

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -  
Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة أكلي محمد أوحاج  
- البويرة -  
معهد التكنولوجيا

**Département de Génie de l'Eau**

## **Rapport du stage**

En vue de l'obtention du diplôme de Licence professionnelle en :

**Génie de l'eau**

## **Thème :**

**Etude de réalisation d'un forage pétrolier cas de  
Hassi Messaoud wilaya d'Ouargla**

### **Réalisé par :**

**DJOUAB Mohammed Islam**

### **Encadré par :**

- Mme. HAMZAOUI Sara Maitre de conférences classe B/ Institut de technologie
- Mme. BRIKETTE Ingénieur de forage/ AEP Boumerdes

### **Corrigé par :**

- Mr. DAHMANI.S
- Mr. HADDAD.S

**Année Universitaire : 2023/2024**

## **REMERCIEMENTS**

*Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu Tout-Puissant de m'avoir hébergé Compte tenu du courage et des moyens de faire cet humble travail qui a mené à mon diplôme.*

*Je tiens à remercier ma superviseure universitaire, Mme Hamzaoui.S pour son aide inestimable, ses conseils et son temps pour moi.*

*Je remercie également tous mes professeurs de l'Institut de Technologie pour leur contribution à ma formation durant les trois années d'études.*

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements à l'institut algerien de petrole (AEP Boumerdes).*

*J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont l'honneur d'examiner ce travail.*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui de près ou de loin Offrir de l'aide et des encouragements pour terminer ce travail.*

**Djouab Mohammed**

**Islam.**

## ***Dédicace***

*Je dédie cet humble travail :  
Ames chers parents seulement...*

***DJOUAB Mohamed***

***Islam.***

### ملخص:

يقع البئر المدروس في بلدية حاسي مسعود، في ولاية ورقلة، في شرق الجزائر. يتم حفر هذا البئر باستخدام تقنيات الحفر الدوراني وهو ضروري لاستغلال الخزان الجوفي في هذه المنطقة. في هذا السياق، يهدف تقرير التدريب هذا إلى متابعة دراسة تنفيذ البئر النفطي من حيث الجيولوجيا والهيدروجيولوجيا

يشمل التقرير أيضًا جميع مراحل تنفيذ حفر البئر ، بدءًا من مرحلة تحضير الموقع وحتى برنامج الحفر النهائي، مع شرح مفصل لكل مرحلة.

**كلمات مفتاحية :** البئر المدروس، حاسي مسعود، استغلال الخزان الجوفي

### Résumé:

Le puits de forage OML72BL est situé dans la commune de Hassi Messaoud wilaya de Ouargla, à l'est de l'Algérie. Est un puits forer par le technique rotarer, Ce puits (OML72BL) est nécessaire pour l'exploitation d'aquifère de cette région. Dans ce contexte, ce rapport de stage vise a faire une étude de réalisation d'un forage pétrolier OML72BL en terme de géologie et d'hydrogéologie. Le rapport comprenait également toutes les étapes de réalisation de forage OML72BL commençant par l'étape de préparation de chantier jusqu'aux le programme de forage finale avec une explication détaillée de chaque étape.

**Mots clé :** Forage OML72BL, Hassi Messaoud, Exploitation d'aquifère

### Abstract:

The OML72BL well is located in the municipality of Hassi Messaoud, in the state of Ouargla, in eastern Algeria. This well is drilled using rotary drilling techniques and is necessary for the exploitation of the subterranean reservoir in this region. In this context, this internship report aims to monitor a study on the realization of the OML72BL oil well drilling in terms of geology and hydrogeology. The report also includes all the stages of the realization of the OML72BL drilling, starting from the site preparation stage to the final drilling program, with a detailed explanation of each stage.

**Key words :** OML72BL well, Hassi Messaoud, Exploitation of the subterranean reservoir

## Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### Partie théorique

#### Chapitre I : Généralités sur les forages

Introduction.....	3
I. Généralités sur les forages .....	3
1. Définition d'un forage .....	3
2. L'objectif de réalisation des forages .....	3
II. Exploration et reconnaissance des forages.....	4
1. But d'exploration et reconnaissance des forages .....	4
2. Cartographie.....	4
2.1. Cartes hydrogéologiques .....	4
2.2. Cartes piézométriques .....	5
2.3. Télédétection.....	5
2.4. Photos aériennes .....	5
2.5. Cartes structurales.....	6
3. Méthodes géophysiques .....	6
3.1. Prospection par sismique de réfraction .....	7
3.2. Prospection électrique .....	7
4. Sondages (forages) de reconnaissance .....	8
III. Techniques de forage .....	8
1. Forage au marteau fond de trou (MFT).....	8
2. Forage rotary.....	9
3. Forage par battage.....	10
4. Forage par havage.....	10
IV. Fluides de forages (boues de forages).....	11
1. Définition.....	11
2. Boue de forage.....	12
2.1. Rôle de boue de forage .....	12
2.2. Caractéristiques de la boue de forage .....	12
3. Les différents types de boue .....	13
3.1. Boue à la bentonite .....	13
3.2. Boue à l'huile émulsionnée.....	13

3.3. Boue polymère.....	13
4. Moyenne d'injecter la boue de forage.....	14
5. Circuits de fluides de forage .....	14
5.1. Circulation normale .....	14
5.2. Circulation inverse.....	15
V. Problèmes rencontrés dans chaque phase de forage.....	15
Conclusion.....	23

## **Chapitre II : Présentation de l'entreprise d'accueil et de la zone d'étude**

Introduction.....	24
I. Présentation de Sonatrach.....	24
1. Historique et contexte.....	24
2. Structure et organisation .....	24
3. Activités principales .....	25
4. Organigramme de la direction.....	25
5. Défis et Perspectives .....	25
6. Impact Socio-Économique .....	25
II. Présentation de la zone de forage.....	26
1. Situation géographique .....	26
1. Localisation.....	26
2. Environnement .....	26
3. Accès et infrastructure .....	26
4. Coupe géologique de la zone de forage .....	28
Conclusion.....	29

## **Partie Pratique**

### **Chapitre III : Etude de cas de forage pétrolier a Hassi Messaoud**

Introduction.....	30
I. Les phases de réalisation de forage pétrolier Hassi Messaoud.....	30
1. Le pré-creusement .....	30
1.1. Préparation de chantier .....	30
1.2. Construction de la plateforme .....	32
1.3. L'appareil de forage .....	34
1.4. Préparation de la boue .....	36
2. Le Forage : .....	39
2.1. Etapes de forage .....	39

2.2. Programmes de forage finale plus problèmes rencontrés et solution proposer .....	42
Conclusion .....	55
Conclusion générale .....	56

## Listes des tableaux

Tableau 1: Equipement utilisé pour le rig .....	42
Tableau 2: Programme de tubage .....	43
Tableau 3: Programme de cimentation.....	44
Tableau 4 : Programme des bits .....	46
Tableau 5: Le programme logging .....	50
Tableau 6: Le programme de boue .....	52



---

## Listes des figures

Figure 1 : Exemple de carte hydrogéologique.....	4
Figure 2 : Exemple de carte piézométrique .....	5
Figure 3 : Exemple de carte structurale .....	6
Figure 4 : Schéma prospection par sismique de réfraction.....	7
Figure 5 : Schéma de la prospection électrique .....	7
Figure 6: Schéma simplifié d'une installation de forage au marteau fond de trou (MFT).....	8
Figure 7: Disposition schématique d'un atelier de forage rotary .....	9
Figure 8 : le principe de la technique rotary .....	10
Figure 9: Schéma simplifié d'une installation de forage au battage .....	10
Figure 10: Schéma simplifié d'une installation de forage par havage .....	11
Figure 11: Cycle du fluide sur le site de forage. (Schlumberger, 1997).....	11
Figure 12 : Circuits de fluides de forage .....	15
Figure 13 : Localisation des puits.....	26
Figure 14 : Coupe Géologique de la zone de forage .....	28
Figure 15: Equipement de forage .....	33
Figure 16: Derrick .....	34
Figure 17: Système de levage.....	35
Figure 18: Système de rotation.....	35
Figure 19: Trépan Tricône.....	45
Figure 20: Trépan PDC .....	46
Figure 21: Trépan a diamants naturels .....	46
Figure 22: Well sumarry.....	54

## Liste des abréviations

Q : Débit d'injecter la boue (galon/minute).

D : Diamètre de l'outil de forage.

SG : Spécifique gravité

YP : Yield point

HPHT : Haute pression haute température

LGS : Low gravité solide

TPP222 : Type de rig utiliser pour le puits

OML72BI : Le puits forer à la région de Hassi Messaoud

OBM : Oil Base Mud (Boue a la base de l'huile)

WBM : Water Base Mud (Boue a la base de l'eau)

---

# *Introduction générale*

---

## Introduction générale

Le pétrole (L'Or noir) est l'une des ressources naturelles les plus importantes et stratégiques du monde moderne. Son importance s'étend à de nombreux domaines, y compris l'économie, la géopolitique, l'industrie et la vie quotidienne.

La wilaya d'Ouargla exactement la commune de Hassi Messaoud est l'un des plus grands champs pétroliers d'Algérie, Découvert en 1956, ce site joue un rôle crucial dans l'économie nationale en étant le principal contributeur à la production de pétrole du pays. Géré principalement par la compagnie nationale Sonatrach, Hassi Messaoud est un centre névralgique pour l'extraction et le traitement des hydrocarbures. Les infrastructures avancées et les technologies modernes y sont déployées pour maximiser l'efficacité de la production.

Pour exploiter cette ressource formidable, L'Algérie a adopté la technique de forage pour l'extraire, Le forage se fait en plusieurs étapes et sous la supervision de spécialistes dans ce domaine, et comme le domaine de forage est très vaste, il existe plusieurs techniques et méthodes de forassions. La technique rotary est la plus courante et la plus utilisée à cause de ces multiples avantages et son efficacité exceptionnelle.

Dans ce contexte, les travaux qui font l'objet de notre rapport de stage porte sur le suivi de réalisation d'un forage pétrolier dans la commune de Hassi Messaoud wilaya d'Ouargla. Pour aboutir à notre objectif, le travail que nous allons présenter sera structuré par une introduction générale et deux grandes parties (théorique et pratique) suivis par une conclusion générale.

La première partie consiste de deux chapitres, le premier chapitre consiste à des généralités sur les techniques forages. Nous allons présenter les différentes techniques et les fluides de forage. Une présentation de la Sonatrach et la zone de forage seront présentés également au cours de cette partie.

La deuxième partie de notre rapport correspondra à l'étude expérimentale, qui permet d'identifier les différentes étapes d'un forage. Ainsi, les équipements de forage et des outils auxiliaires utilisés vont être étudiés.

---

# *Partie théorique*

---

## *Chapitre I*

---

### *Généralités sur les forages*

## Introduction

Le forage est une opération fondamentale dans l'industrie des fluides de forage, visant à accéder et extraire les réserves souterraines. Il consiste à créer des puits à travers diverses couches de roche pour récupérer les fluides enfouis. Cette opération complexe nécessite l'utilisation de technologies avancées et de fluides de forage adaptés aux conditions géologiques spécifiques.

## I. Généralités sur les forages

### 1. Définition d'un forage

Le forage est un ensemble d'opérations qui permet de creuser un trou de diamètre centimétrique à décimétrique, généralement vertical et utilisé à des fins scientifiques ou économiques. Un forage pétrolier est une opération technique visant à percer la croûte terrestre pour accéder à des réservoirs de pétrole situés en profondeur. Cette opération implique l'utilisation de plateformes de forage équipées de divers outils et technologies pour creuser des puits.

### 2. L'objectif de réalisation des forages

La réalisation d'un forage répond avant tout à un besoin, un usage auquel on le destine. Cet usage peut être varié. On peut citer :

- Production d'essence à la consommation industrielle ;
- Fournir de pétrole pour la consommation ;
- Fournir et stocker de pétrole en cas de crise ;

## II. Exploration et reconnaissance des forages

### 1. But d'exploration et reconnaissance des forages

L'étude géologique et hydrogéologique et l'utilisation des cartes géologiques et hydrogéologiques est une étape très importante avant de se lancer dans le processus de fouille car le terrain est inconnu. Les moyens de reconnaissance doivent être mis en œuvre pour compléter l'étude géologique de surface, et donc nous insistons sur le fait que la campagne de reconnaissance doit toujours être menée de manière et avec précision. Le type d'appareil doit être choisi en fonction du terrain de la zone dans laquelle le forage sera effectué et surtout de la nature du problème à résoudre [01].

### 2. Cartographie

L'utilisation de la cartographie géologique et hydrogéologique permette d'avoir des informations concernant les caractéristiques (nature et qualité) de l'aquifère et des différentes formations où se trouve. Ces informations sont en particulier :

#### 2.1. Cartes hydrogéologiques

Les données obtenues par études géologiques et structurales conduisent à la réalisation des cartes et coupes hydrogéologiques. Ces coupes hydrogéologiques sont élaborées par la superposition sur des coupes géologiques, des données de l'écoulement souterrain (la surface piézométrique, la surface d'alimentation directe ou indirecte, le drainage et les pertes en surface et en profondeur) [01].

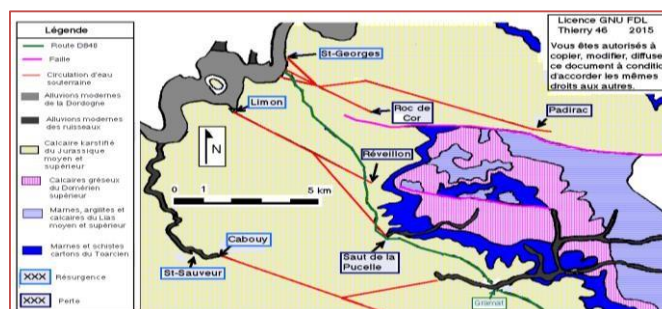


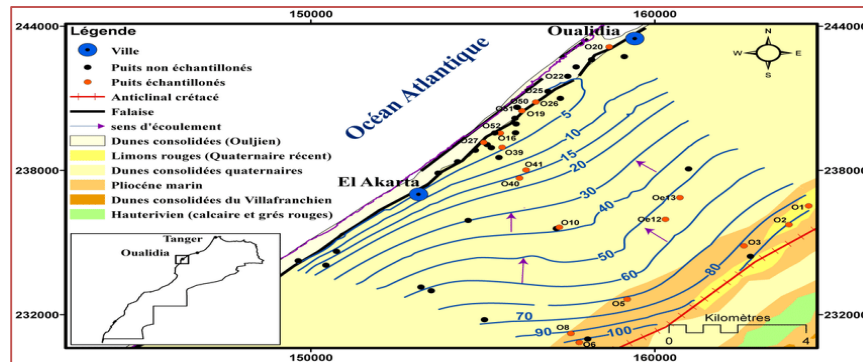
Figure 1 : Exemple de carte hydrogéologique



## 2.2. Cartes piézométriques

Les cartes piézométriques présentes en un temps donné, la distribution spatiale de la charge hydraulique. Elles sont obtenues par les mesures des niveaux piézométriques.

L'analyse de la surface piézométrique vise le tracé des lignes de courant et l'indication sur elles le sens d'écoulement dont des courbes fermées traduisent des dômes (sommets) caractérisant des zones d'alimentation, ou bien des dépressions des zones de captage [02].



**Figure 2 :** Exemple de carte piézométrique

## 2.3. Télédétection

Réalisée par des images satellitaires, elle permet le traitement numérique des images pour mieux systématiser et simplifier le traitement de l'information, et en même temps la reconstitution de documents à des échelles différentes. Elle permet encore l'identification des structures géologiques et des matériaux de surface, l'identification des zones humides (résurgences, affleurements de nappes, zones de recharge), et l'obtention et la mise à jour de l'occupation de sol pour l'évaluation de la vulnérabilité des nappes [01].

## 2.4. Photos aériennes

La photographie aérienne peut fournir des informations qui ne peuvent pas être directement observées sur le terrain ; certaines failles et anciens lits de rivières. Elle forme aussi un moyen efficace pour l'identification et l'analyse des fractures, qui constituent des lignes naturelles d'une taille infra- kilométrique sur la photo aérienne, les traces linéaires dont la largeur dépasse l'ordre de kilomètre sont appelées linéaments, qui représente fréquemment

des zones de grande perméabilité. Elle indique aussi des informations essentielles pour l'implantation des forages et puits [01].

## 2.5. Cartes structurales

Les cartes structurales dont leur but est de présenter les formations perméables (réservoir), sont élaborées par la synthèse des données géologiques, des conditions aux limites et des paramètres hydrodynamiques (perméabilité, pente, vitesse, gradient hydraulique). Ce type de cartes permet d'établir la carte isohypse (d'égale altitude), la carte isobathe (d'égale profondeur), et la carte isopaches (d'égale épaisseur de l'aquifère) [02].

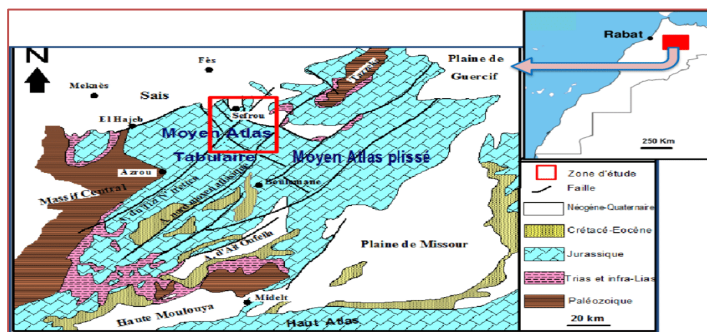


Figure 3 : Exemple de carte structurale

## 3. Méthodes géophysiques

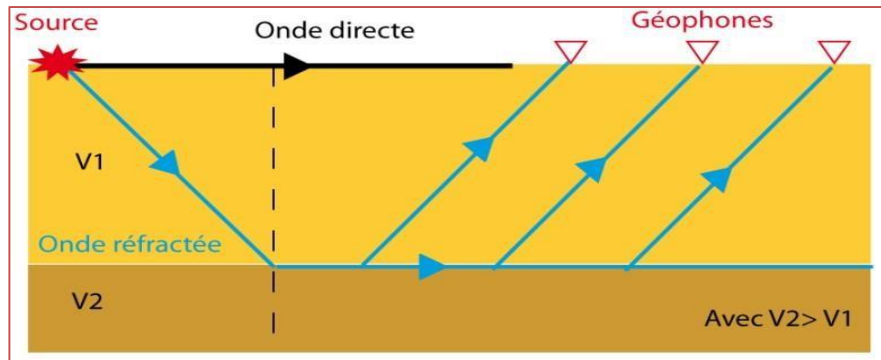
Les méthodes géophysiques consistent à effectuer depuis la surface du sol, des mesures de paramètres physiques dont l'interprétation permet d'imaginer la nature, la structure et les caractéristiques du sous-sol. [02]

Les informations recherchées par ces méthodes sont :

- L'épaisseur et la nature du recouvrement ;
- La présence et la nature des zones fissurées ;
- L'existence des fractures ;
- La localisation et les caractéristiques de l'aquifère.

### 3.1. Prospection par sismique de réfraction

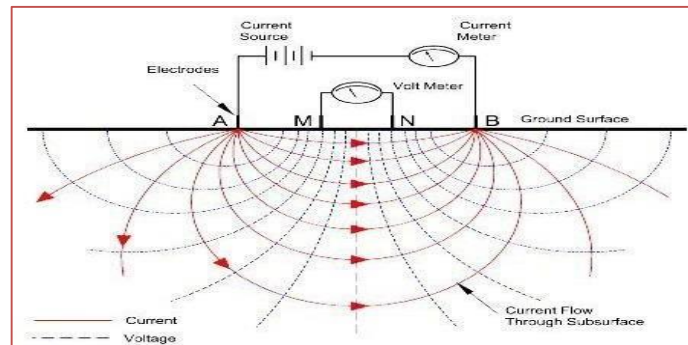
Le principe de la sismique de réfraction est qu'un ébranlement à la surface de sol, se propage dans le sol en s'amortissant à la façon d'une onde sonore. La sismique de réfraction consiste à étudier la propagation des ondes élastiques (ondes longitudinales). Leurs temps d'arrivée, mesurés en différents sismographes ou géophones (récepteurs des ondes sonores) disposés le long d'un profil, sont par la suite portées en graphique en fonction des distances de ces géophones. Si au point d'explosion E (point d'ébranlement : point d'impact) [02].



**Figure 4 :** Schéma prospection par sismique de réfraction

### 3.2. Prospection électrique

La prospection électrique permet d'étudier les variations latérales et verticales de la résistivité apparente du sous-sol. Pour cela, on envoie dans le sol, grâce à des électrodes A et B, un courant d'intensité  $I$ , puis on mesure la différence de potentiel  $\Delta V$ , produit par l'effet d'Ohm, entre deux électrodes de référence M et N (dispositif quadripôle). En appliquant la loi d'Ohm [02].



**Figure 5 :** Schéma de la prospection électrique

## 4. Sondages (forages) de reconnaissance

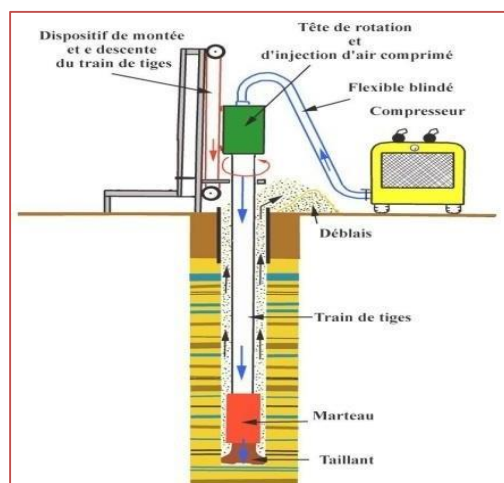
Les sondages de reconnaissances sont des puits de petit diamètre de l'ordre de 6 à 8 cm, dont leur réalisation et équipement est similaire à ceux des forages d'exploitation. Les sondages (forages) de reconnaissance permettent de vérifier les hypothèses émises et apportent des informations indispensables (investigation, mesures et essais, prélèvement d'échantillons d'eau et de sol, observations périodiques) comme ils permettent d'effectuer des diagraphies et des essais de pompage [02].

## III. Techniques de forage

Il existe de nombreuses méthodes de forage dont la mise en œuvre dépend de paramètres très divers, on cite à titre d'exemple le forage marteau fond du trou (MFT), forage rotary, forage par battage, forage par havage.

### 1. Forage au marteau fond de trou (MFT)

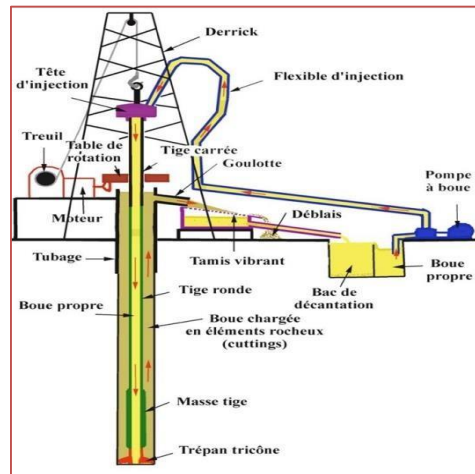
Cette méthode de forage utilise un marteau rotatif pneumatique, et ce marteau est muni de tranchants qui aident au forage, d'où le nom de "marteau fond de trou" [03].



**Figure 6:** Schéma simplifié d'une installation de forage au marteau fond de trou (MFT)

## 2. Forage rotary

La méthode de foration rotary utilise un outil (trépan) monté au bout d'une ligne de sonde (tiges vissées les unes aux autres), animé d'un mouvement de rotation de vitesse variable et d'un mouvement de translation verticale sous l'effet d'une partie du poids de la ligne de sonde ou d'une pression hydraulique [03].



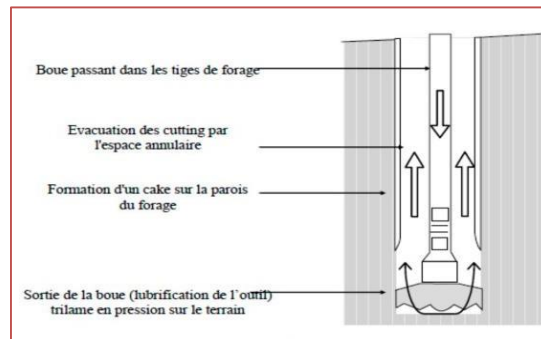
**Figure 7:** Disposition schématique d'un atelier de forage rotary

### ➤ Principe de la technique Rotary

Un outil appelé tricône est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation.

La circulation d'un fluide permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, en circuit fermé sans interruption. La boue tapisse les parois non encore tubées.

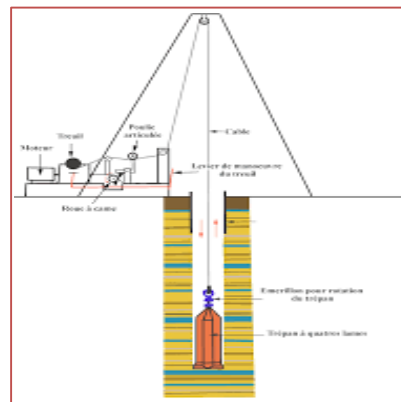
Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le forage. Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire. Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage. Le dépôt de la boue qui recouvre les parois d'une formation aquifère de faible pression peut gêner la détection de cette formation [04].



**Figure 8 :** le principe du technique rotary

### 3. Forage par battage

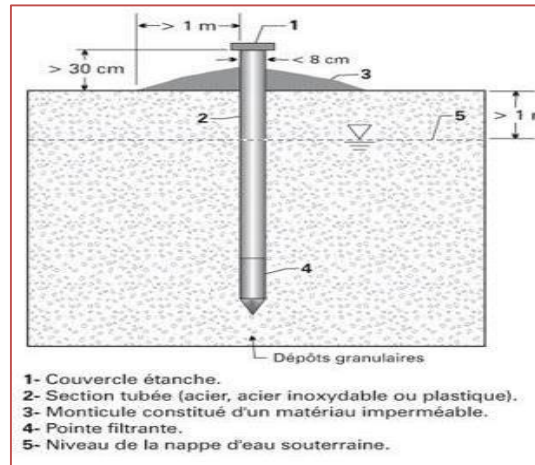
Utiliser généralement pour les forages hydrauliques. La méthode consiste à soulever un outil lourd (trépan) et à le laisser retomber sur le terrain à traverser. La hauteur et la fréquence de chute varient selon la dureté des formations [03].



**Figure 9:** Schéma simplifié d'une installation de forage au battage

### 4. Forage par havage

Le forage par havage est plus connu sous le nom de procédé Bento : dans ce type de forage par curage ou havage, les tubages pénètrent dans la formation sous l'effet de leur propre poids ou sous l'action de vérins hydrauliques. Une benne preneuse "vide" progressivement l'intérieur du tubage tant que celui-ci se trouve au-dessus du niveau statique. Ou l'emploi d'une soupape est recommandé [03].



**Figure 10:** Schéma simplifié d'une installation de forage par havage

## IV. Fluides de forages (boues de forages)

### 1. Définition

Le fluide de forage, est un système composé de différents contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciments, le fluide est préparé dans des bacs à boues, il est injecté à l'intérieur des tiges jusqu'à l'outil d'où il remonte dans l'annulaire, chargé des déblais formés au front de taille. A la sortie du puits, il subit différents traitements, tamisage, dilution, ajout de produits, de façon à éliminer les déblais transportés et à réajuster ses caractéristiques physico-chimiques à leurs valeurs initiales. Il est ensuite réutilisé [05].



**Figure 11:** Cycle du fluide sur le site de forage. (Schlumberger, 1997)

## 2. Boue de forage

### 2.1. Rôle de boue de forage

Le rôle de la boue de forage est multiple:

- Remonter en surface les déblais depuis le fond du trou ;
- Refroidir l'outil de forage (tricot) ;
- Faciliter le travail de l'outil sur la roche ;
- Alléger le poids du train de tiges (poussée d'Archimède). [06]

### 2.2. Caractéristiques de la boue de forage

Les caractéristiques des fluides de forage sont généralement basées sur les paramètres suivants :

#### 2.2.1. Caractéristiques physico- chimiques

- **Densité** : Une boue dense favorise l'ascension des cuttings et permet l'équilibre des pressions hydrostatiques.

#### 2.2.2. Caractéristiques rhéologiques

- **Viscosité** : une viscosité élevée provoque des difficultés pour le pompage de la boue, alors qu'une boue à viscosité moins élevée perd sa propriété pour consolider les parois.
- **Filtrat** : c'est la propriété de laisser filtrer de l'eau au travers des parois.
- **Cake** : c'est la propriété de laisser déposer une couche d'argile sur la paroi. Il joue le rôle inverse de filtrat. Le cake ne se forme pas sur une paroi non perméable.
- **Thixotropie** : c'est la propriété d'une boue de passer d'une consistance rigide à un aspect fluide sous l'effet de brassage (agitation).
- « **Yield value** » : c'est la tension limite de cisaillement au-dessus de laquelle le fluide ne s'écoule pas.
- **Teneur en sable** : provenant du terrain de forage, le sable est dangereux par son action abrasive dans tout le circuit où il circule (spécialement pour les pompes à boue).
- **PH** : le pH permet d'indiquer l'acidité ou l'alcalinité de la boue. [07]



### 3. Les différents types de boue

Il existe trois types de boue de forage :

#### 3.1. Boue à la bentonite

La bentonite c'est une variété d'argile très fine, la dimension des particules est inférieure à 1  $\mu\text{m}$  et de densité de 2,6. A l'hydratation ; le volume devient 12 à 15 fois et parfois 30 fois plus grand. Un gramme de bentonite dispersé dans l'eau offre 4 à 5  $\text{m}^2$  de surface de contact.

On ajoute parfois à la boue de bentonite des additifs pour :

- La rendre compatible avec le terrain, ou avec la pression de la nappe ;
- Redonner à la boue ses propriétés initiales.

On distingue deux catégories de bentonite : les bentonites calciques naturelles et les bentonites sodiques naturelles qui sont les plus utilisées pour les boues de forage [02].

#### 3.2. Boue à l'huile émulsionnée

Dans les terrains ayant la propriété, en s'hydratant, d'augmenter considérablement de volume, à tel point que l'outil risque de se bloquer au fond du trou, ce qui peut occasionner de grosses pertes de temps pour tenter de le dégager par des instrumentations délicates. Dans ce cas, il est conseillé d'ajouter à la boue du silicate de soude ou de la chaux ou de l'amidon dont ces matières ayant également la propriété de réduire l'hydratation. Autrement, l'emploi de la boue à l'huile qui est également indiqué.

Il s'agit d'émulsion soit d'eau dans l'huile ou d'huile dans l'eau suivant les pourcentages relatifs. On obtient en ajoutant à la boue classique (eau plus bentonite) de 5 à 25 % de gasoil et un émulsifiant organique [02].

#### 3.3. Boue polymère

C'est une substance formée par l'union bout à bout de deux molécules ou plus de la même qualité de chaîne dans un autre composant d'éléments et de proportions analogues, mais à plus haut poids moléculaire et à propriétés physiques différentes. Les polymères peuvent être

utilisés directement en tant que boue ou comme additif aux boues benthoniques, et sont subdivisés en polymères naturels et polymères artificiels (synthétiques) [02].

#### 4. Moyenne d'injecter la boue de forage

La formule suit pour déterminer le débit injecté de la boue de forage :

Avec :

$$Q = 5D^2$$

- **Q** : débit d'injecter la boue (galon/minute) ;
- **D** : diamètre de l'outil de forage (pouce) ;
- **1 galon américaine** = 3,785 litres [09].

#### 5. Circuits de fluides de forage

La circulation de fluides dans le forage s'opère en deux modes:

##### 5.1. Circulation normale

Dans le circuit normal le fluide se refoule dans le train de tiges à partir de la pompe à boue (à partir de compresseur s'il s'agit de l'air comprimé), circulant de haut en bas pour sortir au fond du forage à travers les trous de l'outil de forage (trépan), se mélange avec le cuttings, puis le mélange fluide- cuttings remonte, dans l'espace annulaire (espace entre les parois de forage et les parois de tubings) pour rejoindre la fosse à boue où s'effectue l'échantillonnage, l'analyse, le traitement, l'ajustement et la décantation ; puis de nouveau il sera aspiré par la pompe à boue pour qu'il sera refoulé vers le train de tiges, et ainsi de suite [02].

## 5.2. Circulation inverse

Dans la circulation inverse, le fluide se refoule dans l'espace annulaire, et le mélange fluide cuttings remonte dans le train de tige en entrant par les trous se trouvant au fond du trépan [02].

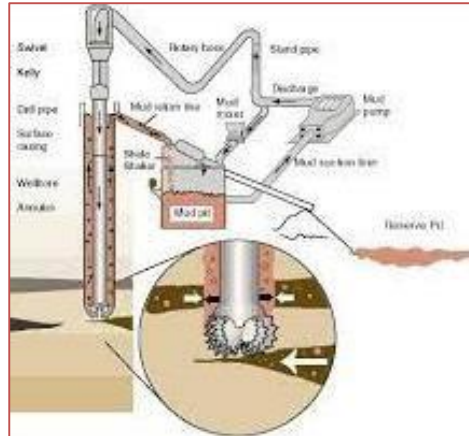


Figure 12 : Circuits de fluides de forage

## V. Problèmes rencontrés dans chaque phase de forage

Dans cette partie on va voir les problèmes les plus courants lors d'un forage d'un puits pétrolier et les solutions proposées par les experts.

### 1. Phase de tubage

#### 1. Effondrement de la paroi du puits :

**Problème :** La paroi du puits peut s'effondrer en raison de la nature instable des formations géologiques traversées.

#### Solutions :

- Utiliser des stabilisateurs et des agents de renforcement des parois pendant le forage.
- Augmenter la densité de la boue de forage pour stabiliser les formations géologiques.

#### 2. Blocage du tubage :

**Problème :** Le tubage peut se bloquer lors de son installation, causé par des débris ou des formations géologiques irrégulières.

#### Solutions :

- Effectuer un nettoyage régulier du puits pour éliminer les débris.
- Utiliser des trépan et des outils de forage adaptés aux conditions spécifiques du puits.
- Appliquer des lubrifiants spéciaux pour faciliter le passage du tubage.

### 3. Corrosion du tubage :

**Problème :** L'exposition à des environnements corrosifs peut endommager le tubage, réduisant sa durabilité et sa fiabilité.

#### Solutions :

- Utiliser des matériaux résistants à la corrosion pour le tubage.
- Appliquer des revêtements anticorrosion sur le tubage.
- Mettre en place des systèmes de protection cathodique pour prolonger la durée de vie du tubage.

Ces mesures permettent de surmonter les défis rencontrés lors du tubage du puits OML72BI à Hassi Messaoud, assurant ainsi une opération de forage efficace et sécurisée.

## 2. Phase de cimentation

### 1. Canaux de boue :

**Problème :** La présence de canaux de boue peut empêcher une cimentation uniforme, entraînant des zones non cimentées.

#### Solutions :

- Utiliser des préflushs et des flushs adaptés pour nettoyer le puits avant la cimentation.
- Ajuster la densité et la composition de la boue de forage pour minimiser les canaux de boue.

### 2. Contamination du ciment :

**Problème :** La contamination du ciment par la boue de forage ou d'autres matériaux peut réduire son efficacité.

#### Solutions :

- Mettre en place des barrières physiques et des techniques de rinçage pour séparer le ciment de la boue de forage.
- Utiliser des adjuvants spécifiques pour améliorer la résistance du ciment à la contamination.

### 3. Faible adhérence du ciment :

**Problème :** Le ciment peut ne pas adhérer correctement aux parois du puits ou au tubage, entraînant des fuites.

#### Solutions :

- Préparer correctement les surfaces de contact en utilisant des préflushs et des conditionneurs de boue.
- Utiliser des ciments spéciaux avec des additifs pour améliorer l'adhérence aux parois et au tubage.

### 4. Fuites de gaz :

**Problème :** Des fuites de gaz peuvent se produire à travers les sections mal cimentées, compromettant l'intégrité du puits.

#### Solutions :

- Effectuer des tests de pression après la cimentation pour détecter les fuites.
- Utiliser des ciments expansifs ou des additifs pour combler les espaces et empêcher les fuites de gaz.
- Appliquer des techniques de réparation de cimentation, telles que le squeezing, pour colmater les fuites identifiées

### 5. Durcissement prématuré du ciment

**Problème :** Le ciment peut durcir trop rapidement, rendant difficile son pompage complet dans l'annulaire du puits.

#### Solutions :

- Utiliser des retardateurs de prise dans la formulation du ciment pour contrôler le temps de durcissement.
- Adapter la température et la pression de pompage pour prolonger le temps de travail du ciment.

### 3. L'utilisation des trépan

#### 1. Usure Prématuurée des Trépan

**Problème :** Les trépan s'usent plus rapidement que prévu, entraînant des remplacements fréquents et des coûts élevés.

**Solutions :**

- Sélectionner des trépan conçus pour résister à l'abrasion, comme les trépan PDC (Polycrystalline Diamond Compact).
- Ajuster les paramètres de forage pour réduire l'usure, par exemple en diminuant le WOB et la RPM.
- Utiliser des additifs de boue pour réduire l'abrasivité de la formation.

#### 2. Défaillance des Trépan

**Problème :** Les trépan subissent des défaillances mécaniques, comme des dents cassées ou des roulements endommagés, avant d'atteindre leur durée de vie prévue.

**Solutions :**

- Sélectionner des trépan de haute qualité et spécifiquement conçus pour les conditions sévères.
- Effectuer des inspections régulières et une maintenance préventive des trépan.
- Améliorer les pratiques de manipulation et de stockage pour éviter les dommages avant l'utilisation.

#### 3. Faible Taux de Pénétration (ROP)

**Problème :** Le taux de pénétration est inférieur aux attentes, ce qui ralentit les opérations de forage et augmente les coûts.

**Solutions :**

- Optimiser la sélection des trépan en fonction des caractéristiques géologiques spécifiques.
- Ajuster les paramètres de forage pour maximiser la ROP, par exemple en augmentant le WOB ou la RPM de manière contrôlée.
- Utiliser des trépan PDC ou à diamants naturels pour les formations particulièrement dures.

**4. Vibrations Excessives**

**Problème :** Des vibrations excessives endommagent les trépan et les équipements de forage, réduisant l'efficacité et augmentant les risques de défaillance.

**Solutions :**

- Utiliser des stabilisateurs et des centralisateurs pour équilibrer la colonne de forage.
- Ajuster la RPM pour minimiser les vibrations.
- Sélectionner des trépan conçus pour réduire les vibrations, comme ceux avec des caractéristiques d'amortissement.

**5. Mauvaise Qualité de la Coupe**

**Problème :** Les trépan produisent des coupes de mauvaise qualité, affectant la stabilité du puits et l'efficacité du forage.

**Solutions :**

- Sélectionner des trépan adaptés aux types de formation à forer.
- Optimiser les paramètres de forage pour améliorer la qualité des coupes.
- Effectuer des inspections régulières et remplacer les trépan usés ou endommagés.

**6. Pertes de Circulation**

**Problème :** Les pertes de circulation entraînent des interruptions et des inefficacités dans le processus de forage.

**Solutions :**

- Utiliser des matériaux de contrôle des pertes de circulation (LCM) pour colmater les formations perméables.
- Ajuster la densité et la pression de la boue de forage pour minimiser les pertes.

## 7. Surchauffe des Trépan

**Problème :** Les trépan surchauffent, entraînant une dégradation rapide des matériaux de coupe et des roulements.

### Solutions :

- Assurer une circulation adéquate de la boue de forage pour refroidir les trépan.
- Optimiser les paramètres de forage, comme le WOB et la RPM, pour réduire les frictions.

## 4. Phase de logging

### 1. Données de mauvaise qualité

**Problème :** Les logs fournissent des données de mauvaise qualité ou incomplètes.

### Solutions :

- Effectuer des calibrations régulières et précises des outils de logging.
- Stabiliser le trou de forage avant de commencer le logging.
- Utiliser des techniques de traitement des données pour filtrer les interférences et les bruits.

### 2. Outils coincés ou perdus

**Problème :** Les outils de logging se coincent ou se perdent dans le puits.

### Solutions :

- Stabiliser le trou avant de descendre les outils.
- Utiliser des pratiques de gestion de trou de forage pour minimiser les risques de coincement.
- Préparer des plans de contingence pour récupérer les outils en cas de coincement.



### 3. Données non interprétables

**Problème :** Les logs ne fournissent pas de données clairement interprétables.

**Solutions :**

- Revoir les objectifs et les conditions géologiques pour choisir les outils et techniques appropriés.
- Utiliser une combinaison de logs pour obtenir une vue d'ensemble plus complète.
- Effectuer des analyses supplémentaires et des interprétations croisées avec des experts géologiques.

### 5. Phase de la boue

#### 1. Pertes de Circulation

**Problème :** La boue s'échappe dans les formations perméables ou fracturées, entraînant une perte de pression et une inefficacité du forage.

**Solutions :**

- Utiliser des agents de contrôle des pertes de circulation (LCM) pour colmater les formations.
- Ajuster la densité et la viscosité de la boue pour minimiser les pertes.
- Effectuer des tests de pression pour identifier les zones de pertes et ajuster la formulation de la boue en conséquence.

#### 2. Gonflement des Formations Argileuses

**Problème :** Les formations argileuses absorbent l'eau de la boue, gonflent et déstabilisent le puits.

**Solutions :**

- Ajouter des inhibiteurs de schiste, comme le KCl ou des polymères, pour stabiliser les argiles.

- Utiliser des boues à base d'huile ou synthétiques pour minimiser l'interaction avec les formations argileuses.

### 3. Formation de Cake de Boue

**Problème :** Un cake de boue épais se forme sur les parois du puits, réduisant le diamètre effectif et pouvant causer des blocages.

**Solutions :**

- Ajuster les propriétés de la boue pour améliorer la filtration.
- Utiliser des additifs pour contrôler la formation du cake de boue et améliorer la stabilité du puits.

### 4. Problèmes de Lubrification et d'Usure

**Problème :** L'usure excessive des équipements de forage et des trépan due à une mauvaise lubrification.

**Solutions :**

- Ajouter des lubrifiants à la boue pour réduire la friction.
- Ajuster les paramètres de forage (WOB, RPM) pour minimiser l'usure des équipements.

## Conclusion

En conclusion on peut dire que Le forage est la seule technique utilisée pour l'extraction de pétrole.

Beaucoup de méthode de forassions existe et chaque méthode présente des conséquences et des avantages. Le choix d'une méthode à autre est contrôlé et vérifié par plusieurs factures (facilité ; cout, nature du terrain) Mais le forage au rotary est la technique la plus utilisable dans le monde à cause de ces multiples avantages et le cout le moins chère.

Des nouvelles technologies relatives aux outils utilisés à la fabrication et l'utilisation des fluides de forage ont beaucoup évolué afin d'apporter des meilleures solutions aux problèmes rencontrés au cours de la réalisation d'un forage pour assurer une amélioration des opérations de ce dernier.

## *Chapitre II*

---

### *Présentation de l'entreprise d'accueil et de la zone d'étude*

## Introduction

Sonatrach (Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures) est la compagnie nationale algérienne d'hydrocarbures.

Fondée en 1963, elle est l'une des plus grandes entreprises pétrolières et gazières au monde et joue un rôle central dans l'économie de l'Algérie et aussi dans le marché énergétique global.

Elle vise à maximiser les revenus nationaux tout en assurant une exploitation durable et respectueuse de l'environnement

Le puits étudié est OML72BL situés à la région de Hassi messaoud wilaya d'Ouargla.

## I. Présentation de Sonatrach



### 1. Historique et contexte

- **Création** : Sonatrach a été créée en 1963, peu après l'indépendance de l'Algérie, avec pour objectif de prendre le contrôle des ressources pétrolières et gazières du pays, alors dominées par des entreprises étrangères.
- **Nationalisation** : En 1971, l'Algérie a nationalisé son industrie pétrolière et gazière, permettant à Sonatrach de devenir l'acteur principal dans ce secteur

### 2. Structure et organisation

- **Filiales et Divisions** : Sonatrach est organisée en plusieurs filiales et divisions spécialisées dans divers aspects des hydrocarbures, y compris l'exploration, la production, le raffinage, la pétrochimie, et la distribution.
- **Présence Internationale** : Outre ses opérations en Algérie, Sonatrach est présente dans plusieurs pays à travers des investissements et des partenariats internationaux, notamment en Afrique, en Europe, en Amérique latine, et au Moyen-Orient.

### 3. Activités principales

- **Exploration et Production** : Sonatrach explore et développe des gisements de pétrole et de gaz à travers l'Algérie. Elle utilise des technologies avancées pour maximiser la récupération des hydrocarbures.
- **Transport** : L'entreprise gère un vaste réseau de pipelines reliant les champs pétroliers et gaziers aux installations de traitement et aux ports d'exportation.
- **Raffinage et Pétrochimie** : Sonatrach possède plusieurs raffineries en Algérie et produit divers produits pétrochimiques, contribuant à la diversification industrielle du pays.
- **Gaz Naturel Liquéfié (GNL)** : L'Algérie est un des principaux exportateurs de GNL, et Sonatrach gère plusieurs installations de liquéfaction de gaz naturel pour le marché d'exportation.

### 4. Organigramme de la direction

- **Joint Ventures** : Sonatrach collabore avec des majors pétrolières mondiales telles que BP, TotalEnergies, Eni, et ExxonMobil dans le cadre de joint ventures pour développer des projets d'exploration et de production.
- **Technologie et Innovation** : Grâce à ces partenariats, Sonatrach bénéficie de transferts de technologies et d'expertise, ce qui renforce ses capacités techniques et opérationnelles.

### 5. Défis et Perspectives

- **Défis Économiques et Politiques** : L'entreprise fait face à des défis liés à la fluctuation des prix des hydrocarbures, aux tensions géopolitiques, et aux pressions pour diversifier l'économie algérienne.
- **Transition Énergétique** : Avec la montée des préoccupations mondiales concernant le changement climatique, Sonatrach explore des options pour investir dans les énergies renouvelables et réduire son empreinte carbone.
- **Réformes** : Le gouvernement algérien a entrepris plusieurs réformes pour améliorer la gouvernance et l'efficacité de Sonatrach, cherchant à attirer davantage d'investissements étrangers et à moderniser l'entreprise.

### 6. Impact Socio-Économique

- **Emploi et Développement** : Sonatrach est un employeur majeur en Algérie et contribue de manière significative au développement économique et social à travers ses projets communautaires et ses initiatives de développement durable.

- **Revenus Nationaux** : Les revenus générés par Sonatrach sont essentiels pour le budget national, financent des projets d'infrastructure, et soutiennent des programmes sociaux.

## II. Présentation de la zone de forage

### 1. Situation géographique

#### 1. Localisation

- **Region** : Hassi Messaoud est situé dans le sud-est de l'Algérie, dans la wilaya (province) d'Ouargla.
- **Latitude et Longitude** : Les coordonnées géographiques approximatives sont 31.7° de latitude nord et 6.1° de longitude est.
- **Desert du Sahara** : La ville se trouve au cœur du désert du Sahara, une des plus grandes et des plus arides régions du monde.



**Figure 13** : Localisation des puits

#### 2. Environnement

- **Climat** : La région de Hassi Messaoud est caractérisée par un climat désertique hyper-aride, avec des températures extrêmement élevées en été pouvant dépasser les 50°C, et des précipitations annuelles très faibles.
- **Topographie** : Le terrain est principalement plat et sablonneux, avec quelques formations rocheuses et des dunes de sable dispersées.

#### 3. Accès et infrastructure

- **Transport** : Hassi Messaoud est accessible par voie aérienne grâce à l'aéroport de Hassi

Messaoud (aussi connu sous le nom d'aéroport de Oued Irara - Krim Belkacem), et par route via plusieurs pistes et routes reliant la ville aux autres centres urbains de la région.

- **Installation** : La ville dispose de nombreuses infrastructures pétrolières, y compris des plateformes de forage, des installations de traitement et de stockage du pétrole, ainsi que des logements et des services pour les travailleurs de l'industrie pétrolière.



### 4. Coupe géologique de la zone de forage

La coupe géologique de forage représente les caractéristiques géologiques de puits en fonction de la profondeur

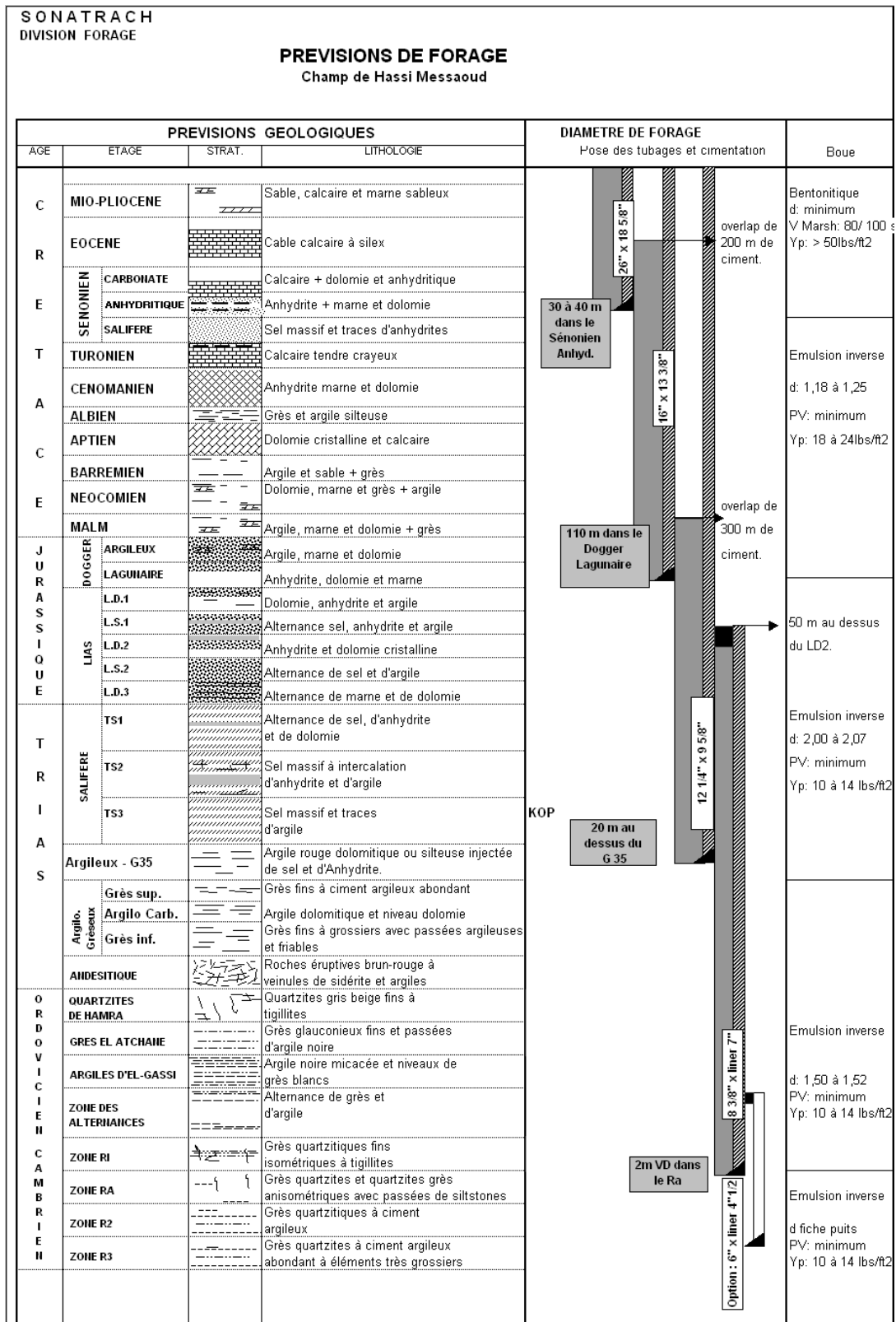


Figure 14 : Coupe Géologique de la zone de forage

## Conclusion

La première partie de ce chapitre a permis la définition de Sonatrach et la connaissance de ses fonctions et ses services.

Au cours de la deuxième partie, nous avons fait une présentation de la zone de forage en termes de conditions géographiques et géologiques.

---

# *Partie pratique*

---

## ***Chapitre III***

---

### ***Etude de cas : forage pétrolier de Hassi Messaoud***

## Introduction

Après l'étude détaillée de la zone de forage, qui comprenait plusieurs aspects, et après avoir parlé du technique rotary utilisé pour le forage de Hassi Messaoud, le processus de réalisation de forage a été lancé, c'est l'étape la plus difficile et la plus importante dans l'étude de la réalisation de forage pétrolier, car elle passe par plusieurs étapes.

Certaines étapes prennent beaucoup de temps, et d'autres étapes se déroulent avec une grande précision, donc les conditions de forage doivent être respectées, les étapes doivent être suivies et ne pas être confondues avec elles.

Dans ce chapitre, nous aborderons toutes les étapes forage de Hassi Messaoud depuis l'étape de préparation du chantier jusqu'à la le programme de forage, et chaque étape sera expliquée en détail.

## I. Phases de réalisation de forage pétrolier de Hassi Messaoud

La réalisation du forage pétrolier hassi Messaoud puits OML72BI est passée par plusieurs étapes importantes et lentes

### 1. Pré-creusement

Cette étape consiste de : préparation du chantier, construction de la plateforme, installation de l'appareil de forage, préparation de la boue.

#### 1.1. Préparation de chantier

La préparation d'un chantier de forage pétrolier est une phase cruciale qui nécessite une planification rigoureuse et une coordination méticuleuse. Voici les étapes clés de cette préparation :

##### 1.1.1. Études et planification

Dans cette étape on va faire l'évaluation géologique et géophysique qui inclut la réalisation de levés sismiques pour comprendre la structure géologique du sous-sol et l'analyse des données

pour identifier les zones potentielles de présence d'hydrocarbures. On est obligé à faire aussi des études d'impact environnemental comprennent l'identification des impacts potentiels sur l'environnement, l'élaboration de plans de gestion environnementale et la mise en œuvre de mesures de mitigation. Il faut aussi obtenir des permis nécessaire auprès des autorités compétentes et surtout respecter les réglementations locales, nationales et internationales.

### **1.1.2. Aménagement du site**

Le projet commence par le défrichage et le nivellement du site pour créer une zone stable et sécurisée, suivi de la construction de routes d'accès pour permettre l'acheminement des équipements et du personnel. Ensuite, les infrastructures sont installées, incluant l'établissement de la base de vie pour le personnel avec des logements et une cantine, ainsi que la construction de zones de stockage pour les matériaux et les équipements. La gestion des déchets est également primordiale, avec la mise en place de systèmes de gestion des déchets solides et liquides, ainsi que l'installation de dispositifs de prévention des fuites et des déversements.

### **1.1.3. Logistique et transport**

Dans cette étape on a le transport des équipements implique l'organisation du transport des équipements de forage, comme la tour de forage et les tuyaux, vers le site, ainsi que la coordination avec les transporteurs pour respecter les délais et minimiser les risques. Une fois les équipements et matériaux réceptionnés, ils sont stockés et un inventaire est géré pour s'assurer que tout le nécessaire est disponible sur site.

### **1.1.4. Sécurité et formation**

La sécurité du site est assurée par la mise en place de barrières de sécurité et de signalisation, ainsi que l'installation de systèmes d'alerte et de lutte contre les incendies. Parallèlement, le personnel reçoit une formation aux procédures de sécurité et d'urgence, et est sensibilisé aux pratiques environnementales et aux réglementations en vigueur.

## 1.2. Construction de la plateforme

### 1.2.1. Conception de la plateforme

La planification et l'ingénierie comprennent la conception de la plateforme en fonction des spécificités du site et des objectifs de forage, ainsi que l'élaboration des plans détaillés par des ingénieurs spécialisés. Le choix du type de plateforme dépend du contexte, avec une plateforme terrestre (land rig) pour les forages onshore et une plateforme offshore (jack-up, semi-submersible, navire de forage) pour les forages en mer.

### 1.2.2. Construction de la structure de base

La construction de la structure de base inclut la préparation du site de construction avec l'installation des fondations pour les plateformes terrestres, et pour les plateformes offshore, la mise en place des structures de support telles que les piles et les ancrages. Ensuite, l'assemblage de la structure se réalise par l'assemblage des éléments préfabriqués, ainsi que le soudage et le boulonnage des composants pour garantir la stabilité et la solidité de l'ensemble.

### 1.2.3. Installation des équipements de forage

L'installation des équipements de forage commence par l'érection de la tour de forage (derrick), la structure principale permettant de manipuler les tuyaux de forage, et sa sécurisation avec des haubans ou des supports appropriés. Ensuite, les systèmes de gestion des boues sont installés, comprenant des réservoirs, des pompes, et des systèmes de circulation des boues, ainsi que les équipements de traitement et de récupération des boues. Parallèlement, les tuyaux de forage, le trépan et les autres équipements nécessaires pour le forage sont mis en place, ainsi que les systèmes de levage et les treuils pour manipuler les tuyaux.

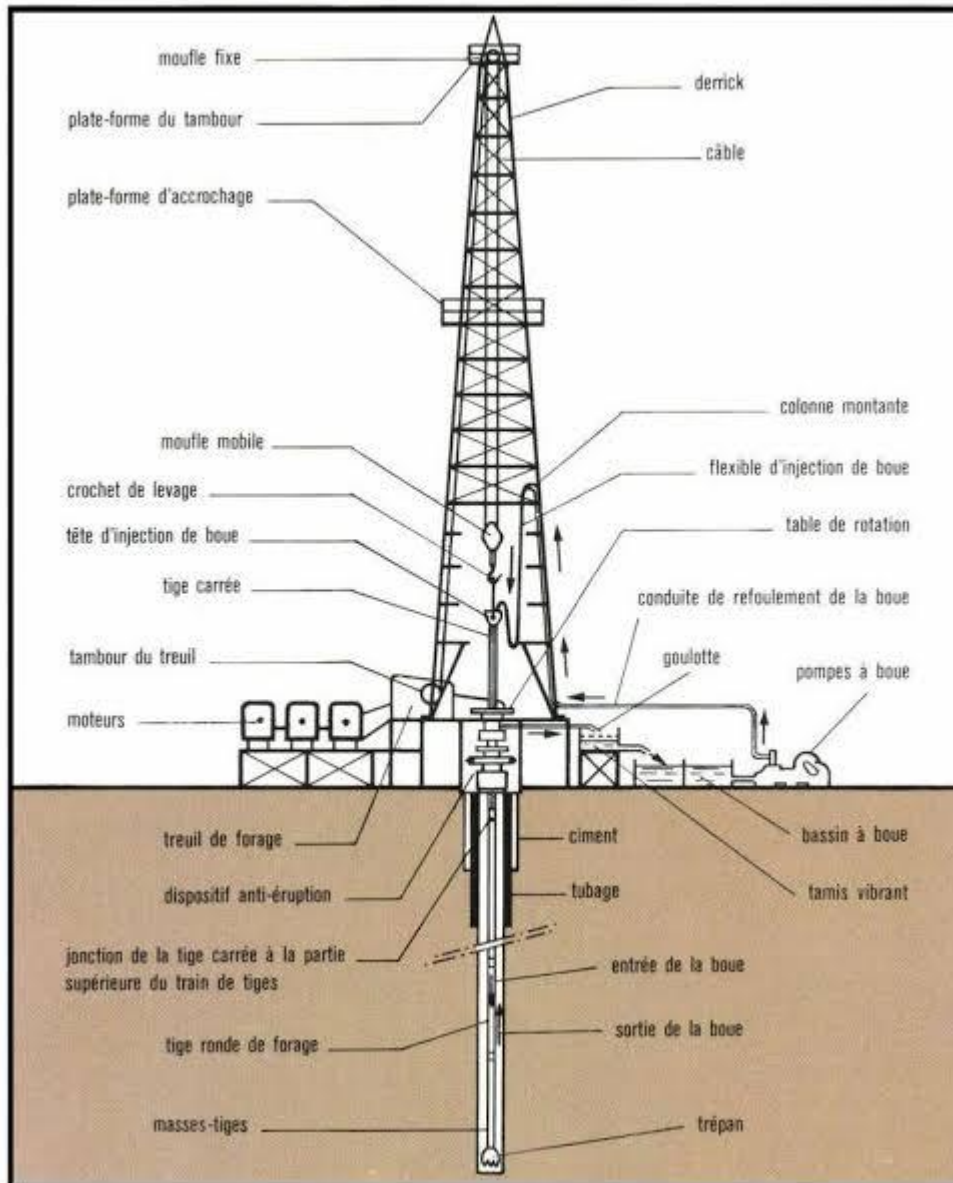


Figure 15 : Equipement de forage



### 1.3. L'appareil de forage

#### 1.3.1. Les composants de l'appareil

L'appareil de forage consiste de plusieurs composants :

- **Tour de forage (Derrick ou mât)**
- ✓ **Derrick** : Structure métallique haute qui soutient le bloc de couronne et permet la manipulation des tuyaux de forage. Typiquement utilisé pour des forages plus profonds.
- ✓ **Mât** : Structure plus légère que le derrick, souvent montée sur des appareils de forage mobiles pour des forages plus superficiels.



Figure 16 : Derrick

- **Système de levage**
- ✓ **Bloc de couronne et bloc de crochet** : Situés en haut de la tour de forage, ils guident et soutiennent les câbles utilisés pour lever et abaisser les tuyaux de forage.
- ✓ **Treuil (drawworks)** : Mécanisme motorisé qui enroule et déroule le câble de forage, contrôlant ainsi le mouvement vertical des équipements de forage.
- ✓ **Câble de forage** : Câble robuste en acier qui relie le treuil au bloc de couronne et au bloc de crochet.

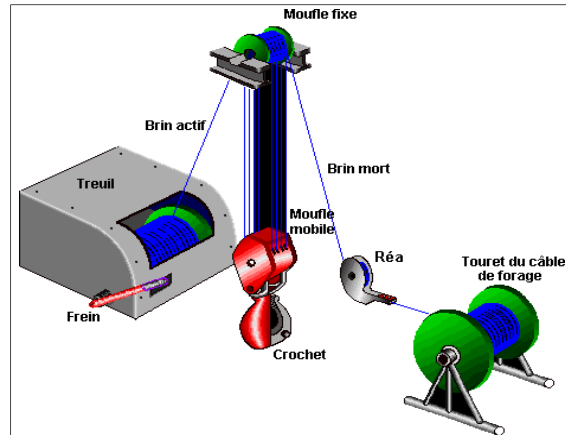


Figure 17 : Système de levage

- **Système de rotation**
- ✓ **Tête d'injection (top drive)** : Dispositif monté directement sur la tour de forage, il permet la rotation des tuyaux de forage et l'injection de boues de forage.
- ✓ **Table de rotation (rotary table)** : Alternative plus ancienne à la tête d'injection, elle est située à la base de la tour de forage et fait tourner la colonne de forage via un kelly.

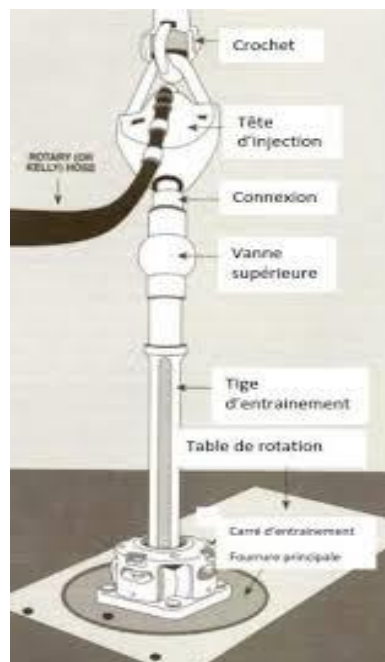


Figure 18 : Système de rotation

- **Colonne de forage**
- ✓ **Tuyaux de forage** : Tubes longs et robustes connectés les uns aux autres pour atteindre la profondeur souhaitée.

- ✓ **Trépan** : Outil de coupe à l'extrémité de la colonne de forage, conçu pour percer les formations géologiques.
- ✓ **Stabilisateurs et autres équipements de fond de trou (BHA)** : Incluent les stabilisateurs, les moteurs de fond de trou, et autres instruments pour maintenir la trajectoire et la stabilité du forage.
- **Système de circulation des boues**
  - ✓ **Pompes à boue** : Pompes puissantes qui injectent les boues de forage dans la colonne de forage pour lubrifier le trépan, transporter les déblais à la surface et stabiliser les parois du puits.
  - ✓ **Réservoirs de boue** : Stockent les boues de forage et permettent leur traitement pour enlever les déblais et les impuretés.
  - ✓ **Système de traitement des boues** : Comprend des shakers, des hydrocyclones et des centrifugeuses pour séparer les solides des liquides.
- **Système de contrôle de la pression**
  - ✓ **Preventeur de blowout (BOP)** : Dispositif de sécurité installé en haut du puits pour contrôler la pression et éviter les éruptions incontrôlées (blowouts).
  - ✓ **Manifold de forage (choke manifold)** : Ensemble de vannes et de tuyauteries permettant de réguler la pression et le débit des fluides de forage.

#### 1.4. Préparation de la boue

La préparation de la boue de forage pour un forage pétrolier est une étape essentielle qui permet d'assurer l'efficacité et la sécurité du forage. Voici une procédure détaillée pour la préparation de la boue de forage :

##### 1. Définition des besoins

La définition des besoins pour un forage pétrolier commence par une analyse détaillée des conditions du puits. Cela inclut la profondeur prévue du forage, les pressions et températures attendues, ainsi que les types de formations géologiques qui seront traversées. De plus, il est essentiel de prendre en compte la présence éventuelle de zones de pertes ou de formations réactives, afin d'adapter les équipements et les techniques de forage pour garantir la sécurité et l'efficacité des opérations.

## 2. Sélection de la base de la boue

La sélection de la base de boue pour un forage pétrolier est une étape cruciale qui influence directement la réussite et l'efficacité des opérations. Cette base de boue, également appelée fluide de forage, est choisie en fonction des caractéristiques spécifiques du puits et des formations géologiques rencontrées.

Types de bases :

- Base aqueuse : Utilise de l'eau (douce ou salée) comme composant principal. Adaptée pour la plupart des forages à faible coût.
- Base huileuse : Utilise du pétrole brut, du diesel ou des huiles minérales. Utilisée dans des conditions de forage difficiles ou pour des formations argileuses sensibles à l'eau.
- Base synthétique : Utilise des fluides synthétiques. Offrent des avantages en termes de performance et de réduction des impacts environnementaux.

## 3. Formulation de la boue

Pour formuler la boue de forage, plusieurs types d'additifs sont incorporés pour répondre aux besoins spécifiques du forage pétrolier, tels que :

- Viscosifiants : Ajoutés pour augmenter la viscosité de la boue et améliorer le transport des déblais (ex : bentonite, gomme xanthane).
- Densifiants : Utilisés pour ajuster la densité de la boue et équilibrer la pression de formation (ex : barytine, carbonate de calcium).
- Additifs spéciaux : Pour des fonctions spécifiques comme le contrôle du pH, la prévention de la corrosion, etc.

## 4. Mélange des composants

Pour le mélange des composants de la boue de forage, des procédures précises sont suivies afin d'assurer une formulation efficace et homogène. Un système de mélange est utilisé, qui peut comprendre des mélangeurs mécaniques ou des réservoirs de mélange, pour assurer une dispersion uniforme des additifs dans la base de boue. La séquence de mélange est également cruciale : les additifs sont ajoutés dans un ordre spécifique pour éviter les réactions indésirables et garantir l'efficacité de chaque composant. Cette approche méthodique assure que la boue de forage est formulée de manière optimale, répondant aux exigences spécifiques du forage et

assurant la sécurité et l'efficacité des opérations sur le site.

### **5. Contrôle des propriétés des boues**

Le contrôle des propriétés des boues de forage est crucial pour assurer leur performance optimale pendant les opérations. Cela comprend l'utilisation d'un densimètre pour ajuster la densité avec des densifiants ou de l'eau, d'un viscosimètre pour ajuster la viscosité avec des viscosifiants ou des diluants, et la mesure du pH avec un pH-mètre, suivie de l'ajustement avec des agents alcalins ou acides pour maintenir un pH optimal. Les propriétés rhéologiques, comme la gelée et la thixotropie, sont également mesurées pour garantir que les boues peuvent suspendre les déblais et se comporter correctement sous les conditions de forage. Ce contrôle précis assure que la boue de forage est constamment adaptée aux exigences du puits, maximisant ainsi l'efficacité et la sécurité des opérations de forage.

### **6. Tests et validation**

Les tests et validations des boues de forage sont essentiels pour garantir leur efficacité et leur sécurité tout au long des opérations. En laboratoire, des tests de contamination simulent les conditions du puits pour évaluer la réaction des boues avec les fluides de formation, tandis que des tests de stabilité thermique vérifient leur performance à différentes températures, notamment dans des environnements de forage profond. Sur le terrain, un monitoring continu des propriétés des boues est effectué pour ajuster les formulations en temps réel si nécessaire. De plus, une analyse des déblais de forage permet d'identifier tout signe de dysfonctionnement des boues ou de réactions indésirables avec la formation, assurant ainsi la fiabilité et l'efficacité du processus de forage.

### **7. Systèmes de circulation des boues**

Les systèmes de circulation des boues jouent un rôle crucial dans les opérations de forage, assurant un flux continu et efficace des boues de forage. Les pompes à boue sont soigneusement sélectionnées et calibrées pour correspondre au type de boues utilisé, avec un réglage précis du débit pour garantir une circulation efficace. La maintenance régulière des pompes est essentielle pour éviter les pannes et les interruptions du forage. Parallèlement, les réservoirs de stockage sont utilisés pour maintenir un approvisionnement constant en boues prêtes à l'emploi, tandis que les systèmes de traitement des boues, tels que les shakers, les hydrocyclones et les centrifugeuses, sont utilisés pour retirer les déblais et recycler les boues usées, assurant ainsi

l'efficacité et la durabilité des opérations de forage.

## 8. Gestion des déchets et des rejets

La gestion des déblais et des rejets vise à minimiser l'impact environnemental des activités de forage. Séparer efficacement les déblais de forage des boues réduit le volume de déchets, facilitant leur traitement conforme aux réglementations. La réhabilitation des boues usées permet leur réutilisation, diminuant la nécessité de produire de nouvelles boues. Pour minimiser les pertes de boues, on utilise des additifs et des techniques avancées, ce qui préserve les ressources et réduit l'impact environnemental.

La préparation et la gestion des boues de forage sont essentielles pour assurer la stabilité et la sécurité du puits de forage, tout en minimisant les impacts environnementaux.

## 2. Le Forage :

Après la préparation du chantier de forage, les étapes de réalisation d'un forage pétrolier comprennent plusieurs phases clés allant de la mise en place initiale des équipements à la complétion du puits. Voici une description détaillée de ces étapes :

### 2.1. Les étapes d'un forage

#### 1. Forage initial (Spud-in)

Le forage initial commence par le forage du trou de surface. Cette étape implique l'utilisation d'un trépan de grand diamètre, spécialement conçu pour créer un trou suffisamment large pour les opérations suivantes. Une fois le trou de surface foré, le premier tubage de surface est installé. Ce tubage est essentiel pour stabiliser le trou et protéger les formations superficielles contre tout effondrement ou infiltration de fluides.

Après l'installation du tubage de surface, l'étape suivante est le cimentage. Cela implique l'injection de ciment autour du tubage de surface pour assurer une isolation complète des formations superficielles. Ce processus de cimentation crée une base stable, permettant de poursuivre le forage à des profondeurs plus importantes en toute sécurité. Le cimentage garantit également que les formations superficielles restent protégées et isolées, prévenant ainsi toute contamination croisée entre différentes couches géologiques.

## **2. Forage de la section intermédiaire**

Le forage initial commence par le forage du trou de surface. Cette étape implique l'utilisation d'un trépan de grand diamètre, spécialement conçu pour créer un trou suffisamment large pour les opérations suivantes. Une fois le trou de surface foré, le premier tubage de surface est installé. Ce tubage est essentiel pour stabiliser le trou et protéger les formations superficielles contre tout effondrement ou infiltration de fluides.

## **3. Forage de la section de production**

Le forage de la section de production implique de forer jusqu'à la profondeur cible en utilisant des trépan et des stabilisateurs adaptés aux formations géologiques profondes. Durant cette phase, une surveillance accrue des paramètres de forage est essentielle. Les équipes ajustent les boues en conséquence pour garantir la stabilité du puits et optimiser l'efficacité du forage.

Une fois la profondeur cible atteinte, le tubage de production est installé. Ce tubage final permet l'extraction des hydrocarbures. La cimentation de ce tubage est ensuite réalisée pour assurer une isolation adéquate des formations traversées. Une fois le tubage en place, la tête de puits et l'arbre de Noël sont installés pour contrôler et réguler la production de pétrole. Enfin, des systèmes de séparation sont mis en place pour traiter les hydrocarbures produits, permettant de séparer efficacement les liquides des gaz. Ces équipements garantissent une production sûre et efficace, tout en protégeant l'intégrité du puits.

## **4. Tests de production**

Les tests de débit sont essentiels pour évaluer la productivité du puits. Cette étape implique la mesure des débits de pétrole, de gaz et d'eau afin de déterminer la quantité et le taux de production des hydrocarbures. L'analyse des échantillons de fluides permet de comprendre la composition et la qualité des hydrocarbures produits, fournissant des informations précieuses sur la performance du puits.

Suite aux tests, des ajustements sont souvent nécessaires pour optimiser les paramètres de production. Ces ajustements visent à maximiser l'efficacité et la sécurité de l'exploitation du puits. En adaptant les conditions de production, on peut améliorer le rendement et garantir une exploitation durable et sécurisée des ressources.

### **5. Mise en production**

La mise en production commence par la connexion du puits au réseau de pipelines, permettant le transport des hydrocarbures vers les installations de traitement. Une fois cette connexion établie, les systèmes de production sont mis en service, marquant le début des opérations de production. Durant cette phase, une surveillance continue des performances est essentielle pour garantir une production efficace et sécurisée, ainsi que pour détecter et résoudre rapidement tout problème éventuel.

### **6. Maintenance et surveillance continue**

La maintenance et la surveillance continue sont cruciales pour le bon fonctionnement des opérations de production. La maintenance préventive comprend des inspections régulières des équipements de surface et des systèmes de contrôle afin de prévenir les pannes et d'assurer une performance optimale. Cela inclut l'entretien régulier des systèmes de levage, des pompes à boue, des arbres de Noël, et autres équipements critiques.

Parallèlement, la surveillance en temps réel des paramètres de production, tels que la pression, la température et les débits, permet de détecter rapidement tout écart ou anomalie. Une gestion efficace des incidents est essentielle, impliquant une réponse rapide aux problèmes et la mise en œuvre de plans d'urgence pour garantir la sécurité et la continuité des opérations. Cette approche proactive permet de maintenir une production stable et sécurisée tout en minimisant les risques.

Ces étapes, de la mise en place initiale des équipements à la mise en production et à la maintenance continue, sont essentielles pour assurer le succès et la sécurité des opérations de forage pétrolier. La coordination étroite entre les différentes équipes et l'utilisation de technologies avancées sont cruciales pour gérer les défis techniques et environnementaux



associés au forage pétrolier.

## 2.2. Programmes de forage finale plus problèmes rencontrés et solution proposer.

Le programme de forage est un programme utilisé pour un ou plusieurs puits dans une région et temps spécifique. Il contient plusieurs informations essentielles concernant les équipements utilisés et les paramètres de boue et de cimentation nécessaire pour compléter le forage d'une manière sécurisé et la plus rapide possible.

### 2.2.1. Sélection de rig : Le rig TPP222 est sélectionné pour forer le puits OML72BI

EQUIPMENT	MANUFACTURE DE PRODUCTION	TYPE	CAPACITE
Mat	KERUI GROUP -CHINA	JJ585/47.5-K	580 T
Ouvrage de tirage	KERUI GROUP -CHINA	JC70D	2000HP
Pump de boue	BOMCO -CHINA	F-1600L	2 X 1600 HP
Puissance de Rig	CATERPILLAR	3512B	1288KVA
Top Drive	CANRIG	1250AC-681	500 T
Shale Shakers	DERRICK	FLC-514	-
Mud Cleaner	DERRICK	FLC-514	3200 LPM
Réservoirs	-	-	>480 m3

**Tableau 1 :** Equipement utilisé pour le rig

**Interprétation du tableau :** le tableau ci-dessus représente les équipements de forage utiliser dans le rig(plateforme de forage) du puits OML72BI qui contient tout du mat, des ouvrages de tirage, des pompes a boue, etc.

### 2.2.2. Programme de tubage :

Le programme de tubage d'un forage pétrolier est une étape cruciale qui consiste à planifier et installer différentes sections de tubage (casing) pour stabiliser le puits, prévenir les effondrements et isoler les différentes formations géologiques traverses.

TROU / TUBAGE TAILLE	PROFONDEUR DE PRISE PREVU, TVD	POIDS (lb/ft)	GRADE	CRITERES DE REGLAGE DE LA PROFONDEUR DU BOITIER
Surfac e 18 5/8in	517 m	87.50	K55, BTC	40 m dans le Sénonien Anhydritique pour couvrir les formations supérieures
Intermediate 13 3/8in	2306 m	68.00	N80, BTC	110 m dans Dogger Lagunaire – avant d'entrer dans les formations salées
Production 9 5/8in	Surface to 1500 m	47.00	P110, BTC	10m au dessus de G35-Trias Argileux. La chaîne couvrira la formation LD2 et les schistes plastiques TS2 et les couches de sel des Lias S1, S2 et S3.
	1500 m to 3274 m	53.50	P110, BTC	
Production (Liner) 7in	3363 m to 3263 m 3263 m to 2537m	32.00 29.00	P110, N.VAM	Sommet du paquebot 50m au-dessus du sabot LD2 au sommet du Cambrien.

**Tableau 2 :** Programme de tubage

**Interprétation du tableau :** Le tableau ci-dessus représente les masses tiges utiliser dans chaque phase de forage, comme on peut voir le type de tiges change avec la profondeur forer, plus on descend, moins les tiges de forage que nous utilisons pèsent et plus le matériau que nous utilisons est dur.

#### Problème rencontré lors de cette étape :

##### ➤ Corrosion de tubage

**Problème :** L'exposition à des environnements corrosifs peut endommager le tubage, réduisant sa durabilité et sa fiabilité.

**Solutions :**

- Utiliser des matériaux résistants à la corrosion pour le tubage.
- Appliquer des revêtements anticorrosion sur le tubage.
- Mettre en place des systèmes de protection cathodique pour prolonger la durée de vie du tubage.

**2.2.3. Programme de cimentation**

Le programme de cimentation dans le cadre d'un forage pétrolier est un plan détaillé qui définit comment et quand le ciment sera utilisé pour sceller l'espace annulaire entre le tubage et les parois du puits. Cela est crucial pour assurer l'intégrité du puits, la protection des formations géologiques et la sécurité globale des opérations

TAILLE TUBAGE	HAUT DE QUEUE	HAUT DE TETE	EXCEDENT PREVU	COMMENTAIRES
18 5/8in	517m	Surface	50 % Xs Sur le plomb slurry, 35% Xs Sur la queue	Top job sera probablement nécessaire après un travail de ciment
13 3/8in	1459m	317 m	25% Xs Sur le plomb, 15% Xs Sur la queue	Haut de la queue au sommet de formation barrémienne
9 5/8in		2106 m	25 % Xs sur le volume théorique si on n'a pas de pied à coulisse	Single slurry – Top 200m au-dessus de la chaîne de boîtier précédente
7in		2537m	75 % Xs	Single Slurry - Top est 50m au-dessus topLD2

**Tableau 3 :** Programme de cimentation

**Interprétation du tableau :** Le tableau ci-dessus représente les différentes profondeurs auxquelles la cimentation a été réalisée, on trouve que n'y a pas une cimentation sur la phase 26", la majorité de la cimentation des tubes ce fait sur le haut du tête et le haut de queue (une double cimentation) sauf la colonne 9" 5/8 et la colonne 7" on a une seule cimentation.

**Problème rencontré lors de cette étape :**

➤ **Durcissement prématuré du ciment**

**Problème :** Le ciment peut durcir trop rapidement, rendant difficile son pompage complet dans l'annulaire du puits.

**Solutions :**

- Utiliser des retardateurs de prise dans la formulation du ciment pour contrôler le temps de durcissement.
- Adapter la température et la pression de pompage pour prolonger le temps de travail du ciment.

#### 2.2.4. Le programme bits

Le programme des trépan (bits) dans un forage pétrolier est essentiel pour optimiser l'opération de forage. Il implique la sélection, l'utilisation et la gestion des trépan pour maximiser la vitesse de pénétration (ROP- Rate Of Penetration) minimiser les couts de forage et garantir la sécurité et l'efficacité du processus.

**Le choix de trépan :** le choix de trépan ce fait en fonction des conditions géologiques. Il existe plusieurs forme de trépan on site quelques-unes :

1. Trépan tricônes : Utilisés pour une large gamme de formations, particulièrement efficaces dans les formations douces à moyennement dures.



**Figure 19 :** Trépan Tricône



2. Trépans PDC (Polycrystalline Diamond Compact) : Utilisés pour les formations homogènes et dures, offrant une haute ROP et une durabilité élevée.

**Figure 20** : Trépan PDC

3. Trépans à diamants naturels : Utilisés pour les formations extrêmement dures et abrasives.



**Figure 21** : Trépan a diamants naturels

TAILLE DE TROU	PRIMAIRE	LE SECOUR
PHASE 26"	<u>TCI-RR</u> ER14JMS (IADC 435) (Varel) X 01	<u>TCI - RR</u> : ER24JMS (IADC 515) X 01
PHASE 16"	<u>PDC-New</u> : FX96R (DBS) X 01	<u>PDC RR</u> :: FX96R (DBS) X 01
PHASE 12 1/4"	<u>PDC NEW</u> : SPA619 (ALDIM) X 01	<u>PDC RR</u> : Good PDC available
PHASE 8 1/2"	<u>PDC RR</u> : VTD813DGX (VAREL) X 01	<u>PDC RR</u> : FX84i (DBS) X 01 <u>PDC RR</u> : Good PDC available

PHASE 6"	<u>IMPREG BIT NEW</u> HHD372G8 X01 (backer )	<u>PDC-RR</u> : Good PDC available for drill out. <u>IMPREG BIT RR</u> HHD372G8 X01
3''3/4 Clean out	<u>PDC RR:</u> FX63 or FX54 (DBS) X 01	<u>None</u>

Tableau 4 : Programme des bits

**Interprétation du tableau :** Ce tableau représente les trépan utilisés au cour de forage de chaque phase on remarque que on a toujours un trépan de secours car l'usure rapide des trépan et un problème très commun.

### 2.2.5. Le programme de logging

Un programme de logging dans le cadre d'un forage pétrolier est essentiel pour collecter des données détaillées sur les formations géologiques traversées par le puits. Ces données sont cruciales pour évaluer le potentiel de production, optimiser les opérations de forage et assurer la sécurité.

#### Types de logging :

- Logs de forage (Drilling Logs) : Données collectées pendant le forage, comme la vitesse de pénétration (ROP), le poids sur le trépan (WOB), le couple, etc.
- Logs de formation (Formation Logs) : Collectés à l'aide de sondes spécifiques descendues dans le puits.
- Logs électriques : Mesurent la résistivité des formations pour identifier les zones contenant des hydrocarbures.
- Logs de neutron et de densité : Évaluent la porosité des formations.
- Logs acoustiques : Mesurent la vitesse des ondes acoustiques pour déterminer la compacité des formations et identifier les fractures.
- Logs gamma-ray : Mesurent la radioactivité naturelle pour différencier les types de roches.
- Logs de production : Évaluent la capacité de production des zones identifiées comme contenant des hydrocarbures.

## Phases du Programme de Logging:

### a. Planification

Pour mener à bien une stratégie de logging efficace, il est crucial de commencer par une évaluation rigoureuse des objectifs. Il s'agit de déterminer les buts spécifiques du logging en fonction des besoins du projet. Cette étape permet de clarifier les raisons pour lesquelles les logs sont nécessaires, qu'il s'agisse de déboguer des problèmes, de surveiller les performances, ou de respecter des exigences de conformité. Une fois ces objectifs bien définis, il est temps de procéder à la sélection des outils. Ce choix dépendra des formations à traverser et des types de données requises. Il existe une variété d'outils et de techniques de logging, allant des solutions open source aux systèmes commerciaux, chacun ayant ses propres avantages et inconvénients en fonction des contextes spécifiques. Enfin, la planification de la séquence des logs est essentielle pour assurer une collecte de données structurée et efficace. Cela implique de définir clairement l'ordre dans lequel les logs seront effectués, en prenant en compte les priorités du projet et les interactions potentielles entre différents composants du système. Une planification minutieuse garantit que les logs sont générés de manière cohérente et exploitable, facilitant ainsi l'analyse et la prise de décision ultérieure.

### b. Préparation

La calibration des outils est une étape essentielle pour garantir que tous les dispositifs de logging fonctionnent correctement. Cela implique de vérifier et d'ajuster les instruments pour s'assurer qu'ils fournissent des mesures précises et fiables, ce qui est crucial pour la collecte de données exactes et pour éviter les erreurs compromettant l'intégrité du projet. Parallèlement, la préparation du puits est fondamentale avant de commencer le logging. Il est impératif de s'assurer que le puits est en bon état, ce qui inclut la stabilisation du trou et l'élimination des débris. Une préparation adéquate du puits permet de créer des conditions optimales pour les opérations de logging, minimisant les risques de complications et garantissant une collecte de données fluide et efficace.

### c. Exécution

La collecte des données commence par la descente des sondes de logging dans le puits, une

étape cruciale pour obtenir des informations précises sur les formations souterraines. Ces sondes sont conçues pour mesurer diverses propriétés du sous-sol, fournissant ainsi des données essentielles pour l'analyse et la prise de décisions. Simultanément, la surveillance en temps réel joue un rôle vital en permettant de suivre et d'enregistrer les données à mesure qu'elles sont collectées. Cette surveillance continue est essentielle pour détecter et corriger rapidement tout problème qui pourrait survenir, assurant ainsi que le processus de logging se déroule sans interruption et que les données recueillies sont de la plus haute qualité.

#### **d. Analyse et Interprétation**

Le traitement des données constitue une étape clé après la collecte initiale, consistant en l'analyse minutieuse des informations recueillies pour produire des logs interprétables. Ce processus transforme les données brutes en formats compréhensibles, permettant une lecture et une interprétation précises des résultats. Une fois les données traitées, l'interprétation géologique peut commencer. Cette étape utilise les logs pour examiner les caractéristiques des formations souterraines et identifier les zones présentant un potentiel productif. L'interprétation géologique est essentielle pour comprendre la composition, la structure et la distribution des formations, fournissant des insights cruciaux pour l'exploration et l'exploitation des ressources naturelles.

#### **e. Reporting**

La préparation de rapports détaillés sur les résultats des logs inclut non seulement l'analyse approfondie des données collectées, mais aussi l'interprétation de ces résultats et la formulation de recommandations pertinentes. Ces rapports visent à fournir des insights clairs et actionnables aux parties prenantes, en identifiant les tendances, les anomalies et les opportunités d'amélioration. Parallèlement, l'archivage des données joue un rôle crucial en assurant le stockage sécurisé des informations pour une utilisation future. Ce processus garantit également la conformité aux réglementations en vigueur, protégeant ainsi l'intégrité et la confidentialité des données tout en facilitant leur accès et leur récupération lorsque nécessaire.



HOLE SIZE	PLANIFICATEUR DE LOGGING	LIVRAISON	INTERVALE
26 in	<i>NO LOGGING REQUIRED</i>		
16 in	Gamma Ray /Sonic / Densité	WIRELINE	ALL 16 in OPEN HOLE
12.25 in	Gamma Ray /Sonic / Densité	WIRELINE	FROM 13 3/8in CASING SHOE TO TD.
	Gamma Ray/Caliper, CBL/VDL	WIRELINE	RUN OVER 13 3/8in CASING TO TOC
8.5 in	Gamma Ray /Sonic / Densité	WIRELINE	FROM 9 5/8in CASING SHOE TO TD
	Gamma Ray/Caliper, CBL/VDL	WIRELINE	RUN OVER 9 5/8in CASING TO TOC
6 in	Gamma Ray /Neutron / Résistivité / Densité / Sonic	WIRELINE	FROM 7in CASING SHOE TO TD
	Gamma Ray/Caliper, CBL/VDL	WIRELINE	RUN OVER 7in CASING TO TOC

**Tableau 5 :** Le programme logging

**Interprétation du tableau :** Ce tableau représente le programme de logging utilisé dans chaque phase, le planificateur de logging (type de logging) change selon notre objectif et les coefficients de sécurité qu'on veut vérifier.

#### 2.2.6. Programme de boue :

Le programme de boue de forage est un élément crucial dans la planification et l'exécution des opérations de forage pétrolier. La boue de forage, aussi connue sous le nom de fluide de forage, joue plusieurs rôles essentiels, notamment le contrôle de la pression du puits, la lubrification et le refroidissement du trépan, la stabilisation du puits et le transport des débris de forage (cuttings) à la surface.

### 1. Objectifs du Programme de Boue

Le programme de boue de forage vise à atteindre plusieurs objectifs essentiels pour assurer le succès des opérations de forage pétrolier. Il assure le contrôle de la pression du puits pour éviter les blowouts et les effondrements, transporte les débris à la surface pour maintenir la propreté du trou de forage, stabilise les parois du puits pour prévenir les effondrements, et réduit l'usure des trépans et des équipements grâce à la lubrification et au refroidissement. Enfin, il isole les formations pour empêcher la migration des fluides entre différentes couches géologiques, assurant ainsi des opérations de forage efficaces et sécurisées.

## 2. Types de Boues de Forage

- Boues à base d'eau (WBM) : Composées principalement d'eau avec divers additifs pour contrôler les propriétés de la boue.
- Boues à base d'huile (OBM) : Utilisent une huile de base comme fluide principal, offrant une meilleure lubrification et une stabilité thermique supérieure.
- Boues synthétiques (SBM) : Similaires aux boues à base d'huile, mais utilisant des fluides de base synthétiques pour des performances améliorées et un impact environnemental réduit.

## 3. Composants de la Boue de Forage

- Phase liquide : Eau, huile ou fluides synthétiques.
- Agents de pondération : Barite, hématite ou autres matériaux denses pour contrôler la densité de la boue.
- Viscosifiants : Bentonite ou polymères pour augmenter la viscosité et améliorer la capacité de transport des débris.
- Inhibiteurs de schiste : KCl, polymères ou glycol pour stabiliser les formations argileuses et prévenir leur gonflement.
- Lubrifiants : Additifs pour réduire la friction et l'usure des équipements de forage.
- Agents de contrôle des pertes de circulation : Matériaux particuliers pour colmater les formations perméables et prévenir les pertes de boue.

## 4. Planification du Programme de Boue

### a. Évaluation des Conditions du Puits:

L'analyse géologique consiste à étudier les formations géologiques, en examinant leurs caractéristiques et en anticipant les défis potentiels que ces formations peuvent poser. Par exemple, certaines zones peuvent présenter des pressions élevées ou des formations argileuses qui compliquent les opérations de forage. En parallèle, l'évaluation des risques est cruciale pour identifier les dangers associés au forage, tels que les blowouts, les effondrements de puits, ou les pertes de circulation. Cette double approche permet de mieux préparer et sécuriser les

opérations de forage, en anticipant les problèmes et en mettant en place des mesures préventives appropriées.

### b. Sélection de la Boue:

Le choix du type de boue, qu'il s'agisse de boue à base d'eau (WBM), de boue à base d'huile (OBM) ou de boue synthétique (SBM), dépend des conditions géologiques et des objectifs spécifiques du forage. Une fois le type de boue sélectionné, la formulation de celle-ci doit être déterminée avec précision. Cela inclut la composition spécifique des phases liquide et solide, ainsi que les additifs nécessaires pour optimiser les performances de la boue. Cette formulation est essentielle pour garantir la stabilité du puits, contrôler la pression, et prévenir les problèmes tels que les pertes de circulation ou les effondrements de puits.

### c. Plan de Gestion

Lors du forage, il est essentiel de mettre en place des systèmes de surveillance pour suivre en temps réel les propriétés de la boue, permettant de détecter rapidement tout changement et d'ajuster la formulation en fonction des conditions géologiques et des défis rencontrés. Parallèlement, une gestion efficace des déchets est cruciale, impliquant la planification de l'élimination ou du traitement des boues usées et des cuttings selon les réglementations environnementales en vigueur, pour minimiser l'impact environnemental et assurer la conformité réglementaire tout en optimisant l'efficacité opérationnelle.

Propriétés des intervalles	26"	16 "	12 ¼"	8 ½ "	6"
Système de boue de forage	WBM	OBM	OBM	OBM	OBM
Poids de boue(SG)	1.05	1.25	2.04 - 2,05 avant LD2	1.45	As per DP
YP (Lbs/100 ft2)	40 - 60	18 - 24	10-14	10-12	12
HPHT FL ML	AP 20 at TD	<10	<10	<10	<4
Stabilité électrique		> 600	> 1000	>1000	>1000
Huile / Eau Ratio		70/30-85/15	85/15-90/10	90/10	95/5

LGS (% v/v)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 3
Analyse hydraulique en 3 points différents d'yp	Requis	Requis	Requis	Requis	Requis
AV Pump Rate	3500	3000	2000	1300	800

**Tableau 6 :** Le programme de boue

**Interprétation du tableau :** Le tableau ci-dessus représente le programme de boue ou on trouve les différents paramètres de boue utilisé dans chaque phase, comme le poids (densité de la boue) qui change selon les caractéristique géologique de la phase forer, le système de boue de forage (la base de boue) ou on remarque que la seule phase ou on utilise une boue à la base de l'eau est la phase 26", les caractéristiques de la boue sont changés par l'ajout des viscosifiants, lubrifiants....etc.

2.2.7. Puits summary :

Le résumé de puits (puits summary) est un résumé qui représente les différents paramètres étudié précédemment en parallèle avec la situation géologiques des phases traversé représenter par une figure

STRATIGRAPHIE		Tops m.	Description	HAZARDS	Casing Phases TVD	Mud Prog	Logging	
SYS	SERIES							
TERTIARY	MIO-PLIOCENE	0	Sand, limestone, clay	Partial or Total losses	26in-18 5/8in @ 517m	1.05 SG WBMI	No Logging	
	EOCENE	252	Sand and limestone					
CRETACEOUS	SENONIEN	Carbonaté	Limestone, dolomite, anhydrite	Stuck and overpull in Sénonien Salifère and Turonien	16" in-13 3/8in @ 2306m	1.25 SG OBMI	GR - SONIC - DENSITY - CALIPER - CBL - YDL	
		Anhydritique	Anhydrite, marne, dolomite					
		Salifère	Salt					
	TURONIEN	849	Chalky Limestone with Shale thin layers					
	CENOMANIEN	929	Anhydrite, marne, dolomite					
	ALBIEN	1 109	Sandstone w/Claystone Alternating					
	APTIEN	1 434	Dolomite					
	BARREMIEN	1 459	Sand & Sandstone					
	NEOCOMIEN	1 676	Dolomite					
	JURASSIC	MALM	1 852					Clay, Sandstone w/Traces of Anhydrite
DOGGER ARGILEUX		2 095	Shale, Anhydrite, Dolomite w/fine passages of Sandstone					
LAGUNAIRE		L.D. 1	2 425	Dolomite & Anhydrite				
		L.S.1	2 499	Salt & Anhydrite				
		L.D. 2	2 587	Dolomite				
		L.S.2	2 638	Salt				
L.D. 3	2 709	Dolomite						
TRIAS	TS1	2 744	Anhydrite & Dolomite	TOTAL OR PARTIAL LOSS IF CSG POINT MISSED	12,25in-9 5/8in @ 3274m	1.45 SG OBMI	GR - SONIC - DENSITY - CALIPER - CBL - YDL	
	TS2	2 796	Salt & Anhydrite					
	TS3	2 973	Salt with thin layers of shale					
	G10	3 177	Shale					
	G20	3 237						
	Trias Arg G35	3 284	Shale w/ sandstone & dolomite					
	ARGILO GRESEUX & CARBONATE (G50)							
	Andesitique		volcanic rocks					
ORDOVICIEN	Argiles d'el Gassi	érodé	black shale	KICK IF MW LOW LOSSES IF MW HIGH DIFFERENTIAL STUCK IF MW HIGH	8 1/2 in-7in at 3363m	OBMI	GR - DENSITY - NEUTRON - SONIC PRES - RESISTIVITY	
	zone des alternance	érodé	alternance sanstone					
	Réservoir R1 (D5)	érodé	Quartzitic Sandstone					
CAMBRIAN	Réservoir Ra (D1)	3 360	Quartzitic Sandstone	KICK IF MW LOW LOSSES IF MW HIGH DIFFERENTIAL STUCK IF MW HIGH	TVD at 3433 m MD @ 3433m	To be confirmed by DP	GR - DENSITY - NEUTRON - SONIC PRES - RESISTIVITY	
	Réservoir R2	3 393						
	R3							
	infracambrien							
	Well TD	3 433						
OWC (SW 65%)	3 453	pg=170-180 kg/cm2						

Figure 22 : Well summary

## Conclusion

Pour réaliser un forage avec un bon cahier de charges, les étapes doivent être suivies et respectés, étape par étape. Certaines étapes prennent beaucoup de temps et ils sont très sensibles côté réalisation il faut donc être prudent et concentré lors du travail.

Au sein de ce chapitre, nous avons fait un suivi de toutes les étapes de la réalisation de forage OML72BI commençant par la phase de préparation du chantier jusqu'à le programme de forage finale.

---

# *Conclusion générale*

---

## Conclusion générale

En conclusion, mon stage au sein de la division forage de Sonatrach s'est révélé être une expérience extrêmement enrichissante et formatrice, à la fois sur les plans professionnel et personnel. Dès le début, j'ai été intégré dans une équipe de professionnels hautement qualifiés et passionnés, ce qui m'a permis de me familiariser rapidement avec les procédures et les technologies de pointe utilisées dans l'industrie pétrolière.

Au cours de ce stage, j'ai eu l'opportunité de développer des compétences techniques spécifiques au forage pétrolier, telles que la manipulation des équipements de forage sur un pilote, l'analyse des données géologiques et la mise en œuvre des mesures de sécurité essentielles pour prévenir les incidents. Ces compétences pratiques ont été renforcées par des sessions de formation théorique, couvrant des sujets variés allant des principes de base du forage à la gestion des risques et à la protection de l'environnement.

Le forage suivis OML72BI était déjà réalisé, également tous les données des tableaux sont pré-calculé et on n'a pas assez de données pour les refaire car les calculs étaient fait par la division de forage de Sonatrach principale à Alger.

Les données extraits du ce puits sont tous représenter par des tableaux, commencent par les équipements de rig jusqu'à les paramètres de boue utiliser en cours de forage de ce puits OML72BI

En résumé, ce stage m'a offert une occasion unique de mettre en pratique mes connaissances académiques, tout en développant des compétences essentielles pour ma future carrière. Il a également consolidé ma motivation à poursuivre une carrière dans le domaine de forage, avec une approche centrée sur l'innovation, la sécurité et la durabilité. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toute l'équipe de Sonatrach pour leur accueil chaleureux, leur encadrement et leur soutien tout au long de cette expérience. Leur professionnalisme et leur dévouement ont grandement contribué à faire de ce stage une étape mémorable de mon parcours professionnel.



---

# *Références Bibliographiques*

---

## Références Bibliographiques

- [01] : **Livre forage technique et procédés.** MEHDI METAICHE Maitre de Conférences-Université de Bouira. Octobre 2013.
- [02] : **Diagraphies et géophysique de forage.** RICHARD LAGABRIELLE 1996.
- [03] : **Article scientifique sur les techniques des forages, sur**<https://sigessn.brgm.fr> Bureau de Recherches Géologique et géophysiques
- [04] : **Pratique du forage d'eau.** ROBERT LAUGA 1990.
- [05] : **KHODJA MOHAMED** Ingénieur en Génie des procédés chimiques à l'Université des sciences et de Technologie Houari Boumediene d'Alger – Algérie. Les fluides de forage : étude des performances et considérations environnementales Master géosciences environnement et risque, université louis pasteur Strasbourg - France 15 février 2008.
- [06] : **Les méthodes de forage.** GILLES BRESSON.
- [07] : **Forage : guide pratique.** ALBERT MABILLOT 1986.
- Tous autres documents sont fournis par Sonatrach.**