

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté des sciences appliquées
Département de Génie Civil et Hydraulique

Filière Option : Forage d'eau

Mémoire Fin d'étude pour l'obtention du diplôme
de
Master Professionnel

Thème

**Suivi technique de la réalisation d'un forage
profond (albien-barrémien) situé au niveau de la
zone D'El Gueddachi Commune d'El Hadjira
(Wilaya de Touggourt)**

Présenté par :

BETTEKA Mohamed
LOUZI Marwane

Soumis ou le jury composé de :

Mme. MANSOURI.Z	MAA	Univ. Ouargla	Président
Mr. DJEBARI. H	MAA	Univ. Ouargla	Examineur
Mr. BEN HAMIDA.S	Ingénieur	ANRH.Ouargla	Encadreur
Mr. BENGUEGA.M	Ingénieur	ANRH.Touggourt	Co-Encadreur

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions :

Notre Dieu qui nous a donné force et courage afin d'achever notre travail.

Nous voudrions remercier ***M.BEN HAMIDASLIMANE*** qui a fourni des efforts énormes, à travers informations, conseils et encouragements.

Nous tenons également à remercier les

membres du jury :

MANSOURI ZINA

DJEBARI HACENE

pour l'honneur qu'ils nous ont fait

en acceptant de siéger à notre jury.

Nos sincères remerciements à ***M. BENGUEGA SALAH,*** qui a sacrifié son temps pour nous.

À tous les professeurs du département de génie

Civil et Hydraulique.

pour tous ceux qui étaient dans un moment ou tous Une partie de ce travail.

Nos plus sincères remerciements à tous ceux

qui de près ou de loin ont contribué à

attendre le mémoire.

Dédicace

Ce modeste travail est dédié à :

-Deux personnes exceptionnelles ma mère

Et mon père, qui m'ont entouré par

Leurs Soutien et encouragement.

- Mes frères.

-Mes amis.

-A mon binôme.

A tous mes camarades de classe.

-A tout qui m'ont aidé à réaliser ce travail surtout :

Personnel de la Direction de A.N.R.H.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère Mère et mon très cher Père et

A toutes ma famille.

A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je

Réussisse dans mes études

A ceux qui ont veillé pour mon bien être

A ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus

Difficiles de ma vie

A ceux que j'aime et je respecte infiniment

Le jour est venu pour leur dire Merci...

A tous mes amis qui ont toujours été présents et

Qui n'ont ménagé aucun effort pour

Me bénéficier avec leur aide et

Leurs suggestions

MARWANE

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Introduction Générale	2
Chapitre I : Généralités Sur Les Techniques De Forage	
I.1. INTRODUCTION	5
I.2. Les techniques utilisées dans le forage	5
I.3. La technique Rotary	5
I.3.1. Principe	6
I.3.2. Les avantages du forage au rotary	7
I.3.3. Les inconvénients du forage au rotary	8
I.3.4. Les composants d'un appareil de forage rotary	8
I.3.4.1. La table de Rotation	7
I.3.4.2. La tête d'injection	8
I.3.4.3. Le mat	9
I.3.4.4. Le treuil de forage	10
I.3.4.5. Le câble	11
I.3.4.6. Le moufle	11
I.3.4.6.1. Le moufle Fixe	11
I.3.4.6.2. Le moufle mobile et Crochet	12
I.3.4.7. Les tiges de forage (DP)	12
I.3.4.8. Les masses tiges (DC)	13
I.3.4.9. L'outil	13
I.3.4.9.1. Mode de travail d'un tricône	14
I.3.4.10. La tige d'entraînement	15
I.4. Phases et étapes pour la réalisation d'un forage au Rotary	16
I.4.1. Avant trou	16
I.4.2. Perforation	16
I.4.3. Fluides de forage	16
I.4.3.1. Types de fluides	16
I.4.3.2. Fonctions du fluide	17
I.4.3.3. Propriétés du fluide	17
I.4.4. La Complétion	18
I.4.4.1. La Colonne de protection	18
I.4.4.1.1. La Cimentation	19
I.4.4.2. La Colonne de Captage	19
I.4.4.2.1. Les crépines.	19
I.4.5. Développement du Forage	21
I.4.6. Les Essais de débit	21
I.4.6.1. Équipement de surface	22
Conclusion	22

Chapitre II : Présentation De La Zone D'étude	
I.1 introduction	24
II.2. Présentation De La Commune	24
II.2.1. Situation Géographique Et Administrative	24
II.3. Cadre physique de la région	25
II.4.La géologie	25
II.4.1. Cadre géologique régional	25
II.4.2. La Stratigraphie	27
II.4.2.1.Le secondaire	27
II.4.2.1.1. Le Barrémien	27
II.4.2.1.2. L'Aptien	27
II. 4.2.1.3.L'Albien	27
II.4.2.1.4.Le cénomanien	27
II.4.2.1.5. Le turonien	28
II.4.2.1.6. Le Sénonien	28
II.4.2.1.6.1. Le Sénonien lagunaire	28
II.4.2.1.6.2. Le Sénonien carbonaté	28
II.4.2.1.7.Le Tertiaire	28
II.4.2.1.7.1 L'Éocène	28
II.4.2.1.7.1.1. L'Éocène carbonaté	29
II.4.2.1.7.1.2. L'Éocène moyen évaporitique	29
II.4.2.1.8.Le Mio-pliocène	29
II.4.2.1.9. Le Quaternaire	29
II.5.L'hydrogéologie	32
II.5.1.Le Cadre Hydrogéologiques de la zone d'étude	32
II.5.2.La nappe phréatique	32
II.5.3.La nappe de complexe terminal	33
II.5.4.La nappe du continental intercalaire	33
II.6.Salinité des sols	35
Conclusion	35
CHAPITRE III : Matériel Et Méthodes De La Réalisation Du Forage	
III .1INTRODUCTION	37
III .2Destination du forage	37
III .3Implantation du forage	37
III .4 Travaux de surface	38
III .4.1 L'installation du chantier	38
III .4.2Plateforme	38
III .5Bassins	39
III .5. 1La pompe à boue	39
III.6Tube guide	40
III.7.1Forage en outil 24"	41

Sommaire

III.7.2 Forage en outil 17" ^{1/2}	41
III.7.3 Forage de reconnaissance en outil 12" ^{1/4}	41
III.8 Analyse des échantillons (cuttings)	41
III.9 Installation du tube de production	42
III.9.1 Tubage 18" ^{5/8} de 0-292m	43
III.9.2 Tubage 13" ^{3/8} de 0-1195m	43
III.9.3 Tubage 9" ^{5/8} de 0-1195m	43
III.10 Cimentation	43
III.10.1 Calcul du volume de laitier	44
III.10.1.1 Espace annulaire 36" – 28"	44
III.10.1.2 Espace annulaire 24" – 18" ^{5/8}	44
III.10.1.3 Espace annulaire 17" ^{1/2} – 13" ^{3/8}	43
III.10.1.4 Espace annulaire 13" ^{3/8} – 9" ^{5/8}	45
III.10.1.5 Calcul de l'eau de gâchage	45
III.10.1.6 Calcul du volume de chasse	46
III.11 Injection du laitier de ciment	46
III.11.1 Diverter valve (dv)	46
III.11.2 Attente prise de ciment	46
III.12 Reprise de forage	46
III.13. Programme de la crépine	46
III.13.1. Packer	47
III.13.2. Liner Hanger	48
III.13.3 Ancrage du liner Hanger Packer	49
III.13.3.1 Les étapes de l'ancrage	49
III.13.4. Raccord diélectrique	50
III.13.5. Choix du type de la crépine	49
III.13.6. La mise en place de la crépine	51
III.14.7 Auto-développement du forage	51
III.15. Durée totale de la réalisation	54
Conclusion	54
Conclusion Générale	56
Références Bibliographiques	59
résumé	

LISTE DES FIGURES

Figure N°1: Dispositif schématique d'un atelier de forage rotary.....	7
Figure N°2 : Table de rotation.....	8
Figure N°3: La Tête d'injection.....	9
Figure N°4 : Le mât de forage.....	10
Figure N°5 : Le treuil de forage.....	10
Figure N°6 : Le Câble de forage.....	11
Figure N°7 : Le moufle fixe.....	11
Figure N°8 : Le moufle mobile et crochet.....	12
Figure N°9 : Les tiges.....	12
Figure N°10: La masse tiges.....	13
Figure N°11 : L'outil.....	13
Figure N°12 : Travail d'un Outil.....	14
Figure N°13 : La tige d'entraînement.....	15
Figure N°14 : Les crépines.....	20
Figure N°15: situation géographique de la commune d'ElHadjira (Wikipédia).....	24
FigureN°16 : Cadre géologique de lacuvette région (d'El Hadjira)	25
<i>Figure N° 17: Carte géologique du Sahara septentrionale</i>	26
Figure18 : Colonne stratigraphique typique du Sahara septentrional (Sonatrach Division Forage, 2004)	31
FigureN°19 : Coupe géologique du Sahara (Sonatrach, 1972)	32
Figure20 : Carte Hydrogéologique des deux nappes du Sahara septentrional avec	34
Figure N°21 : localisation du forage el Gueddachicommuned'ElHadjira (Google Earth2022)	37
Figure N°22: Schéma d'installation du chantier de forage.....	38
Figure N°23 : Les bassins utilisés pour la préparation de la boue.....	39
Figure N°24 : La pompe à boue.....	40
Figure N°25: L'outil de forage d'eau.....	41
Figure N°26 : tubage API.....	43
Figure N°27: Préparation de laitier du ciment.....	44
Figure N°28: Packer.....	47
Figure N°29 : Liner hanger.....	49
Figure N°30: Crépine type Johnson super renforcés et tubes pleins renforcés.....	51
Figure N°31: Coupe Technique du forage	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : les diamètres des outils utilisés pour chaque phase.....	40
Tableau 2 :mise en place de crépine	52

Abréviations

AEP : Alimentation en eau potable

ANRH : Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques.

API : American Petroleum Institute

CI : Continentale Intercalaire

CT : Complexe Terminale

SASS : Système Aquifère du Sahara Septentrional

m : Mètre

m³ : Mètre cube

V : Volume

VL : Volume de laitier

Ve : Volume de l'eau de gâchage

Vch : volume de chaise

I : longueur de tronçon

K=1 (coefficient dépendant d'état du tubage)

H : hauteur à cimenter dans l'espace annulaire

h₀ : hauteur de sécurité

d : Diamètre

D : Délai d'exécution exprimé en jours

Introduction

Générale

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE :

L'être humain, pour satisfaire ses besoins en eau ,que ce soit pour l'AEP ou l'irrigation, doit impérativement faire appel aux deux sources principales : les eaux de surfaces, qui comprennent l'eau des rivières, des lacs et des ruisseaux des vallées, et aussi aux eaux souterraines, y compris les puits, les sources et les grottes, mais en fait, moins de 3 % de l'eau douce disponible sur quoi se trouve dans les rivières et les lacs, la plus grande partie, soit 97 %, se trouve dans le sol et est estimée à environ (100 000) kilomètres cubes.

Et s'il est possible d'exprimer l'eau de surface comme étant en état d'écoulement et de transit, alors les sources souterraines représentent de l'eau dans le cas du stockage et elle s'est accumulée au cours de plusieurs siècles avec des ajouts mineurs provenant des précipitations annuelles.

Ainsi, il devient clair pour nous, l'importance des eaux souterraines en tant que source majeure sur laquelle on peut compter si elle est correctement exploitée pour répondre aux besoins des humains, des animaux et des plantes, d'où la nécessité de la technique d'ouvrages profonds (forages) pour atteindre des aquifères de plus en plus profonds ayant une garanti d'utilisation et de potabilité.

Les forages sont l'un des meilleurs moyens d'obtenir l'information du sous-sol la réalisation des forages demande des connaissances spécialisées et des compétences techniques.

La wilaya de Touggourt,dont la commune d'El Hadjira fait partie, a connu ces dernières années un accroissement rapide de la population et un important développement agricole, cette situation a engendrée une grande demande de mobilisation de la ressource en eau que ce soit pour l'AEP ou pour l'ARR. La nappe Albienne constitue la principale ressource en eau dans la wilaya. Pour cela de nombreux programmes de développement ont été inscrits dans ce sens, parmi eux celui de notre projet de fin d'étude (Master).

Le projet a été inscrit dans le cadre de la réalisation d'un forage profond captant la nappe albienne, etqui sera destiné à l'irrigation des nouveaux périmètres localisés dans la région d'ElGueddachi.

Dans ce contexte on a pris la responsabilité de faire le suivi technique, étape par étape, jusqu'à la réalisation de cet ouvrage profond, que ce soit de point de vue géologique, hydrogéologique, et techniques de forage utilisées, ainsi que la méthode des essais de débit utilisée pour contrôler la bonne exécution du forage, et de déterminer les paramètres hydrauliques et hydrodynamique de la nappe.

Introduction Générale

Notre plan de travail a été structuré en trois chapitres :

- **Chapitre I. Généralités sur les techniques de forage:** Ce chapitre présente les différentes techniques de forage utilisées, la technique utilisée dans notre étude est le rotary à la boue benthonique, parce qu'elle est adéquate, grâce à ses nombreux avantages et aussi parce qu'il est la plus utilisée.
- **Chapitre II. Présentation de la zone d'étude:** Ce chapitre présente les traits majeurs du milieu d'étude notamment la localisation géographique du terrain, le cadre climatique. Ces éléments vont contribuer à situer le système aquifère dans le contexte régional et à identifier les éléments utiles à la compréhension des problématiques abordées au cours de l'étude.
- **Chapitre III. Matériel et méthodes de la réalisation du forage:** ce chapitre, présente les étapes et les équipements qui ont été utilisés au cours de la réalisation du forage, objet de notre étude. La technique de forage utilisée est celle répète deux fois au Rotary grâce à ses nombreux avantages qui s'adaptent à notre zone d'étude.

A l'issue de ce travail notre sera finalisé par une conclusion générale accompagnée de quelques recommandations faisant sortir les résultats de l'étude ainsi que certaines décisions à prendre en considération.

CHAPITRE I :

Généralités sur les techniques de forage

I.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre on va citer les différentes étapes de réalisation de forage que nous avons suivi, ainsi que le matériel utilisé pour cette opération.

Dans notre cas d'étude la technique de forage utilisée c'est Rotary grâce à ces nombreux avantages qui adaptent notre zone d'étude.

I.2. Les techniques utilisées dans le forage

Trois méthodes utilisées dans le forage d'eau sont :

- a) Forage par battage ; méthode consiste à soulever un outil lourd et à le laisser retomber sur le terrain à traverser
- b) Forage ou marteau fond de trou ; cette technique permet de forer des terrains durs comme le rocher (Granite, grès, calcaires, etc.)
- c) Forage Rotary ; La technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires.

I.3. La technique Rotary

Le forage rotary est le procédé le plus couramment utilisé, Elle est relativement récente, ses premières utilisations remontent au 1920, la technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers).

Un outil appelé tri lame (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 (deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements).

Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au-dessus de l'outil. La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) 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 et les maintient momentanément en attendant la pose de tubage.

Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le forage (eau, huile, gaz).

Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire (vide), Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage.

Pour avoir le meilleur rendement d'un atelier de forage rotary, il convient d'être très vigilant sur les trois paramètres suivants

A) Le poids sur l'outil :

L'avancement s'accroîtra en fonction du poids sur l'outil (qui s'augmente en s'avancant par le montage au fur et à mesure de tiges), mais on est limité dans cette voie par l'usure rapide des lames et des dents et surtout par détérioration rapide des roulements des outils à molettes, Le contrôle du poids sur l'outil s'opère par le dynamomètre qui mesure la tension du brin (file) mort du câble, il donne le poids de tout ce qui est suspendu au crochet

B) La vitesse de rotation :

Laplupart des appareils rotary sont munis d'un indicateur donnant la vitesse de rotation de la table (table de rotation). Dans les terrains durs, la vitesse de rotation sera faible ; elle sera plus élevée lorsque les terrains seront tendres.

Cette vitesse qui se calcule en fonction de la vitesse des moteurs et le rapport des transmissions, devra être vérifiée par un appareil de contrôle.

C) Le débit des pompes (à boue, à air) :

La vitesse de remontée des cuttings doit se situer autour de 60 m/min au minimum, le choix de la puissance de la pompe et de son moteur sera conditionné par le volume total de boue à mettre en œuvre pour la plus grande profondeur du forage, en tenant compte des pertes de charge, de la viscosité de la boue et de dimensions des tiges.

I.3.1. Principe

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.

Le mouvement de rotation est imprimé au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la machine de forage en tête de puits.

Les tiges sont creuses et permettent l'injection de boue au fond du forage.

Les outils utilisés en rotation sont des trépans de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, molettes ou tricône, outils diamantés ou à carbures métalliques).

Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou.

Le forage rotary nécessite l'emploi d'un fluide de forage préparé sur le chantier, dans le cas de la circulation directe, le fluide est injecté en continu sous pression dans les tiges creuses de la ligne de sonde, il sort par les événements de l'outil et remonte à la surface dans l'espace annulaire (entre les tiges et les parois du trou).

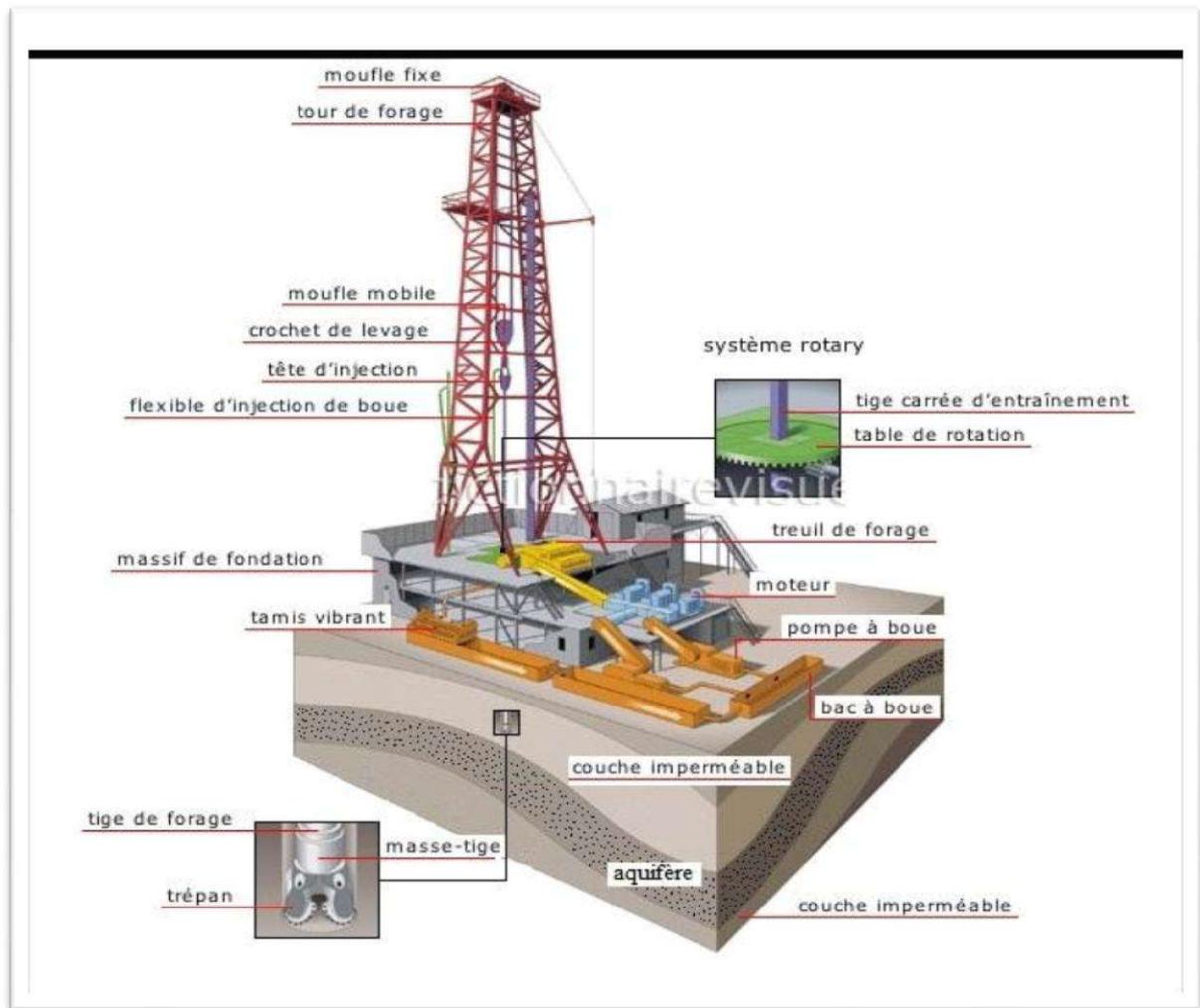


Figure N°1: Dispositif schématique d'un atelier de forage rotatif

I.3.2. Les avantages du forage au rotatif

- La perméabilité de la formation autour du trou est peu perturbée par le fluide de forage.
- Les forages de grands diamètres sont exécutés rapidement et économiquement.
- Facilité de mise en place de la crépine.
- Consommation économique de l'énergie.
- La profondeur du forage peut être très importante, la foration n'est pas perturbée par les terrains peu stables ou plastiques, sous réserve de l'utilisation d'un fluide de forage adapté.
- Ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids de l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, débit d'injection de la boue) en fonction des terrains à traverser.
- Le forage au rotatif entraîne une consolidation des parois en terrains meubles par dépôt d'un cake.

I.3.3. Les inconvénients du forage à rotary

- Nécessite beaucoup d'eau.
- Nécessite un grand investissement (matériel très importants).
- Seul les sites accessibles peuvent être forés avec ce matériel lourd.
- Nécessité d'un fluide de forage qui ne permet pas d'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées.
- Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite).
- Difficulté d'observation des cuttings, la présence de tamis vibrants en circuit retour diminue sensiblement cet inconvénient.

I.3.4. Les composants d'un appareil de forage

1.3.4.1. La table de Rotation

Les tables de rotations sont destinées à l'entraînement d'une colonne de forage suspendue verticalement ou bien à la réception du couple moteur à réaction de la colonne. Créée par le moteur d'attaque.

Une table de rotation se compose d'un bâti fixe supportant une partie mobile intérieure reposant sur la partie fixe par l'intermédiaire d'un roulement principal à billes principal.

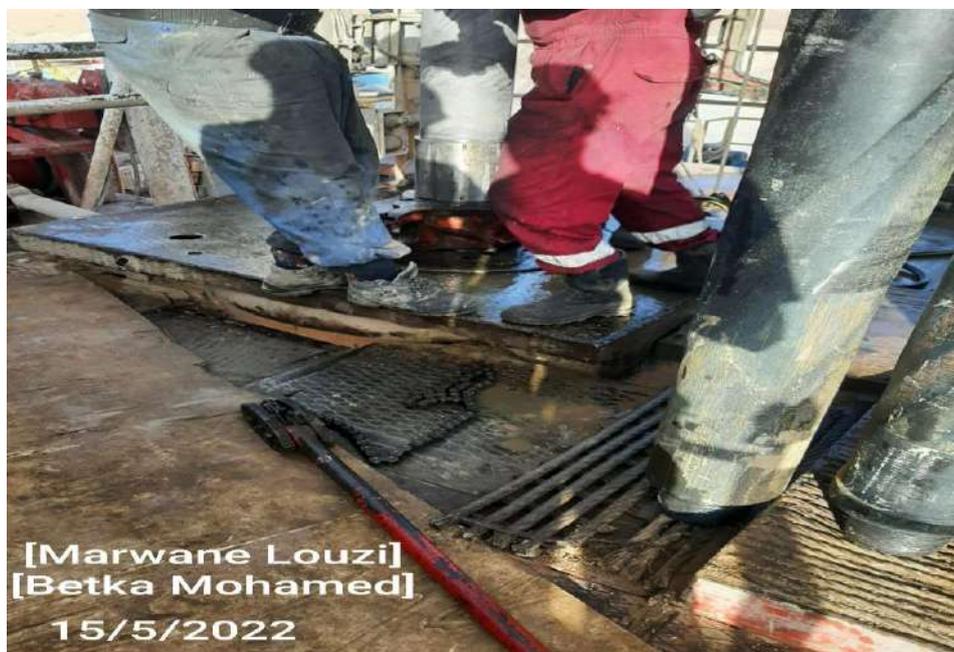


Figure N°2 : Table de rotation

I.3.4.2. La tête d'injection

La tête d'injection représente un mécanisme qui relie le moufle non tournant à la partie qui tourne au cours de forage ; donc elle appartient autant à l'outillage de circulation de boue qu'à l'outillage de rotation, en effet la tête d'injection joue un double rôle :

- Permet la circulation de la boue jusqu'au trépan, animé d'un mouvement de rotation.
- Supporte le poids de la garniture pendant le forage.

La tête d'injection sert de relais entre l'outil de forage et la barre, elle possède un raccord pour le flexible d'injection de ciment.

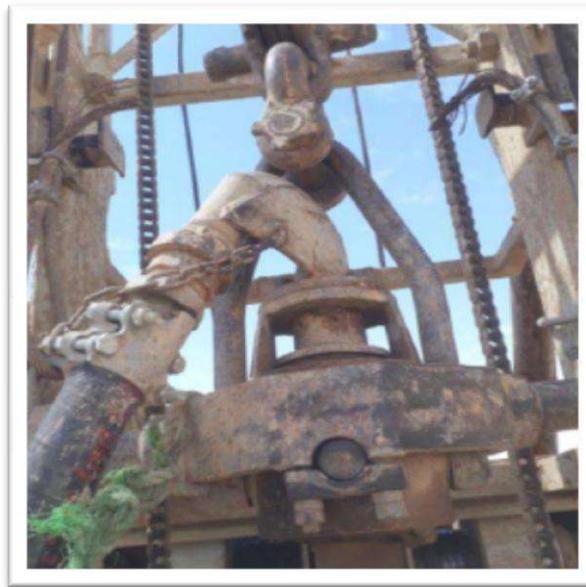


Figure N°3: La Tête d'injection

I.3.4.3. Le mat

Le mat est une structure en forme d'A très pointu. Il a la particularité d'être articulé à sa base ce qui lui permet d'être assemblé ou démonté horizontalement puis relevé en position verticale en utilisant le treuil de forage et un câble de relevage spécial.

Dans notre cas il est de 10m de hauteur et de type léger.



Figure N°4 : Le mât de forage

I.3.4.4. Le treuil de forage

C'est le cœur de l'appareil de forage, donc c'est la capacité du treuil qui caractérise un appareil de forage et indique la classe des profondeurs de forages que l'on pourra effectuer.

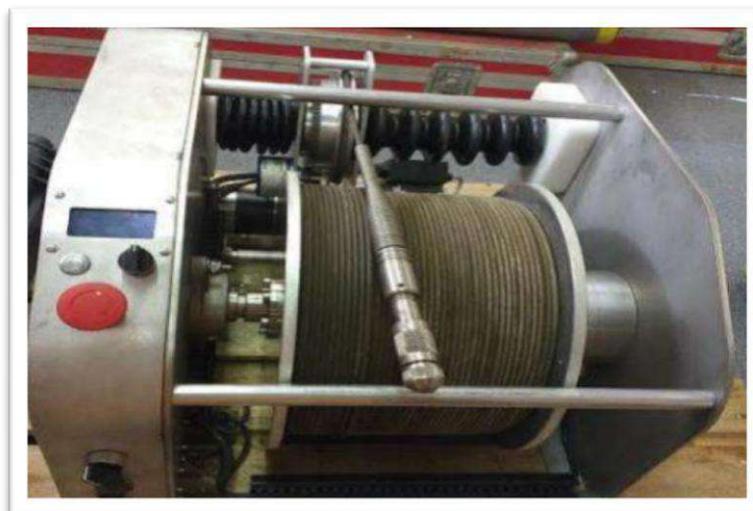


Figure N°5 : Le treuil de forage

I.3.4.5. Le câble

Les câbles utilisés sur l'installation de sondage sont des câbles en acier 18mm mais dont l'âme peut être en chanvre. Autour de l'âme sont enroulés des torons., chacun de ces torons étant composés d'un certain nombre de fils d'acier.

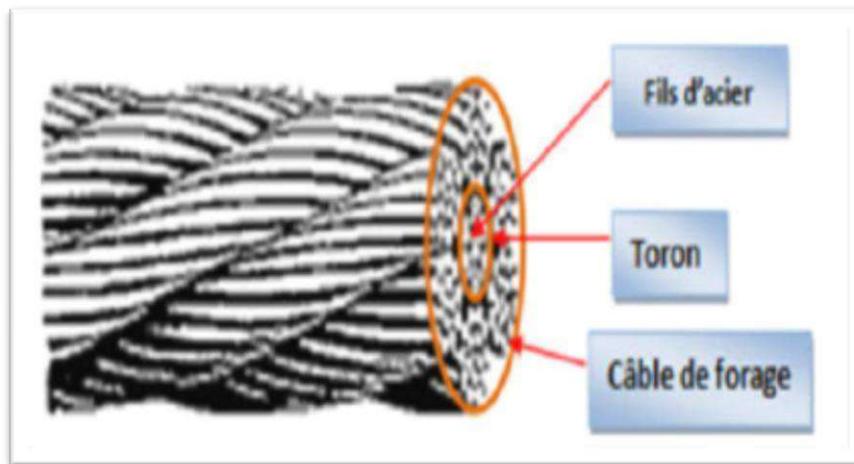


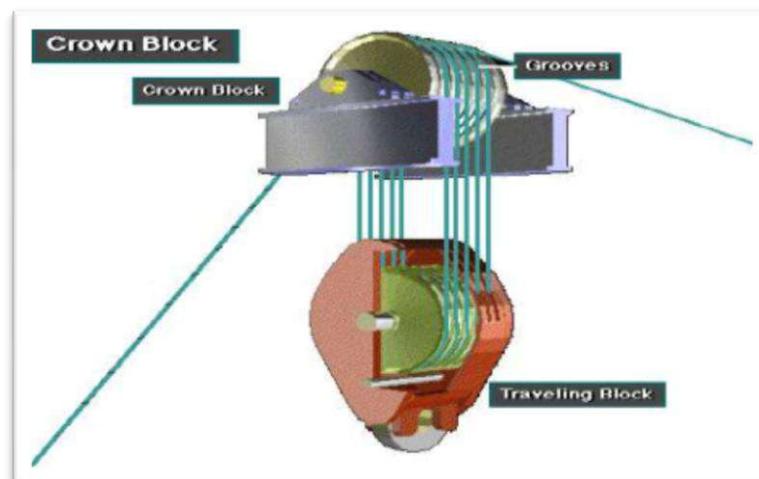
Figure N°6 :Le Câble de forage

I.3.4.6. Le mouflage

Le mouflage est l'enroulement du câble de forage entre les poulies des moufles fixe et mobile en plusieurs brins. Le mouflage permet de démultiplier le poids de la garniture de forage et diminuer la vitesse de son déplacement. En négligeant les frottements, la charge au crochet est divisée par le nombre de brin.

I.3.4.6.1. Le moufle Fixe

Le moufle fixe a des poulies alignées sur le même axe. Cet axe est supporté à cette extrémité par deux paliers montés sur des poutrelles fixées au sommet du mât. L'axe du moufle fixe est perforé pour permettre le graissage des différents roulements des poulies.



FigureN°7 : Le moufle fixe et mobile

I.3.4.6.2. Le moufle mobile et Crochet

Ils sont en général dits intégrés c.-à-d. que l'ensemble des poulies et du crochet sont assemblés d'une manière compacte. Le moufle mobile comporte une poulie de moins que le moufle fixe correspondant dont une poulie de moufle fixe est attachée au treille.

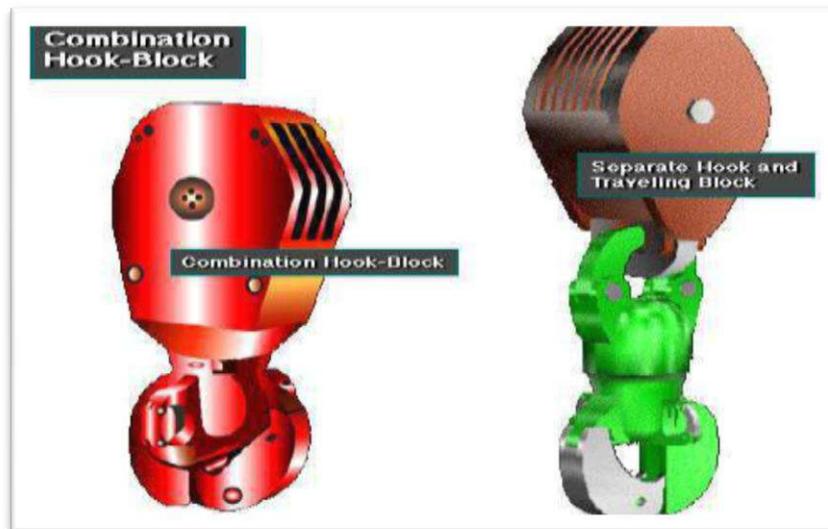


Figure N°8 : Le moufle mobile et crochet

I.3.4.7. Les tiges de forage (DP)

Ce sont des tubes d'acier permettent la transmission de la rotation de la table à l'outil et le passage du fluide de forage jusqu'à ce dernier.



Figure N°9 : Les tiges de forage (DP)

I.3.4.8. La masse tiges (DC)

Les masses tiges permettent de :

- Mettre du poids sur l'outil pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression.
- Jouer le rôle de l'important du fil à plomb pour forer un trou aussi droit et vertical que possible.



Figure N°10: La masse tiges

I.3.4.9. L'outil de forage

Est l'outil qui permet de forer les roches en les broyant, permettant ainsi au forage de progresser en profondeur. Il est composé de trois parties solidaires, munies de dents ou de pastilles abrasives en acier spécial très dur.

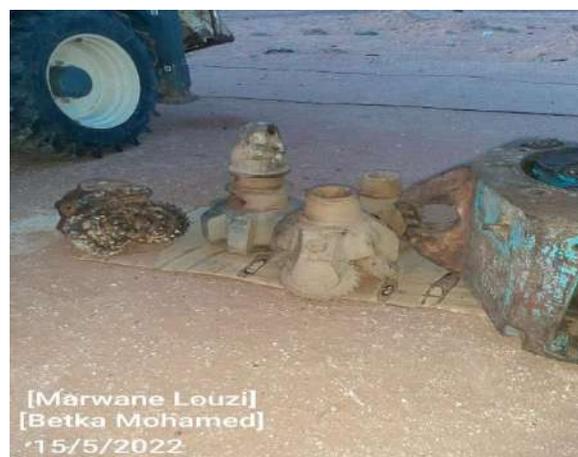


Figure N°11 : L'outil de forage

I.3.4.9.1. Mode de travail d'un tricône

Sous l'effet de la compression, la dent pénètre dans la roche et l'éclate.

En tournant sur elle-même sous l'effet de la rotation, la molette ripe la roche et arrache le copeau.

Le tricône est constitué de trois molettes (outils de coupe rotative) qui présentent des rangées circumférentielles de dents s'intercalant entre les rangées de dents des cônes adjacents. Les dents sont soit en acier usinées dans le cône, soit des picots de carbures de tungstène sertis dans les perçages à la surface des cônes. Les molettes sont montées sur des arbres de roulements (arbre de support) qui sont partie intégrante du corps de l'outil. La taille ou l'épaisseur des différents constituants de l'outil dépendent du type de la formation à forer. Les outils pour les formations tendres, qui nécessitent peu de poids (une tonne par pousse du diamètre d'outil), ont des roulements plus petits, des cônes moins épais et des jambes de plus faible section que les outils pour les formations dures (poids de trois tonnes par pousse). Ceci laisse plus de place pour des éléments de coupe longs et minces. Les outils pour les formations dures qui travaillent avec des poids plus importants, ont des éléments de coupe plus trapus, des roulements plus gros et des corps plus solides.

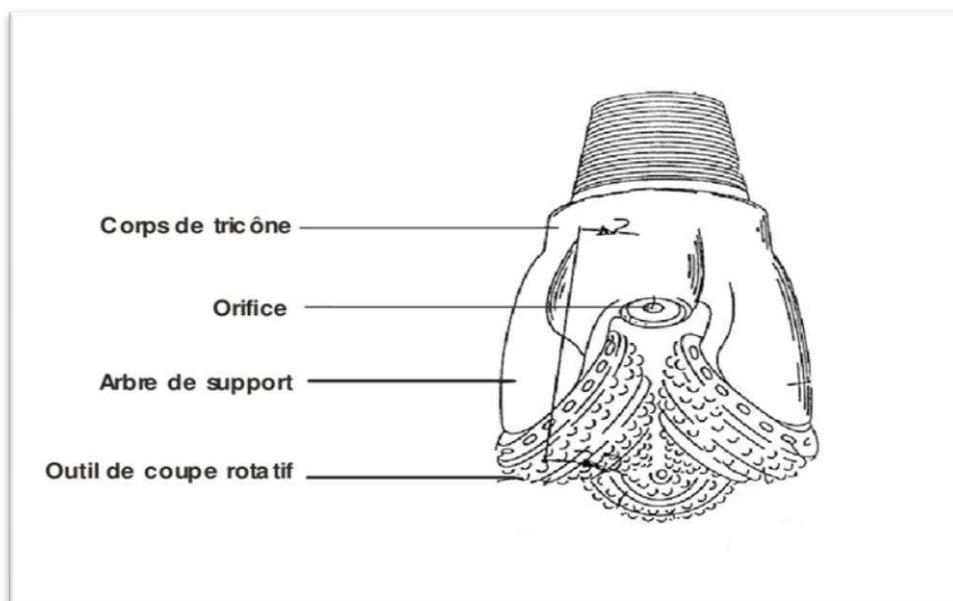


Figure N°12 : Travail d'un Outilde forage

I.3.4.10. La tige d'entraînement

Elle assure la liaison entre la garniture de forage et la tête d'injection et communique le mouvement de rotation de la table à la garniture de forage par l'intermédiaire du carré d'entraînement.

Une tige de commande est utilisée dans les applications de couple pour délivrer la puissance créée par le moteur par la tête du moteur. Les tiges d'entraînement sont l'élément du processus qui effectue effectivement le transfert du couple fourni par le moteur en puissance. Les tiges d'entraînement sont utilisées chaque fois que l'entraînement de la force d'un moteur doit être transféré sur un autre support, tel qu'une séquence d'engrenages qui fait tourner un essieu ou un dispositif qui s'éloigne du moteur.

La plupart des tiges d'entraînement sont des tubes creux car elles empêchent toute torsion ou flexion des tiges d'entraînement à moins qu'une grande force ne soit appliquée.

Les tiges d'entraînement ont également une longueur variable en fonction de l'application pour laquelle elles ont été conçues. La distance requise par le transfert de puissance de la force motrice doit parcourir pour réussir le transfert de puissance vers le point de commande est également essentielle lors de la conception des tiges. En outre, l'espace entre le moteur faisant tourner la tige et le point d'entraînement auquel le dispositif connecté est lié détermine la quantité d'effort que le moteur doit fournir à la tige d'entraînement pour faire tourner le point d'entraînement avec une force suffisante pour l'application.



Figure N°13 : La tige d'entraînement

I.4. Phases à entreprendre pour la réalisation d'un forage au Rotary**I. 4.1. Avant trou**

Toutes les opérations de forage se déroulent en plusieurs étapes et sont régies par une réglementation solide et stricte. Après un premier trou réalisé par le génie civil, un premier trou d'un diamètre de 36" (~0,914 m) est réalisé depuis la surface jusqu'à une profondeur de 50 m pour stabiliser le sol de départ (cage de formations peu profondes pour éviter d'éventuels glissements de terrain et assurer l'imperméabilité du puits pour éviter la contamination des nappes phréatiques).

I. 4.2. La Perforation

Un outil (trépan) monté au bout d'une ligne de sonde (tiges vissées les unes aux autres) est 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. Le mouvement de permettent l'injection de boue au fond du forage.

Les outils utilisés en rotation sont de quoi trépan de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, molettes ou tricône, outils diamantés ou à carbures métalliques). Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou, La Rotation est imprimée au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la machine de forage en tête de puits.

I. 4.3. Les Fluides de forage

Le Fluide de forage est un système composé de différents constituants liquides (eau, huile) et ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciments, ...).

I. 4.3.1. Types de fluides :

Le type de fluide est choisi en fonction de la nature des terrains traversés.

1)- Air : terrain de bonne tenue homogène, terrains secs ou faiblement aquifères, particulièrement recommandé dans les zones à perte non aquifères, Dans les zones légèrement aquifères on utilise parfois des agents déshydratants (silicagel) ou des agents moussants (savons).

2)-Eau : terrains consolidés, formations argileuses ou zones à pertes. L'utilisation d'eau salée peut dépendre des conditions d'approvisionnement.

3)-Boue ou bien suspension colloïdales (généralement benthonique) : terrains hétérogènes et non consolidés et hautement perméables.

I. 4.3. 2. Fonctions du fluide de forage.

Le fluide de forage qui peut-être soit de l'air (gazeux) ou bien du liquide (eau claire, boue spéciale, boue naturel) peut assurer les fonctions suivantes:

1. Nettoyage du fond de forage
2. Transport des déblais vers la surface
3. Refroidissement et lubrification de l'outil
4. Le maintien en suspension des déblais, des particules solides de fluide pendant l'arrêt de la circulation directe
5. Colmater les parois du forage temporairement
6. Exercer une contre pression sur les parois de l'ouvrage et sur le fluide contenu dans les formations poreuses et perméables.

Afin d'assurer lesdites fonctions, quand-il s'agit d'une boue les propriétés qui suivent doivent être mises en évidence.

I.4.3.3. Propriétés du fluide de forage

1. Le densité: dépend de la pression des fluides contenus dans les formations, elle est déterminée dans le chantier.
2. La viscosité: c'est la résistance exercée par le fluide lors de déplacement d'une couche de fluide par rapport à une autre, et plus cette résistance est grande plus le fluide est visqueux, et la valeur de cette viscosité dépende de la pression des pompes à boue et la capacité de cette dernière à transporter les particules écrasées.
3. La thixotropie: c'est la capacité d'un fluide de devenir gel une fois qu'il est en repos et de redevenir fluide suite d'une agitation.
4. Colmatage et filtration: la propriété du fluide de se déposer sur la paroi du puits, c'est le colmatage alors que la filtration désigne la capacité du fluide de céder une partie du liquide à travers une membrane perméable sous l'influence de la différence de pression entre celle hydrostatique et celle de formation.
5. Le Contenu en sable: ce contenu représente la concentration en pourcentage des particules solides contenue dans le fluide de forage, qui sont de diamètre entre 0.074 mm et 3mm. Si ce contenu est important il y'a risque de l'action abrasive sur l'équipement, le maximum admissible est de 0.5%.
6. Le pH: montre le degré d'acidité et de l'alcalinité des fluides naturellement ils ont un pH variant entre 7 à 8, par contre les fluides traités ont un pH qui varie entre 8 à 13, une boue normale dont le pH est supérieur à 11 implique sa contamination par le Ciment ou par le fluide contenu dans les différentes formations.[1]

I. 4.4. La Complétion.

Les risques d'effondrement pouvant être importants, le tubage est mis en place le plus rapidement possible, Le trou de forage ne doit pas rester longtemps sans protection au risque de perdre le forage (effondrement du trou).

Dans le domaine de la production de pétrole et de gaz naturel, gaz de houille ou gaz de schiste, la complétion d'un puits de forage est l'ensemble des opérations de finition du puits, qui doivent permettre sa mise en service optimale, que ce soit en production, en injection (pour la fracturation).

Le « compléteur » en est responsable et y travaille avec le foreur qui cherchent à répondre aux spécifications techniques requises pour le meilleur rendement et un bon fonctionnement lors de la phase d'extraction.

I. 4.4.1. La Colonne de protection

Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépines) est établi en fonction de la coupe géologique du forage ou sont notées les différentes « couches » de terrain et les venues d'eau, ainsi qu'en observant de visu la coupe géologique grâce aux échantillons.

Des essais de diagraphie (résistivité électrique, gamma ray, neutron) peuvent être effectués avant l'équipement pour améliorer le plan de captage, spécialement dans les formations sédimentaires (forage rotary) où il est parfois difficile d'identifier les horizons argileux.

Les crépines sont placées en face des niveaux aquifères ou des venues d'eau. Par ailleurs, le plan respectera les points suivants :

- 1) Le bas du tubage doit être constitué d'un tube plein d'environ 0.5 mètre bouché à sa base
- 2) Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage (dépôts des cuttings en suspension dans la boue lors de l'arrêt de la circulation ou le forage parfois effondrement), il faut donc en tenir compte en réduisant la longueur du tubage de 0.5 à 1 mètres par rapport à la profondeur réelle forée.
- 3) Le dernier tube doit dépasser d'environ 0.5 mètres au-dessus de la surface du sol.
- 4) Les longueurs de tube pouvant varier avec le filetage, il est conseillé de mesurer chaque longueur de tube pour établir un plan précis avec un captage correct de l'aquifère.
- 5) Le tubage doit descendre librement sous son propre poids dans le trou, Si le forage n'est pas vertical (fréquent au-delà de 20 mètres), il est fréquent que les frottements le long du tube bloquent la mise en place du tubage.

Ceci peut être résolu en appuyant légèrement sur le tubage pour qu'il descende. dans le cas contraire, il faut le remonter et réalésé le trou, Une « méthode » alternative consiste à descendre le tube sans bouchon de fond pour qu'il puisse riper le long des parois, Il sera

recommandé de boucher le fond du forage en faisant descendre du ciment depuis la surface.

I.4.4.1.1. La Cimentation.

Cette méthode consiste à remplir, par mélange à base de ciment, tout ou partie de la hauteur de l'espace annulaire entre un tubage et les parois du trou. La cimentation est utilisée pour les buts suivants :

- ✓ La préservation de la qualité des eaux souterraines.
- ✓ Supprimer des problèmes liés à la géologie des terrains forer (les argiles, les évaporites, terrains meubles. etc..).
- ✓ Rendre étanche l'espace annulaire et empêcher la pollution par les eaux de surface, des nappes souterraines mises en exploitation.
- ✓ Fixer les colonnes de tubage au terrain et protéger ainsi contre les attaques corrosives de certaines eaux.
- ✓ Isoler l'aquifère à exploiter, des autres aquifères (cas des aquifères superposés).
- ✓ La longévité de l'installation.
- ✓ Colmater une cavité ou des grosses fissures qui engendrent de fortes pertes de boue lors de forage.[2]

I.4.4.2. La Colonne de Captage.

I. 4.4.2.1. Les crépines.

La crépine a pour fonction d'assurer la production d'eau sans venue de sable en induisant des pertes de charge minimales. Elle doit résister à la corrosion et à la pression et avoir une longévité maximale, les types de crépines sont déterminés suivant la forme et le pourcentage de vides pour allier résistance et vitesse de l'eau dans les ouvertures. Un grand pourcentage de vides permet une faible vitesse de circulation donc une plus grande sensibilité aux phénomènes d'incrustation, d'érosion et de corrosion. Une vitesse de l'eau trop importante au travers de la crépine entraîne des pertes de charge.

La vitesse de l'eau au travers des ouvertures de la crépine dépend du débit de pompage, du diamètre de la crépine et de son coefficient d'ouverture.

La crépine est choisie en fonction de la profondeur, du type de terrain (roche consolidée ou roche friable) ou de la granulométrie des sables du niveau aquifère capté. Comme les tubages, les crépines en acier peuvent être vissées ou soudées.

Lorsque les tubages et les crépines sont en acier, on doit veiller à ce que les éléments en contact soient constitués d'acier de composition identique pour minimiser la corrosion résultant de l'effet de pile.

La crépine est placée face au niveau producteur. Elle doit être équipée de centreurs pour assurer une répartition correcte du massif filtrant. Elle ne doit pas être dénoyée. Il est déconseillé d'y insérer la pompe. En pied de crépine est fixé un tube à sédiment constitué d'un élément de tubage d'environ un mètre et de même diamètre que cette dernière. La base doit être fermée par un « bouchon de fond ». Dans le cas de forages producteurs en formations meubles, il faut éviter l'entraînement de particules fines du terrain. Dans les terrains proches de la surface (en simplifiant les 30 premiers mètres), le départ de ces fines peut être à l'origine de tassements ou de fissurations dans les bâtiments voisins et de possibles contentieux. Par ailleurs, il faut éviter l'entraînement des sables ou des fines pour limiter les risques d'abrasion. La solution réside en partie dans le dimensionnement de la crépine et du massif filtrant en acceptant le compromis entre le débit maximum que l'on souhaite exploiter et la présence de fines.

On rencontre les crépines :

- À trous ronds, à faible pourcentage de vide ;
- À trous oblongs, à faible pourcentage de vide, compris entre 10 et 20 % ;
- À persiennes, à faible pourcentage de vide et offrant une bonne résistance mécanique
- À nervures repoussées, pourcentage de vide variable et offrant une bonne résistance mécanique.
- À fil enroulé en spirale autour de génératrices de type Johnson, à très fort pourcentage de vide.



Figure N°14 : Les crépines.

I. 4.5. Développement du Forage.

Le développement est la phase ultime et indispensable de l'exécution d'un forage, quelle que soit la nature géologique de l'aquifère. L'opération qui doit assurer la plus grande longévité possible à l'ouvrage, elle est donc destinée à : prévenir un colmatage prématuré, stabiliser les terrains autour du captage, améliorer la productivité de l'ouvrage, obtenir une eau claire et exempte de sable.

Il convient que la surface des vides de la crépine soit la plus grande possible et on choisit en général pour ouverture, la plus grande dimension compatible avec la granulométrie de la formation captée si celle-ci est multi granulométrique.

La vitesse de passage de l'eau à travers la crépine sera d'autant plus faible que la surface des vides sera plus grande, les ouvertures doivent être réparties de manière uniforme sur toute sa surface pour permettre aux filets liquides de trouver immédiatement un Passage.[3]

Remarque :

Dans notre cas on procède à un auto-développement (forage sous pression)

I.4.6 Les Essais de débit

Les essais des débits, constituent une opération obligatoire qui doit suivre la phase de développement. Ils sont réalisés dans l'objectif de déterminer le débit d'exploitation du forage (CI et CT).

Ces essais doivent se dérouler comme suit :

- Mesure de la pression en tête (Pression Statique P_0 vanne fermée).
- Réalisation de cinq paliers de débits croissants pour obtenir cinq points sur la courbe caractéristique.
- Les mesures de pression et débit seront prises toutes les 15 minutes, de manière alternative, On change de palier quand 6 mesures successives donnent le même résultat.
- Fermeture du forage pendant un temps égal à celui du dernier palie, Observation de la remontée aux rythmes ci-après (par mesure de pression):
 - Toutès les minutes pendant les 5 premières minutes.
 - Toutès les 2 minutes jusqu'à la fin de la 1ère quarte heure.
 - Toutès les 5 minutes jusqu'à la 2ème quarte heure.
 - Toutès les 10 minutes jusqu'à la 1ère heure.
 - Toutès les 15 minutes jusqu'à la 2ème heure.
 - Toutès les 30 minutes jusqu'à la 3ème heure.
 - Toutès les heures ensuite si nécessaires.

- Le programme pourra être adapté aux conditions d'essais par l'hydrogéologie de l'Administration.
- Les essais des débits devront être obligatoirement réalisés en présence de l'hydrogéologue de l'Administration.

I.4.6.1. Équipement de surface

L'équipement de surface doit permettre d'assurer :

- La sécurité de l'ouvrage.
- La commodité d'exploitation et d'entretien.
- Le réglage du débit désiré.
- Le contrôle de la nappe.

Il doit comporter, une vanne de tête en acier inox (adaptée au débit, à la pression, au degré de corrosivité et à la température des eaux), une prise de pression en tête de forage et une vanne de service et un dispositif de réglage du débit.[4]

Conclusion

La méthode utilisée pour réaliser ce forage c'est le rotary, cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car elle est adaptée à la géologie de la région, par conséquent, la réussite d'une telle entreprise est intimement liée au maîtrise des différentes étapes de réalisation de forage.

Dans le cas de notre étude et puisqu'il s'agit d'un forage sous pression (artésien), la technique utilisée c'est le suivi de la pression statique en utilisant (un débitmètre à ultrason et un manomètre qui contrôle la pression hydrostatique pour la mesure des niveaux dynamiques après pompage).

CHAPITRE II :

Présentation de la zone d'études

II.1. INTRODUCTION

Ce chapitre présente l'ensemble d'informations principales pour le milieu de notre zone d'étude, notamment la situation géographique de la région, le cadre climatique, et l'étude géologique et hydrogéologique.

Ces éléments permettent de connaître les caractéristiques de notre zone d'étude.

II.2. Présentation de la commune.

II.2.1. Situation géographique et administrative

El Hadjira est une commune de la wilaya de Touggourt, elle a une population de 14 965 habitants et une densité de 6,1 hab. /km².

La commune couvre une superficie de 2 459 km², les coordonnées lombaires sont : 32°36'48" nord et 5°30'44" est , La Altitude 119 m

Elle est limitée administrativement au :

- Au Nord : par Tèmacene et Blidet Amor
- Au Sud : par La commune de N'Goussa et Hassi ben Abdellah
- À l'Est : par la commune de M'nagueur et Daïra de Taïbet
- À l'Sud-Ouest : par la commune de El Allia.

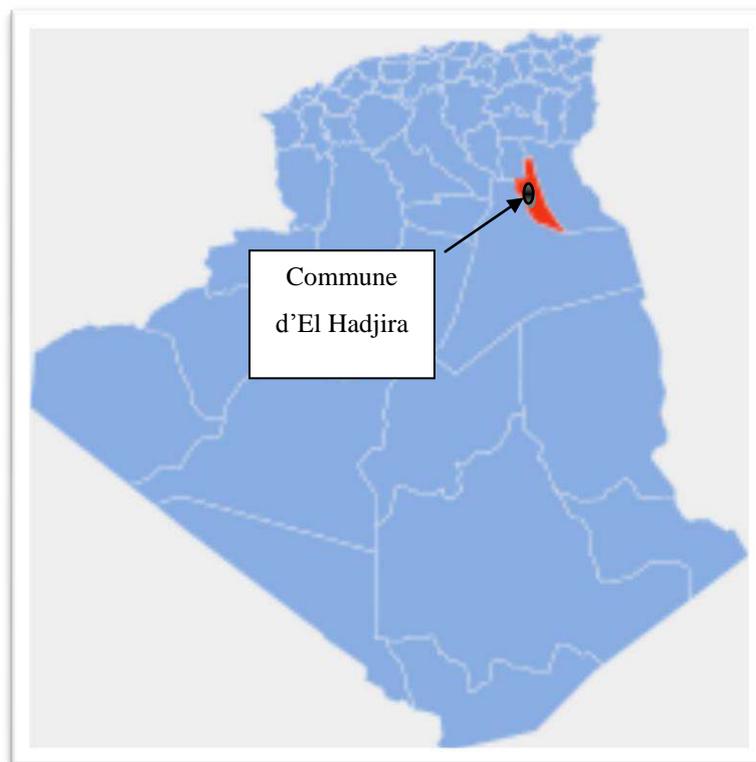
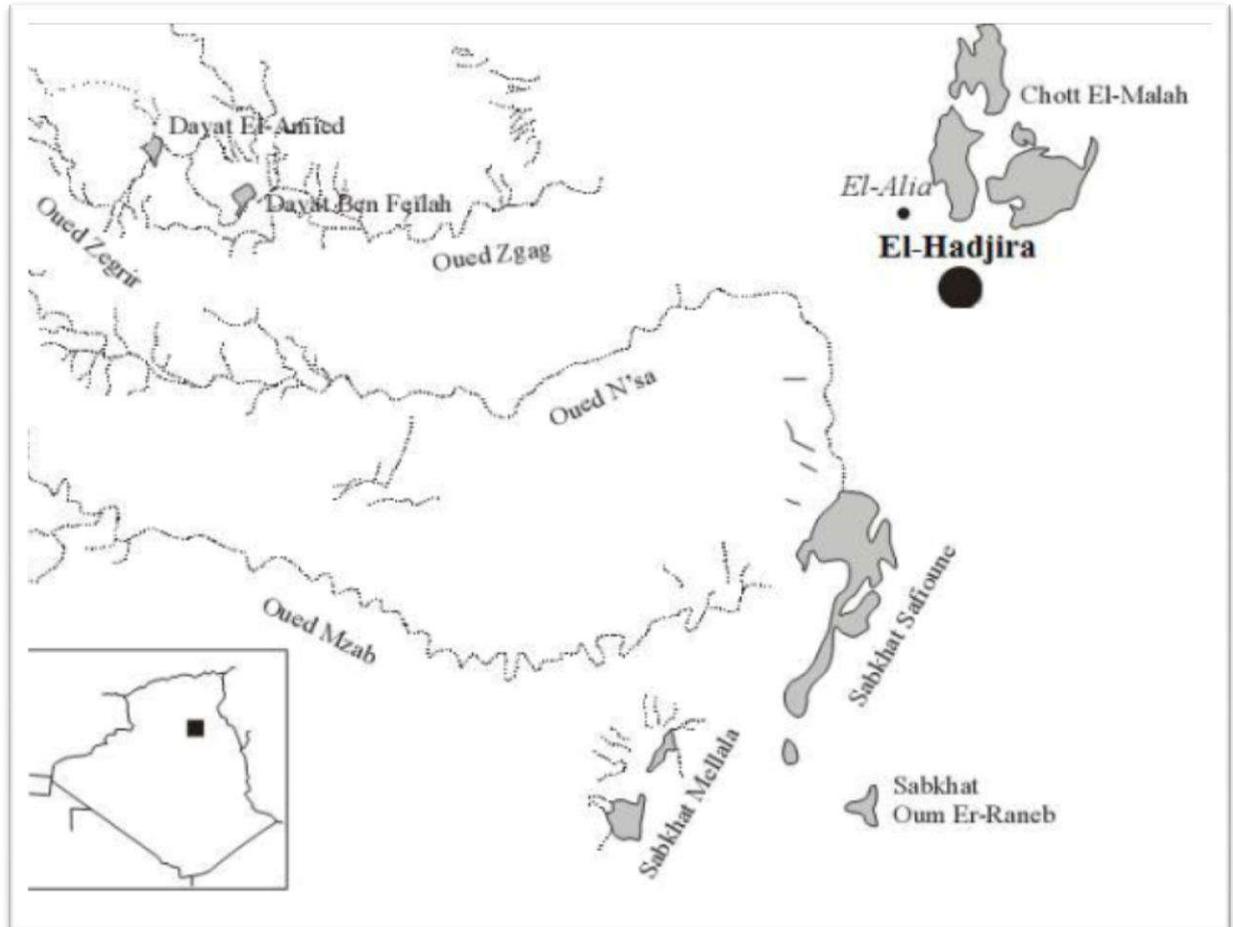


Figure N°15: Spituation géographique de la commune d'El Hadjira (Wikipédia)

II.3. Cadre physique de la région d'el Hadjira

La région d'El Hadjira est située dans le prolongement du grand bassin de la partie nord-est du Sahara, qui s'étend sur une superficie de 9114,49 Km² environ du lit quaternaire de la basse vallée fossile de l'Oued M'Ya. Elle est caractérisée par un ensemble des chottes tel que : chott el Malahetchottbaghdadqui sont des dépressions d'orientation NE -SW.



FigureN°16 : Cadre géologique de lacuvetterégion (d'el Hadjira)

II.4. La Géologie

II.4.1. Cadre géologique régional

La zone d'Oued mya fait partie du bassin oriental saharien, appartenant à la plate-forme saharienne, qui ne constitue que le sous bassin intracratonique, et sa limite septentrionale s'infléchit progressivement vers le sud atlas saharien, où l'on trouve de très profondes fosses de subsidence au Mésozoïque qui donnent naissance à la chaîne périphérique du craton de l'Atlas saharien.

L'évolution de la région de l'Oued Mya (selon la Bicipe) depuis le Cambrien comporte deux grandes étapes :

Chapitre III : Matériels et Méthodes de la Réalisation du Forage

1- Dépôt paléozoïque, en réalité limité au Paléozoïque inférieur et à son ancienne structure hercynienne.

2- Dépôt paléozoïque, en réalité limité au Paléozoïque inférieur et à sa structure pré-hercynienne.

Ces deux grandes phases de l'histoire régionale conduisent à considérer deux grands cycles sédimentaires, le Paléozoïque et le Mésozoïque, typiquement séparés par la discordance hercynienne, avec des ceintures hautes tout au long du Paléozoïque structurant la région.

Le bassin oriental se comporte également comme un immense synclinal.

L'ouvrage s'étend d'Est en Ouest, il sépare la fosse des chotts au Nord du reste du bassin.

Il apparaît que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de la région, d'après Cornet et (Gouscov 1952) Cornet (1964 ; Bel) et (Cuhe 1968 et 1971) ; et les peintures de l'école des mines de Paris en 1975 :

La carte géologique (Fig.17) de l'emplacement le plus pratique montre une couverture tabulaire de terres tertiaires et de dépôts détritiques quaternaires.

La litho stratigraphie est plus ou moins complète, c'est la voie connue la plus efficace pour les forages d'exploration pétrolière ou hydraulique profonde.

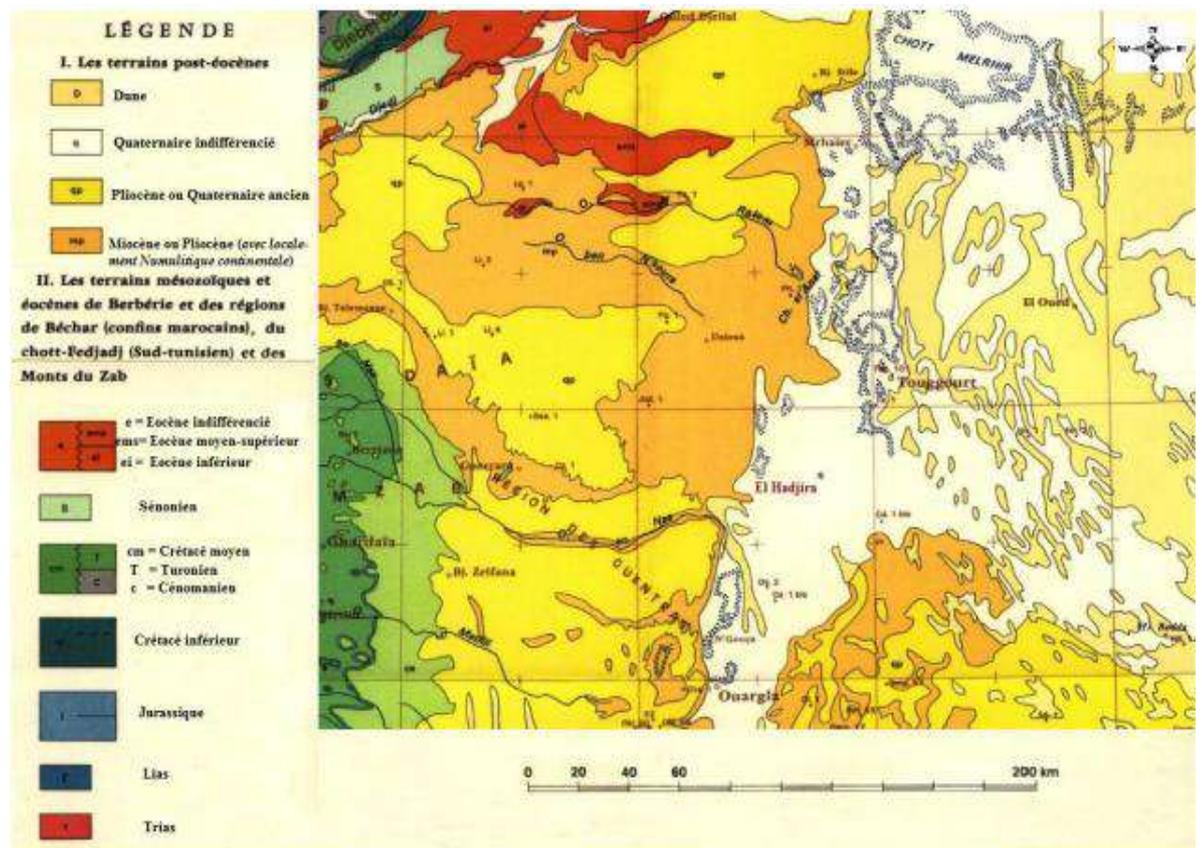


Figure N° 17: Carte géologique du Sahara septentrionale (D'après G-Busson G, 1967)

II.4.2. Stratigraphie

II.4.2.1. Le Secondaire

II.4.2.1.1. Le Barrémien

Son épaisseur varie de "310m" à "345m". Le barrémien est constitué de grès fins à moyens à ciment argileux, avec des passées de dragées de quartz blanc laiteux, des intercalations de sables et de grès arkosiques, plus ou moins grossiers cette épaisse série détritique poreuse du Barrémien constitue un important aquifère.

II.4.2.1.2 Aptien

C'est le mur de la nappe albienne, formé fréquemment par des dolomies et de calcaires parfois marneux.

II.4.2.1.3. L'Albien

À la base de l'Albien, les fantastiques grès pourpres aux intercalations argileuses, suivi des couches 50 à 60 m d'épaisseur.

La section inférieure est complètement continentale tandis que là la partie supérieure est constituée d'argiles, de marnes, d'anhydrites, de calcaires et dolomites.

Au sommet, l'albien, d'une force de quatre cents m, et qui comprend principalement grès rouges à intercalations argileuses l'ensemble a une épaisseur de l'ordre de 500m.

On y trouve peu de fossiles : débris de bois, mollusques.

II.4.2.1.4. Le Cénomanién

Busson et Cornée (1991) disent que le gypse, l'anhydrite et les argiles du Cénomanién s'installe au Sahara juste avant la transgression marine du cénomanién.

L'argile verte du Cénomanién est riche en couches de gypse (évaporites) et son épaisseur semble varier d'environ une centaine à 200m d'épaisseur, les faciès attributaires sont les argiles et le gypse de faciès laguno-marine qui marquent l'ouverture de la splendide transgression néo-crétacée après la segment d'émergence du "Continental intercalaire".

Ces dépôts parfaitement imperméables constituent le « toit » de l'aquifère en coût contenu dans les grès sous-jacents.

L'épaisseur est de 300 à cinq cents m. Au Cénomanién supérieur, la mer avance sur une pénélaine parle de la transgression Cénomanién. À cet âge, on observe des faciès calcaires à ammonites.

II.4.2.1.5. Le Turonien

Le Turonien du Sahara septentrional est constitué de calcaires crayeux en bancs de silex géants, ces formations affleurâtes sont façonnées par les plateaux, les cuestras de Tademaït, Tinrhert et Dahar. Ils mesurent environ cent vingt mètres d'épaisseur.

II.4.2.1.6. Le Sénonien

Le Sénonien est constitué de deux formations lithologiques superposées :

- Le sénonien lagunaire.
- Le Sénonien carbonaté.

II.4.2.1.6.1. Le Sénonien lagunaire

Le Sénonien lagunaire est marqué par des formations argilo-salifères à anhydrite et sel gemme.

Quelques bancs de lignite mais aussi des marnes dolomitiques, des dolomies ou des calcaires lithiques s'y inter stratifient.

Ces derniers ont livré des poissons, des ostracodes, des foraminifères, des algues calcaires et des polypes.

Ces faciès désignent parfois un golfe Semi-fermé et des lagunes où se déposent les évaporites, parfois un environnement continental de lacs d'eau douce ou de marais à lignite.

Le Sénonien lagunaire a une épaisseur qui varie de zéro à cinq cents mètres.

II.4.2.1.6.2. Le Sénonien carbonaté

Le Sénonien carbonaté est en fait constitué de calcaires fossilifères et argileux, dolomies vacuolaires beiges, dolomies à particules calcaires, marnes et marnes dolomitiques gris.

L'épaisseur du Sénonien carbonaté dans la localité de Ouargla est d'environ quatre-vingt-dix mètres.

La transition Sénonien lagunaire-Sénonien carbonaté est floue. On peut prendre comme limite Sénonien lagunaire supérieur :

À la fois le sommet de la dernière source d'anhydrite lorsque l'alternative est claire, ou le degré auquel la part des carbonates devient supérieure à celle des évaporites, lorsque l'échange de faciès est graduel.

II.4.2.1.7. Le Tertiaire

II.4.2.1.7.1 L'Éocène

Dans l'Éocène, on distingue deux formations lithologiques, comme dans le Sénonien :

- L'Éocène inférieure carbonaté à la base
- L'Éocène moyen évaporitique au sommet

II.4.2.1.7.1.1. L'Éocène carbonaté

Sur le versant du Grand Erg Oriental, l'Éocène est représenté dans la plus grande partie du Bas-Sahara et sous forme de voies comme le Sahara septentrional bordé par des calcaires, dolomites et marno-calcaires à Nummulites et Operculines.

Ces formations sont surmontées par l'utilisation de grès, de marnes et de calcaires à Globorotalia (Busson, 1964).

Dans la région des Zibans, ce sont ces calcaires qui, apparentés aux gros calcaires du Sénonien terminal de la bordure de l'Atlas, incorporent l'aquifère présentant les oasis du groupe de Tolga.

Son épaisseur est d'environ cent quarante mètres.

II.4.2.1.7.1.2. L'Éocène moyen évaporitique

Les formations de l'Éocène moyen sont des séries lagunaires, avec de l'anhydrite, des argiles et des calcaires peu communs.

Cette formation est apparentée à une microfaune, d'âge éocène (moyen), constituée de nummulites, de milioles et de globigérines.

À l'Éocène moyen s'affirmant la fermeture de l'émergence de tout le Sahara septentrional algérien.

Généralement l'épaisseur de ces formations est faible.

II.4.2.1.8. Lemio-pliocène

Les formations mio-pliocènes sont des remblais continentaux constitués d'une alternance d'argiles, d'argiles sableuses et de sables plus ou moins consolidés en grès dont l'épaisseur est d'environ 150 à 200 m.

Les calcaires sont courants à la base dans les environs d'El Hadjira.

Bel et Dermagne(1966) ont tenté de différencier à l'échelle du bassin japonais du Sahara algérien.

II.4.2.1.9. Le Quaternaire

La séquence tertiaire se termine par des formations argilo-sableuses pourpres, à dépôts évaporitique, puis à quelques bancs calcaires alternativement épais.

Une croûte de grès conglomératique à ciment siliceux caractérise la surface.

Cette période, d'abord certainement subaride atténuée, correspond selon toute vraisemblance au plio-villafranchien (Aumassip. Et al, 1972). Mais ces formations restantes n'apparaissent plus dans la vallée.

Chapitre III : Matériels et Méthodes de la Réalisation du Forage

Que ce soit à l'aide de l'érosion fluviale (le dernier affaissement des chotts melghir et merouane infligeant le retranchement révolutionnaire de l'oued mya dans le plateau de gantra), ou par déflation éolienne, les couches supérieures de la séquence tertiaire ont disparu du fossé et le quaternaire le remblai, composé de sables alluviaux ou éoliens, de premier ordre à moyen, et de gypse et parfois de sables argileux ou carbonatés, repose en discordance et irrégulièrement dans la vallée sur la collection centrale du Continental Terminal.

Les épaisseurs de ce crédit détritique grossissent drastiquement du sud au nord du bassin via une dizaine de mètres (Voir figure 18).

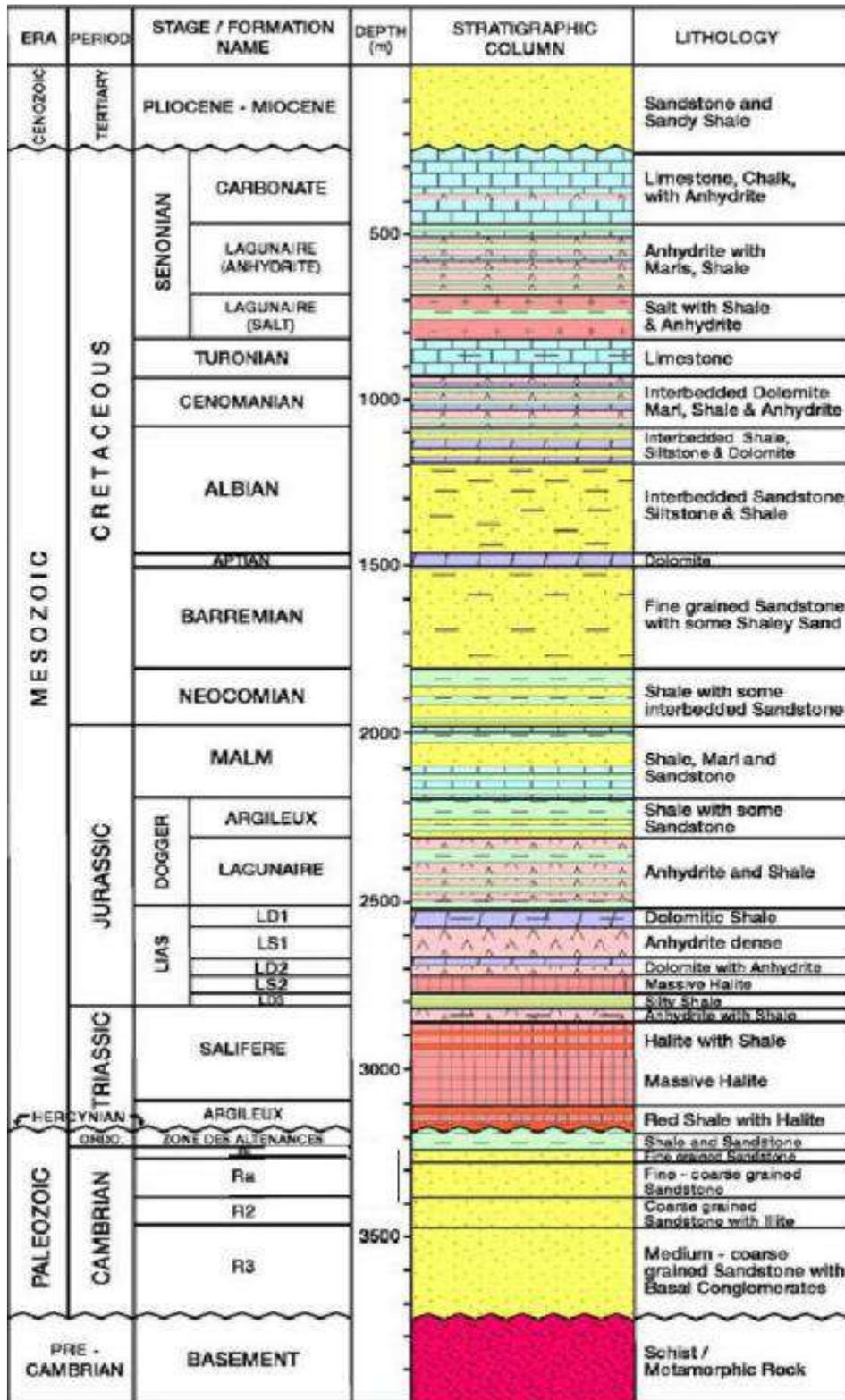


Figure18 : Colonne stratigraphique typique du Sahara septentrional (Sonatrach Division Forage, 2004)

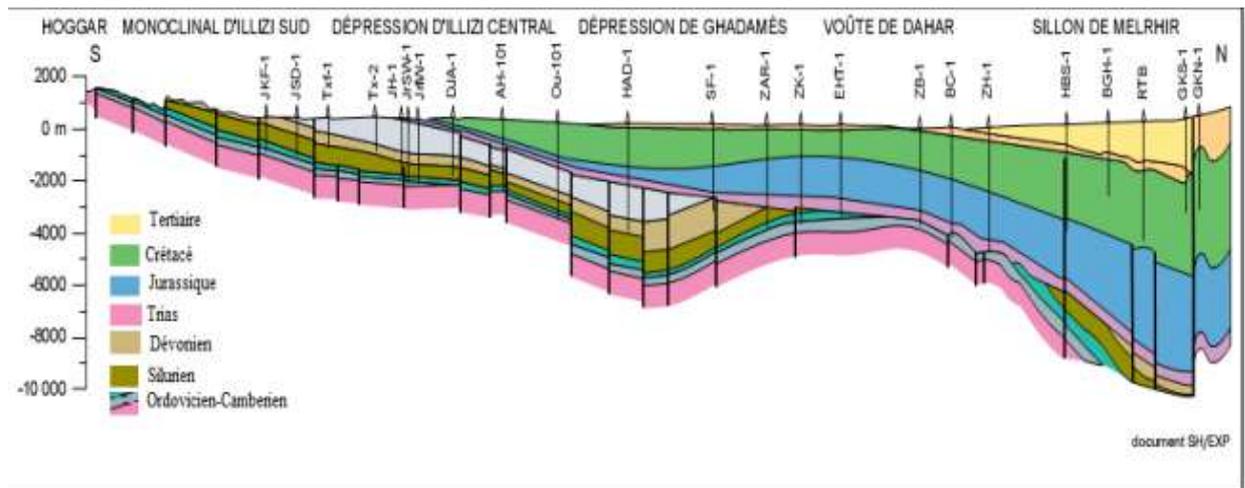


Figure N°19 : Coupe géologique du Sahara (Sonatrach, 1972).

II.5. L'hydrogéologie

II .5.1. Cadre Hydrogéologique de la zone d'étude

Les recherches géologiques (Cornet, 1964 ; Busson, 1971 ; ERESS, 1972 Fabre, 1974 ;) et hydrogéologiques ont permis de mettre en évidence l'existence d'un certain nombre de réservoirs aquifères d'une très grande importance par leur constitution lithologique, leur forme géologique et leur installation de travail.

Ces aquifères sont du pinacle au fond :

- La nappe phréatique
- Nappe Complexe Terminal (Sables du Mio-Pliocène, Calcaires de l'Éocène inférieur et du Sânonien)
- Nappe de grès Continental Intercalaire.

II.5.2. La nappe phréatique

Une nappe d'eau ou nappe d'eau superficielle contenue dans les alluvions dont la profondeur varie dans l'agglomération entre 0,5 m et 1,5 m au-dessus du sol, mais dans les zones les plus basses, elle est pratiquement en surface.

Cette nappe repose sur une épaisse niveau imperméable et étanche, qui occupe tout l'arrière de la vallée de Ouargla jusqu'au région d'El Hadjira arrêt nord de l'Oued N'sa.

Ce substrat imperméable isole nappes artésiennes sous-jacentes.

Les eaux souterraines sont en gros alimentées par les pluies et crues des Oueds alimentés et au moyen des eaux de drainage de la palmeraie et par les égouts.

Les aquifères les plus essentiels dans la zone d'El Hadjira sont ceux d'Oued N'sa.

II.5.3. La nappe de Complexe Terminal

Cet aquifère était autrefois tracé sous le titre de terminal compliqué du fait qu'il est contenu dans les nombreux horizons perméables du Crétacé supérieur et du Tertiaire, essentiellement :

Le Sénonien carbonaté supérieur (surtout le Maestrichtien) l'Éocène carbonaté décroissant et ainsi de suite souvent alternance des stades argileux, sableux et caillouteux, âge Mio-Pliocène sableux. Ces couches aquifères étant plus ou moins intimement liées.

Dans le bassin jap, le terminal compliqué s'étend sur une superficie d'environ 350 000 km².

L'aquifère compliqué Terminal est chargé à l'intérieur de la limite d'extension des argiles Mio-pliocène. Elle est par conséquent jaillissante au milieu du bassin et libre sur les bords (dahar-m'zab). Il est généralement peu profond (100 à quatre cents mètres), à basse température et de composition chimique appropriée sur les bords et commun au milieu du bassin.

II.5.4. La nappe du Continental Intercalaire

Le Continental Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique entre la base du Trias et le sommet de l'Albien. Il s'étend sur tout le bassin sédimentaire du nord du Sahara sur une région de 600 000 km².

La formation du Continental Intercalaire est représentée à travers les dépôts continentaux sableux, sablo-argileux et marneux du Crétacé inférieur (Albien et Barrémien).

Il est considéré comme un réservoir très vital dans l'exploitation des aquifères.

Cependant, même si le passe-temps prédominant de ce gadget aquifère est constitué par les énormes portions d'eau qui avaient été économisées tout au long des durées humides du quaternaire et qui peuvent maintenant être exploitées.

La majeure partie de l'eau contenue dans ce support s'est entassée au cours des périodes humides du Quaternaire.

Elle bénéficie néanmoins aujourd'hui d'une dotation herbacée par le biais d'eaux météoriques au degré des fleuves de l'Atlas saharien et en étendue inférieure au plateau du Tademaït (manque de précipitations).

C'est une machine aquifère multicouche dont la profondeur atteint régionalement 2000 mètres et dont la pression varie entre 200 et 400 mètres. (Débit Salinité)

Dans la zone d'El Hadjira, elle est exploitée entre 1150 m et 1350 m de profondeur et avec une température de l'eau qui dépasse 60°C. (Nombre de forages CI)

Les eaux du Continental Intercalaire se caractérisent par :

Chapitre III : Matériels et Méthodes de la Réalisation du Forage

- Une température qui dépasse 60°C sans dans les endroits où l'aquifère est proche du plancher du sol.
- Une charge en H₂S et CO₂ qui lui confère un caractère corrosif.
- La minéralisation de l'eau oscille entre 1 et 2g/l de résidu sec et peut atteindre 5g/l (gassitouil).
- Le banc d'eau particulièrement vulnérable est alimenté par ruissellement à la périphérie de la retenue, tout le long et à la sortie des Oueds, qui descendent des montagnes de l'Atlas saharien, du dahar Tunisien, du plateau du Tademaït et du tinhert et par chemin des pluies extraordinaires sur les ergs massifs.
- Le glissement des eaux de cet aquifère s'effectue dans la partie ouest du nord au sud et dans sa partie jap d'ouest en Est (Tunisie) et du Sud au nord (voir l'étude ERESS, (1969), il indique que l'aquifère du complexe terminal se diversifie dans le chott par percolation d'une étendue massive d'eau (par fuite) de l'ordre de $62,34 \times 10^6$ m³/an (fig.20).[5]

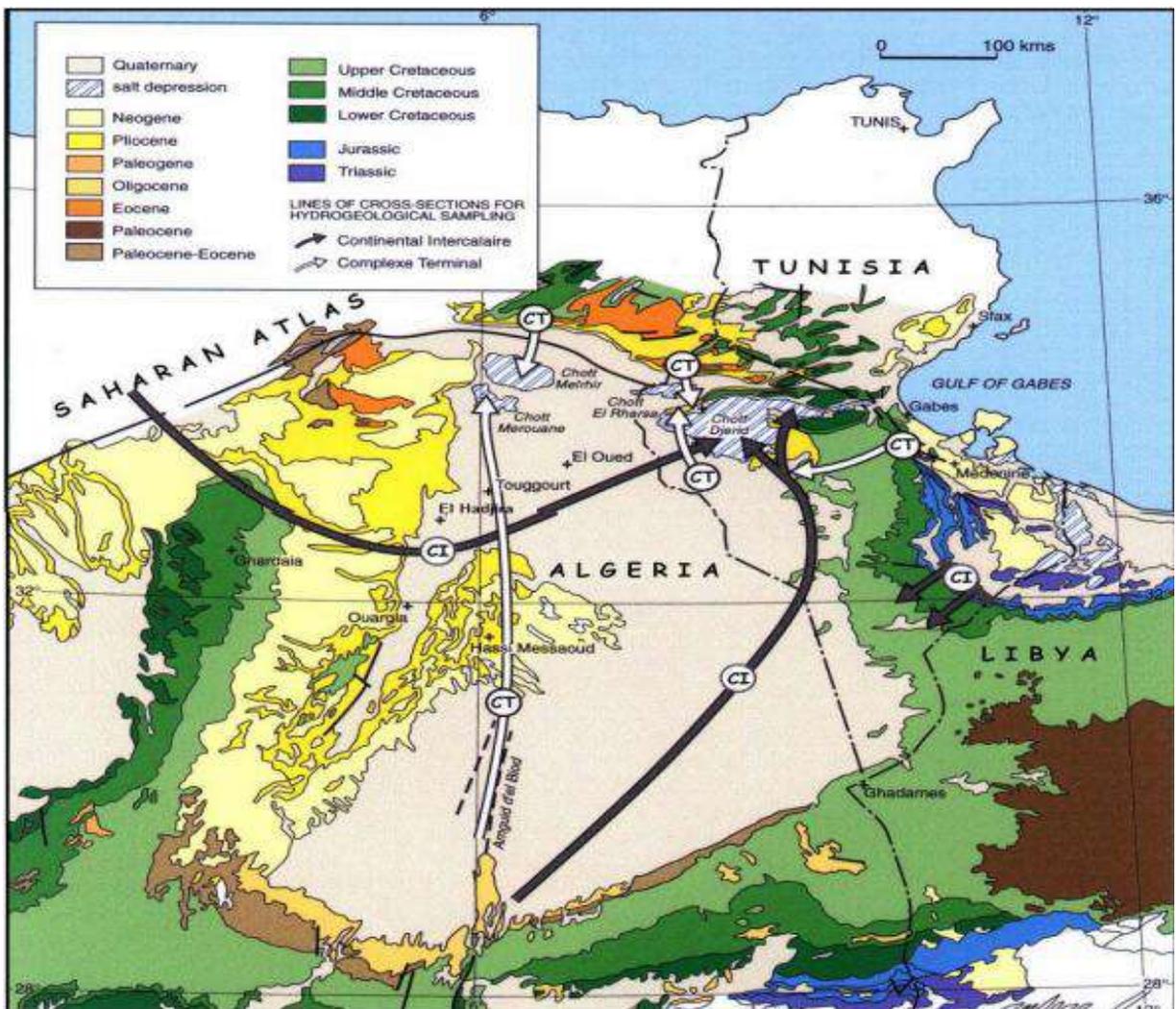


Figure20 : Carte Hydrogéologique des deux nappes du Sahara septentrional avec
Le sens d'écoulement des deux nappes. (D'après ERESS, 1969)

II.6. Salinité des sols

Les sols sont caractérisés par l'excès d'eau et des sels liés à la présence d'une nappe phréatique proche de la surface du sol la salinité des sols peut atteindre 50 mmhos/cm en surface et décroît brusquement ou progressivement, avec la profondeur.

Le caractère de salinité des sols peut varier d'une façon quantitative et qualitative surtout en présence d'un plan d'eau.

Les sels solubles sont dominés par le chlorure et par le sodium.

Le PH de ces sols halomorphes est souvent alcalin, résultant surtout d'une importante teneur en gypse.

Le phénomène d'halo-morphisme dans les milieux saturés en eau est caractérisé par des variations à grande amplitude et la relation nappe-sol-salinité est étroitement liée.[6]

Conclusion

L'étude géologique de la zone d'étude nous a permis de dégager les constatations suivantes :

- La zone d'El Hadjira fait partie de plateforme saharienne et se localise dans la partie orientale du Sahara Algérienne. Elle est constituée de cinq grands ensembles d'affleurement exogène qui sont : les dunes de sable, quaternaire indifférencié, mio-pliocène, plio-quaternaire et Sénonien et Eocène

- Avec des unités complètes de Mésozoïque et de Cénozoïque (tertiaire et quaternaire) sont endogènes.

On ne peut pas déceler qu'à l'aide des forages à objectifs pétrolières ou bien hydriques des lacunes ou cours de paléozoïques sont marqués.

- Les activités tectoniques ont produit des dépressions et des chotts de direction NE-SW.

- Au plio-quaternaire, les dépressions fermées ont subi des accumulations de dépôts contenant d'importantes concentrations de sel gemme provenant du lessivage des niveaux salifères plus anciens.

Les ressources en eau, qui existent dans la zone d'étude, sont, essentiellement, d'origine souterraine, donc la zone d'étude se compose des nappes suivantes :

- La nappe phréatique
- La nappe de Complexe Terminale
- La nappe d'Intercalaire

Chapitre III

Matériels et méthodes de la réalisation du forage

III .1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons mentionner les étapes et les équipements qui ont été utilisés au cours de la réalisation du forage, objet de notre étude.

La technique de forage utilisée est celle au Rotary grâce à ses nombreux avantages qui s'adaptent à notre zone d'étude.

III .2. Destination du forage

Le forage est destiné à l'irrigation des périmètres agricoles à la localité El Gueddachicommune d'El Hadjira dont la durée de réalisation est limitée de (6) mois avec une profondeur totale de 1502m.

III .3. Implantation du forage

Pour choisir le meilleur site pour un forage, il faut prendre en compte les questions techniques, environnementales, sociales, financières et institutionnelles.

Le processus d'implantation doit dépendre des caractéristiques en eau souterraine qui prévalent dans la zone considérée et conduire à un type de forage adapté aux conditions locales.

Le forage d'eau est situé dans une zone agricole qui s'appelle el Gueddachi commune d'El Hadjira.

Les coordonnées du forage (GPS) : X : 5° 39'20"E. Y : 32°35'23"N.

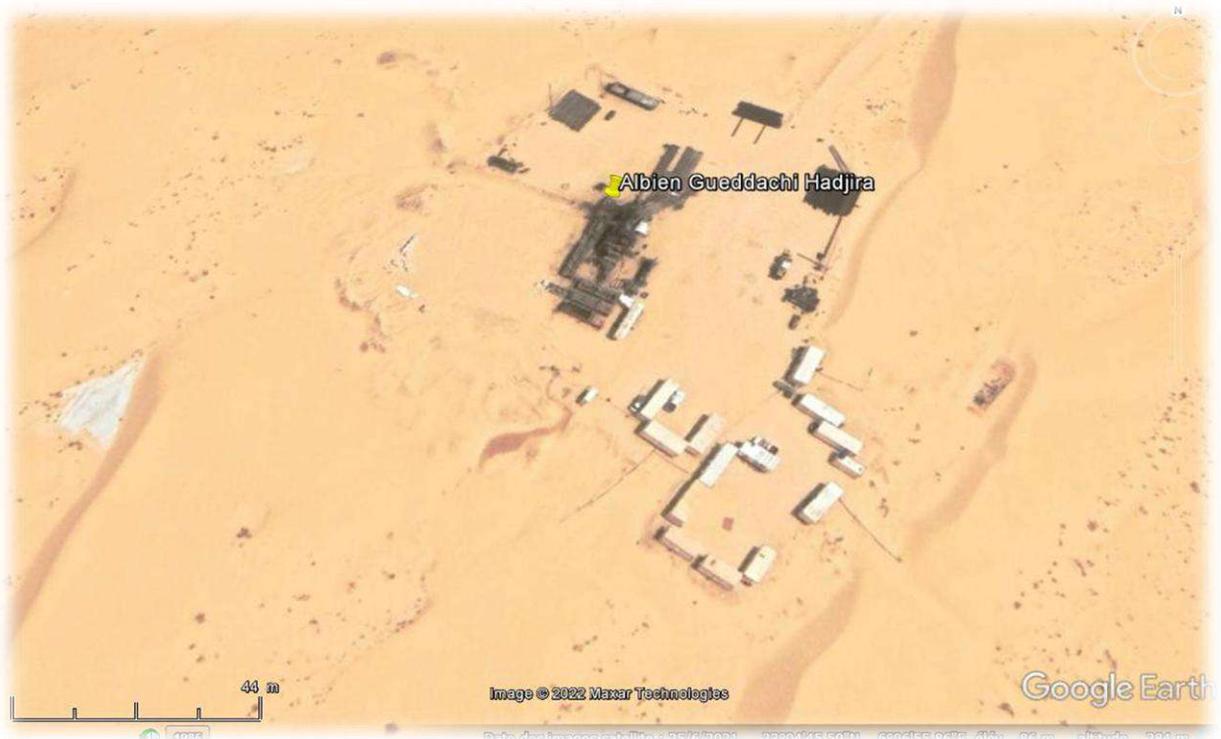


Figure N°21 : Localisation du forage El Gueddachicommuned'ELHadjira (Google Earth 2022).

III .4. Travaux de surface

III .4.1. L’installation du chantier

Les précautions à prendre doivent conduire à déterminer :

- Un périmètre de sécurité autour du chantier.
- Un accès pour les véhicules.
- Un approvisionnement en eau (citernes).
- Un accès facile pour le remplissage des bassins.
- Un endroit sec pour la rédaction (bureau).
- Une zone de déblais (cuttings).
- Un terrain aplani pour faciliter le câblage de la machine.
- L’emplacement et le creusage des bassins de boue.[7]

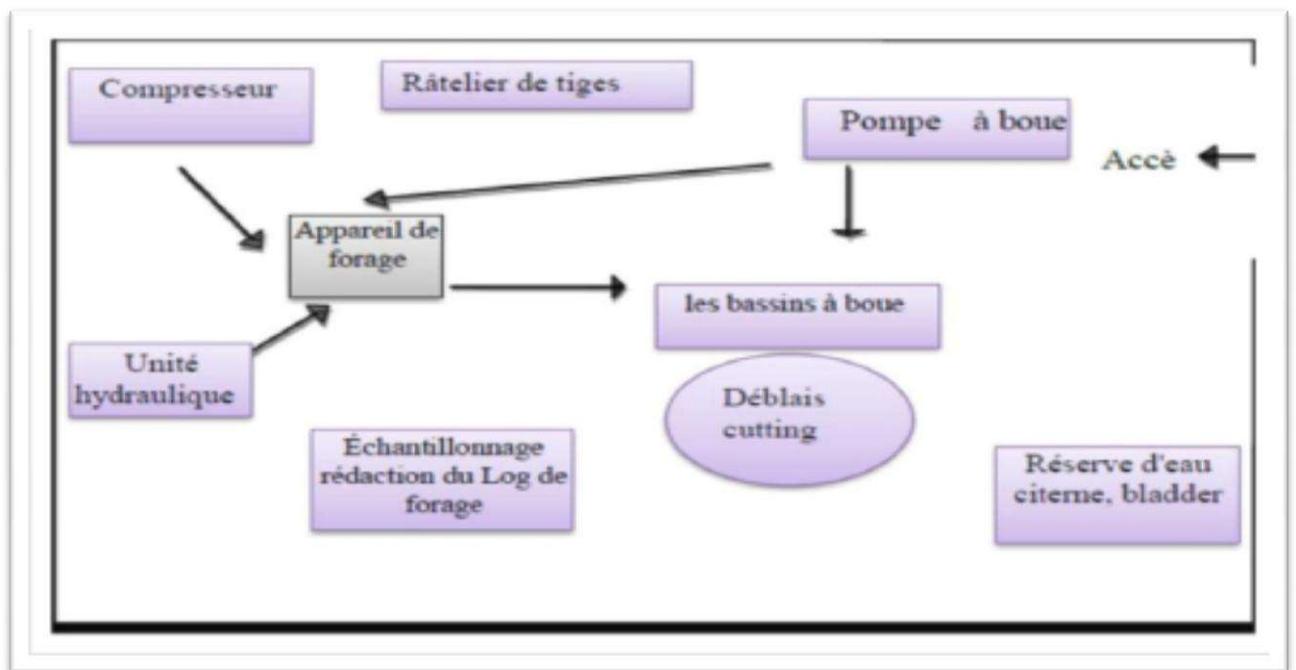


Figure N°22: Schéma d'installation du chantier de forage.

III .4.2. La Plateforme

***Dimension de la Dalle :**

Une surface minimale de 12m² et une hauteur de 4 m au-dessus du niveau du terrain naturel (conçue de manière à éloigner les eaux de la tête du forage, et suivant la nature du terrain on fait ces démentions).

Dans notre cas le terrain est sableux en surface ce qui nous oblige d’augmenter la profondeur (épaisseur de la plateforme).

III .5.Les Bassins

Dans ce travail, Il existe deux bassins métalliques, conçues spécialement pour les appareils de forage profonds, ces derniers servent à préparer la boue de forage et la maintenir dans les meilleures conditions ainsi que, pour séparer les résidus de forage, les impuretés et le ciment de la boue de forage pour la réutilisation.

Le dimensionnement des bassins utilisés est :

- *Largeur (m) = 2 m.*

- *Longueur (m) = 12m.*

- *Profondeur (m) = 2 m.*

- *Volume (m³) = 48m³.*

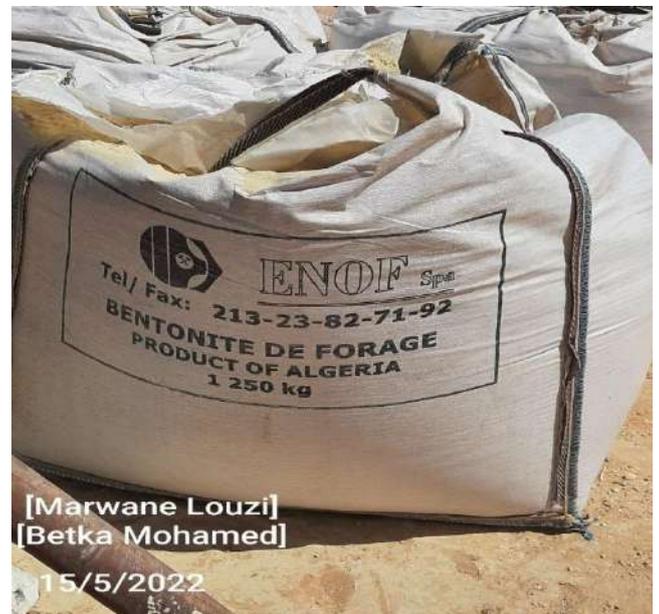


Figure N°23 : Les bassins utilisés pour la préparation de la boue

III .5. 1. La pompe à boue

Le rôle des pompes à boue est d'assurer l'aspiration de la boue de forage par la conduite d'aspiration, puis la refouler dans la colonne de refoulement à travers un clapet de refoulement.



Figure N°24 :La pompe à boue

III.6. Tube guide

Le trou a été foré par un outil de 36" de 0 à 50 m de profondeur, et puis la descente d'un tube de type API, de diamètre de 28" sur une profondeur de 50 m, le tube est cimenté au jour (type de ciment HTS), suivi d'une attente d'une 48 heure pour la prise.

III.7.La Foration

Le forage d'ElGueddachieté exécuté par L'Entreprise Tassili, avec un appareil de forage rotary, et une boue benthonique.

Le forage du puits s'est poursuivi, en commençant de 50 à 292 m avec un outil de 24" de diamètre, après quoi alésage du puits d'un outil de 17"^{1/2} diamètres a été réalisé le long du trou.

Tableau N°1 : Les diamètres des outils utilisés pour chaque phase

Forage			
De	À(m)	Φ en pouce	Φ en (mm)
50	292	24"	609
292	1195	17" ^{1/2}	431
1195	1502	12" ^{1/4} (reconnaissance)	304

III.7.1. Forage en outil 24"

Forage de 50 à 292mde profondeurs avec des outils de forage de 24"

III.7.2. Forage en outil 17"^{1/2}

Forage de 292 à 1195mde profondeur avec des outils de forage de17"^{1/2}

III.7.3. Forage de reconnaissance en outil 12"^{1/4}

Forage de 1195 à 1502mde profondeur avec un outil de forage de12"^{1/4}



Figure N°25: L'outil de forage

III.8. Analyse des échantillons (cuttings)

L'échantillonnage et l'analyse de cuttings permet l'établissement de la courbe granulométrique pour définir les caractéristiques des crépines.

Le forage à la boue permet de fournir à la surface des échantillons broyés ou non du terrain rencontré par l'outil au fond du trou.

S'il s'agit de forage au rotary, ces échantillons contiennent une forte portion de la boue de circulation.

Pour le forage au battage, il procure un échantillonnage nettement plus représentatif de la formation.

L'échantillonnageet l'analyse de cuttings permet l'établissement de la courbe granulométrique pour définir les caractéristiques des crépines et du gravier additionnel.

Le forage à la boue permet de fournir à la surface des échantillons broyés ou non du terrain rencontré par l'outil au fond du trou. S'il s'agit de forage au rotary, ces échantillons contiennent une forte portion de la boue de circulation.

Pour le forage au battage, il procure un échantillonnage nettement plus représentatif de la formation.

L'échantillonnage en forage par battage nécessite des interruptions de l'avancement, la sortie du trépan et l'extraction à la cuillère du sol de fond, tandis qu'au rotary; ces interruptions ne sont pas nécessaires.

III.9. Installation du tube de production

Les risques d'effondrement pouvant être importants, le tubage est mis en place le plus rapidement possible. Le trou de forage ne doit pas rester longtemps sans protection au risque de perdre le forage (effondrement du trou).

Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépines) est établi en fonction de la coupe géologique du forage ou sont notées les différentes "couches" de terrain et les venues d'eau.

Des essais de diagraphie (Résistivité électrique, gamma ray, neutron) peuvent être effectués avant l'équipement pour améliorer le plan de captage, spécialement dans les formations sédimentaires (forage rotary) où il est parfois difficile d'identifier les horizons argileux, Les crépines sont placées en face des niveaux aquifères ou des venues d'eau.

Par ailleurs, le plan respectera les points suivants :

- Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage (dépôts des cuttings en suspension dans la boue lors de l'arrêt de la circulation ou parfois effondrement), il faut donc en tenir compte en réduisant la longueur du tubage de 0.5 à 1 mètres par rapport à la profondeur réelle forée.
- Le dernier tube doit dépasser d'environ 0.5 mètres au-dessus de la surface du sol.
- Les longueurs de tube pouvant varier avec le filetage, il est conseillé de mesurer chaque longueur de tube pour établir un plan précis avec un captage correct de l'aquifère.
- Le tubage doit descendre librement sous son propre poids dans le trou, Si le forage n'est pas vertical (fréquent au-delà de 20 mètres), il est fréquent que les frottements le long du tube bloquent la mise en place du tubage, Ceci peut être résolu en appuyant légèrement sur le tubage pour qu'il descende, Dans le cas contraire, il faut le remonter et réaléser le trou.
- Une "méthode" alternative consiste à descendre le tube sans bouchon de fond pour qu'il puisse riper le long des parois.
- Il sera recommandé de boucher le fond du forage en faisant descendre du ciment depuis la Surface.[8]



Figure N°26 : Tubage API

III.9.1. Le Tubage 18^{5/8}" de 0-292m

Profondeurs de 0-292m avec des Tubage 18^{5/8}"

III.9.2. Le Tubage 13^{3/8}" de 0-1195m

Profondeurs de 0-1195m avec des Tubage 13^{3/8}"

III.9.3. Tubage 9^{5/8}" de 0-1195m

Profondeurs de 0-1195 m avec des Tubage 9^{5/8}"

III.10. Cimentation

Suite à la descente du tubage qui a été effectué dans des bonnes conditions, le chef du chantier a ordonné d'installer la tête de cimentation et de procéder à la circulation de la boue pour bien l'espace entre le trou et le tubage (espace annulaire).

L'objection de la cimentation c'est d'désoler le terrain mort et le venue d'eau de la surface (pollution de la nappes), ce qui dû un volume de laitier de ciment de **14.92 m³**

D'une densité de **d=1.80**



Figure N°27: Préparation du laitier de ciment.

III.10.1. Calcul du volume de laitier

III.10.1.1 Espace annulaire 36" – 28"

Trou forage Ø 36" —————> 656,8 l/m

Casing API Ø 28" (Ø extérieur) —————> 397,2 l/m

Profondeur = 50 m

Espace = 656,8 – 397,2 = 259,6 l/m

Volume = 259.6 × 50 = 12980 litre = 12,98 m³

Volume majoré à 15%

Volume total majoré = 0,15 × 12.98 = **14.92 m³** = 14.92 × 1,1 Tonnes = 16.41 Tonnes

Ciment HTS, CRS, Ciment forage : **d=1,8**

III.10.1.2. Espace annulaire 24" – 18"^{5/8}

Trou forage Ø 26" —————> 342,4 l/m

Casing API Ø 18 5/8" (Ø extérieur) —————> 176,2 l/m

Profondeur = 292 m

Espace = 342,4 – 176,2 = 166,2 l/m

Volume = 166,2 × 292 = 48530.4litre = 48.53 m³

Volume majoré à 10%

Volume total majoré = 0,10 × 48.53 = **53.38 m³** = 53.38 × 1,1 = 53.72 Tonnes

Ciment HTS : **d= 1,7**

III.10.1.3 Espace annulaire 17''^{1/2}–13''^{3/8}

V1= (Trou 17''^{1/2} – casing 13''^{3/8})

Trou forage Ø 17''^{1/2} → 155,2 l/m } Espace = 155,2 – 90,8 = 64,4 l/m
 Casing API Ø 13''^{3/8} (Ø extérieur) = 90,80 l/m } Profondeur = 1195 – 292 = 903 m

Volume = 64,4 × 903 = 58153.2 litre = 58.15 m³

Volume majoré 15%

V1 = Volume total majoré = 0.15× 58.15 = **66.87 m³**= 66.87 × 1,1 = 73.56 Tonnes

Ciment foraged=**1.6-1.8**

V2 = (volume théorique : casing 18''^{5/8} –casing 13''^{3/8})

Casing API Ø 18''^{5/8} (Ø intérieur) 159,73 l/m Espace = 159,73 – 90,8 = 68,94 l/m

Casing API Ø 13''^{3/8} (Ø extérieur) 90,80l/m Profondeur = 292 m

Volume = 68,942 × 292 = 20130.48litre =**20.13 m³**= 20.13 × 1,1 = 22.14 Tonnes

Ciment forage **d= 1,6 - 1,8**

Volume totale = V1 + V2 = 66.87 +20.13 = **87 m³**= 87 × 1,1 = 95.7 Tonnes

Tonnes ciment forage

III.10.1.4Espace annulaire13''^{3/8}–9''^{5/8}

(Volume théorique) :

Casing API Ø 13''^{3/8} (Ø Intérieur) ~~77.24~~ 47.10 l/m

Espace : E = 77.24 - 47.10 = 30.14 l/m

Casing API Ø 9''^{5/8} (Ø extérieur)~~47.10~~ 47.10 l/m

Profondeur : P = 1185 m

Volume : V = E × P = 30.14 × 1195 = 36900.9 L = **36.9 m³**= 36.9 × 1.1 = 40.59 Tonnes

III.10.1.5Calcul volume de l'eau de gâchage

1m³ de ciment forage → 630 litre d'eau

$$V_e = w \cdot QC / \gamma_c$$

V_e : volume d'eau de gâchage

QC : quantité total de ciment

γ_c: densité de ciment

W : rapport eau/ciment

V_{e1}=**5.74m³**

V_{e2}=**19.90m³**

$$V_{e3}=33.49m^3$$

$$V_{e4}=13.46m^3$$

III.10.1.6. Calcul du volume de chasse

$$V_{ch} = k_3 [(I_1 - h_0) d_{intub1}^2 + I_2 \cdot d_{intub2}^2 + I_3 \cdot d_{intub3}^2 + I_4 \cdot d_{intub4}^2]$$

Vch : volume de chasse

I : longueur de tronçon

K=1 (coefficient dépendant d'Etat du tubage)

H : hauteur à cimenter dans l'espace annulaire

H0 : hauteur de sécurité qui est de 10 à 20 m

$$V_{ch}=217.20m^3$$

III.11. Injection du laitier de ciment

La mise en place du laitier de ciment a été effectuée par injection à l'aide de la pompe à boue sous une forte pression suivie par la boue de chasse, qui est équivalent au volume de tubage mis en place.

L'injection ne sera interrompue qu'avec l'apparition du laitier de ciment au jour et fin de la quantité de boue de chasse calculée auparavant.

III.11.1. Differential valve (DV)

-La dv est un outil qui permet d'assurer une cimentation étagée.

-Elle est vissée, en cours de descente, à l'endroit voulu de la colonne de tubage.

III.11.2. Attente prise de ciment

Après l'injection et la chasse du ciment, il a été procédé à la fermeture de la vanne de la tête d'injection pour éviter le retour du laitier, Il a été maintenu une attente de 48 heures pour assurer la prise totale du ciment injecté.

III.12. Reprise de forage

Après avoir terminé l'opération de cimentation de tubage 13^{3/8} nous avons repris le forage de reconnaissance de 1195 à 1502 mètres avec un outil de 12^{1/4} diamètre.

III.13. Programme de la crépine

L'analyse des échantillons prélevés toutes les mètres, combiné au diagraphie (Gamma Ray, Résistivité la grande et la petite normale et la PS) servent à localiser la nappe albienne, ainsi, nous permettre la mise en place de la crépine en face de zone aquifère ;

On note que la crépine est constitué l'élément principal de l'équipement d'un ouvrage d'exploitation d'eau.

III.13.1. Packer

Des packers gonflables pour puits sont séparées par différentes longueurs de tubage et placés dans le puits pour isoler un segment de l'espace annulaire en appliquant un fluide sous pression via le tubage en question.

Le flux de fluide sous pression aux packers gonflables est commandé par une valve qui coupe automatiquement le débit de fluide à un différentiel de pression prédéterminé entre le tubage et l'espace annulaire et met en communication le tubage de forage avec la zone isolée du puits.

Le fluide peut ensuite être pompé dans ou extrait de la zone isolée. Lorsque le traitement de la zone est terminé, le tubage de forage est monté légèrement, ce qui égalise la pression des deux côtés des packers gonflables et dégonfle les packers, Le tubage de forage peut alors être extrait du puits ou, lorsque cela est souhaité, déplacé vers un autre emplacement qui peut être traité de la même Manière.[9]



Figure N°28 : Packer

III.13.2. Le LinerHanger

Cette pièce est formée d'un tronçon de tubage 9"^{5/8} sert à fixer la colonne de captage et la colonne de production au tubage 13"^{3/8} en attendant la cimentation.

Le support de gaine hydraulique permet à votre gaine d'atteindre la profondeur dans les formations rugueuses. Avec une conception de corps robuste en une seule pièce et des patins robustes, le résiste à des heures de rotation intense et se fixe de manière fiable avec une capacité de charge élevée.

Le liner hanger est un outil de cimentation utilisé dans le processus de cimentation. De nombreuses couches de tubage tombent pendant le processus de forage.

Le tuyau de suspension de revêtement est généralement utilisé comme tubage de production au fond.

La connexion entre le tuyau de suspension et le carter supérieur dépend du support de tuyau de queue.

Après l'installation du tubage ou du tamis, une injection de ciment est nécessaire pour terminer la cimentation.

Les systèmes de suspension de doublure peuvent être mécaniques ou hydrauliques, haut de gamme ou standard, rotatifs ou non rotatifs, conventionnels ou extensibles et à glissement de poche.

Le but du support de revêtement:

- est d'isoler l'écoulement à l'intérieur du revêtement plutôt que l'espace annulaire qui contribuerait au cas où aucun support de revêtement n'était installé.
- Le trou ouvert est fermé plus rapidement
- Moins de poids pour une tête de puits
- Meilleure cimentation
- Capacité de gréement
- Avantage de coût par rapport à une chaîne de tubage complète



Figure N°29 : Liner hanger

III.13.3 Ancrage de liner Hanger Packer (dans le forage profond ci de 4ème phase)

III.13.3.1 Les étapes de l'ancrage

La suspension du liner dans le tubage est plus difficile que celui d'une colonne entière dans la tête du puits. Peu de colonnes sont exposées à l'effluent et si elles s'affaiblissent, il est obligatoire de compléter le liner par une colonne complète, ce qui nécessite la reprise du puits.

Un liner est descendu et cimenté sur toute la longueur du découvert, afin de ne pas produire des fluides indésirables, le liner doit être perforé en face des zones d'intérêt.

Le réservoir est foré directement avec la phase du dernier tubage, la cimentation du tubage de production couvre la couche productrice. La perforation du tubage permet l'écoulement du fluide de formation dans le puits.

Le choix du système d'ancrage se fait en fonction de la nature du liner et du puits : si on descend un liner qui pèse plus de 8 tonnes dans un puits vertical ou moyennement dévié, ne présentant pas assez de frottements, il est préférable d'utiliser un système mécanique. Dans tous les autres cas, le système hydraulique est préférable.

Le temps de descente est très grand dans le cas d'un liner qui comporte des équipements à activation hydrauliques.

L'extension du liner Hanger est réalisée avec un Ensemble de réglage de la garniture actionnée hydrauliquement l'outil ce meet en marche.

Chapitre III : Matériels et Méthodes de la Réalisation du Forage

Les étapes de l'ancrage :

- Contrôler le poids de la colonne du captage (Crépines + tubes pleins poids de moufle)
- Contrôler le poids total de la colonne de production (liner + Casing Ø 9 "5/8 + poids de moufle)
- Enregistrements du poids de ces colonnes vers le haut et vers le bas
- Suivre l'évolution du poids du liner Hanger au Martin Decker
- Lors de la descente de la garniture ne pas tourner la colonne de captage Pour éviter le risque d'ouverture.
- Ne pas mettre les centreurs sur le liner.
- A la fin de la descente de la garniture dégagez un 01 mètre comme un repère tracé Pour atteindre la cote de l'ancrage.
- A la fin de l'ancrage le poids total (Liner + Casing) doit diminuer la valeur du Poids de liner.
- Le martin Decker indique uniquement le poids de casing ce la justifier la réussite D'opération de l'ancrage
- Gonflement le ballon de sabot casing 9"5/8 vers le casing 13"3/8 pour isoler le Passage du ciment dans l'aquifère.[10]

Avantage :

- Très simple et moins d'éléments.
- Elimination de risque de pose pour liner ou packer.
- Pas de fuites potentielles.
- Contrainte répartis uniformément.
- L'opération se fait à une seule descente.
- Le temps des manœuvres réduites.
- Pas de partie externe en mouvement.
- L'outil de pose est ensuite dégagé du liner et tiré vers le haut.

Remarque :

Le programme prévisionnel nécessaire à la descente de la colonne de captage est

Composée de :

Joints Inox (Tubes plein + Crépines Johnson) Ø 8"5/8 raccorder par les Accessoires : (Raccord diélectrique + Liner Hanger Packer + Anneau de cimentation + DV) accompagné des équipements casing API Ø 9"5/8.

III.13.4. Raccord diélectrique

Le raccord diélectrique sert à isoler la colonne du captage en Inox de la colonne du production 9ⁿ5/8, cette isolement évite la corrosion par le blocage des courants vagabonds qui peuvent circuler à travers le terrain et les équipements tubulaires.

III.13.5. Choix du type de la crépine

La crépine est choisie en fonction de la profondeur, du type de terrain (roche consolidée ou roche friable) ou de la granulométrie des sables du niveau aquifère capté et la qualité de l'eau de l'aquifère, préalablement déterminée. Comme les tubages, les crépines en acier inoxydable sont vissées un par un.

Bien d'autres dispositifs sont offerts sur le marché, mais dans notre travail, nous avons utilisé Les crépines JOHNSONINOX SUPER RENFORCES SLOT 20, dont la conception et l'efficacité sont très nettement supérieures à toutes autres.



Figure N°31: Crépines Johnson super renforcées et tubes pleins renforcés

III.13.6. La mise en place de la crépine

Elle est placée à la suite du tubage plein, Les crépines doivent permettre la production maximale d'eau claire sans sable, résister à la corrosion due à des eaux agressives, résister à la pression d'écrasement exercée par la formation aquifère en cours d'exploitation, avoir une longévité maximale et induire des pertes de charge minimales.

Le nombre d'utilisation de la crépine est 36 crépines.

- 11 tubes plein inox
- 25 crépines Johnson

Tableau N°2 : mise en place de crépine (Colonne de captage 8^{5/8} et de production 9^{5/8} API)

Profondeur	Détails
1515-1525m	Vide de cimentation
15115-1514.7	Sabot inox 8 ^{5/8} de 0.3m
1514.7-1505.77m	1 tube plein inox
1505.77-1487.91m	02 crépines Johnson
1487.91-1478.98m	1 tube plein inox
1478.98-1443.26m	4 crépines Johnson
1443.26-1425.40m	2 tubes plein inox
1425.40-1336.1m	10 crépines Johnson
1336.1-1327.17m	1 tube plein
1327.17-1318.24m	1 crépines Johnson
1318.24-1309.31m	1 tube plein inox
1309.31-1282.52m	3 crépine Johnson
1282.52-1246.56m	4 tubes pleins inox
1246.56-1201.91m	5 crépines Johnson
1201.91-1192.98m	1 tube plein inox
1192.98-	DE+packer+ Anneau+ dv+ tub 9 ^{5/8}

III.14. Auto-développement du forage

C'est une étape importante qui permet d'éliminer la plupart des particules fines du terrain ainsi que la boue de forage utilisée durant la foration.

À ce stade, il peut sembler presque impossible que de l'eau propre et potable sorte d'un nouveau forage, mais, pour autant que celui-ci ait été correctement construit, ce sera effectivement le cas. Si un forage a été réalisé à l'aide de boue ou d'air, il faudra le nettoyer. Après l'installation du tubage définitif, le trou contiendra de l'eau sale, de la boue, de la roche broyée (des machines de forage) et peut-être d'autres débris. Le développement peut aussi réparer les dommages que le processus de forage a causés à l'aquifère adjacent, développer l'aquifère (accroître la transmissivité) et améliorer le rendement du forage.

« le développement a deux objectifs principaux :

- 1) réparer les dommages causés à la formation durant l'opération de forage afin que ses caractéristiques hydrodynamiques naturelles soient restaurées
- 2) modifier les caractéristiques physiques essentielles de l'aquifère près du forage afin que l'eau s'écoule plus librement vers un puits »

Dans la plupart des cas, le développement comprend l'injection d'air comprimé. Ce processus peut être facilité par l'utilisation d'additifs (dispersants) qui peuvent faciliter la dissolution de la boue de forage.

Chapitre III : Matériels et Méthodes de la Réalisation du Forage

Le traitement à l'acide peut élargir et nettoyer les fissures d'un aquifère calcaire même lorsqu'elles se trouvent à des dizaines de mètres du forage.

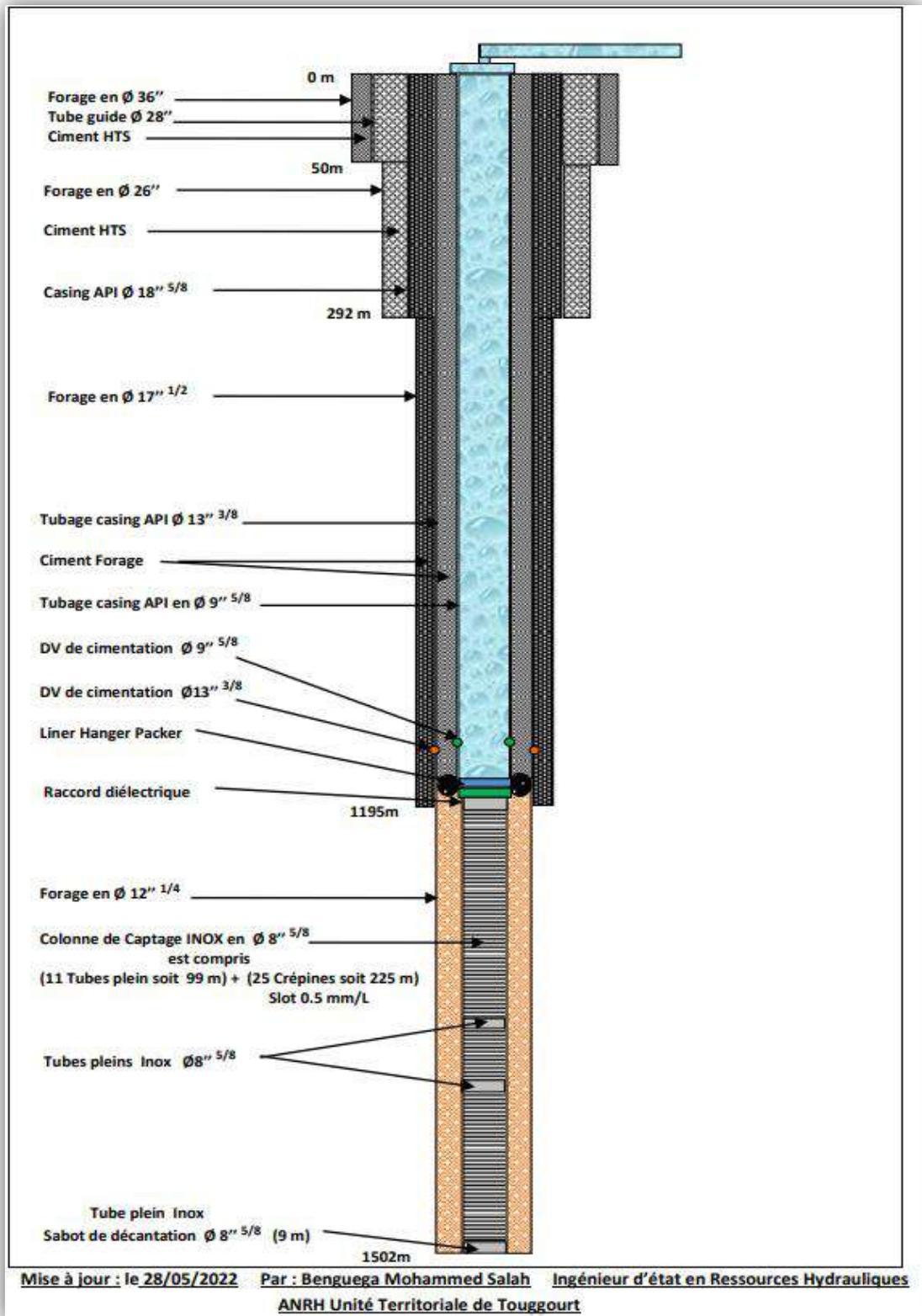


Figure N° :32 Coupe Technique de forage Albien El Gueddachi. Commune El Hadjira
(sans échelé)

III.15. Durée totale de la réalisation

Les travaux de fonçage ont démarré le premier janvier 2022, et ils ont été terminés le Juin 2022.

Ce qui donne un total de 180 jours à savoir que l'entreprise s'est engagée de réaliser le forage dans un délai de 4 mois, soit une durée de 120 jours.

Mais nous remarquons que la durée réelle de la réalisation est de 180 jours.

Ce qui implique que l'entreprise a connu un retard de réalisation de :

Durée réelle

– durée d'engagement 180 jours – 120 jours = 60 jours

Donc les travaux ont connu un retard de 60 jours

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons aperçues les différentes étapes de suivi, la responsabilité de contrôler dans chaque opération, pour assurer un bon déroulement des travaux de réalisation de forage ;

Donc on peut résumer les travaux comme suite :

- Le trou a été foré par un outil de 36" de 0 à 50 m de profondeur.
- Le forage du puits s'est poursuivi, en commençant de 50 à 292 m avec un outil de 24" de diamètre, après l'alésage du puits d'un outil de 17^{1/2}" diamètre a été réalisée le long du trou.
- Décence de la colonne de production en API 13^{3/8}" de 0 à 1195m
- Cimentation du tubage 13^{3/8}" sur 1195m
- Nous reprenons le forage du puits de 1195m à 1502 mètres avec un outil de 12^{1/4}" diamètre.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif premier et principal est de forer un puits selon le programme qui leur est fixé dans les meilleures conditions technico-économiques au moindre coût possible.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail de fin d'étude.

La fiche technique de chaque forage réalisé que ce soit pour les formations superficielles, la couverture ou de socle est une information évidente sur la structure, la composition et les propriétés des différentes couches géologiques.

Selon la configuration hydrogéologique existante en Algérie, trois modes opératoires sont habituellement utilisés pour mobiliser les ressources en eau souterraine du pays :

- le forage au Rotary
- le forage par Battage
- le forage au Marteau Fond de Trou

La méthode utilisée pour réaliser le forage d'ELGueddachi est le mode Rotary, cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car il s'adapte à la géologie de la région, Le climat de notre zone d'étude (est caractérisé par des températures élevées, de faibles précipitations, un taux évaporation élevé, un manqué d'humidité et un pourcentage important de vents.

La région d'ELGueddachientaillée dans les massifs calcaires du Turonien se caractérise par 4 couches géologiques: Quaternaire, Touranien, Cénomaniens, Albien.

Cetterégion dépend de l'agriculture, La nappe albien présente un intérêt important dans le domaine agricole.

Du point vu hydrogéologique, la région d'El Hadjira repose sur un énorme réservoir d'eaux souterraines, il s'agit du système aquifère du Sahara septentrional qui renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés: le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) et qui couvre une superficie d'environ 1 000 000 km².

La réalisation des forages hydrauliques dans la région d'ELGueddachi, passe par plusieurs étapes, suivant la profondeur et la pression de la nappe.

Cette opération de forage à plusieurs étapes, commençant par l'identification des objectifs du forage du puits jusqu'à l'exploitation de l'eau.

Dans ce cadre de notre étude, nous avons suivi le forage d'un puits destiné à l'utilisation agricole dans la région de Gueddachi.

Nous avons montré l'importance et les effets de l'étude géologique de la région dans l'identification de la couche adéquate au forage.

L'étude tient aussi les étapes et les techniques du forage, qui commencent par mettre le tube guide et se terminent par le nettoyage et le développement. Puis, on passe à l'opération de l'essai de débit (pression) parce que le forage profond (albien) pour déterminer le débit.

L'étude a conclu que le débit atteint le niveau estimé grâce à la bonne utilisation des techniques de forage et d'équipement.

Références

Bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **SOUILEM MOHAMMED NADIR** : étude suivi d' un forage profond albin(djaoua) el atteuf (wilaya de Ghardaia) 2019/2020
- [2] **Guide d'application de l'arrêté interministériel du 11/9/2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau** : sondage, forage, puits, ouvrage souterrain non domestique
- [3] **Fiche 6 c – Conditions techniques de réalisation d'un forage** : mise en place de la crépine, du massif filtrant, nettoyage et développement.
- [4] **M.KECHICHEDRabah**: *Suivis et étude des forages hydrauliques De la région d'Oued Righ*Année Universitaire : 2015/2016.
- [5] **M. BETTAYEB ABD EL HAMID**: caractérisation de la nappe mio-pliocène la région d'El Hadjira Mémoire de Master Univ de Ouargla année 2018
- [6]**LAMINIAbdellah**: étudegéochimique et minéralogique des chotts de la région d'El Hadjira Mémoire de Master Univ de Ouargla 2012
- [7] **CHEHIMA Sofiane & DEDDOUCHE Houria**:étude et suivi technique d'un forage profond albien dans la région de sebsebcas du forage de lehrith Mémoire de Master Univ de Ghardaïa 2021
- [8] <https://patents.google.com/patent/WO1997021904A2/fr>
- [9].https://fr.made-in-china.com/co_zjboral/product_Drilling-Liner-Hanger-Made-in-China_reorhrrng.html
- [10]**ANRHA**Agence nationale des ressources hydraulique (Touggourt)

Résumé

La zone d'ElGueddachi administrativement fait partie de la commune d'El Hadjira (wilaya de Touggourt), géographiquement elle se situe à l'Ouest du Grand erg oriental. Du point de vue climatologie, il règne un climat aride type chaud et sec pendant l'Eté et froid et sec en hiver ce climat se caractérise par des températures élevées avec peu de précipitations.

Afin de couvrir le manque d'approvisionnement en eau d'irrigation pour ses habitants, nous avons recours à l'exploitation de l'aquifère, qui est une ressource très importante.

Notre projet de fin d'étude se focalise sur le suivi technique de la réalisation d'un puits profond (Albien) d'une profondeur de 1502 mètres dans la région d'ElGueddachi, ce qui nous a permis de suivre de près l'ensemble ainsi que d'assister aux différentes opérations techniques de réalisation de ce forage dont la technique utilisée est de type Rotary.

Lors de cette étude, nous avons eu l'occasion d'assister au suivi du processus technique de ce forage dans ses quatre étapes, à savoir : Tube Guide , Colonne Technique , Colonne de Production , Colonne de Captage .

L'orage près sa mise en service servira pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation d'un nouveau périmètre agricole récemment créé par les services agricoles de la wilaya de Touggourt.

Mots clés : ElGueddachi, Forage, rotary, Eaux souterraines, Eau Jaillissante, Albien.

ABSTRACT

The area of El Gueddachi is administratively part of the district of El HADJIRA (Town of Touggourt), geographically it is located in the west of the Great Eastern erg. From the climatological point of view, it reigns an arid climate type hot, dry during the summer, cold, and dry in winter. This climate is characterized by high temperatures with little rainfall.

In order to cover the lack of irrigation water supply for its inhabitants, we resort to the exploitation of the aquifer, which is a very important resource.

Our end of study focuses on the technical follow-up of the realization of a deepwell (Albian) of a depth of 1502 meters in the region of El Gueddachi, which allowed us to follow closely the whole as well as to assist to the various technical operations of realization of this drilling rotary technique used is of Rotary type.

During this study, we had the opportunity to attend the follow-up of the technical process of this drilling in its four steps, namely.

- Guide tube, Technical column, Production column , well catchment

The well drilling after its commissioning will be used to satisfy the irrigation water needs of a new agricultural perimeter recently created by the agricultural services of the town of Touggourt.

Keywords: Gueddachi, Rotary drilling, Groundwater, Gushing waters, Albien