	60
VII.2 Conclusion générale : .....	61

## LISTE DES FIGURES

Figure II- 1: Coupe géologique schématique de Hassi Messaoud.....	6
Figure II- 2: Coupe lithologique des différentes bandes de réservoir CAMBRIEN .....	8
Figure II- 3: Carte de phénomène de l'érosion dans le champ de HMD.....	9
Figure II- 4: Carte des roches intrusives du champ HMD qui se trouvant dans la section du réservoir	11
Figure II- 5: Modèle schématique de l'activité volcanique dans le champ HMD .....	12
Figure II- 6: Carte schématique représente les systèmes de failles régionaux à HMD .....	13
Figure II- 7: Carte de linéaments et de failles affectant le champ de HMD.....	14
Figure II- 8: Carte des répartitions des zones de champ de Hassi Messaoud.....	16
Figure II- 9: Diagramme de classification des problèmes opérationnelles dans le réservoir Cambrien	18
Figure II- 10: Le principe d'emplacement d'un drain horizontal. ....	20
FIGURE III- 1: Histogramme indiquant l'évolution de l'intervention ST durant la période (2008-2020).....	23
FIGURE III- 2: Pourcentage des puits avec problème d'emplacement de drain par rapport au nombre globale des forages horizontaux réalisés à Hassi Messaoud (2008-2020). ....	24
FIGURE III- 3: Les causes majeures de Side Track dans la phase 8 ½ '' au champs de Hassi Messaoud de 2008 au 2020 .....	26
FIGURE III- 4: Les causes majeures de Side Track dans la phase 6 '' au champs de Hassi Messaoud [2008-2020].....	28
Figure IV. 1: Colonne stratigraphique de Hassi-Messaoud – phase 8 1/2 '' (Sonatrach/ Division Forage, programme de forage 2015). ....	30
Figure IV. 2: Localisation de puits MDZ-713.....	33
Figure IV. 3: Profile prévisionnel du puits MDZ-713.....	34
Figure IV. 4: Les densités de boue utilisées .....	35
Figure IV. 5: Profil réel de puits MDZ-713 .....	37
Figure IV. 6: Rapport des surcouts causé par le Side Track réalisé dans le puits MDZ-713 .....	38
Figure IV. 7: Colonne stratigraphique de Hassi-Messaoud – phase 6''(Sonatrach/ Division Forage, programme de forage 2015) .....	39
Figure IV. 8: Carte de position de puits MDZ-670 par rapport au puits voisins.....	42
Figure IV. 9: Profil prévisionnel du puits MDZ-670 .....	43
Figure IV. 10: La partie horizontale de puits MDZ-670 .....	44
Figure IV. 11: FICHE TECHNIQUE DE LA LITHOLOGIE PREVIONELLE [PUITS MDZ-670] :	45
Figure IV. 12: FICHE TECHNIQUE DE LA LITHOLOGIE PREVIONELLE [PUITS MDZ-670] :	46
Figure IV. 13: Profil réel pour le puits MDZ-670.....	47
Figure IV. 14: Rapport des surcouts causé par le Side Track réalisé dans le puits MDZ-670 .....	48
Figure V. 1: Impacte économique des NPT causés par des problèmes d'emplacement de drain horizontal.....	52

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU III - 1: Pourcentage des puits horizontaux avec problème d'emplacement de drain par rapport au nombre globale des forages horizontaux réalisés à Hassi Messaoud (2008-2020).....	22
TABLEAU III - 2: Les puits horizontaux avec des interventions SIDE Track dans la phase 8 ½ '' [2008-2020] à Hassi Messaoud. ....	25
TABLEAU III - 3: Les puits horizontaux avec des interventions Side Track dans la phase 6 '' [2008-2020] à Hassi Messaoud.....	27
Tableau IV. 1: Listes des puits subi à des intervention ST dans la phase 6'' à Hassi Messaoud [2008-2020].....	40
Tableau V. 1: Les NPT engendrés par des Side Track réalisés dans 13 puits horizontaux à Hassi Messaoud à cause des problèmes d'emplacement de drain.....	50
Tableau V. 2: Durée et cout nécessaire pour la réalisation de différent forage horizontaux entre 2008 et 2020.....	51

## Abréviations

DD	Directionel Drilling
DDO	Direction Des Opérations
DDR	Daily Drilling Repport
DF	Division Forage
DP	Division Production
EOWR	End Of Well Repport
GOR	Gas Oil Ratio
IFP	Institut Français de Pétrole
INH	Institut National des Hydrocarbure
KOP	Kick off point
LP	Landing Point
LWD	Logging While Drilling
MD	Measured Depth
MWD	Measurements While Drilling
NPT	Non Productif Time
OPEP	Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
PDM	Positive Displacement Motor
SH	SONATRACH
ST	Side Track
TD	Total Depth
TVD	Total Vertical Depth
VS	Vertical Section
WOC	Water Oil Contact

# **CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE**

## **I. Introduction générale :**

Au cours des dernières années ,il y'a eu une demande croissante pour les sources d'énergie traditionnelles et que l 'Algérie est l'un des pays producteurs de cette matière énergétique et à sa part parmi les pays exportateurs de pétrole (OPEP) ,elle s'efforce de couvrir cette demande et pour atteindre cette objectif , l'état a élaboré un programme intéressant dans les perspectives d'avenir pour augmenter la production en réalisant de nouveaux forages , et pour atteindre cette objectif la SONATRACH a eu recours à l'utilisation des nouvelles technologies et la partenariat avec des sociétés étrangères pour bénéficier de ces technologies et configurer leurs cadres pour suivre le rythme de ces progrès rapide dans le domaine de l'énergie.et puisque le champ de Hassi Messaoud a connu ces dernières années une baisse de pression et débit 'la société SONATRACH sous la tutelle du ministère de l'énergie et des mines a élaboré un programme de réalisation des puits horizontaux en raison de la nature géologique du champ de captage de Hassi Messaoud afin d'exploiter les réserves du réservoir du cambrien de faible épaisseur et hétérogénéité importante .

Rater la cible dans un forage horizontal est l'un des problèmes les plus sévères que la Sonatrach rencontre dans le réservoir « Cambrien » du champ Hassi Messaoud.

Ce problème engendre des pertes importantes du temps et du surcout ; qui affecte l'efficacité du forage horizontal dans le champ.

Par conséquence ; il est vital d'étudier et examiner les facteurs affectant l'emplacement du drain horizontal dans le réservoir.

Quand le problème se produit ; un Side Track devrait être réalisé afin de corriger la trajectoire et récupérer le puit et éviter son abondement.

**DONC :**

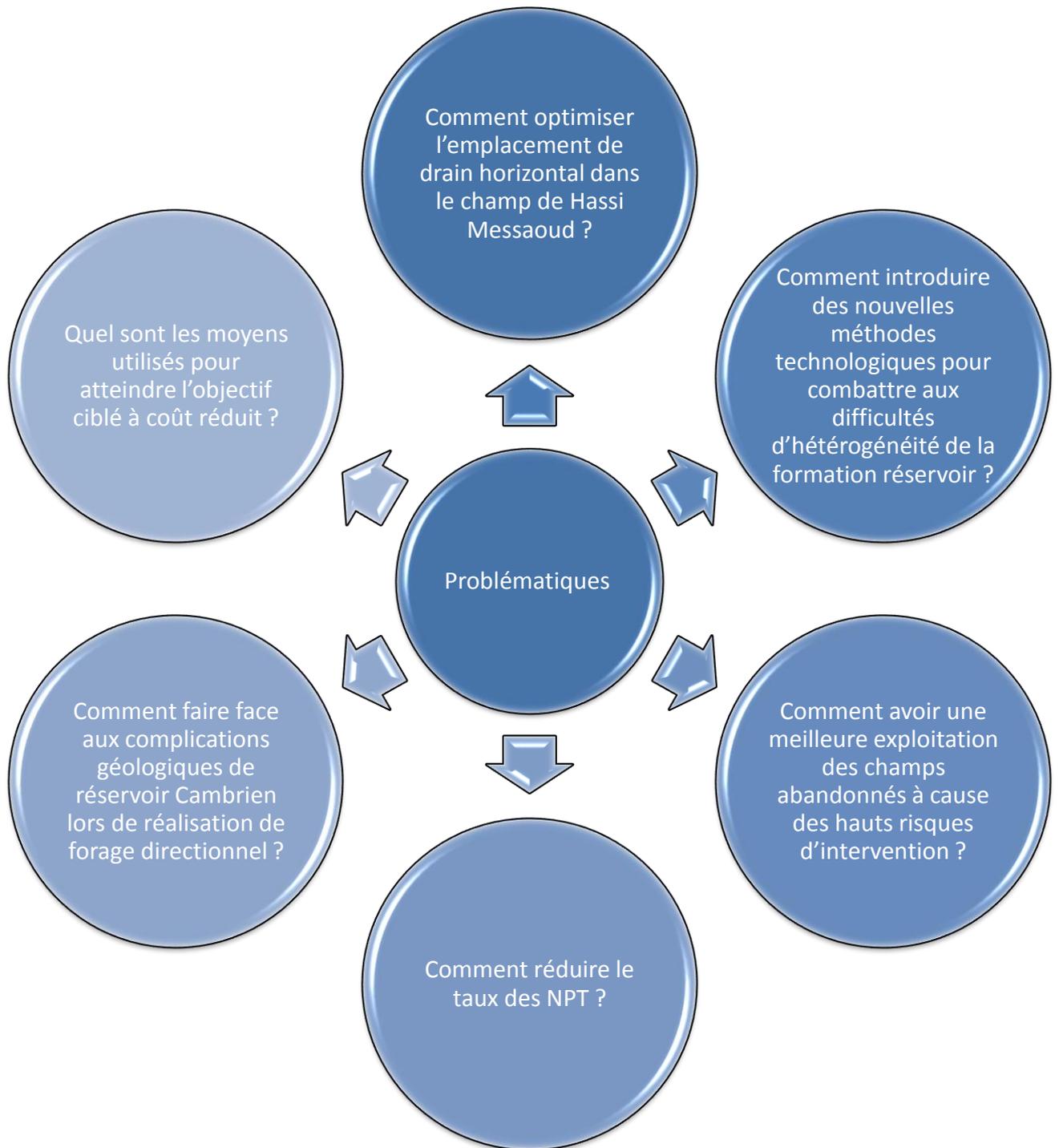


Figure I- 1: Les problématiques à résoudre.

## I.1 Objectifs du travail

L'objectif principal de notre choix du sujet « optimisation de placement de drain » étant que le projet de fin d'étude master 2 est de connaître l'aspect technique et financier de tous les puits horizontaux réalisés durant la période 2008\_2020 dans la région de Hassi Messaoud captant le réservoir de cambrien, et à travers cette étude les données techniques disponibles pour celle-ci seront traitées d'une façon précise pour connaître les techniques utilisées pendant la période de réalisation, les problèmes rencontrés par les ingénieurs, la mesure dans laquelle le programme de mise en œuvre prévu dans le plan initial, les solutions proposées en temps opportun, l'entendue de leur efficacité et leur impact financier sur le coût de projet, avec examen des raisons réelles qui ont conduit à l'impossibilité de mettre en œuvre le programme initial d'achèvement et aussi aborder la qualité de l'équipement qui a été son utilisation au cours du processus de mise en œuvre avec le coût réel qui a couvert les dépenses et l'efficacité des solutions techniques appliquées et leur coût financier.

Après avoir abordé tous les indicateurs mentionnés ci-dessus, à travers lesquels les problèmes apparus lors de la réalisation des puits, et les solutions applicables et leur efficacité ont été identifiés, nous avons effectué un recensement de tous les puits qui connaissent l'intervention de site-track et les véritables raisons qui ont conduit à ce phénomène tout en déterminant le temps passé dans ce processus et l'enveloppe financière dépensée pour couvrir les dépenses.

### I.1.1. Objectif principal du travail :

Etude et analyse d'emplacement de drain horizontal dans le réservoir « CAMBRIEN » du champ de Hassi Messaoud.

### I.1.2. Objectifs secondaires du travail :

- Reconnaissance des caractéristiques (géologique, géodynamique, structurale) du réservoir Cambrien de Hassi Messaoud.
- Recensement des puits horizontaux réalisés durant la période (2008-2020) dans la zone d'étude.
- Classification des ouvrages recensés en fonction de leur diversité des problèmes.
- Etude de l'application de forage horizontal du champ de Hassi Messaoud
- Etude statistique, analytique, technico-économique des complications rencontrées dans la phase 8 ½ '' et 6'' qui nécessitent intervention Side Track
- Proposer des solutions réalisables à Hassi Messaoud.

**I.2. Méthode de travail :**

- Fixer l'objectif principal du travail.
- Fixer les objectifs secondaires du travail.
- Collecter des données nécessaires en collaboration avec les cadres ingénieurs, et les départements ayant relation directe avec notre thème.
- Sélectionner les puits et analyser les données.
- Classer les problèmes en fonction de leur importance et sévérité.
- Analyse des causes.
- Proposer des solutions à ces problèmes en tenant compte à leur nature et les moyens disponibles et le cout de la variante choisie.

**I.3. Collecte des données :**

A- Logiciel "Open Wells" et "DATA ANALAZER" :

- Rapport de fin de sondage/ DDR/EOWR/NPT/Over Cost ;
- Rapport d'implantation.
- Programme de forage.
- Service de formation :
- Documentation générale
- Département géologie :
- Généralité sur le champ de Hassi Messaoud
- Coupe lithologique
- Les fiches techniques des cas d'étude
- Service étude géologique :
- Les cartes de distribution de failles à Hassi Messaoud.
- Distribution de stress.
- Les corrélations géologiques (Top formation, OWC...)
- Chantier de forage :
- Master log.
- Rapport de Survey

#### **I.4. Organisation de document :**

Cette thèse comporte 6 chapitres, il s'agit de :

- Chapitre 1 : Introduire le sujet et citer les objectifs et la méthode de travail
- Chapitre 2 : Contenant une description détaillée relative à l'emplacement de drain horizontal à Hassi Messaoud.
- Chapitre 3 et 4,5 : Des études statistique, analytiques, technico-économique sur les problèmes d'emplacement de drain horizontal à Hassi Messaoud dans les deux phases [8 ½ et 6'''] entre 2008 et 2020.
- Chapitre 6 : Les solutions préconisées.
- Chapitre 7 : Recommandations et conclusion générale.

**CHAPITRE II :**  
**EMPLACEMENT DU**  
**DRAIN HORIZONTAL A**  
**HASSI MESSAOUD**

## II.1. Description du réservoir « le cambrien » :

### II.1.1. Caractéristiques géologiques :

Le réservoir cible est constitué de grès et de quartzites cambriens-ordoviciens, qui représentent une large gamme d'hétérogénéités (Abubakr et al. 2008, Newsome 2008). Il est divisé en différentes unités, résumées sur la Fig (01) et la Fig (02) suivantes :

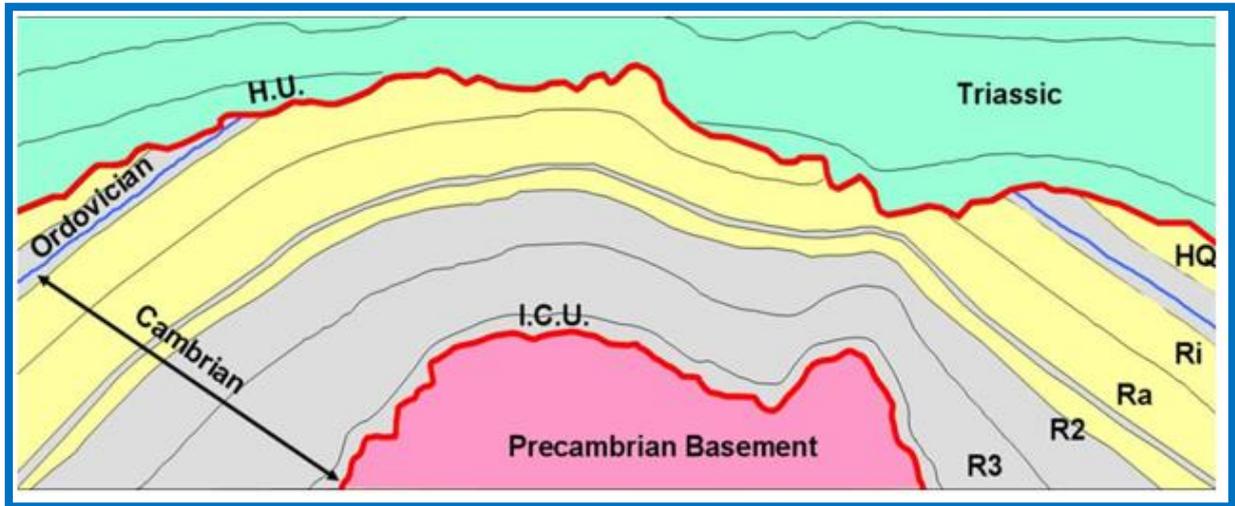


Figure II- 1: Coupe géologique schématique de Hassi Messaoud

#### II.1.1.a. Analyse de la coupe lithologique :

Du plus ancien au plus jeune, elles sont :

- **Cambrien R3** : Unité non productrice représentée par des grès à gros grains d'une épaisseur moyenne de 370m avec une très faible perméabilité et une forte teneur moyenne en argile de 30%
- **Cambrien R2** : Constitué de grès à grain moyen à grossier avec une teneur moyenne de 20% en argile, est formé principalement d'illite avec des quantités mineures de Kaolinite, et subdivisé en deux unités :
  - **R2c (environ 55 m)** délimité par les références : (R300-R250).
  - **R2ab (35 m)** délimité par (R250-R200) : Grès quartzitiques moyens à grossiers parfois micacés à ciment argileux (illite) Structures souvent oblique Seule R2ab est une couche productrice. Elle présente de bonnes qualités de réservoir dans la partie nord du champ où la saturation en eau est faible.
- **Cambrien anisométrique (Ra)** : grès anisométrique, délimité par (R190-R100) c'est le principal réservoir producteur du champ de Hassi Messaoud, subdivisé en :

- **Ra inférieur** : délimité par (R190-R140), contient trois drains(couche) :
  - **D1** : délimité par (R190-R170), d'une épaisseur de 28m, formation siliceuse avec une structures obliques et horizontales.
  - **ID** : délimité par (R170-R150), d'une épaisseur de 29m, formation argileux-siliceuse avec une Structures obliques.
  - **D2** : délimité par (R150-R140), d'une épaisseur de 25m, formation siliceuse propre
- **Ra moyen** : délimité par (R140-R130), le drain D3, d'une épaisseur de 22m, formation argileuse.
- **Ra supérieur** : délimité par (R130-R95), le drain D4, d'une épaisseur de (0 - 40m), formation siliceuse, Grés à grés quartzitiques anisométrique, moyens à grossier à stratifications souvent obliques et entrecroisées, il est noté que ce drain a subi à une érosion d'une épaisseur variée d'une zone à autre.
- **Le Cambro-Ordovicien**, composé de
  - (Ri) : Également appelé D5, délimité par (R95-R70), d'une épaisseur de 50m composé (avec de bonnes caractéristiques pétrophysiques de réservoir dans la partie inférieure (basal) avec 15m d'épaisseur.
  - Zone d'alternance : Passées d'argile indurée alternant avec des niveaux de grés quartzitiques fins, Tigillites abondantes et joints stylolithiques fréquents, avec 16m d'épaisseur.

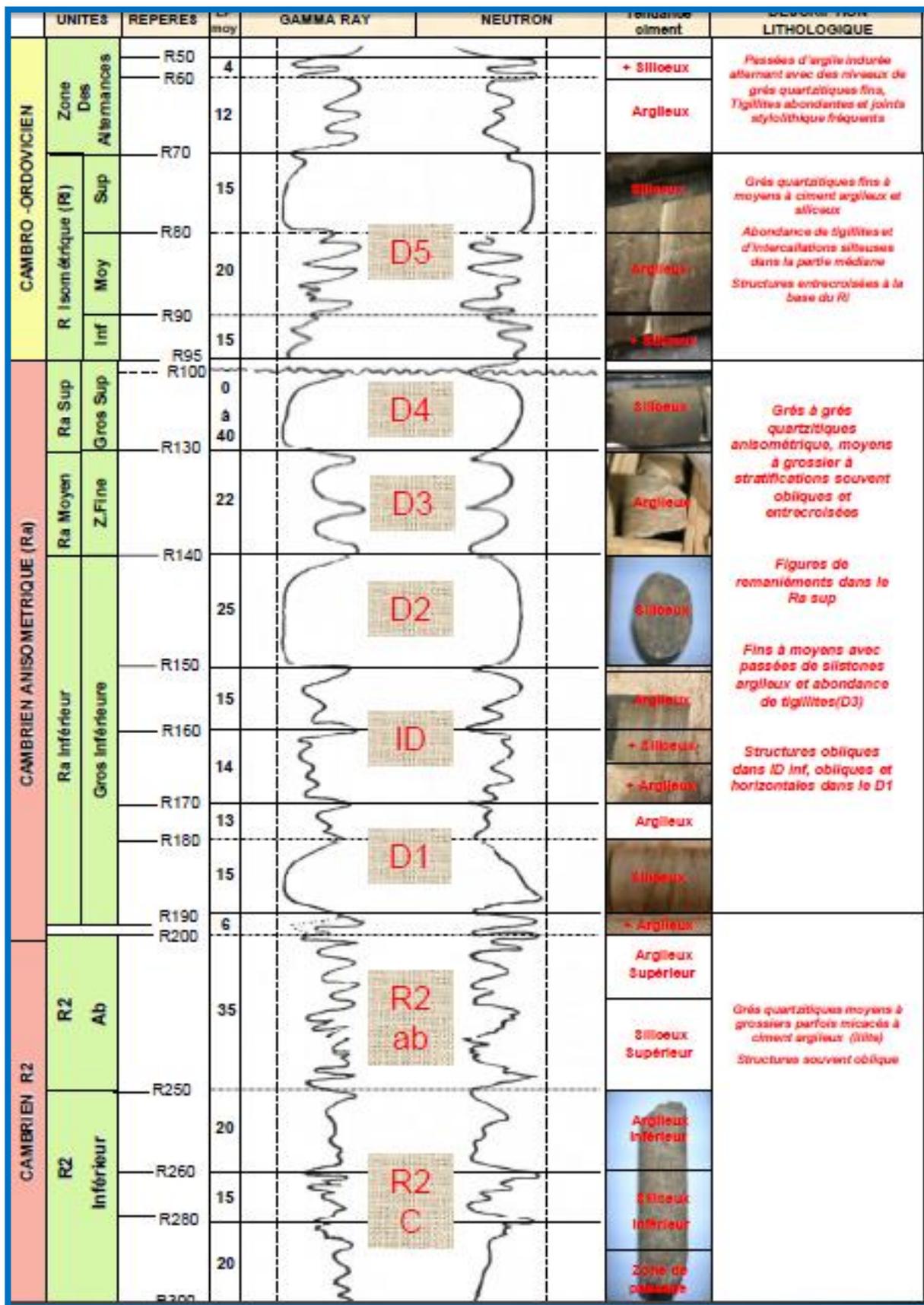


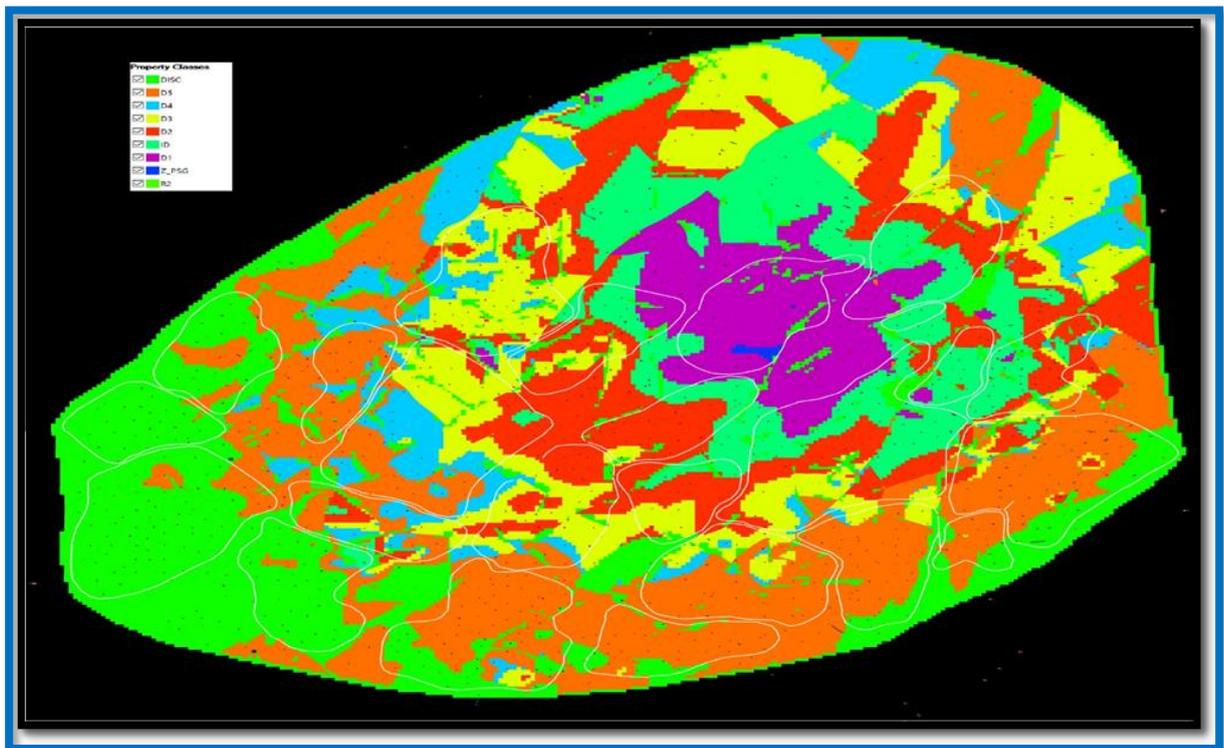
Figure II- 2: Coupe lithologique des différentes bandes de réservoir CAMBRIEN

## II.2. Problèmes géologiques et opérationnels du réservoir :

### II.2.1. Problèmes géologiques du réservoir :

**II.2.1.a. Incertitude des corrélations géologiques** (stratigraphique, structurale, pendage) : La structure du champ est un dôme anticlinal, situé à l'extrême nord-est de la crête d'El Agreb-Messaoud. L'évolution tectonique de cette grande structure (appelée aussi "Ride d'Hassi Messaoud"), est complexe et enregistre l'influence d'un certain nombre d'événements tectoniques: des phases panafricaines, la distension cambro-ordovicienne, la compression tectonique, la distension silurienne et dévonienne inférieure, et enfin, l'orogénèse hercynienne.

L'épisode d'érosion à la fin du stade tectonique hercynien a donné lieu à l'érosion progressive des unités supérieures des réservoirs, du centre vers la périphérie du champ, et au creusement de vallées profondes et étroites suivant des failles majeures. Généralement, ces vallées érodées sont remplies de roches volcaniques (extrusives).



**Figure II- 3: Carte de phénomène de l'érosion dans le champ de HMD**

- **Analyse :**

On remarque que l’affleurement est maximal au centre de l’anticlinale (couleur violet ‘D1’) ce qui signifie que toutes les formations qui se trouvent au-dessus (ID, D1, D2, D3, D4, D5) sont complètement érodées.

Par contre dans les périphéries du champ on remarque que les formations de réservoir sont conservées, présence de (D1, ID, D2, D3, D4, D5).

### **II.2.1.b. Anisotropie :**

L'anisotropie (contraire d'isotropie) est la propriété d'être dépendant de la direction. Quelque chose d'anisotrope pourra présenter différentes caractéristiques selon son orientation. Les formations géologiques de différentes couches de sédiments peuvent présenter une anisotropie électrique : leur conductivité électrique varie selon la direction. Cette propriété est utilisée dans l'industrie du pétrole et du gaz naturel pour repérer des zones exploitables, grâce à l'étude du sable et du schiste. Le sable contenant des hydrocarbures présente une faible conductivité, tandis que les schistes en ont une plus importante.

En tectonique, l'anisotropie correspond à une variation de la force des mouvements de la croûte terrestre selon la ou les directions de ces mouvements. Diverses situations peuvent amener ce régime de contrainte anisotrope : plis particuliers des couches géologiques, positions respectives de couches de différentes compositions, une combinaison de ces facteurs, associée ou non avec une ou des failles tectoniques.

### **II.2.1.c. Hétérogénéité des formations traversées :**

On peut résumer le réservoir de Hassi Messaoud comme un milieu hétérogène (sur le plan vertical et sur le plan horizontal), anisotrope et discontinu.

Et, pour donner un modèle représentatif, l'étude des différentes disciplines géologiques est absolument nécessaire.

Cette hétérogénéité verticale se manifeste par une extrême variabilité des valeurs de perméabilité.

Le réservoir est constitué par un empilement d'unités lithologiques élémentaires centimétriques à décimétriques. Chaque unité lithologique a ses caractéristiques lithologiques propres (granulométrie argilosité).

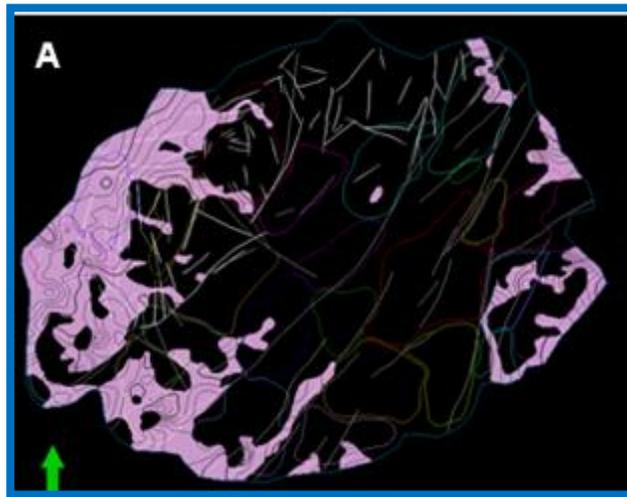
L'extension des corps gréseux est limitée à une centaine de mètres, tandis que les silts minces, mais imperméables ne dépassent pas les cinquante (50) mètres.

Le contrôle des qualités de réservoir impose la connaissance de la granulométrie, le classement, la morphoscopie, la teneur et la nature des argiles et les effets induits par la diagenèse, en plus des aspects structural et tectonique.

Donc, ces grès cambriens ont été modifiés dans leurs structures et dans leurs caractéristiques pétrophysiques, à la suite de leur profondeur d'enfouissement. Le stade ultérieur de la compaction se manifestera par l'engrenage des grains.

#### **II.2.1.d. Présence des intrusions volcaniques :**

Les intrusions magmatiques sont difficiles à prévenir à cause de leur distribution aléatoire lors de l'activité volcanique



**Figure II- 4: Carte des roches intrusives du champ HMD qui se trouvent dans la section du réservoir**

Il y a deux types principaux de roches ignées sont reconnus dans le champ de Hassi Messaoud : Extrusives, qui surplombent directement la discordance hercynienne, et Intrusives au sein des unités situées sous la discordance. La distinction initiale entre ces roches est faite sur la base de la texture (extrusive à grain fin contrairement à l'intrusive à grain Grossier).

#### **II.2.1.e. Extrusif :**

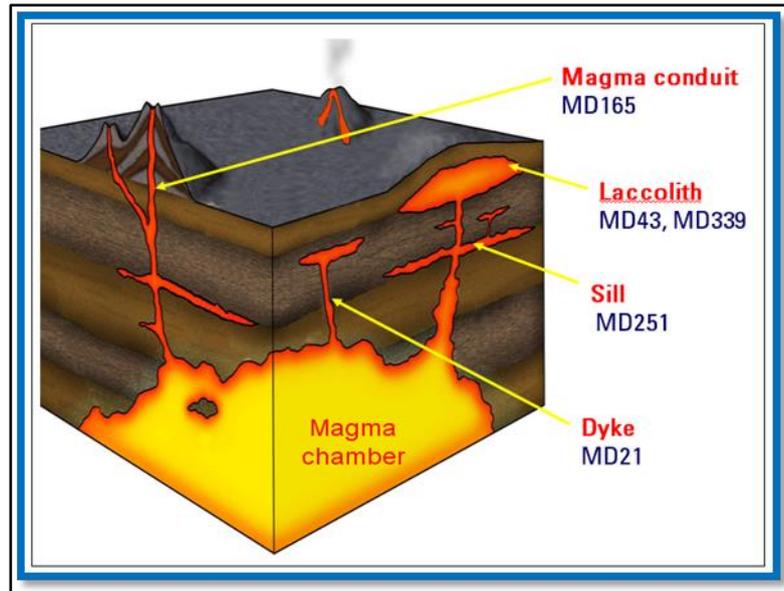
Les extrusifs sont principalement développés dans la partie ouest et sud du champ. Ils ont rempli les paléovallées hercyniennes et se sont généralement écoulés vers les zones de faible topographie. Ils sont constitués d'andésite, de cendres et de pyroclastiques. Elles sont recouvertes par des unités triasiques composées de schistes sableux et d'évaporites - anhydrites et sel (Sonatrach 1995). En raison de leur position stratigraphique, les roches extrusives sont considérées comme étant d'âge triasique. Les roches extrusives de HMD n'ont pas d'influence directe sur les roches réservoirs sous-jacentes.

#### **II.2.1.f. Intrusif :**

Situés dans la partie sud du champ, plus que 36 puits ont rencontré des roches intrusives dans la section du réservoir. Elles sont présentes dans toute la section sous le quartzite de

Hamra, et le métamorphisme de contact est évident dans les roches au-dessus et au-dessous de chaque intrusion. D'après leur teneur en silice, elles sont identifiées comme des diorites. Il n'y a pas de données définitives sur l'âge de ces roches, mais comme elles se trouvent dans la formation cambrienne, on les qualifie d'intra-cambriennes".

Par la nature tectonique de l'activité volcanique, le magma s'élevant à travers les failles/plans de faiblesse, les roches intrusives peuvent être trouvées dans n'importe quel drain de la zone atteinte par cette activité.



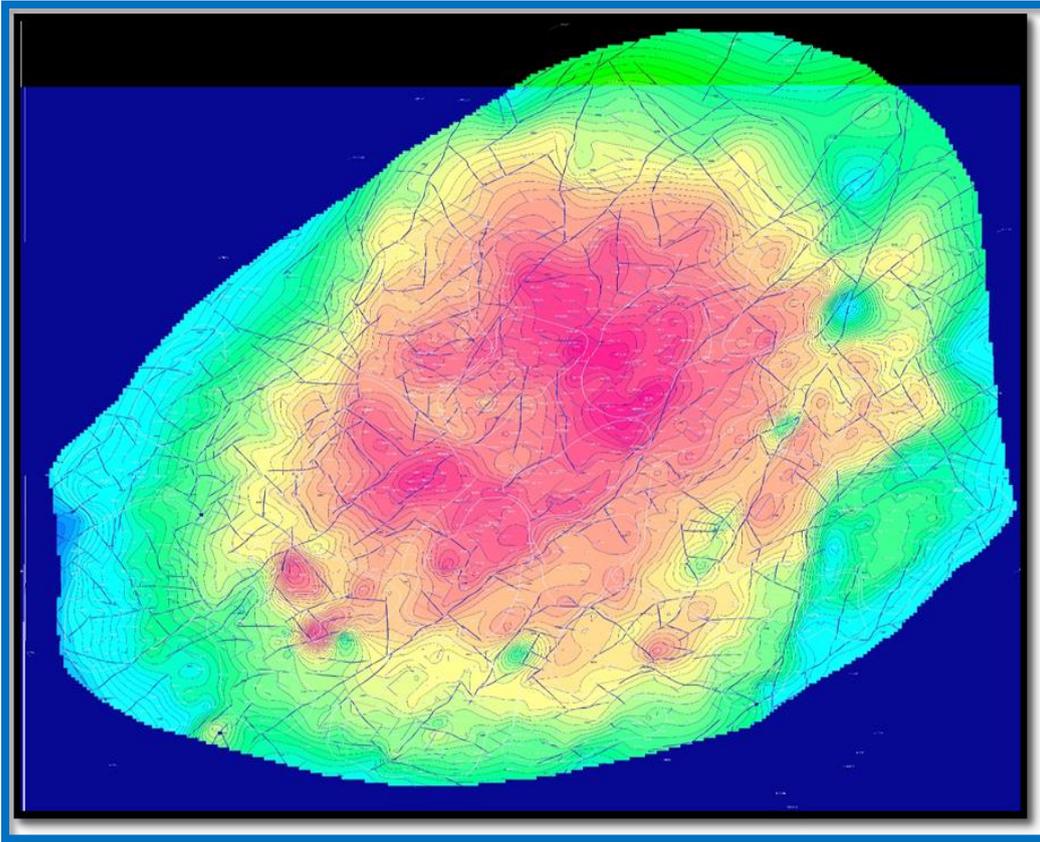
**Figure II- 5: Modèle schématique de l'activité volcanique dans le champ HMD**

### II.2.1.g. Présence des failles :

Le champ de Hassi Messaoud est considéré accidenté car il est largement compartimenté par des systèmes de failles régionaux orientés NE-SW à NNE-SSW et par des systèmes complexes perpendiculaires et parallèles à plus petite échelle. Les systèmes de fractures associés aux failles contribuent à la production en augmentant la perméabilité là où ils sont ouverts et connectés.

La fracturation dans un réservoir peut avoir plusieurs effets sur la production. Pour cela et pour une bonne caractérisation d'un réservoir pétrolier il est très important d'effectuer une étude structurale qui nous permet d'obtenir les différents réseaux de failles et les directions des contraintes affectant ce réservoir.

L'orientation des fractures est très importante pour la production d'un puits ou d'un réservoir elle joue un grand rôle dans les prévisions des directions de communications latérales des fluides. Le plan de la fracture est repéré par deux angles : l'azimut ( $\delta$ ) et le pendage (P).



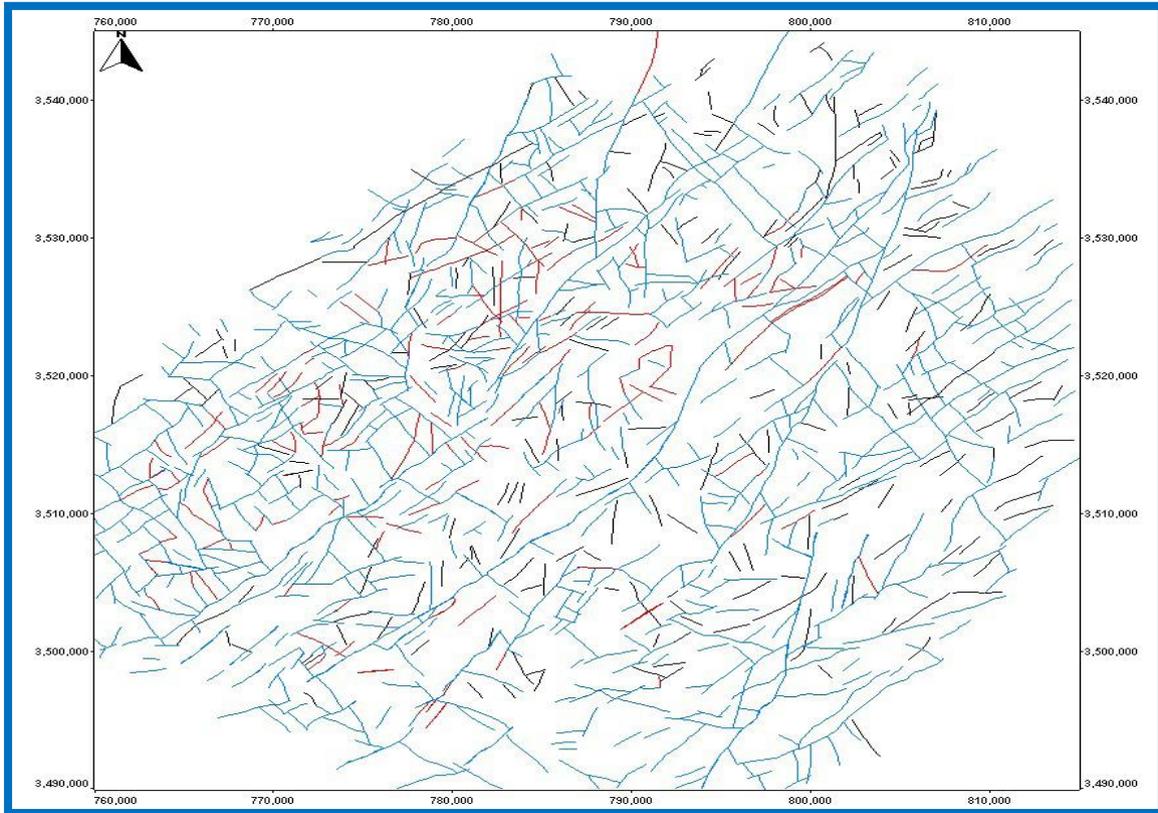
**Figure II- 6: Carte schématique représente les systèmes de failles régionaux à HMD**

- **Analyse :**

Résultats de l'imagerie disponibles sur l'ensemble du champ ont montré une distribution des fractures selon quatre familles :

- La famille la plus fréquente NE-SW.
- Une famille moins fréquente que la première E-W.
- Une famille à faible fréquence NW-SE.
- Une famille à une fréquence remarquable N-S.

Ce qui rend la création des corrélations à partir des puits voisins pour placer un nouveau puits critique, comme la carte suivante l'indique :



**Figure II- 7: Carte de linéaments et de failles affectant le champ de HMD**

- **Analyse :**

La carte montre des failles déterminées par la sismique (en bleu), ces failles ont une direction majeure NE-SW. Elles sont associées à des failles secondaires généralement de direction NW-SE.

Les linéaments indéterminés (en noir), ils n'ont pas une direction préférentielle ; ce sont des linéaments basés sur les données géologiques, les données de puits et le tracé des linéaments sur sismiques qui sont déterminés à partir des cartes des attribues sismiques.

Les linéaments caractérisés dynamiquement (en rouge) présentent deux directions principales une NE-SW et l'autre NW-SE. Ces linéaments sont d'abord validés géologiquement et avec le comportement dynamique du puits ou l'ensemble des puits ces linéaments sont caractérisés comme barrière conductrice ou neutre.

On remarque que les zones très fracturées sont le centre, la partie est et la partie sud du champ.

**II.2.1.h. Water coning :**

La production d'eau est l'un des problèmes produisant un souci critique dans l'industrie pétrolière et gazière. Plusieurs réservoirs sont liés à un aquifère actif ou à un mode de récupération secondaire par injection d'eau, ces réservoirs exhibent une récupération d'huile élevée due à l'énergie supplémentaire fournie naturellement par l'aquifère ou artificiellement par l'injection d'eau, mais les venues d'eau associées peuvent créer des problèmes majeurs pour la production des hydrocarbures au niveau des puits.

La connaissance des propriétés physiques et chimiques de l'eau de gisement permet de localiser la zone où elle est continue, de définir la fraction des pores qu'elle remplit et de prévoir son mouvement dans le réservoir. Ces propriétés aident aussi à prévenir la formation des composés nuisibles dans les puits et les collectes au cours de la production et dans le réservoir lors d'une injection d'eau.

Au cours de l'exploitation des gisements fonctionnant avec un régime de water-drive, on observe au début une certaine chute de pression de gisement, nécessaire à l'établissement des gradients de pression provoquant l'amenée de l'eau dans la zone productive. La stabilisation de la pression de gisement ayant lieu au cours du soutirage régulier du liquide prouve la réalité du régime de production par water-drive, suivi du remplacement total du fluide produit (huile, gaz) par l'eau.

\* Des paramètres spécifiques favorisent l'accroissement de la production d'eau (donc du water coning), ils peuvent être résumés comme suit :

- ◆ La perméabilité verticale ;
- ◆ Dimension de l'aquifère ;
- ◆ Densité des perforations ;
- ◆ Ecoulement derrière le casing (channeling).

**II.2.1.i. Pression de gisements :** qui varie d'une zone à une autre, c'est la raison principale pour laquelle le champ de HMD est répartie en 25 zones, comme la carte suivante l'indique :

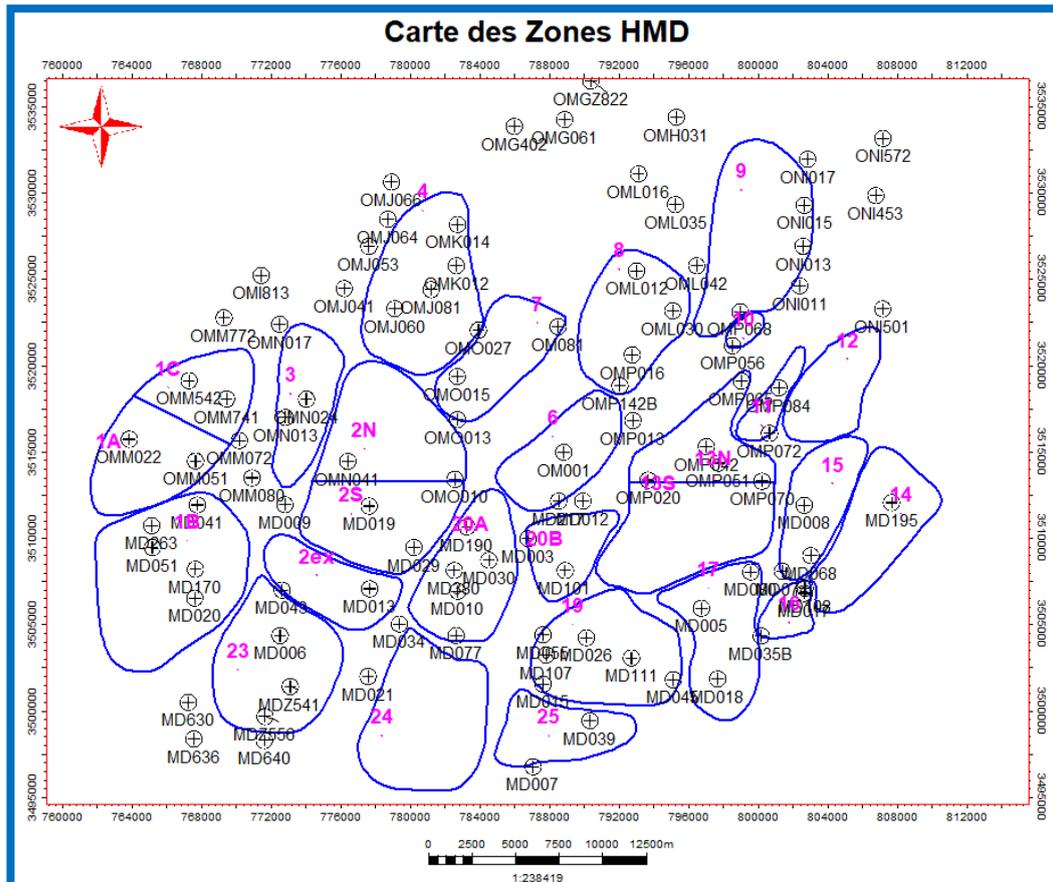


Figure II- 8: Carte des répartitions des zones de champ de Hassi Messaoud

• **Déplétion du gisement :**

Au cours de l’exploitation des gisements fonctionnant avec un régime de water-drive, on observe au début une certaine chute de pression de gisement, nécessaire à l’établissement des gradients de pression provoquant l’amenée de l’eau dans la zone productive. La stabilisation de la pression de gisement ayant lieu au cours du soutirage régulier du liquide prouve la réalité du régime de production par water-drive, suivi du remplacement total du fluide produit (huile, gaz) par l’eau.

Si toutefois la cadence du soutirage de l’huile accroît continuellement, il peut arriver un moment où la capacité à l’écoulement du système de poussée des eaux à une charge donnée sera insuffisante et le volume d’eau parvenu à temps dans le gisement sera inférieur aux volumes de gaz et de liquide extrait, la pression de gisement commencera donc à tomber provoquant la transition du régime de production du gisement par water-drive à un autre régime.

**II.2.1.j. Problème de l’instabilité des parois :**

Les problèmes d’instabilité des parois de forage sont courants dans les sections de schiste du trou. Le schiste peut s’écouler plastiquement vers l’intérieur ou fluer, provoquant un coincement mécanique. Le sel présente également des comportements plastiques. Toute

formation peut s'effondrer si le poids de la boue n'est pas assez élevé pour la contrôler

**II.2.1.k. Gaz coning :**

Présence des zones à forte GOR (gas oil ratio), ont risque des venues de gaz ou bien la production d'une substance indésirable (gaz) au lieu d'huile.

**II.2.2. Problèmes opérationnels dans le Cambrien :**

Dans le processus d'exploitation de l'énergie pétrolière, le forage est l'opération la plus couteuse, on est souvent confronté à des problèmes tels que les coincements, les pertes de boue, les venues et les éruptions.

Le but de cette partie du travail est de bien expliciter les problèmes rencontrés lors du forage des puits du champ de Hassi Messaoud en focalisant sur la phase réservoir dans le « Cambrien ». La période référentielle de toute analyse dans cette partie est 2008-2020.



Figure II- 9: Diagramme de classification des problèmes opérationnelles dans le réservoir Cambrien

**II.2.2.1. LES VENUES (Kicks)**

Les Kicks surviennent lorsque la pression de formation est supérieure à la pression hydrostatique de la boue. Dans la quasi-totalité des opérations de forage, l'équipe de forage tente de maintenir une pression hydrostatique supérieure à la pression de formation et par conséquent, empêcher les kicks. Toutefois, si par malchance, la pression de la formation va dépasser la pression de boue, un kick se produira

Les venues sont classées généralement en trois types :

**II.2.2.1.a Venue Induite (Induced Kick)**

Ce sont des venues provoquées par la perte de la première barrière de sécurité, qui est la pression hydrostatique de la boue, les raisons de ce déséquilibre peuvent être à l'origine d'un kick induite :

- Mauvais remplissage lors des manœuvres ;
- Pistonnage (swabbing) ;
- Perte de circulation de la boue (lost circulation) ;
- Boue coupée avec du gaz (gas cut mud)

Les venues induites sont les plus répondues, elles représentent 54,55% des cas analysés.

**II.2.2.1.b Venues en Under balance :**

On rencontre généralement ce type de venues quand la pression de réservoir n'est pas bien connue ou sous-estimée.

C'est la principale cause des venues dans la région de Hassi Messaoud survenus en cours de forage dans le Cambrien. La pression de la formation est supérieure à la pression du puits, l'effluent commence à écouler vers le puits et le kick se produit. Ces pressions de formation anormales sont souvent associées aux kicks. Durant les opérations de contrôle des puits (Well Control), les pressions de formation supérieures à la normale sont la plus grande préoccupation. Les propriétés pétrophysiques de la roche (perméabilité et porosité) sont dans ce cas déterminantes pour prévoir la production d'un kick. Un certain nombre d'indicateurs de pression anormale peut être utilisée pour estimer les pressions de formation de sorte que les kicks causés par l'insuffisance de la densité de la boue de forage, soient empêchés.

### II.3. Principe d'emplacement d'un drain horizontal :

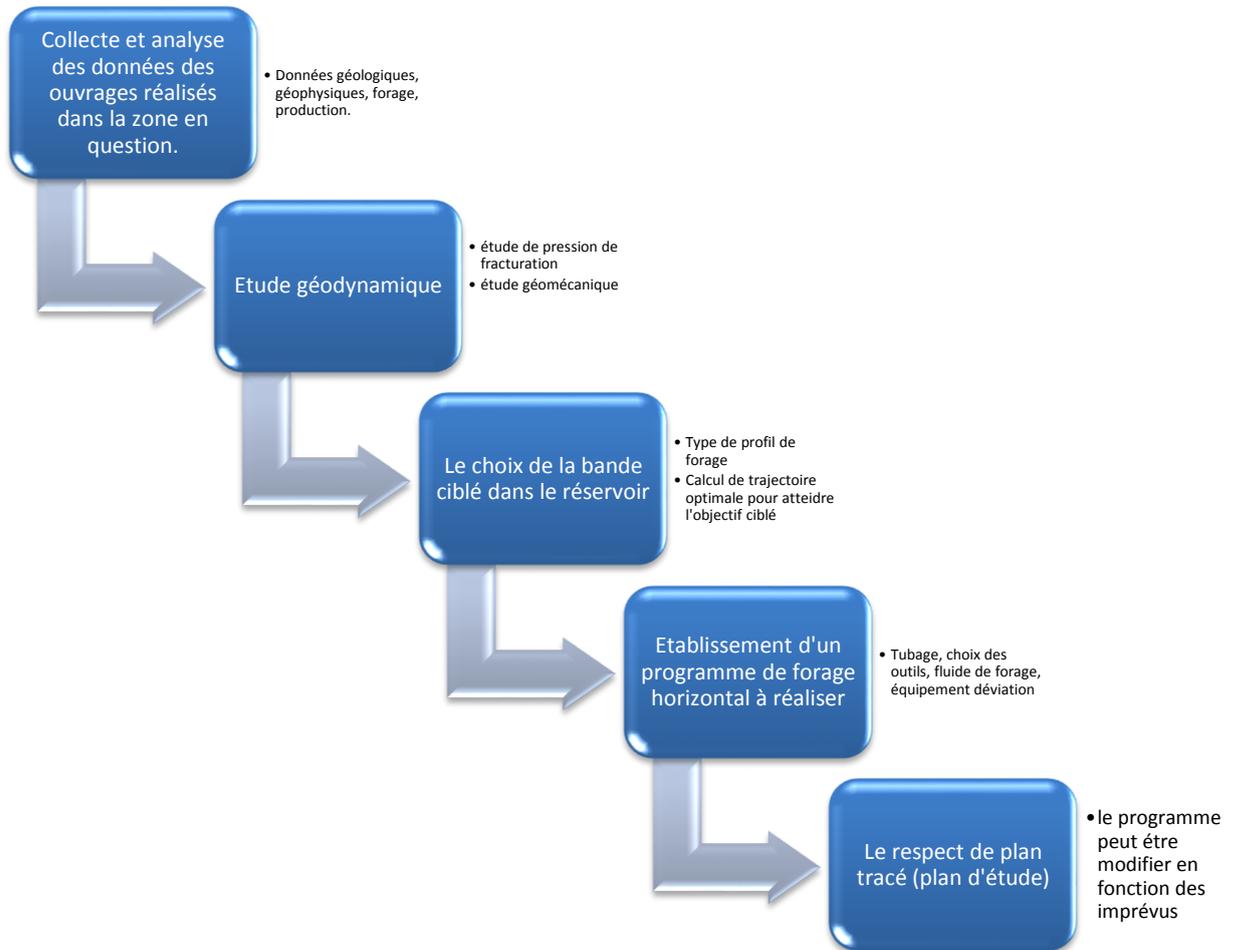


Figure II- 10: Le principe d'emplacement d'un drain horizontal.

### II.4. Intérêt du forage horizontal à Hassi Messaoud :

D'après l'étude et l'analyse des données des puits verticaux réalisés dans la région de Hassi Messaoud, On a constaté l'existence des problèmes majeurs de points de vue production surtout durant les dernières années avec la déplétion de pression des gisements causée par le nombre important des forages réalisés, et aussi la forme géométrique du Cambrien et son hétérogénéité.

Afin de résoudre ces problèmes, la Sonatrach a tracé un programme de réalisation des puits horizontaux depuis les années 1990, par introduction des méthodes nouvelles adoptées avec la nature des réservoirs et au fur et à mesure à chaque fois dès que les problèmes présentent, des solutions ont été envisagées par les cadres ingénieurs de la Sonatrach.

Dans beaucoup de réservoirs, le forage horizontal permet d'augmenter la production et aussi d'améliorer le taux de récupération, ceci par un meilleur drainage et en retardant l'arrivée d'eau et de gaz.

Les applications des puits horizontaux résolvent les problèmes et les complications de réservoir Cambrien de HMD, comme :

➤ **Réservoirs fracturés :**

Les réservoirs fracturés au champ de Hassi Messaoud sont parmi les meilleurs candidats au développement par forage horizontal. Les fractures de ces réservoirs étant sub-verticales, le meilleur moyen d'en intercepter le plus grand nombre est de forer un puits horizontal perpendiculairement à leur direction principale.

➤ **Réservoirs multicouches :**

Dans la plupart des réservoirs multicouches comme le Cambrien, un puits horizontal peut remplacer plusieurs puits verticaux ou déviés.

➤ **Réservoirs à basse perméabilité :**

Le forage horizontal dans tels réservoirs est une alternative à la fracturation hydraulique. Le drain horizontal se comporte comme une fracture avec plusieurs avantages, car il est plus facile de forer un long drain horizontal plutôt que de créer une fracture équivalente.

➤ **Formations non consolidées (contrôle des sables) :**

La production des sables non consolidés présente un sérieux problème dans les puits à grands débits car elle dépend des forces de viscosité à la paroi

Un drain horizontal foré dans un tel réservoir permet de réduire la vitesse d'écoulement à la paroi du puits et en conséquence la production de sable.

➤ **Coning de gaz et de l'eau :**

Les puits horizontaux aident énormément la production de tels réservoirs en augmentant la distance entre le drain et le contact huile/eau, et aussi en améliorent la productivité en dispersant le soutirage donc qui fait que la vitesse d'écoulement soit faible. Et le même principe pour la venue de gaz

Malgré les résultats positifs obtenues par la réalisation des puits horizontaux surtout de côté production, des problèmes techniques peuvent apparaître, lors de l'exécution de programme prévisionnel il s'agit de :

- Les coincements
- Les incertitudes géologiques
- Les intrusions
- Les erreurs opérationnelles

Pour remédier à ces problèmes nous devons procéder aux opérations de Side Track dans les deux phases 8 ½ et 6'' par afin de continuer la trajectoire tracée initialement et atteindre l'objectif ciblé.

**CHAPITRE III : ETUDE  
STATISTIQUE DE  
PROBLEME  
D'EMPLACEMENT DU  
DRAIN HORIZONTAL A  
HMD**

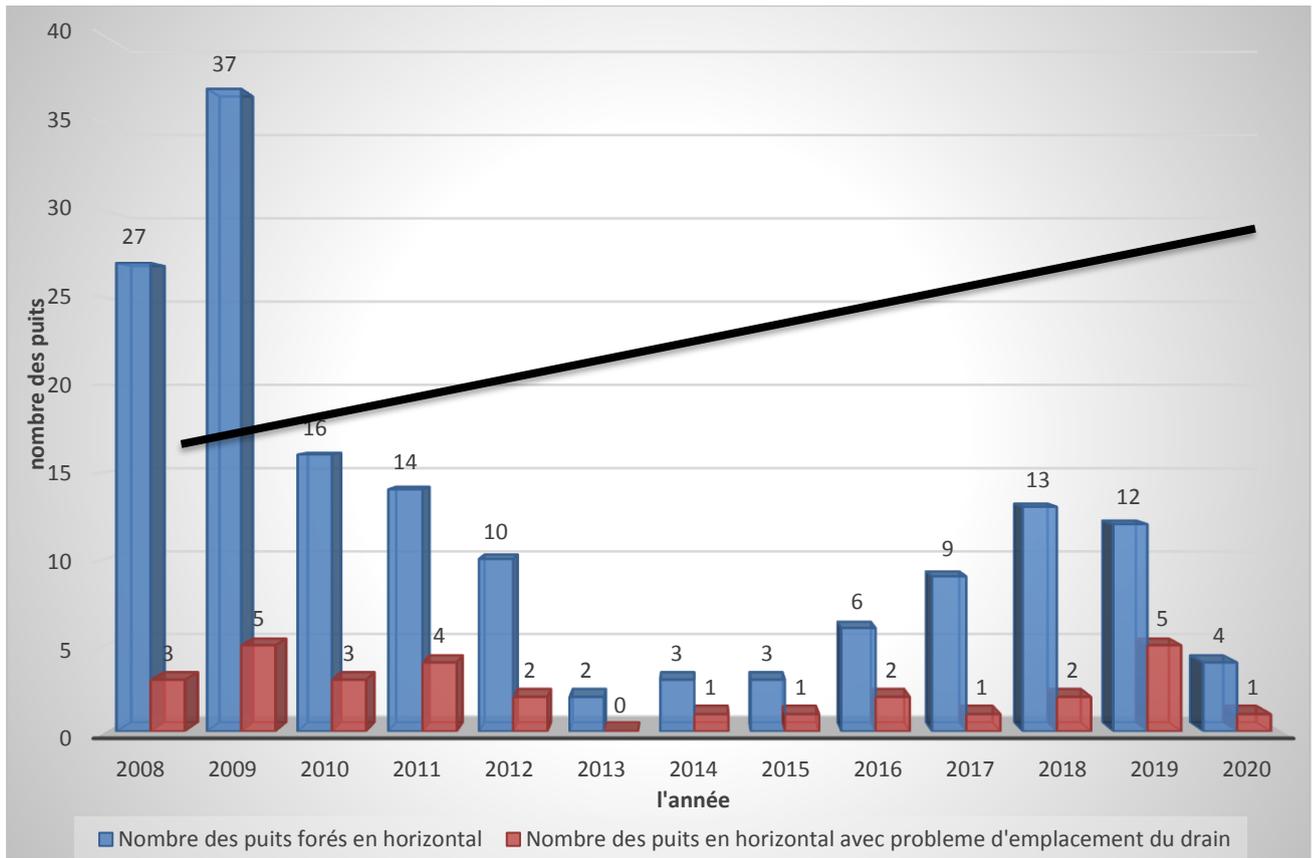
### III.1. Etude statistiques des problèmes d'emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 8 ½ " et 6" :

Cette étude est articulée sur ces deux phases car comme les statistiques indiquent que plus de que **19%** des forages horizontaux réalisés ont connues des problèmes majeurs d'emplacement de drain (Well Placement) qui nécessite un changement de trajectoire initial (Side -Track).

Le tableau suivant indique les pourcentages de l'intervention Side Track dans les phases 8 ½ et 6" durant la période [2008-2020] pour des puits horizontaux en développement captant le réservoir "Cambrien" de Hassi Messaoud.

**TABLEAU III - 1: Pourcentage des puits horizontaux avec problème d'emplacement de drain par rapport au nombre globale des forages horizontaux réalisés à Hassi Messaoud (2008-2020)**

Années	Nombre des puits forés en horizontal	Nombre des puits forés en horizontal avec des problèmes d'emplacement de drain	Pourcentage
2008	27	3	11,11%
2009	37	5	13,51%
2010	16	3	18,75%
2011	14	4	28,57%
2012	10	2	20,00%
2013	2	0	0,00%
2014	3	1	33,33%
2015	3	1	33,33%
2016	6	2	33,33%
2017	9	1	11,11%
2018	13	2	15,38%
2019	12	5	41,67%
2020	4	1	25,00%
<b>Total</b>	156	30	<b>19,23%</b>

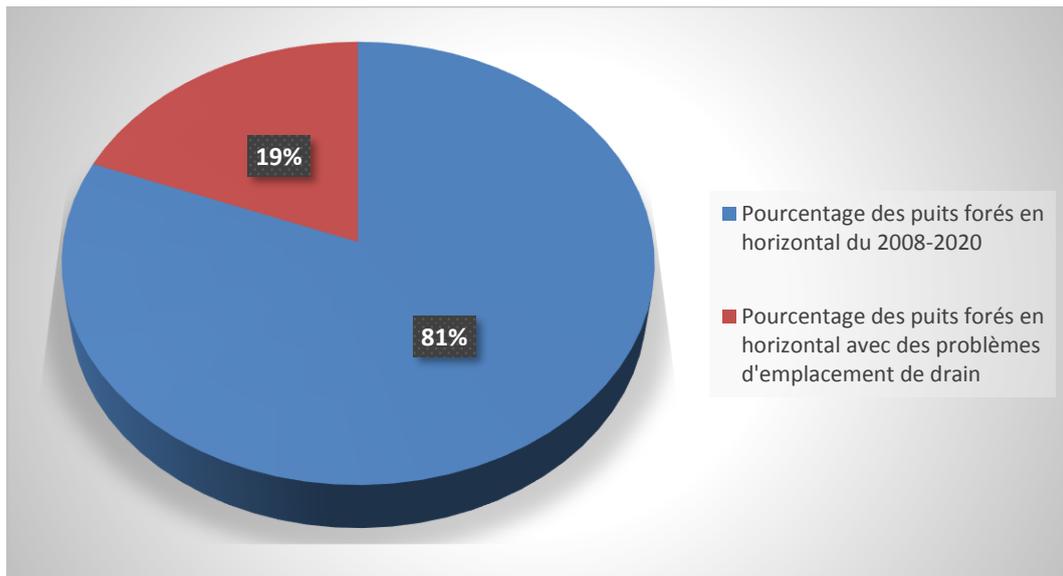


**FIGURE III- 1: Histogramme indiquant l'évolution de l'intervention ST durant la période (2008-2020).**

• **Interprétation :**

- La ligne de tendance de pourcentage des puits avec problème d'emplacement de drain horizontal montre qu'il n'a pas été maîtrisé d'une façon définitive.
- Le nombre global des puits horizontaux forés à HMD diminue, contrairement aux tendances mondiales qui augmentent à cause de sa bonne rentabilité.
- Le pourcentage a touché 41% en 2019, ce qui est considéré comme une énorme perte en terme de productivité et de temps des puits dans les zones situées dans la partie sud de champ de Hassi Messaoud connu par une distribution intense des failles de différentes directions ce qui rend le réservoir compartimenté en plusieurs parties et difficile à corréler avec les puits voisins (offset wells) pour une précise détermination de top des formations réservoirs et des zones sweet et surtout pour éviter de taper les plans d'eau (WOC) ; **la plupart des Side tracks réalisés dans cette intervalle sont dans les phases 8 ½ ' et 6''.**
- En 2008, un pourcentage relativement bas 11% dans la zone des OM comme : OMLZ-173, OMKZ-751, OMPZ-553, OMKZ-56 situés dans la partie centrale de HMD qui est considérée moins compartimentée que la partie sud comme indiquée dans la carte des

distributions des failles à Hassi Messaoud.



**FIGURE III- 2: Pourcentage des puits avec problème d’emplacement de drain par rapport au nombre globale des forages horizontaux réalisés à Hassi Messaoud (2008-2020).**

### **Interprétation :**

On observe que la valeur (19%) est considérable de point de vue cout par rapport au puits réalisés sans intervention par Side Track.

A cet effet il est nécessaire de procéder à des solutions efficaces et économiques.

Après étude et traitement des données concernant les puits horizontaux réalisés dans la région de Hassi Messaoud ont connues des problèmes lors de la réalisation dans les phases 8 ½ ‘’ et 6’’ ce qui nécessite à l’opération Side Track.

### **III.1.1. Etude statistique du problème d’emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 8 ½ ‘’ :**

- **Choix de la phase :**

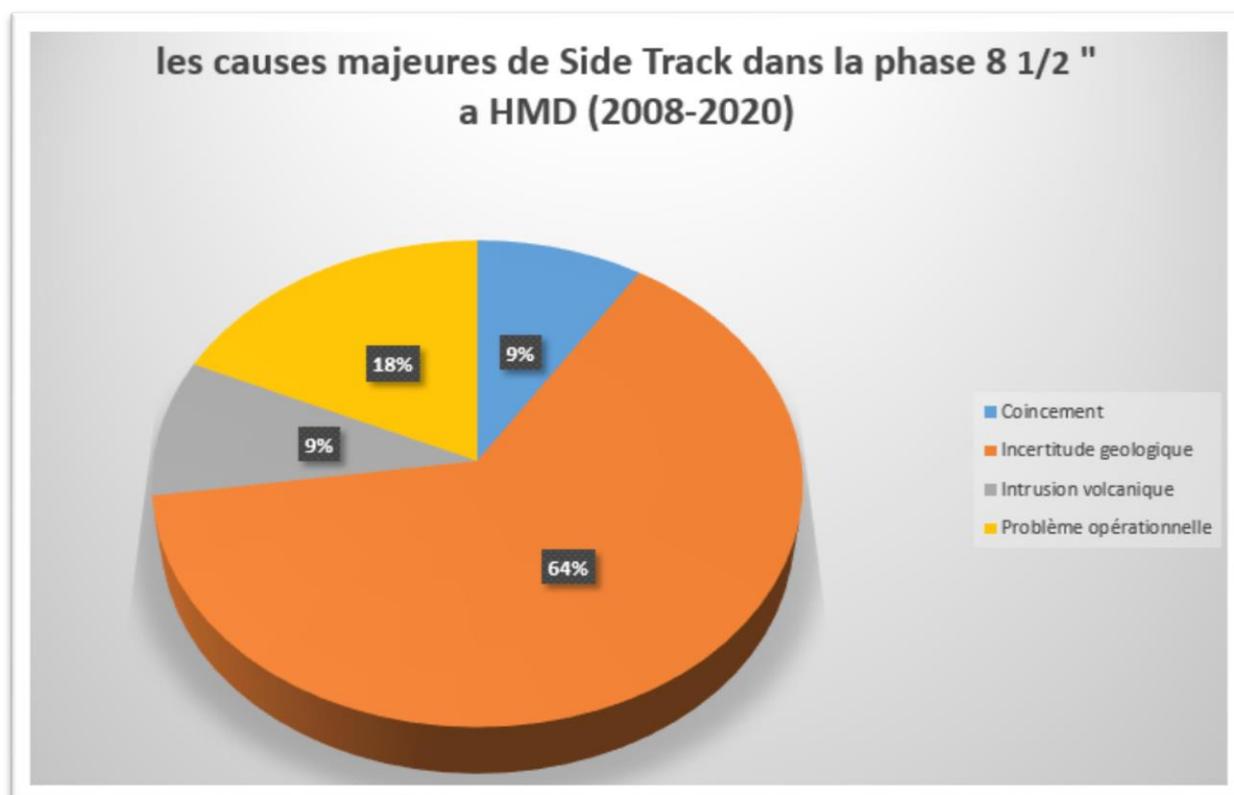
Comme toute les phases la phase 8 ½ est caractérisée par la présence d’une variété des problèmes, mais comme la partie courbée de trajectoire commence dans cette phase, la sévérité des complications et leurs conséquences est plus importante.

**TABLEAU III - 2: Les puits horizontaux avec des interventions SIDE Track dans la phase 8 ½ ‘ [2008-2020] à Hassi Messaoud.**

Le puits	La cause du SIDE Track
OMLZ-573	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMJZ-21	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
ONIZ-40	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
MDZ-669	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMPZ-553	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMJZ-21	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMKZ-433	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMLZ-78	COINCEMENTS
MDZ-713	INTRUSION VOLCANIQUE
OMKZ-822	PROBLEMES OPERATIONNELS
MDZ-663	PROBLEMES OPERATIONNELS

**Interprétation :**

- On observe que 11 sur ont puits subis à des interventions Side dans la phase 8 ½ ‘
- Les SIDE Track réalisés sur le OMLZ-78 foré en 2008 et le MDZ-669 foré en 2016 sont les deux causés par le problème d’incertitude géologique, ce qui indique que les complications d’emplacement de drain horizontal persistent à exister.



**FIGURE III- 3: Les causes majeures de Side Track dans la phase 8 ½ ‘ au champs de Hassi Messaoud de 2008 au 2020**

**Interprétation :**

Ce graphe visualise la répartition de ces causes ; On remarque que :

- Les incertitudes géologiques sont les phénomènes les plus présent parmi les cas que nous avons étudié avec, un pourcentage de 64%.
- Un cinquième de ces causes est due essentiellement aux problèmes opérationnels.
- En troisième place viennent les coincements et les intrusions volcaniques avec un pourcentage de 9% pour chaque un.

### III.1.2. Etude statistique du problème d'implacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 6'' :

#### Choix de la phase :

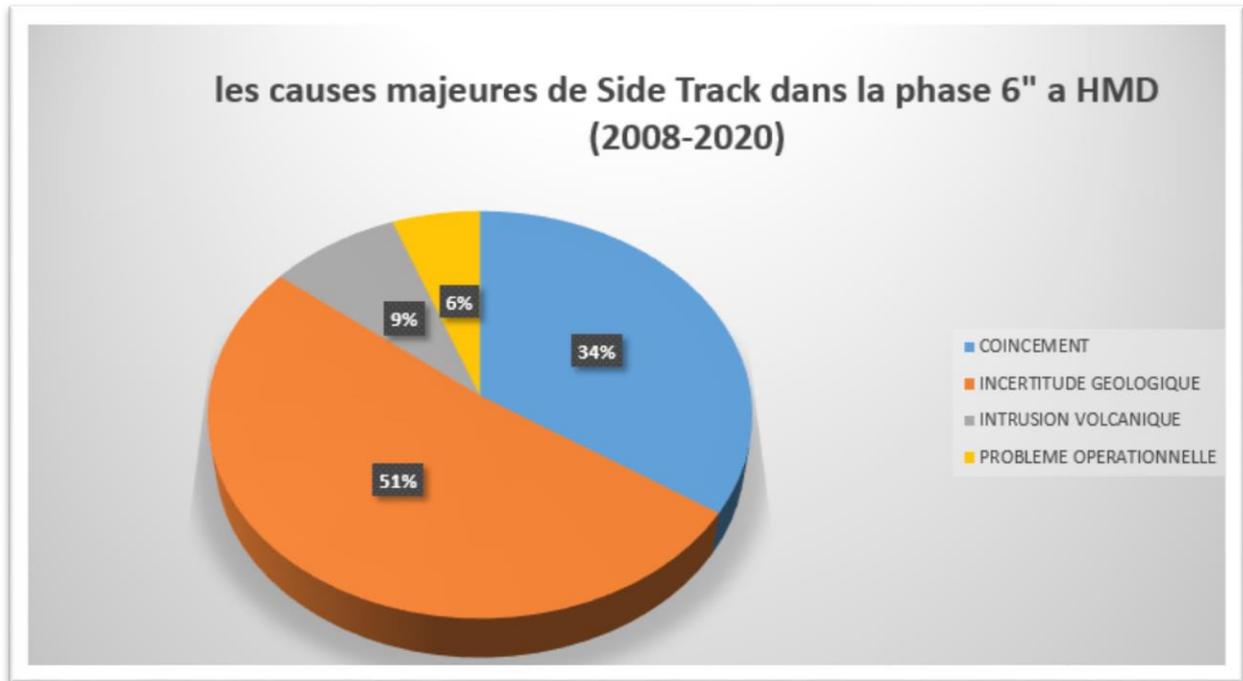
Aussi appelée la phase réservoir, tous les problèmes cités dans la phase 8 ½ sont répandus dans cette phases avec une sévérité et un taux de Side Track plus élevée.

**TABLEAU III - 3: Les puits horizontaux avec des interventions Side Track dans la phase 6 '' [2008-2020] à Hassi Messaoud.**

Puits	Les causes du SIDE Track
MDZ-670	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
ONIZ-40	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
MDZ-669	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMKZ-552	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMJZ-532	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
MDZ-622	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
MDZ-602	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
OMKZ-251	INCERTITUDE GEOLOGIQUE
MDZ-731	INTRUSION VOLCANIQUE
OMOZ-12	INTRUSION VOLCANIQUE + COINCEMENT
ONIZ-203	INTRUSION VOLCANIQUE
OMLZ-572	COINCEMENT
MDZ-729	COINCEMENT
MDZ-615	COINCEMENT
MDZ-626	COINCEMENT
MDZ-651	COINCEMENT
OMJZ-751	COINCEMENT
OMKZ-822	PROBLEME OPERATIONNEL
OMKZ-56	PROBLEME OPERATIONNEL

#### **Interprétation :**

Comme mentionnées dans le tableau si dessus, il existe des puits avec plusieurs intervention Side Track à cause de différentes raisons, comme le puits OMOZ-12 qu'est a été subi à un Side Track due à un coincement et un autre due à une intrusion volcanique, ce qui implique un changement remarquable de la trajectoire de puits ou dans la plupart des cas mènes à une cible ratée



**FIGURE III- 4: Les causes majeures de Side Track dans la phase 6 " au champs de Hassi Messaoud [2008-2020]**

Interprétation :

Plus que la moitié des causes est due au incertitudes géologiques (51%) comme des formations rencontrées des dizaines de mètres plus ou plus bas comme le puits OMOZ-12 ou ils ont pénétré le réservoir « Cambrien » 28 m plus haut que les prévisions ;

Dans le même puits, OMOZ-12, une imprévue interception de l'éruptif triasique brun rouge à brun chocolat à apparaitre avec une épaisseur importante aussi, résultant un autre Side Track et changement obligatoire de trajectoire.

Et le puits OMKZ-751, ou le réservoir a été topé 9 m plus haut et la bande D2 (ciblé par ce forage) topé 18 m plus haut.

**CHAPITRE IV : ETUDE  
ANALYTIQUE DE PROBLEME  
D'EMPLACEMENT DU DRAIN  
HORIZONTAL A HMD**

## IV.1. Etude analytique du problème d'emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 8 ½ ' :

### IV.1.1. Description lithologique de la phase 8''1/2 à Hassi Messaoud

La série stratigraphique de la phase 8 ½ '' dans le champ de Hassi-Messaoud reposant sur le Cambrien, est essentiellement formé de la base au sommet de :

- Lithozone Ri (Le Cambro-Ordovicien) : Son épaisseur moyenne est de 42 mètres. Le passage entre le Cambrien et l'Ordovicien n'est pas net, c'est pourquoi on peut distinguer une zone de passage appelé " Cambro-Ordovicien ". Il se compose de grès quartzitiques isométrique fin bien classé glauconieux.

- **L'Ordovicien :**

On distingue de la base au sommet quatre unités lithologiques :

- Zone des alternances : Son épaisseur moyenne est de 20 mètres. Désignée ainsi en raison de la présence de nombreuses passées d'argiles indurées alternantes avec des bancs quartzites fins isométriques.

- Argile d'El Gassi : Son épaisseur moyenne est d'environ 50 mètres. Cette formation est constituée d'argile schisteuse, indurée présentant une couleur verte à noire, rarement rouge. Cette argile peut être glauconieuse ou carbonatée présentant une faune (graptolites) indiquant un milieu de dépôts marin. Cette formation est surtout rencontrée sur les zones périphériques du champ.

- Les grès d'El Atchane : Son épaisseur moyenne varie de 12 à 25 mètres. Cette formation est constituée de grès fin à très fin, de couleur gris-beige à gris-sombre. Ce grès peut être argileux ou glauconieux admettant de nombreuses passées argileuses et silteuses.

- Les quartzites de Hamra : Son épaisseur moyenne varie de 12 à 75 mètres. Ce sont des grès quartzitiques fins, à rares intercalations d'argiles.

### LE MESOZOÏQUE :

- **Le Trias :**

Il repose en discordance sur le Cambrien, au centre et sur l'Ordovicien aux flancs de la structure. C'est un faciès très varié résultant de la transgression qui fut à caractère laguno- marin, accompagnée de coulées éruptives. Il est subdivisé en trois (3) unités :

- Trias éruptif : Son épaisseur varie entre 0 et 92 mètres. Localement on rencontre des coulées éruptives inter -stratifiées avec des grès du Trias, cela semble indiquer la présence de plusieurs épanchements de coulées venant s'intercaler dans les faciès détritiques ces coulées ont souvent

eu lieu dans les vallées hercyniennes.

-Trias argilo-gréseux : Son épaisseur moyenne est de 35 mètres. Il constitue le premier remplissage du relief paléozoïque, et se subdivise en plusieurs unités qui se diffèrent par leurs lithologies et leurs réponses diagaphiques :

- Les grès supérieurs
- Les grès inférieurs

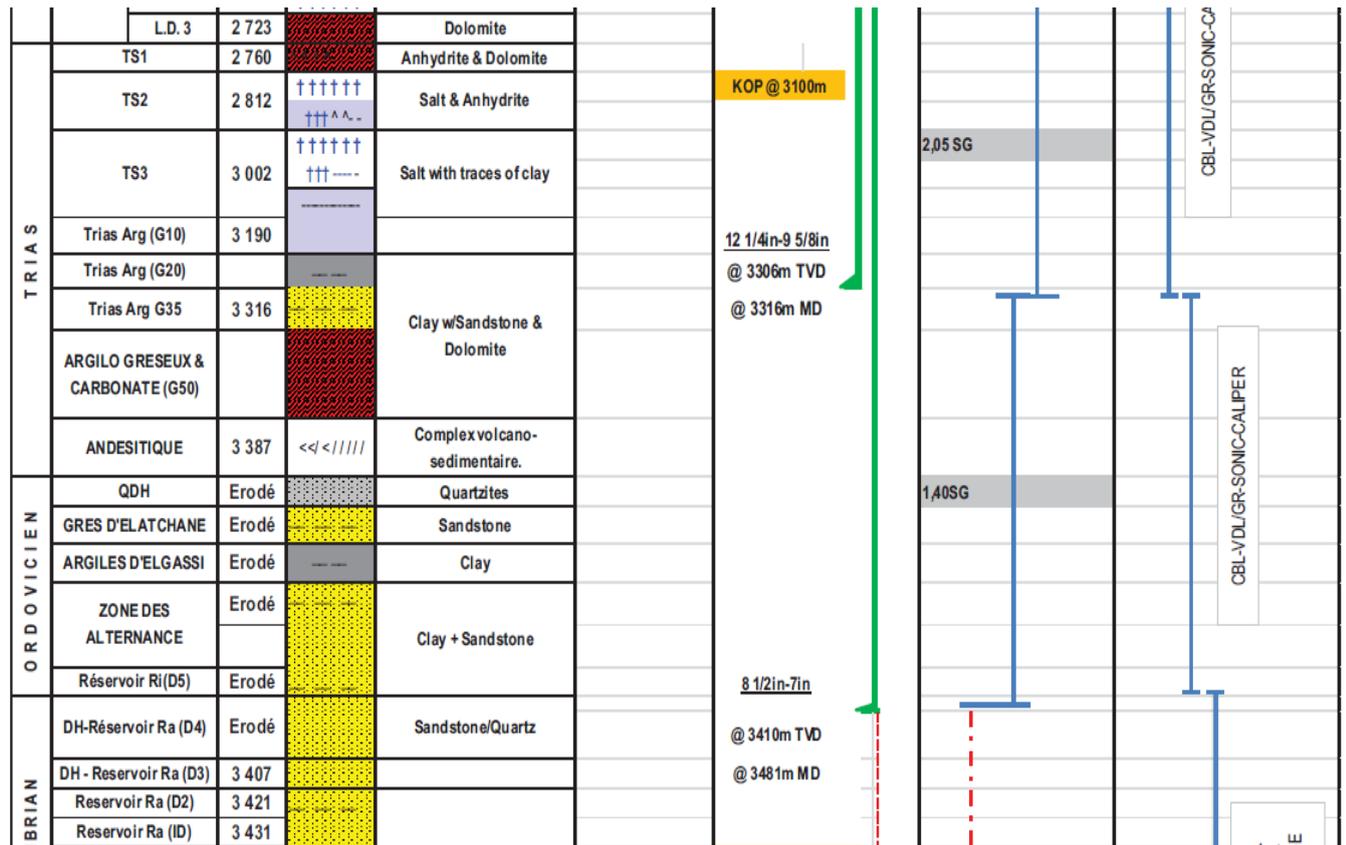


Figure IV. 1: Colonne stratigraphique de Hassi-Messaoud – phase 8 1/2 ‘ (Sonatrach/ Division Forage, programme de forage 2015).

#### IV.1.2. Analyses des causes de Side Track due au problèmes d’emplacement de drain dans la phase 8’’1/2 :

Pour éviter les problèmes cités au-dessus, il faut analyser les causes de ces complications :

- **Incertitude géologique :**

Plus que la moitié des opération ST sont causé par des problèmes d’incertitude géologiques, qui peut être le résultat de :

- Mal interprétation des données existantes ;
- La non-fiabilité des données disponibles ;
- Défaillance des instruments de mesure utilisés ;
- L’anisotropie de réservoir « Cambrien » ;

- Hétérogénéité des formations de système pétrolier, la phase 8 ½ représente la roche couverture de réservoir, de nature argileuse, avec des intercalations d'autre type de formations ;

- **Problèmes opérationnels**

Avec un pourcentage relativement important de 18%.

Les problèmes opérationnels sont présentés par :

- Chute de poisson et impossibilité de repêchage ;
- Avancement (ROP) faible due aux mauvais choix des paramètres suivant :
  - Caractéristiques de fluide de forage ;
  - Composition de BHA ;
  - Equipements de forage ;
  - Programme de forage ;
- Négligence de control des paramètres de forage ;
- Erreur de calcul de trajectoires.
- Manque d'équipements nécessaires pour un meilleur déroulement de l'opération de forage.
- Le non-respect des instructions de sécurité, prévention et hygiène (HSE).
- **Les intrusions volcaniques :**

Avec un pourcentage relativement important de 9% :

L'intrusion c'est une activité volcanique s'agit de la migration des roches magmatique vers les formations subjacentes à travers les chemins de faiblesse comme les failles ouvertes et les fractures ; Tandis que le Cambrien est un réservoir fortement fracturé, la présence de ce phénomène est largement fréquentée,

Elles sont difficiles à prédire, et elles causent un avancement nul de forage et donne une impérieuse nécessité de changement de trajectoire.

- **Les coincements :**

Les coincements représentent un pourcentage de 9 % de causes des Side Track réalisé, due à la nature argileuse de la formation traversée (roche couverture).

Avec ses deux types :

- a- **Les coincements mécaniques :**

Due principalement au l'instabilité de fond de puits :

- Eboulement des formations forées ;
- Mauvais nettoyage de fond de puits ;
- Mauvaise étude géodynamique.

**b- Les coincements par pression différentielles :**

C'est le phénomène de collage d'une partie de la garniture avec la formation, elle apparaitre dans certaines conditions :

- Si la formation traversée est poreuse et perméable.
- Si la garniture de forage était en état statique ;
- Si la pression hydrostatique de forage est largement supérieure aux pressions de formations (over balance) ;
- Si la formation de cake de boue était mauvaise causant une filtration importante de la partie liquide de boue.

**IV.1.3. Cas d'étude : Présence des intrusions volcaniques [Puits MDZ-713] :**

- Positionnement du puits :

Le puits Horizontal **MDZ-713** se situe dans l'interzone 2ex et 2S du champ Hassi Messaoud

<i>X</i>	<i>804 093,14</i>
<i>Y</i>	<i>125 827,97</i>
<i>Z table (m)</i>	<i>182</i>
<i>Z sol (m)</i>	<i>172.618</i>

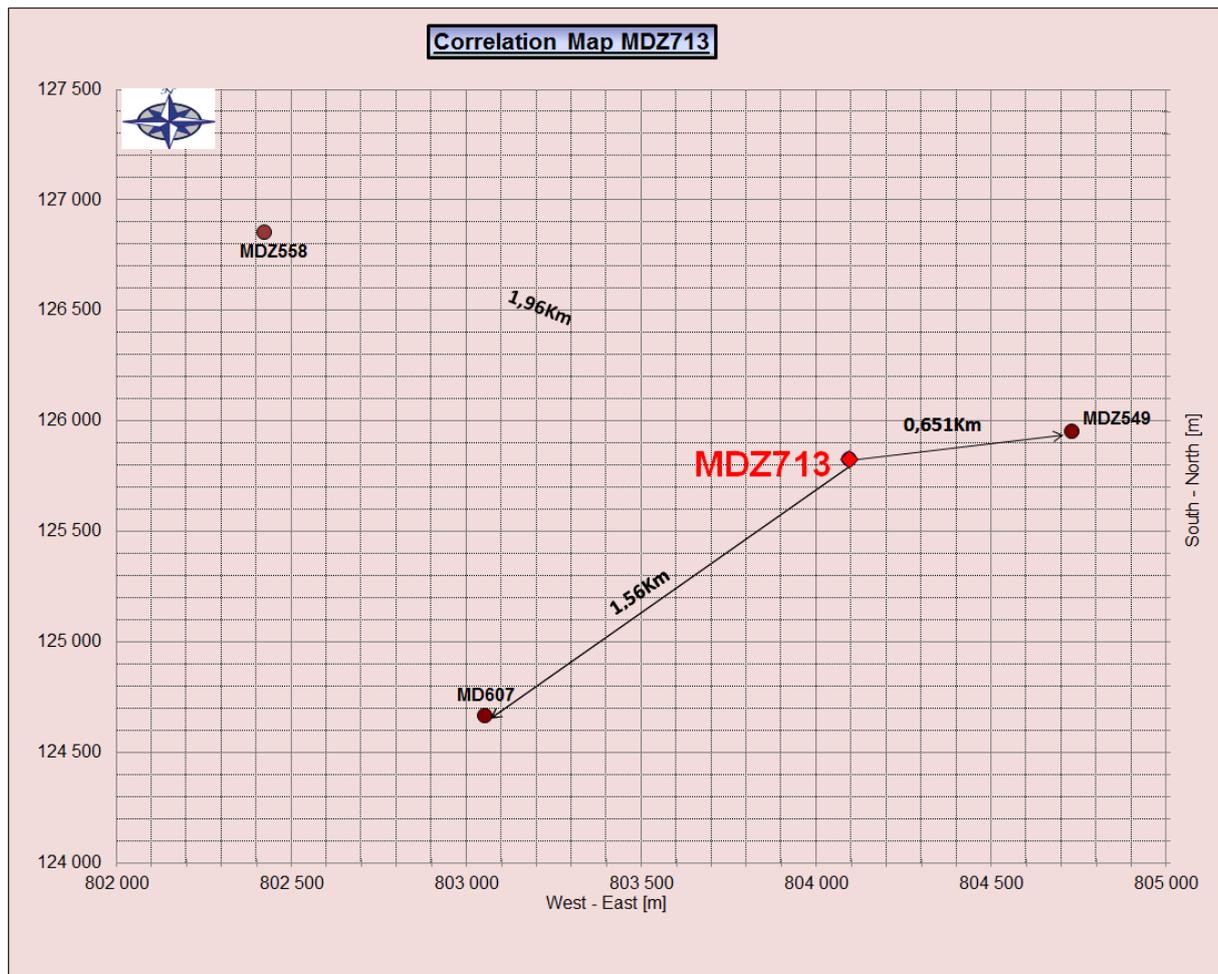


Figure IV. 2: Localisation de puits MDZ-713

[Source, MDZ713- EN47 FICHE PUITs]

- Objectifs du puits : Le drain D2 et le drain ID une longueur de drain de 450 m.

- Profil du puits :

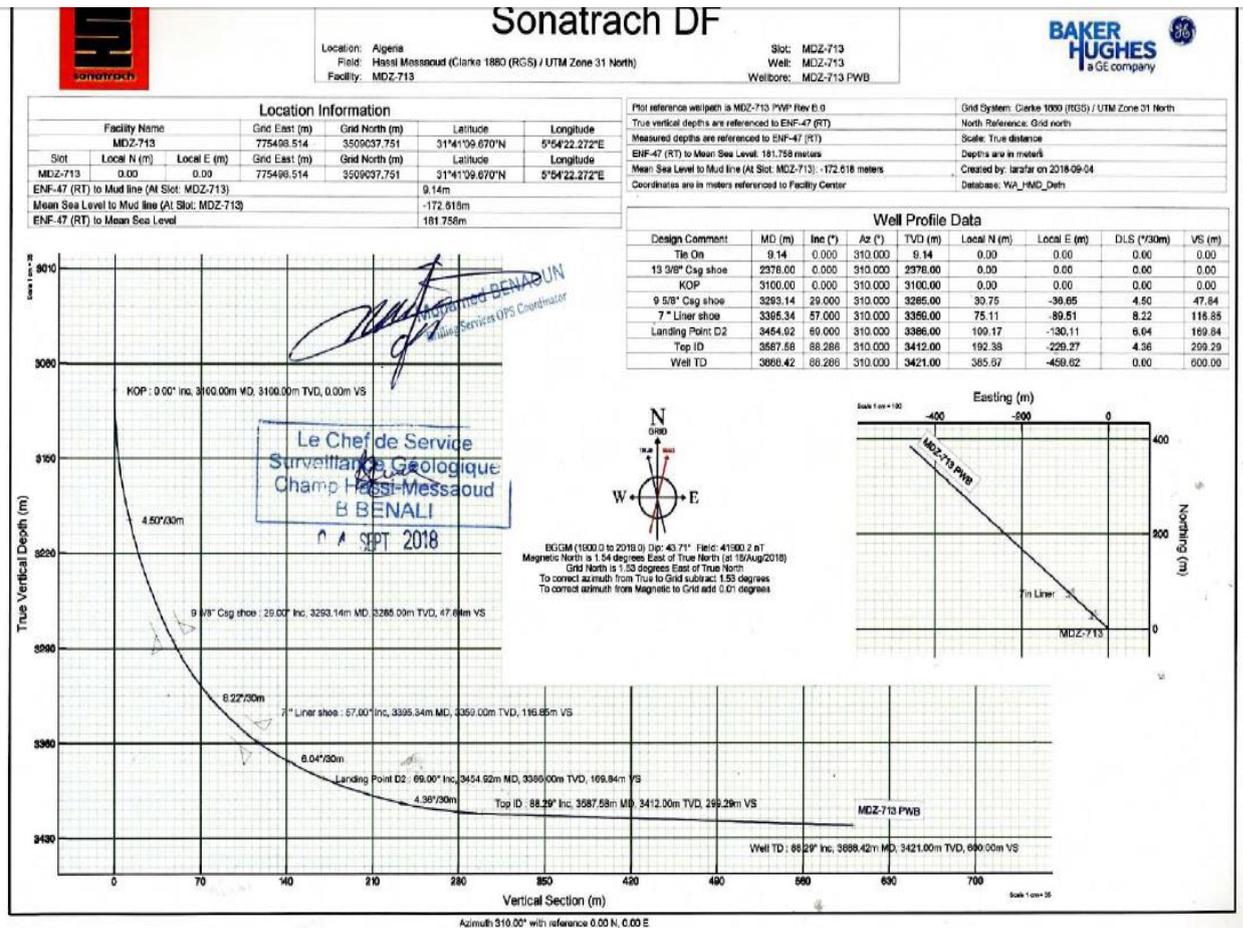
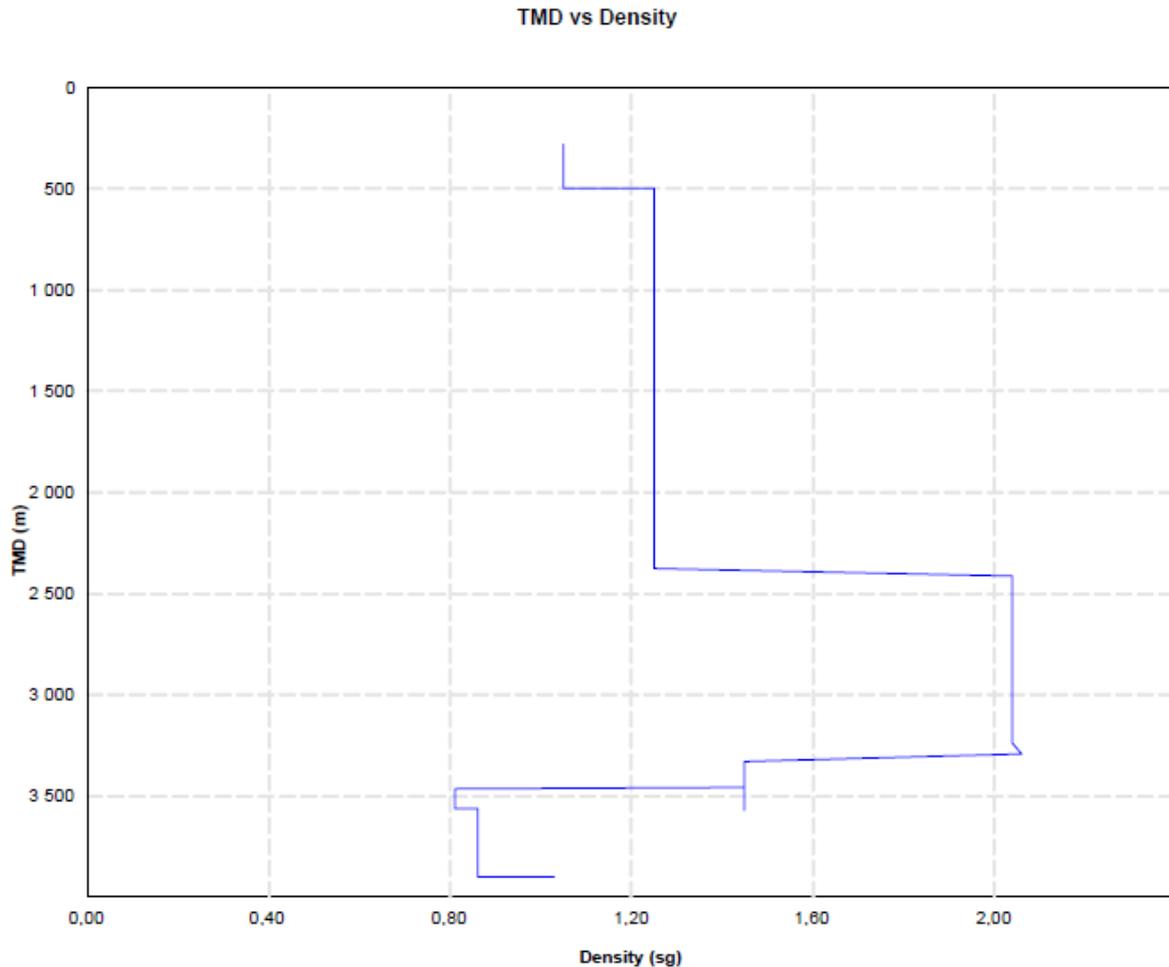


Figure IV. 3: Profil prévisionnel du puits MDZ-713

- PARAMETRES DE BOUE :

Phase (")	26"	16"	12 1/4"	8 1/2"	6"
Type de Fluide	Boue à base d'eau	Boue à base d'huile			
Densité (SG)	1.05sg	1.25sg	2.04sg	1.45sg	/
Yield point (lb/ft2)	40 - 60	18 - 24	10-14	10-12	



**Figure IV. 4: Les densités de boue utilisées**

**LES PRINCIPAUX OBJECTIFS DE LA PHASE 8 ½ ‘’ POUR LE MDZ-713**

- Forer la section du trou directionnel jusqu'au point de tubage de 7" à 3359m TVD (23m dans le drain D4).
- Installer et cimenter avec succès la colonne de 7 pouces
- Forer cette section avec deux trépan :
  - KH813PX avec un moteur pour l'Ordovicien et forer quelques mètres dans le Cambrien.
  - K503PBX pour continuer le forage dans le Cambrien jusqu'à 23mTVD dans D4 @ 3359m TVD, 3395 MD

TYPE DE L'OUTIL	MANUFACTURE PAR	MODEL	ETAT	IADC	NOZZLLES
KH813PX	Smith	Hybrid	NEW	M433	6*13

• **PARAMÈTRES DE FORAGE OPTIMAL POUR LE KH813PX :**

WOB (ton)	RPM (rotation par minute)	FLOW RATE (Litre par minutes)
4-14	Medium Speed Motor	1600 – 1800

TYPE DE L'OUTIL	MANUFACTURE PAR	MODEL	ETAT	TFA
K503PBX	Smith	Impreg	NEW	1.5

• **PARAMÈTRES DE FORAGE OPTIMAL POUR LE K503PBX :**

WOB (ton)	RPM (rotation par minute)	FLOW RATE (Litre par minutes)
4-10	High Speed Motor	1800 – 1900

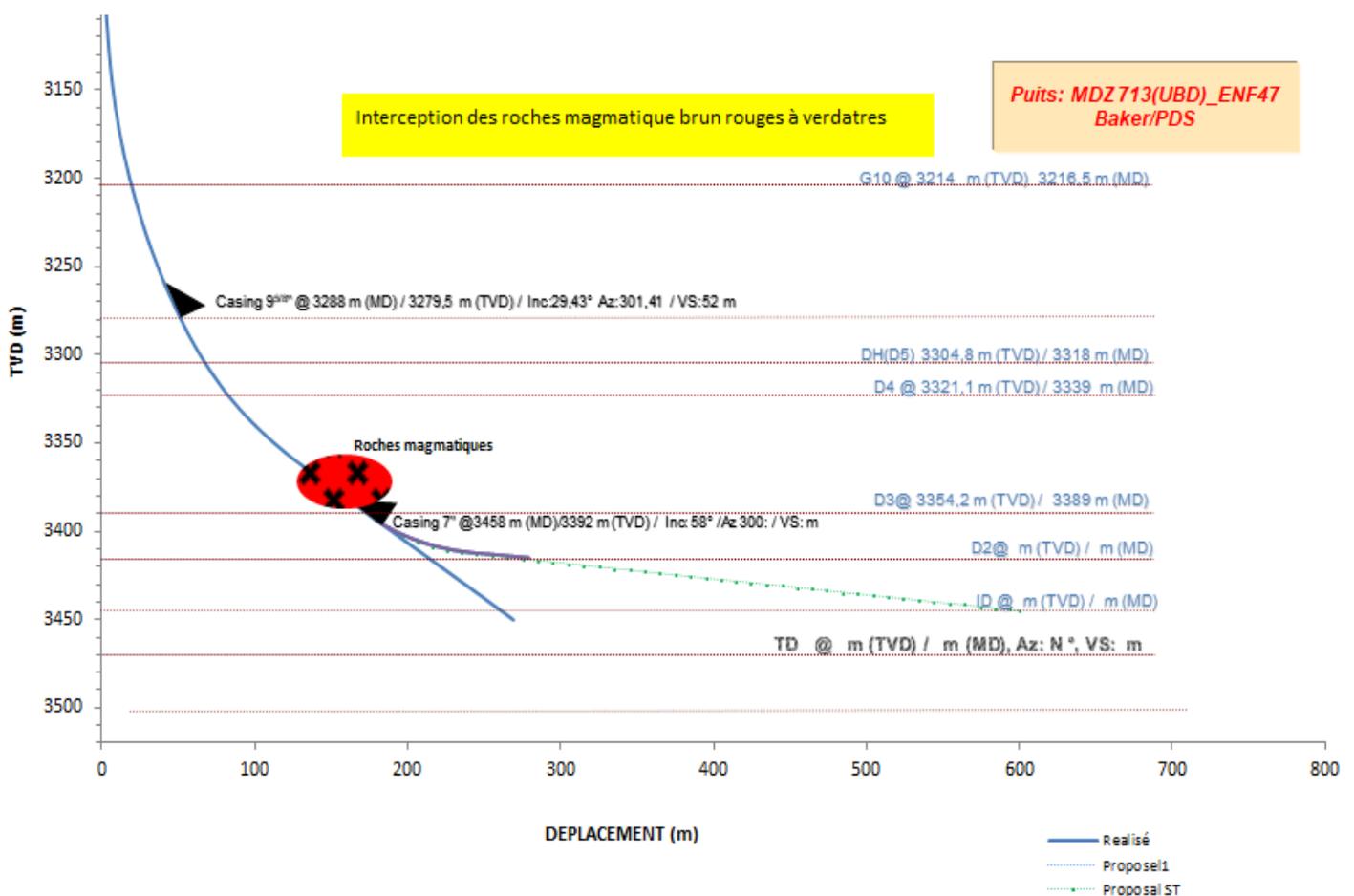
**LES EQUIPEMENTS DE FOND UTILISES (BHA) :**

- Coulisse Hydraulique (Hydraulique Jar)
- Tige lourdes (Heavy Weight Drill Pipe 5"1/2)
- Tige de forage (Drill Pipe 5"1/2)
- Raccord de circulation (Circulating sub)
- Tige lourdes amagnétique (Non-Mag Heavy Weight 6"3/4)
- Navigamma pulseur (Pulser Sub MWD)
- Positive Displacement Motor (PDM Numéro de Série :10267725)
- Outil Polycrystalline Diamond Bit

**ANALYSE DES CAUSES DE SIDE TRACK DANS LA PHASE 8 ½ " [PUITS MDZ-713]:**

- Coincement au cours du 2ème descente (Run) de Logging par câble (Wireline : Gamma ray, Densité, Neutron) à la côte 3378 m MD, coupe de câble et repêchage positif.
- Apparition d'une formation **magmatique** non prévue de 3351 m à 3389 m (TVD) argileuse d'une couleur noire, beige et verdâtre, causant un avancement très lent ; Décision prise de forer en mode rotation avec une inclinaison de 57°(maintenue) afin de pouvoir traverser ce dépôt, mais il était impossible d'avancer.
- Décision prise d'arrêter le forage à la côte de 3450 m (TVD) et Pose de bouchon de ciment pour réaliser un **Side Track**.

• Le profil réalisé :



**Figure IV. 5: Profil réel de puits MDZ-713**

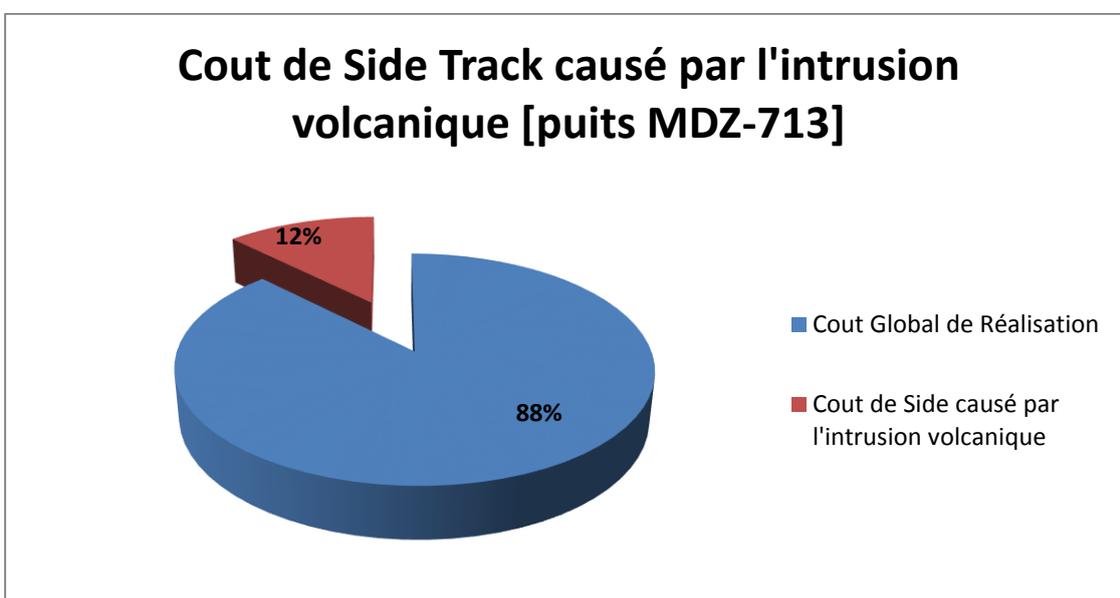
Comme la figure indique, l'intrusion volcanique avait une épaisseur de 50m causant un changement sévère de trajectoire, et seulement un déplacement horizontal (VS) de 290m est achevé alors qu'il était prévu d'avoir un drain horizontal de 450m

• **LES CONSEQUENCES :**

Cette formation volcanique imprévue (intrusion) à causer :

**Durée de temps perdue (NPT) : 616.5 heures**

**Cout de Side Track (OVERCOST): 173.002.445 DA**



**Figure IV. 6: Rapport des surcoûts causé par le Side Track réalisé dans le puits MDZ-713**

Les conséquences ne s'arrêtent pas dans la phase de forage mais elle effectuera le taux de production aussi, et le puits ne débite pas comme prévu.

## IV.2. Etude analytique du problème d’emplacement de drain Horizontal à Hassi Messaoud [2008-2020] dans les phases 6 ‘’ :

### IV.2.1. Description lithologique de la phase 6’’ à Hassi Messaoud

La phase 6’’ couvre le réservoir Cambrien qui appartient à l’Age paléozoïque, le Cambrien est un réservoir anisotrope gréseux constitué de plusieurs bandes avec différentes caractéristiques pétrophysique, comme la coupe suivante indique :

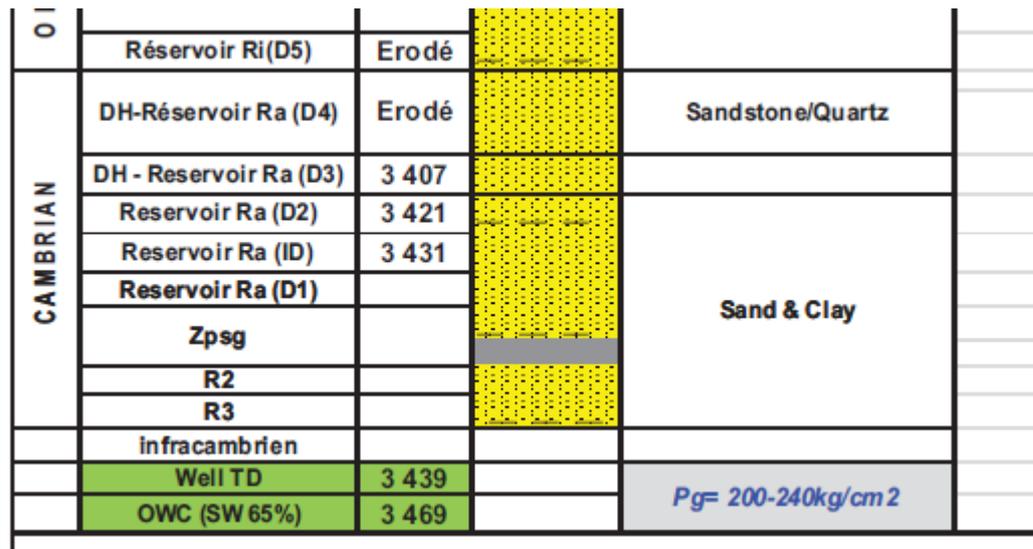


Figure IV. 7: Colonne stratigraphique de Hassi-Messaoud – phase 6’’(Sonatrach/ Division Forage, programme de forage 2015)

La figure indiquant les séries géologiques, les Top de formation et la lithologie, contient également les différentes de réservoir Cambrien (D1, ID, D2, D3, D4, D5)

### IV.2.2. Analyses des causes de Side Track dans la phase 6’’ :

Vu, la nature des formations réservoirs de Hassi Messaoud qui sont généralement minces et hétérogène ce qui présente des difficultés d’identifier exactement les caractéristiques pétrophysique , géomécanique et morphologiques de ce réservoir ; Cependant les interprétations des données disponibles conformément aux résultats obtenus par des ouvrages voisins réalisés dans la même zones sont les feuilles de route qui nous pouvant tracer le programme pour implanter des nouveaux puits dans l’espoir d’obtenir des résultats plus fiable et proche à la réalité, mais malheureusement la plupart de temps on rencontres des imprévue ce qui nous conduirons à modifier et des fois changer carrément le programme prévisionnel par un nouveau adapté aux nouvelles conditions.

**Tableau IV. 1: Listes des puits subi à des intervention ST dans la phase 6'' à Hassi Messaoud [2008-2020].**

Puits	Les causes du Side Track	Nombre de Side Track
MDZ-670	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	2
ONIZ-40	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	2
MDZ-669	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	1
OMKZ-552	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	1
OMJZ-532	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	1
MDZ-622	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	1
MDZ-602	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	1
OMKZ-251	INCERTITUDE GEOLOGIQUE	1
MDZ-731	INTRUSION VOLCANIQUE	2
OMOZ-12	INTRUSION VOLCANIQUE + COINCEMENT	3
ONIZ-203	INTRUSION VOLCANIQUE	2
OMLZ-572	COINCEMENT	3
MDZ-729	COINCEMENT	1
MDZ-615	COINCEMENT	1
MDZ-626	COINCEMENT	2
MDZ-651	COINCEMENT	3
OMJZ-751	COINCEMENT	1
OMKZ-822	PROBLEME OPERATIONNEL	1
OMKZ-56	PROBLEME OPERATIONNEL	1

- **Interprétation :**

Contrairement à la phase 8 ½ ‘’, dans la phase réservoir il existe un pourcentage de 42% des puits avec 2 ou 3 interventions ST, ce qui engendre une perte énorme d’argent et de temps de réalisation des ouvrages.

- **Analyse :** dans le passage suivant on citera les causes majeures des problèmes d’emplacement de drain horizontal à Hassi Messaoud.

- **Incertitude géologique :**

Avec des pourcentages de 51%, elle est plus pénalisante dans cette phase car le but principal de ce drain horizontal est de pénétrer une cible bien précise si on la rate, ça va provoquer des surcouts, peut être le résultat de :

- Mal interprétation des données existantes (logging) ;
- La non-fiabilité des données disponibles ;
- Manque des instruments de mesure au cours de forage ;
- L'anisotropie de réservoir « Cambrien » ;
- Hétérogénéité des formations de réservoir ;
- Un plan aquifère plus actif que prévu.
- **Les intrusions volcaniques :**

Avec un pourcentage relativement important de 9%, comme les failles ouvertes et les fractures ; Tandis que le Cambrien est un réservoir fracturé, la présence de ce phénomène est largement fréquentée causant changement de programme principale ou bien l'arrêt final de forage dans cette cote

- **Problèmes opérationnels**

Avec un pourcentage relativement important de 3% :

Les problèmes opérationnels sont présentés par :

- Chute de poisson et impossibilité de repêchage ;
- Avancement (ROP) faible due aux mauvais choix des paramètres suivant :
  - Caractéristiques de fluide de forage ;
  - Composition de BHA ;
  - Equipements de forage ;
  - Programme de forage ;
- Négligence de control des paramètres de forage ;
- Erreur de calcul de trajectoires.
- Manque d'équipements nécessaires pour un meilleur déroulement de l'opération de forage.
- Le non-respect des instructions de sécurité, prévention et hygiène (HSE).
- **Les coincements :**

Avec un pourcentage considérable de 34%

On distingue deux types :

- c- **Les coincements mécaniques :**

- Eboulement des formations forées due essentiellement aux faibles densités de boue ;
- Mauvais nettoyage de fond de puits (décantation des cuttings) ;
- Forte contrainte causant l'écrasement de casing
- Mauvais choix d'azimut de drain horizontal.

**d- Les coincements par pression différentielles :**

- Présence de formation poreuse en face de la garniture de forage en état statique ;
- Forage avec une pression de fond supérieure à la pression de pore (overbalance) ;
- Le drain horizontal dans le réservoir est généralement subi a des venues de gaz.

**IV.2.3. Cas d'étude :**

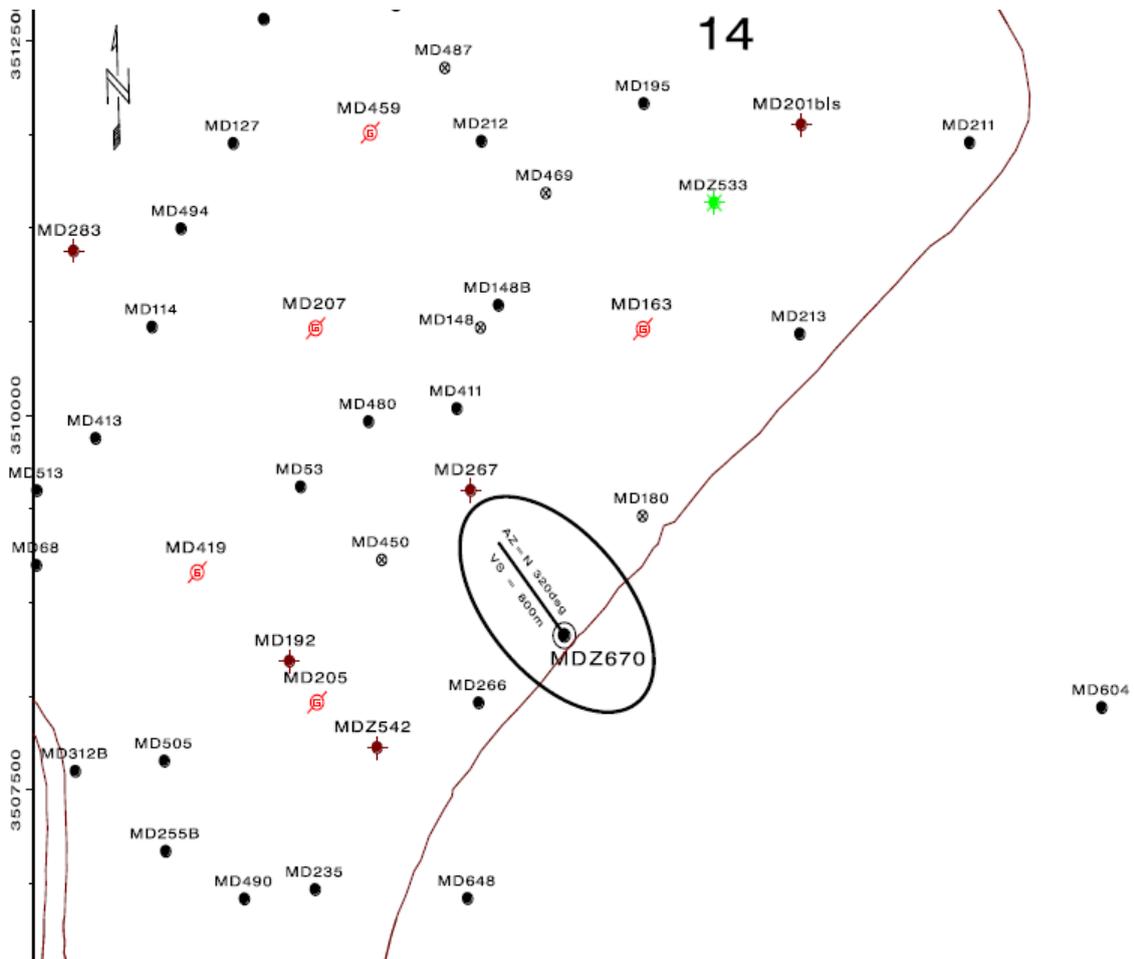
**Problème d'incertitude géologique [Puits MDZ-670] Dans la phase 6'' :**

- POSITIONNEMENT DU PUITES :

Le MDZ670 est situé à la périphérie Est du champ de Hassi Messaoud, dans la zone 14

Coordonnées UTM :

X                807 077.856  
 Y                3 508 531.518



**Figure IV. 8: Carte de position de puits MDZ-670 par rapport au puits voisins.**

• **OBJECTIFS DU PUIITS :**

Le puits horizontal **MDZ670**, est implanté dans le secteur de la zone 14 afin de confirmer le potentiel du D5\_inf (sa partie basale) ceci dans le cadre du développement du champ Hassi Messaoud. Le forage de ce puits a été programmé suite aux résultats positifs de MDZ542 qui est le seul puits horizontal dans le secteur.

L'érosion hercynienne dans le secteur a été fortement ressentie où elle a atteint presque tout l'Ordovicien à l'exception de la zone des alternances où on a 10m prévue. Le puits traversera une grande partie du Ri (48m d'épaisseurs prévues) et **l'objectif principal dans ce puis c'est la partie basale du D5\_inferieur**. L'épaisseur du D5\_inferieur dans le secteur est de 21m, donc lors du forage de ce puits on va cibler les 15 derniers mètres de ce drain. A noter que dans le secteur le D4 est absent et donc sous le Ri on trouve directement le D3.

• **PROFIL PREVISIONNEL DU PUIITS :**

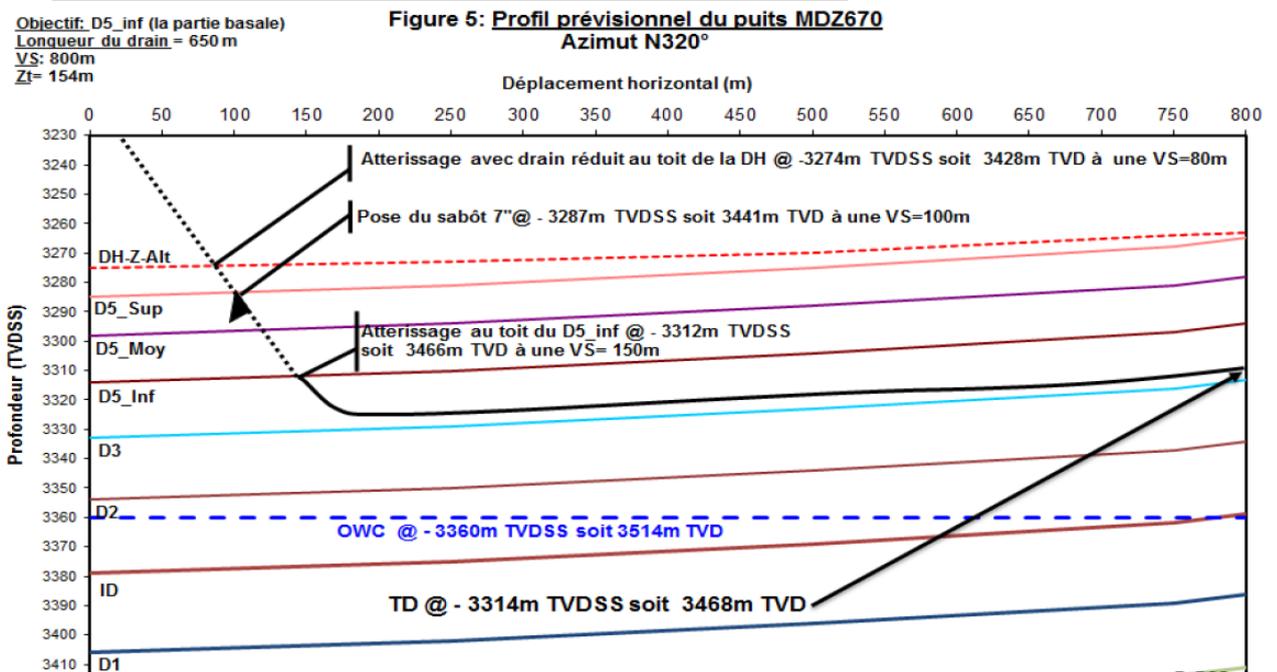


Figure IV. 9: Profil prévisionnel du puits MDZ-670

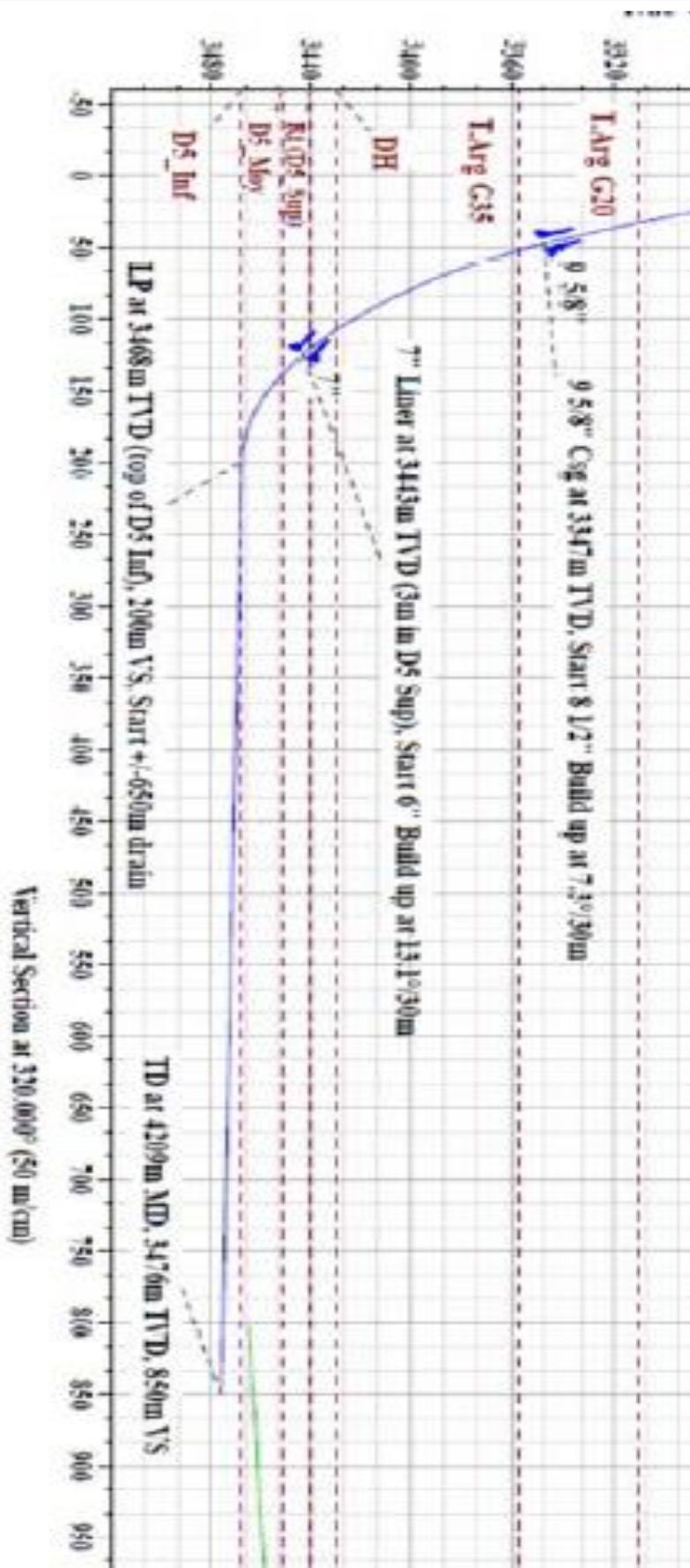


Figure IV. 10: La partie horizontale de puits MDZ-670

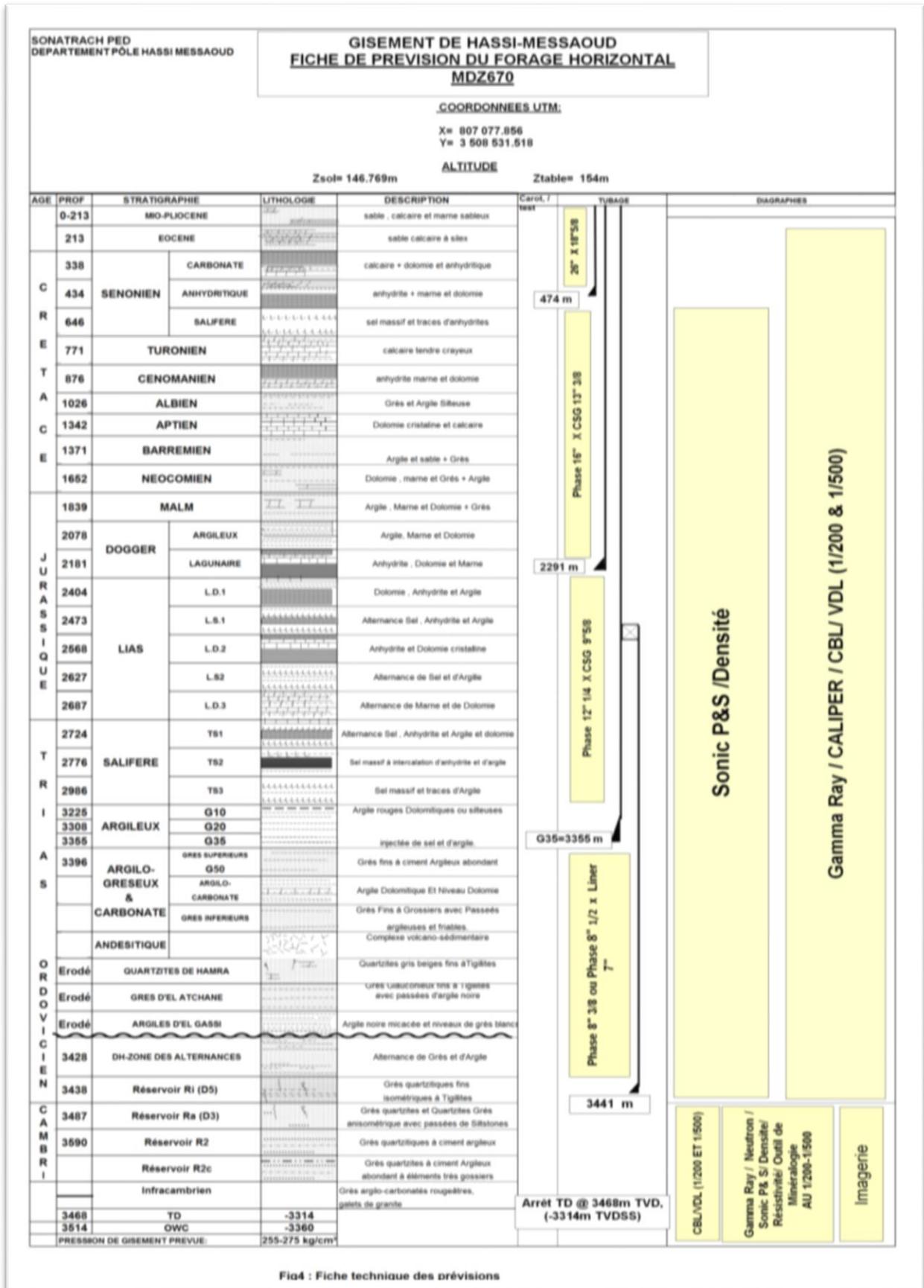
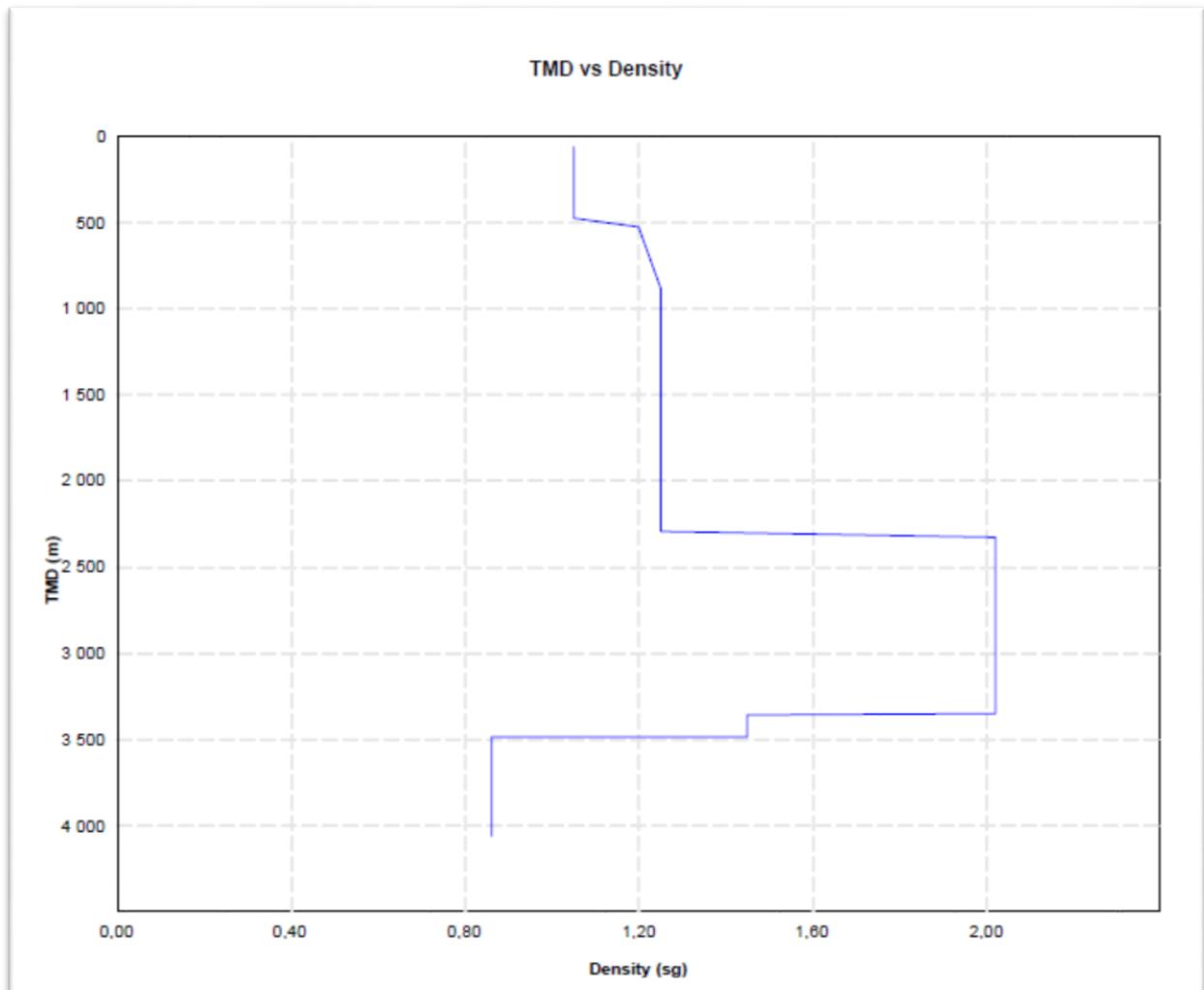


Figure IV. 11: FICHE TECHNIQUE DE LA LITHOLOGIE PREVIONELLE [PUITS MDZ-670] :

• **PARAMETRES DE BOUE :**



**Figure IV. 12: FICHE TECHNIQUE DE LA LITHOLOGIE PREVISIONELLE [PUITS MDZ-670] :**

**LES EQUIPEMENTS DE FOND UTILISES (BHA) :**

- Outil imprégné 6'' (HHD372G8 Baker)
- Moteur de fond (SPEERY Motor "Halliburton")
- Tige de forage compressive et régulières (3 ½ ")
- Outil de communication fond/surface (SPEERY MWD pulser "Halliburton")
- Raccord de circulation (circulation-Sub 4 ¾ ")
- Tige lourdes 3 ½ "
- Coulisse hydraulique 4 ¾ "

PROFIL REEL DE Puits MDZ-670 :

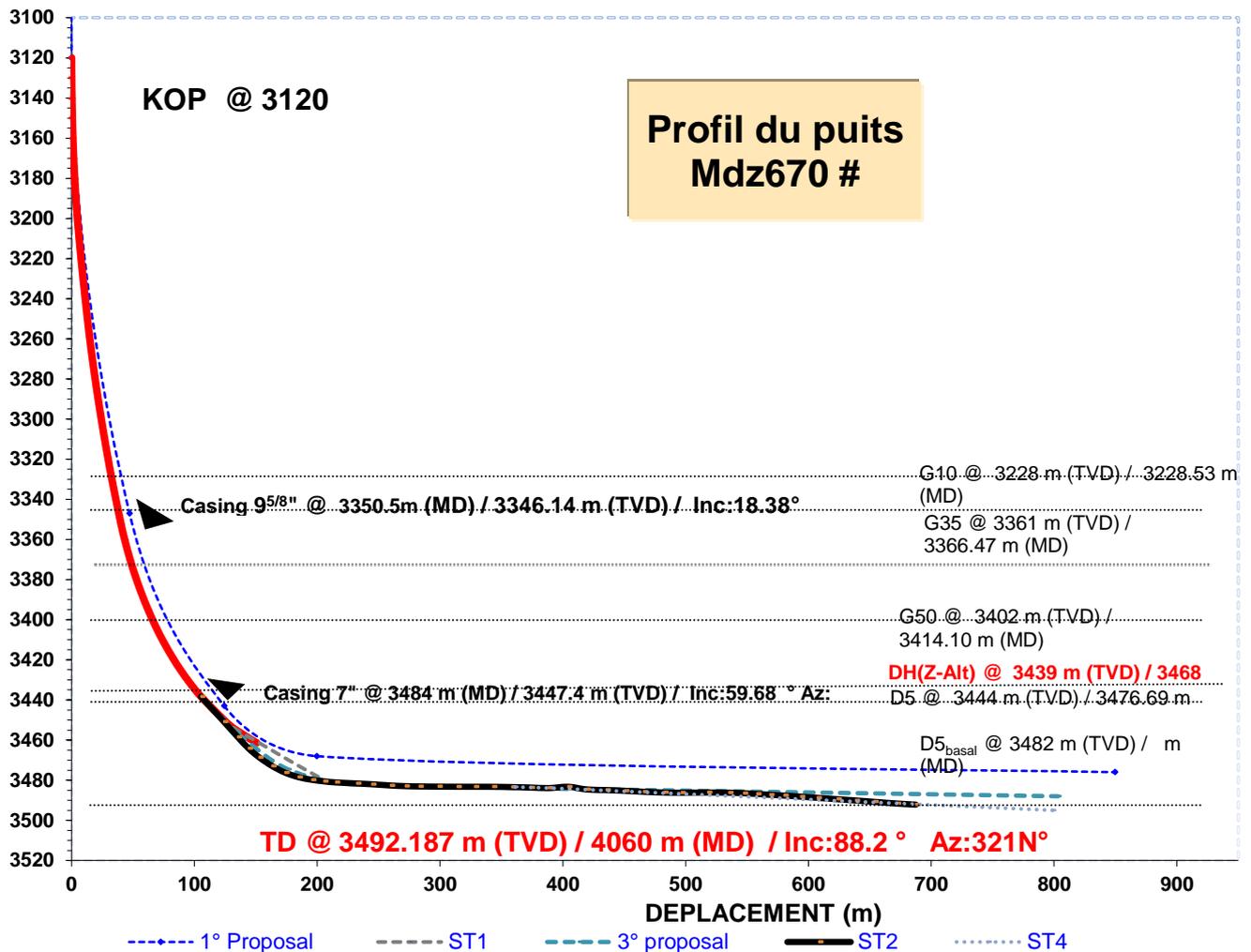


Figure IV. 13: Profil réel pour le puits MDZ-670

ANALYSE DES CAUSES DE SIDE TRACK DANS LA PHASE 6 ‘ [PUITS MDZ-713] :

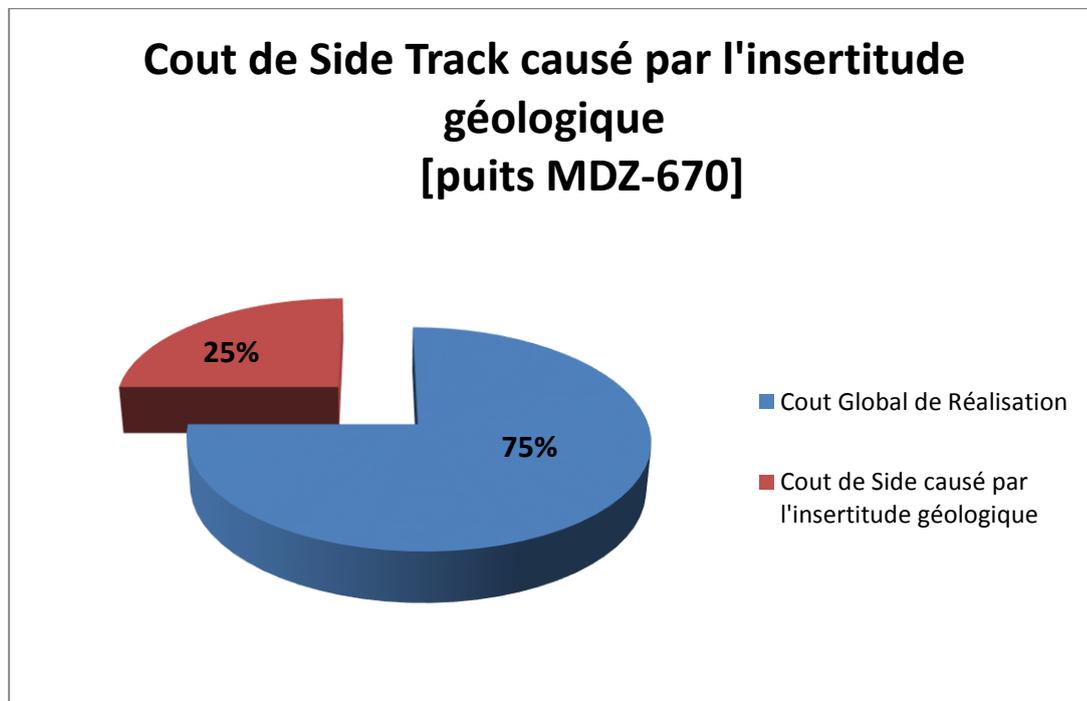
- L’objectif envisagé la bande D5 inférieure ‘ basale ‘ pour ce puits ne peut pas être réaliser suite à l’incertitude des tops géologique dans cette région ce qui engendre une difficulté de choix de cote de sabot.
- Le puits a été converti en puits verticale (Pilot Well) pour avoir une inspection géologique réelle.
- Pose de bouchon de ciment pour réaliser un Side Track.
- Reprendre le puits en horizontal pour forer la bande D5 Basal.

- Coincement à la cote 3488m à cause de présence des argiles,
- Laisser un poisson au fond avec une longueur de 48m
- Repêchage poisson positif
- Nécessité de réaliser des diagraphies par câble (Wireline logging) pour reconnaissance et confirmation de l'objectif D5
- Pertes partielles à la cote 3743 m (MD), probabilité de présence d'une faille.
- Colmatage des pertes.

### LES CONSEQUENCES :

L'incertitude géologique dans cette région à causer :

<b>Durée de temps perdue (NPT) :</b>	<b>1016.75 heures</b>
<b>Cout de Side Track (OVERCOST) :</b>	<b>12 259 010 500 DA</b>



**Figure IV. 14: Rapport des surcouts causé par le Side Track réalisé dans le puits MDZ-670**

Analyse :

25% de cout global de réalisation de ce puits a étai consommé à cause au problème d'incertitude géologique, car lors de ce temps perdu, tout est facturé, allant de location de l'appareil de forage, personnel, équipements, gardiennage et tous les sociétés de service existantes sur chantier, ce qui induit des perte énorme qu'il faut éviter dès le début.

**CHAPITRE V: IMPACTE TECHNICO-  
ECONOMIQUE DE PROBLEME  
D'EMPLACEMENT DU DRAIN HORIZONTAL A  
HMD**

## V.1 Impact économique des problèmes d'emplacement de drain horizontal à Hassi Messaoud :

Vu que le but ultime de faire des forages c'est d'exploiter les ressources énergétiques et optimiser leur production, toute dépense inutile doit être éliminée ou bien minimisé pour une meilleure rentabilité.

Dans notre cas, pour les puits horizontaux avec des problèmes d'emplacement de drain qui nous oblige à faire des intervention Side Track, qui se manifeste sous la forme des « NPT : Non Productive Time » ou bien le temps perdu.

Dans le tableau suivant contenant les NPT de 13 puits horizontaux foré entre 2011 et 2008.

**Tableau V. 1: Les NPT engendrés par des Side Track réalisés dans 13 puits horizontaux à Hassi Messaoud à cause des problèmes d'emplacement de drain**

PUITS	DATE D'INTERVENTION SIDE TRACK	TOTALE HEURE NPT DES SIDE TRACK (HEURE)
OMLZ-572	04/12/2011	441
MDZ-663	17/10/2014	1540,75
MDZ-670	07/06/2015	1016,75
MDZ-669	22/03/2016	679,5
ONIZ-40	04/04/2016	591
MDZ-674Bis	16/03/2017	796,5
MDZ-700	25/05/2018	811,5
OMOZ-12	18/12/2018	582,5
OMKZ-552	14/01/2019	157
MDZ-713	15/02/2019	616,5
MDZ-731	11/07/2019	532
MDZ-729	20/07/2019	441,25
MDZ-758	02/09/2020	564,75

### Analyse

Après étude et analyse de l'échantillon de puits indiqués dans le tableau n° : 05 en haut on constate que la moyenne des NPT a été estimée à 667 heures, soit environ 28 jours ce qui signifie que lors de réalisation d'un puits horizontal à Hassi Messaoud, on perd 28 jours à cause des problèmes d'emplacemement.

Le tableau suivant montre la durée (en jours) de réalisation de différents forages horizontaux et leur cout globale (en kilo Dinars Algérien)

**Tableau V. 2: Durée et cout nécessaire pour la réalisation de différent forage horizontaux entre 2008 et 2020**

PUITS	JOURS DE REALISATION (jr)	HEURES NPT GLOBAL (hr)	HEURES NPT SIDE TRACK (hr)	COUT DE REALISATION (KDA)	NPT ST/NPT <sub>GLOBAL</sub>
OMLZ-572	156	1047	441	2035496,93	42,1%
MDZ-663	187	1540,75	1540,75	944238,51	100,0%
MDZ-670	166	1016,75	1016,75	490360,42	100,0%
MDZ-669	203	679,5	679,5	466936,09	100,0%
ONIZ-40	191	1925,5	591	477967,98	30,7%
MDZ-674Bis	207	1448,75	769,5	1163687,23	53,1%
MDZ-700	243	2634,5	811,5	1627689,2	30,8%
OMOZ-12	175	1044	528,5	1270450,83	50,6%
OMKZ-552	165	609,25	157	1189116,78	25,8%
MDZ-713	180	1024	616,5	1224556,31	60,2%
MDZ-731	177	1770,5	532	1153349,63	30,0%
MDZ-729	188	1287,25	441,25	1204729,49	34,3%
MDZ-758	153	841,5	546,75	1056766,95	65,0%
<b>LA MOYENNE</b>	<b>184</b>	<b>1298</b>	<b>667</b>	<b>1100411</b>	<b>56%</b>

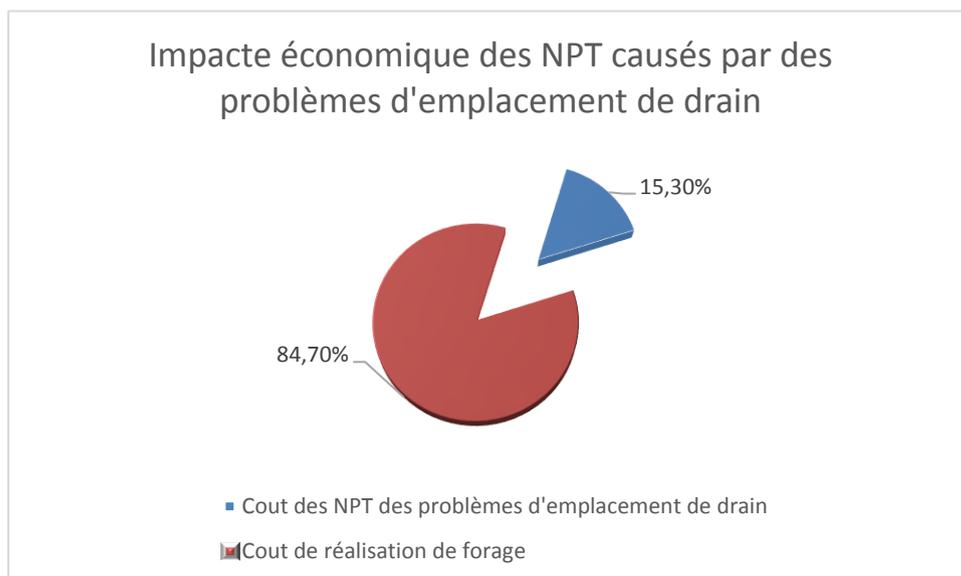
ANALYSE :

- Les puits sont classés selon les années de réception, le puits (OMLZ -572) a été achevé au cours de l'année 2011, et le puits (MDZ-785) a été réceptionné en 2020.
- On note également que le puits (MDZ-785) a connu l'émergence de problèmes techniques qui ont conduit à 65% des NPT malgré sa livraison récente au cours de l'année 2020.
- La durée moyenne de réalisation est estimée à 184 jours dont 54 jours sont des jours perdus (NPT)
- Sur les 54 jours perdus, 28 sont dus aux problèmes d'emplacement de drain horizontal
- Le pourcentage moyen de taux des NPT due aux problèmes d'emplacement de drain par rapport au NPT globale est de 56%
- Pour avoir une idée estimative de gravité de perte en termes d'argent et de temps :  
Le cout moyen de réalisation d'un forage horizontal est arrêté à la somme de : **1.100 .411.000 DA.**

La durée moyenne de réalisation d'un forage horizontal est de : 184 jours

Le cout journalier moyen est de : **5.980.495 DA**

Le cout des 28 jours des NPT causé par des problèmes d'emplacement de drain à Hassi Messaoud est arrondi à la somme de : **167.423.848 DA**



**Figure V. 1: Impacte économique des NPT causés par des problèmes d'emplacment de drain horizontal.**

Analyse :

Le pourcentage des couts des NPT causés par des problèmes d'emplacement de drain est de 15%

Selon les données présentées dans le tableau n° :06, nous pouvons conclure que les montants dépensés en NPT pour 13 puits sont suffisants pour couvrir la réalisation de deux nouveaux puits horizontaux

## **V.2 Impact technique des problèmes d'emplacement de drain horizontal à Hassi Messaoud :**

Après nous avons su que les vraies raisons qui ont affecté la réalisation des programmes établis, que nous limitons aux problèmes techniques rencontrés par les sociétés de réalisation dont les plus importants sont

- Incertitudes géologiques ;
- Intrusion volcanique :
- Coincements ;
- Problèmes opérationnels.

Ces problèmes apparus n'ont pas été pris en compte que ce soit du côté de la couverture financière ou du choix des équipements techniques compatibles avec ce problème.

Compte tenu de ce qui précède, ces facteurs ont un impact négatif sur le bon déroulement de l'opération.

Par conséquent, de nouvelles données doivent être prises en compte et incluses dans la mise à jour des programmes à venir pour éviter de refaire les mêmes erreurs.

Dans ce contexte, nous pensons qu'il est devenu nécessaire de diviser les zones de Hassi Messaoud en fonction de la présence et de la concentration de ces problèmes

# **CHAPITRE VI : Solution préconisée.**

## **VI. Introduction :**

La solution que nous proposons pour réduire les énormes pertes d'argent et de temps est d'introduire la technologie de l'enregistrement pendant le forage (Logging While Drilling), afin d'avoir une indication en temps réel du type de formation dans laquelle l'outil pénètre et de réagir en fonction des données réelles.

### **VI.1 Définition**

La diaggraphie pendant le forage (Logging While Drilling) est la mesure des propriétés de la formation pendant l'approfondissement du forage ou peu après, grâce à l'utilisation d'outils de mesure intégrés dans la BHA.

### **VI.2 Considérations relatives aux mesures LWD :**

Par rapport à l'acquisition par câble (Wireline), le LWD a l'avantage de mesurer les propriétés de la formation avant que les fluides de forage ne pénètrent en profondeur, de sorte qu'il ne nécessite qu'un temps supplémentaire minime sur l'installation.

De plus, de nombreux puits, en particulier les puits fortement déviés - s'avèrent difficiles ou bien impossibles à mesurer avec les outils filaires conventionnels.

### **VI.3 Principes fondamentaux de la pétrophysique**

L'objectif conventionnel de la diaggraphie au câble, est d'évaluer le volume, propriétés et la possibilité de produire des hydrocarbures au sein de la formation.

Avec l'introduction des mesures LWD l'évaluation en temps réel de la formation dans le but de placer le puits de manière optimale dans le réservoir est devenue possible.

Les mesures classiques de la triple combo (Gamma ray, résistivité, densité et neutron) constituent l'ensemble minimal d'entrées pour déterminer la saturation en eau.

Les mesures de neutron et de densité sont généralement présentées sur une échelle compatible avec la lithologie.

Ou toute séparation entre les deux courbes est une indication que le fluide dans l'espace poreux n'est pas de l'eau douce

Les mesures de résistivité sont utilisées pour évaluer la résistivité réelle de la formation,  $R_t$ . Pour les mesures LWD à proximité du trépan, l'invasion est souvent minime, permettant des mesures directes de la formation et révélant des différences avec mesures au câbles ultérieures.

## VI.4 Catégories de données de fond de puits

Les données LWD peuvent être subdivisées en catégories en fonction du fait qu'elles sont

- Focalisées azimutalement ou symétriques azimutalement
- Transmises en temps réel ou récupérées dans la mémoire de l'outil lors de son retour à la surface.

Les mesures LWD peuvent être subdivisées en deux groupes principaux :

### VI.4.1 a. Données azimutales et non azimutales

Les mesures azimutales ont une physique qui permet de focaliser la mesure sur un secteur azimutal du trou de forage, ce qui permet d'obtenir une sensibilité directionnelle a une ou plusieurs directions perpendiculaires à la surface d'un outil de diagrapie

On peut citer comme exemple les mesures de densité et de résistivité latérologique.

### VI.4.1.b -Les mesures non azimutales

Ils ont une physique qui ne permet pas la focalisation azimutale. Au contraire, la mesure est acquise simultanément sur la circonférence de 360° du trou de forage.

Un non azimutale outil mesure de manière égale dans toutes les directions autour de l'outil.  
Exemples : résistivité de propagation et mesures neutroniques

### VI.4.2 Données en temps réel et en mode enregistrement

Les données enregistrées à la surface ou transmises à la surface pendant que le forage se déroule sont appelées données en temps réel.

Les données transmises sont généralement un sous-ensemble restreint mais critique de la série de mesures prises en fond de puits et présentées sous la forme d'un log qui est utilisé pour déterminer les caractéristiques de la formation pendant que le forage se poursuit.

Ce sont ces données qui sont utilisées pour les décisions en temps réel, telles que l'emplacement des drains.

## VI.5. Les mesures de la formation en fond de puits :

Depuis la première génération d'outils dans les années 1980, les capacités en fond de trou des outils LWD se sont considérablement améliorées. Pour inclure une gamme plus large de mesures, une plus grande fiabilité et des capacités accrues de données en temps réel.

### VI.5.1 Mesures des rayons gamma de formation

La mesure du rayonnement gamma est relativement peu affectée par les fluides de formation tels que l'eau, le pétrole et le gaz.

Elle constitue une excellente mesure de corrélation. Lorsqu'il y a une différence suffisante de réponse GR entre les couches, le GR est parfois utilisé comme seule mesure de corrélation.

En raison de cette utilité, le capteur GR est disponible dans les outils MWD et LWD afin que la mesure soit disponible même si l'outil MWD est utilisé seul.

La mesure GR compte le nombre de rayons gamma émis lors de la désintégration des trois radioéléments naturels couramment présents dans les formations terrestres : le thorium (Th), l'uranium (U) et le potassium (K).

Le GR peut également être utilisé pour déterminer la proportion d'argile dans une formation car il y a généralement une concentration plus élevée de ces éléments radioactifs

Le GR est une mesure utile pour le placement des puits pour les raisons suivantes :

- Le GR est relativement peu affecté par la saturation du fluide et la variation de la porosité. Par conséquent, il tend à avoir un caractère constant dans tout le réservoir.
- Le GR peut résoudre une stratification beaucoup plus fine dans un puits horizontal que celle que l'on peut voir sur un log GR d'un puits vertical.

#### **VI.5.2 Mesures de résistivité de la formation**

La résistivité du LWD est essentielle pour une évaluation significative du réservoir et est particulièrement utile lors du forage dans un réservoir présentant un changement de fluide significatif tel que l'aquifère actif de Cambrien à Hassi Messaoud

Elle peut également être utilisée pour la corrélation entre plusieurs puits dans les zones en développement

Elle a plusieurs types elle peut être extrêmement utile à condition de comprendre les facteurs susceptibles de modifier la réponse de l'outil en matière de résistance.

Par exemple, les mesures de résistivité en lecture profonde peuvent être utilisées pour détecter la présence d'une couche approchante de résistivité sensiblement différente, ce qui permet de prendre des mesures d'évitement avant que la couche ne soit pénétrée ou détectée par les mesures moins profondes.

Vu que la production d'eau est l'un de problèmes majeurs à Hassi Messaoud causant une réduction de la durée de vie du puits, l'introduction de ce type de mesure va améliorer la production à long terme.

**VI.5.3 Mesures de la porosité de la formation**

Aucune mesure ne permet de déterminer directement la porosité réelle de la formation.

La densité de la formation est souvent utilisée pour dériver la porosité La densité de la formation est déterminée en fonction de la dispersion descendante de l'énergie des rayons gamma lorsqu'ils communiquent avec les électrons des atomes de la formation.

Sur la base d'une corrélation entre le nombre d'électrons et la masse atomique, la densité électronique mesurée est convertie en densité apparente.

Sachant que les schistes et les grès ont des densités différentes, cette mesure sera très profitable ici en Algérie pour disposer d'une indication consistante de la mise en place de la trajectoire du puits.

## Conclusion :

Un placement précis du puits en utilisant les technologies LWD qui mesurent principalement les rayonnements Gamma, la résistivité, et la porosité, accélère le développement des champs par :

- Réduisant le besoin de trous pilotes grâce à l'identification à distance des tops de formation par des technologies de lecture en profondeur
- Réduisant la nécessité de forer à nouveau les sections d'atterrissage en assurant un atterrissage lisse et précis
- Minimisant la tortuosité du puits, ce qui facilite l'installation du tubage et de la complétion.
- Améliorer le ROP moyen en maintenant le puits de forage dans la couche du réservoir, qui est généralement plus poreuse et peut être forée plus facilement et plus rapidement que les formations environnantes.

Tous ces avantages vont réduire la nécessité de réaliser des excavations secondaires (Side Track) pour corriger les trajectoires mal placées.

# **Chapitre VII : Conclusion générale**

### **VII.1 -Les recommandations**

Après avoir examiné les dossiers disponibles au niveau de la division forage ( direction régionale des opérations Hassi Messaoud) relatifs au puits horizontaux réalisés dans la période [2008-2020] qu'il soient puits exploitation ou exploration, on a constaté que les programmes actuelle de réalisation de nouveaux ouvrages sont restés inchangés malgré les changements radicaux des propriété pétrophysiques du réservoir « Cambrien » et la disponibilité actuelle des nouvelles technologies qui peuvent minimiser le taux de temps perdu d'une façon remarquable, à cet effet nous recommandant les chargés de programmation ayant l'habilité de prise de décision d'étudier la possibilité d'établir un programme de forage conformément aux directives préconisées par des nouvelles technologies dans le Domain de forage pétrolier techniquement et économiquement rentables et efficaces

Les responsables de la réussite des projets doivent faire ce que suit :

- La mise en place d'une unité chargée de l'analyse des données afin d'analyser en détail les origines des problèmes rencontrés lors des opérations de forage afin de les éviter dans les futurs projets.
- Renforcer le modèle géologique du champ pour de meilleures corrélations.
- Consacrer des puits uniquement à des expériences scientifiques de nouvelles méthodes (programmes de forage) et des technologies plus récentes.
- La collaboration avec des sociétés concurrentes pour un meilleur partage des connaissances spécialisées.
- Créer un environnement favorable pour que les nouvelles technologies atteignent leurs meilleures performances
- Etablir un lien entre les facultés d'hydrocarbures et la société SONATRACH,

Afin d'exposer les problèmes opérationnels réels rencontrés lors des opérations de forage comme thèmes de référence pour la recherche scientifique dans ce domaine ;

## VII.2 Conclusion générale :

Dans un secteur où les défis sont de plus en plus nombreux pour améliorer les performances, un forage fructueux est essentiel.

Avec l'augmentation des coûts de réalisation des puits, les réservoirs plus complexes et marginaux, et l'expertise technique restreinte des collaborateurs.

Il devient de plus en plus difficile d'obtenir un rendement adéquat des investissements.

Après notre étude et analyse des données disponibles à la société SONATRACH, en particulier la Direction Régionale des Opérations (DDO) Division Forage à Hassi Messaoud avec l'aide de ses cadres et en coordination avec le professeur encadrant de l'FHC, nous avons constaté que les problèmes rencontrés par les entreprises de réalisation lors des travaux, en particulier ceux liés aux puits horizontaux, ont un impact négatif sur la durée de réalisation, ce qui entraîne une perte de temps importante (NPT), et des sommes supplémentaires importantes.

Sur cette base, nous avons essayé dans le sujet de notre thème, de se concentrer sur les problèmes d'emplacement de drain horizontal par une étude statistique, analytique, technico-économique sur un échantillon de plus que 40 puits horizontaux forés à Hassi Messaoud entre 2008 et 2020 avec ce type de problèmes et proposer d'alternatives technologique ayant un impact positif en termes de coût d'une part, et de temps de réalisation d'autre part sur l'avancement des forages qui mènent à une optimisation excellente d'emplacement de drain horizontal

L'optimisation d'emplacement de drain permet d'améliorer l'efficacité de la construction du puits, réduire les contraintes de forage, augmenter le contact avec le réservoir, maximiser l'exposition du réservoir, améliorer les performances du puits, augmenter la récupération finale des hydrocarbures et améliorer les paramètres financiers du développement du champ.

En conséquence, nous suggérons aux responsables de la programmation d'inclure et de généraliser l'utilisation de cette technologie, en particulier pour les puits horizontaux qui seront programmés pour être réalisés dans le futur captant les hydrocarbures des réservoirs complexes et hétérogènes nécessitant un traitement particulier comme la région de Hassi Messaoud.

# **Bibliographie**

**Bibliographie :**

1. Beicip/Franlab ,2009. Caractérisation de la fracturation naturelle pour l'ensemble du champ de Hassi-Messaoud .Rapp. interne Division Production/Sonatrach.
2. Beicip/Franlab, 1979 .Zone périphérique du champ de Hassi-Messaoud, réservoir cambro-ordovicien. Rapp. interne Division Production /Sonatrach.
3. Beicip/Franlab, 1995 .Révision du model géologique du champ de Hassi-Messaoud . Rapp. interne, Division Production /Sonatrach.
4. Belazzoug. F, 2013. Etude des problèmes des venues d'eau dans un champ d'huile. Thèse magistère. Université d'Ouargla, Algérie.
5. Ben Hadja. K, 2011 .Distribution de la fracturation dans le champ de Hassi-Messaoud et dans la zone 7 - impacte sur les qualités réservoirs du Ra et du R2 plate forme saharienne-Algérie. Mémoire d'ingénieur, Université de Boumerdès.
6. NOUREDDINE BOUNOUS Petroleum Engineering, RABIH LOUNISSI Exploration Sonatrach, SMAINE ZEROUG Schlumberger. 2007. Well Evaluation Conference. Schlumberger. USA.
7. OMER JIHANGIR (0809319) .2010. MSc Drilling & Well Engineering: Effect of Anisotropic Stress Regimes on the Behaviour of Rotary Steerable Systems Robert Gordon University, School of Engineering.UK: [Online]. Available from [[www.campusmoodle.ac.uk](http://www.campusmoodle.ac.uk)]. [Accessed 24/04/2012].
8. PRESTON FERNANDES, ZHOUYI LI and ZHU, D., 2009. Understanding the Roles of Inflow Control Devices in Optimizing Horizontal Wells Performance. Texas: A&M University. SPE 124677. [Online]. Available from [[www.spe.org](http://www.spe.org)]. [Accessed 06/04/2012].
9. REGIS STUDER.2005. Rotary Steerable Systems. Total E& P – TDO/ FP/ APE. [Online]. Available from [[www.slb.com](http://www.slb.com)]. [Accessed 09/05/2012].
10. ROY NURMI, FIKRI KUCHK (Petroleum Engineer), BRUCE CASSELL ( Geologist ), JEAN LOUIS CHARDAC (Log Analyst) , PHYLIPE MAGUET ( Manager), JUBRALLA A., F., GOSROVE,P., ( Qatar General Petroleum Corporation, Doha,

- Qatar), WHYTE, S., J., ( Petroleum Development Oman, Muscat, Sultanate of Oman). 1995. Horizontal Highlights: Middle East Well Engineering. [Online]. Available from [[www.slb.com](http://www.slb.com)]. [Accessed 10/03/2012].
11. SAZLI KAMARUDDIN, SPE, MOHAMED ZIN CHE'LEH , SPE, PETRONAS CARIGALI SDN, Bhd and ALAN GOOD, SPE, LIM HONG KHUN, SPE, Baker Hughes. 2000. Paper titled: Pushing the Envelope: Extending the Limits of Current Drilling Technology. Beijing, China: SPE/ 64696. [Online]. Available from [[www.spe.org](http://www.spe.org) ]. [Accessed 01/05/2012].
12. SCHLUMBERGER. 2008. Horizontal Well Placement Maximize Oil Production. Case Study: Periscope mapping enables Andes to reduce drilling costs and risks by eliminating need for pilot holes in geologically uncertain area. [Online]. Available from [[www.slb.com](http://www.slb.com)]. [Accessed 02/05/2012].
13. SPERRY SUN, 1999. Technical Information Handbook. A Halliburton Company. 2nd edition.MK 0079B

## **Résumé :**

Dans une industrie où l'on se bat de plus en plus pour accroître l'efficacité, un forage performant est essentiel.

Avec l'augmentation des coûts de réalisation des puits, les réservoirs plus complexes et marginaux, et l'expertise technique limitée des actifs.

Il devient de plus en plus difficile d'obtenir un rendement adéquat des investissements. Les deux critères d'un forage horizontal performant sont :

L'avancement rapide (la pénétration) et l'emplacement optimal de drain horizontal :

Un taux élevé de pénétration des formations sur des intervalles prolongés permet de réduire au minimum les coûts de réalisation des puits en plus de cela, L'emplacement optimisé est primordial pour s'assurer que la formation exposée est le réservoir ciblé.

Malheureusement, ce n'est pas le cas ici dans le champ de Hassi Messaoud, tout en sachant que le temps non productif peut aller jusqu'à (50%) du temps de réalisation global du puits et le taux de malmener la cible est élevé (19%)

Pour ces raisons, nous avons fait une étude approfondie afin d'analyser les causes racines de ces problèmes, et par conséquent, pour optimiser le placement des drains horizontaux et minimiser le temps non productif.

En complément, nous avons également proposé un ensemble de solutions à ces problématiques pour permettre : d'améliorer l'efficacité de la réalisation des puits et de réduire les risques techniques de forage, de maximiser le cheminement du tracé dans l'espace prévu initialement, et de renforcer la productivité des puits, augmenter la récupération finale d'hydrocarbures et à favoriser l'économie du développement des gisements.

**Mot clés :** Forage horizontal, emplacement de drain, NPT, Hassi Messaoud, Cambrien, optimisation