

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

Département Génie civil et hydraulique

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de  
Master, Filière : Génie civil et hydraulique

Spécialité : Forage d'eau

Thème

**SUIVI TECHNIQUE DE LA REALISATION D'UN FORAGE  
HYDRAULIQUE HMOE-101 bloc 438 BASSIN DE OUED-  
MYA WILAYA DE OUARGLA**

*Présenté par :*

❖ **BENLARBI Mehdi**

*Soumis au jury composé de :*

**Mr. MAHI Rachid**

**UKM Ouargla**

**Président**

**Dr. BOUZIANE Lamia**

**UKM Ouargla**

**Examineur**

**Dr. MANSOURI Zina**

**UKM Ouargla**

**Encadrante**

*Année Universitaire : 2023 / 2024*



**Résumé :** La rareté des eaux douces sur la superficie de la terre, pousse l'homme à exploiter les sources souterraines et réaliser des forages pour assurer une alimentation en eau potable, agricole et industrielle. Pour réaliser un forage plusieurs techniques sont mises à la disposition dont celle au Rotary. Ce travail vise à suivre les travaux de réalisation d'un forage hydraulique qui a pour but d'alimenter un futur sondage pétrolier. Ce travail vise l'étude et le suivi de la réalisation d'un forage hydraulique HMOE-101 à Oued Mya dans la région de Haoud Berkaoui (w de Ouargla) dont le premier objectif est le captage de la nappe SENONIEN-CARBONATE à une profondeur estimée à 200m et le second est l'alimentation en eaux industrielles des travaux du futur forage pétrolier HMOE-1. La réalisation de ce dernier sera élaborée par deux (2) phases. La première phase est de forer en 26'' avec mise en place d'un tube guide de diamètre 18''<sup>5/8</sup>. La seconde est de forer en 17''<sup>1/2</sup> pour la mise en place de la colonne de captage de diamètre 9''<sup>5/8</sup>.

Mots clés : Forage ; Captage ; Sénonien-Carbonaté ; Rotary ; Cimentation ; Puits ; Oued Mya.

**ملخص:** إن ندرة المياه العذبة على سطح الأرض تدفع الإنسان إلى استغلال المصادر الجوفية وحفر الآبار لضمان إمدادات المياه الصالحة للشرب والزراعة والصناعية. لتنفيذ الحفر، تتوفر العديد من التقنيات، بما في ذلك التقنية الدورانية. يهدف هذا العمل إلى متابعة أعمال تنفيذ الحفر الهيدروليكي الذي يهدف إلى تزويد الحفر النفطي المستقبلي. يهدف هذا العمل إلى دراسة ومتابعة إنشاء الحفر الهيدروليكي HMOE-101 بوادي مية بمنطقة حوض بركاوي (ولاية ورقلة) والذي يتمثل هدفه الأول في استغلال واستخراج المياه الجوفية من الطبقة الحاملة كاربونات سينونية على عمق يقدر بـ 200 متر والثاني هو إمدادات المياه الصناعية لأعمال التنقيب عن النفط HMOE-1 المستقبلية. سيتم تطوير تحقيق هذا الأخير على مرحلتين (2). المرحلة الأولى هي الحفر في 26 بوصة مع تركيب أنبوب توجيه بقطر 18 بوصة 5/8. والثاني هو حفر 17 بوصة 1/2 لتثبيت عمود التجميع بقطر 9 بوصة 5/8.

الكلمات المفتاحية: حفر ; الاستيلاء ; كاربونات سينونية ; التقنية الدورانية ; السمنتة ; بئر واد مية.

**Abstract :** The scarcity of fresh water on the earth's surface pushes man to exploit underground sources and drill boreholes to ensure a supply of drinking, agricultural and industrial water. To carry out drilling, several techniques are available, including Rotary. This work aims to follow the work of carrying out a hydraulic drilling which aims to supply a future oil drilling. This work aims to study and monitor the construction of a hydraulic drilling HMOE-101 at Oued Mya in the region of Haoud Berkaoui (w of Ouargla) whose first objective is the capture of the SENONIEN-CARBONATE aquifer at a depth estimated at 200m and the second is the industrial water supply for the future HMOE-1 oil drilling works. The realization of the latter will be developed in two (2) phases. The first phase is to drill in 26'' with the installation of a guide tube with a diameter of 18''<sup>5/8</sup>. The second is to drill 17''<sup>1/2</sup> to install the collection column with a diameter of 9''<sup>5/8</sup>.

**Keywords:** Drilling; Capture; SENONIEN-CARBONATE; Rotary; Cementing; Oued Mya Well

## *Remerciements*

Je remercie Allah, le tout puissant, le miséricordieux, de m'avoir appris ce que j'ignorais et donné la santé, la persévérance ainsi que tout ce dont j'avais besoin afin de réaliser le travail requis et rédiger ce mémoire.

Mes vifs remerciements et mes respects les plus distingués vont à mon encadrante Dr.MANSOURI Zina pour avoir proposé le thème, apporté son savoir et son expérience aussi bien en captage et forage, qu'en de nombreux autres domaines. Je tiens également à saluer sa disponibilité durant cette période difficile. Enfin je la remercie pour la confiance qu'elle m'a accordée, elle m'a été d'un grand soutien sans lequel il m'aurait été difficile d'achever ce travail.

Je tiens à remercier également tout le personnel du département hydraulique de la division forage – SONATRACH particulièrement M.TALBI Eulmi pour son aide à la réalisation du stage.

J'adresse mes sincères remerciements à M.MAHI Rachid qui m'a fait l'immense honneur d'accepter de présider le jury et d'évaluer ce travail.

Il m'est agréable d'adresser mes vifs remerciements et l'expression de ma profonde gratitude à M<sup>me</sup> BOUZIANE Lamia qui m'a honoré en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir à travers ses suggestions avisées.

Mes sincères remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du département de génie civil et hydraulique de l'Université de Ouargla pour la formation qu'ils m'ont assurée au long de notre cursus universitaire.

Enfin, ma sympathie va vers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## **Dédicaces**

## SOMMAIRE

Résumé	I
Remerciements	II
Dédicaces	III
Liste des abréviations	IX
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : forages et ouvrages d'eau</b>	
I.1- Introduction	3
I.2- Forages de reconnaissance	3
I.3- Forages d'exploitation verticaux	3
I.I3-1- Puits	3
I.3-2- Forage	3
I.3-3- Pointe filtrante	4
I.4- Ouvrages de captage d'eau horizontaux	4
I.4-1- Les galeries drainantes	4
I.4-2- Le puits a drains rayonnants	7
I.4-3- Le puits avec galeries drainantes	7
I.4-4- Le Foggara	8
I.4-5- Le forage horizontal	8
I.5- Piézomètre	9
I.6- Puits d'observation	10
I.7-Conclusion	10
<b>CHAPITRE II :</b>	
<b>GENERALITE SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE</b>	
II.1-Introduction	11
II.2- Techniques de forage	11
II. 2-1-Forage au battage	11
II.2-2- Forage au marteau fond	12

II.2-3- Forage rotary	13
II.3- Paramètres du forage	14
II.4- Choix d'une méthode de foration	15
II.5- Matériel utilisé	16
5-1- Equipements de surface	16
5-1-1-Equipements de levage	16
5-1-2-Les équipements de rotation	19
5-1-3-Les équipements de pompage	21
5-2-Les équipements de fond	23
II.6- Conclusion	26
 CHAPITRE III : Presentation de la zone d'étude 	
III.I1-Introduction	
III.2- Présentation de la zone	27
III.2-1- Situation géographique	27
III.2-2-Cadre géologique	27
III.2-3-Stratigraphie de la zone	28
III.2-3-1- Secondaire	29
III.2-3-2-Quaternaire	29
III.2-3-2-Quaternaire	32
III.2-4- Hydrogéologie de la zone	34
III.2-4-1- Nappe phréatique	34
III.2-4-2-Nappe de Complexe Terminal	34
III.2-4-3-Nappe du Continental Intercalaire	35
III.3- Positionnement géographique du puits d'eau HMOE-101	37
III.3-1-Aperçu sur le puits d'eau	37
III.3-2-Itinéraire vers le puits d'eau	38
III.4- Conclusion	
 CHAPITRE IV : Materiels et méthodes de réalisation du forage 	
IV.1-Introduction	41
IV.2- But de forage	41
IV.3- Objectif de forage	41
IV.4-Ddurée prévue des opérations de forage	42

IV.5-Première Phase (26'' X 18'' 5/8)	42
IV.5-1-Préparation avant le forage	43
IV.5-2-Réalisation	44
5-3-Préparation avant la descente du tubage	45
IV.5-4-Recommandations pour la descente du tubage	46
IV.5-5 Préparation de la cimentation	46
IV.5-6- Recommandations pour la cimentation	46
IV.5-7-Cimentation du tube guide	47
IV.6-Deuxieme phase (17'' 1/2 X9''5/8)	51
IV.6-1-Risques potentiels	51
IV.6-2 Préparation avant le forage	51
IV.6-3-Réalisation	52
IV.6-4 Préparation avant la descente de la colonne de captage	54
IV.6-5-Recommandations pour la descente du tubage	55
IV.6-6-La mise en gravier	56
IV.6-7-Développement	57
IV.7- Conclusion du chapitre IV	59
CONCLUSION GENERALE	60
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	i
ÄNNEXES	iii

## Liste des figures

Figure	Page
Figure I.01 : Descriptive de la pointe filtrante	4
Figure I.02 : Galerie drainante	5
Figure I.03 : Schéma de principe de fonctionnement de foggaras	8
Figure I.04 : Photo montre un forage horizontal d'une source	9
Figure I.05 : Différents types des piézomètres	10
Figure II.01 : appareil de forage par battage	11
Figure II.02 : Marteau fond de trou	12
Figure II.03 : technique de forage rotary	14
Figure II.04 : Le MAT de forage	17
Figure II.05 : le moufle fixe	18
Figure II.06 : le moufle mobile	18
Figure II.07 : Table de rotation + la tige d'entraînement	20
Figure II.08 : Le top drive	21
Figure II.09 : La conduite de refoulement	22
Figure II.10 : le plancher de travail	22
Figure II.11 : Les équipements de pompage	23
Figure II.12 : La garniture de forage	24
Figure II.13 : Les tiges de forage	24
Figure II.14 : la masse tige	25
Figure II.15 : Outil a pastille	26
Figure II.16 : outil diamant	26
Figure II.17 : Outil PDC	26
Figure III.01 : Situation géographique du bassin d'Oued Mya	27
Figure III.02 : Coupe Palin spastique NW-SE du bassin d'Oued Mya	29
Figure III.03 : colonne stratigraphique du bassin d'Oued Mya	33
Figure III.04 : Carte piézométrique du Complexe Terminal	35
Figure III.05 : Carte piézométrique de Continental Intercalaire	36
Figure III.06 : Positionnement du bloc 438	38
Figure III.07 : Schéma synoptique du puits	39

## Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau III.01 : Aperçu du puits	37
Tableau III.02 : Décompte kilométrique	39
Tableau IV.01 : Durées prévu pour chaque phase	42
Tableau IV.02 : Choix de l'outil de forage.	43
Tableau IV.03 : Paramètres de la boue.	44
Tableau IV.04 : Volume de la boue	45
Tableau IV.05 : Caractéristiques de tubage	46
Tableau IV.06 Comparaison entre les deux calculs	50
Tableau IV.07 : paramètre de la boue.	52
Tableau IV.08 : volume de la boue	52
Tableau IV.09 : Garniture de forage	54
Tableau IV.10 : composition de la colonne de tubage	55
Tableau IV.11 : caractéristiques de tubage	56
Tableau IV.12 : Excès de gravier dans les puits avoisinants	56
Tableau IV.13 : l'excès de gravier dans le puits	57
Tableau IV.14 : La durée de développement pendant le forage des puits avoisinants	58

## Liste des abréviations

m : mètre

cm : centimètre

mm : millimètre

m<sup>2</sup> : mètre carré

m<sup>3</sup> : mètre cube

m<sup>3</sup>/h : mètre cube / heure

‘ : Pouce (1’’=2.54cm)

l : litre

l/h : litre/heure

Kg : Kilogramme

MFT : Marteau Fond de Trou

BOP : Bloc Obturateur de Puits

API : American Petroleum Institute (Institut Américain de Pétrole)

HMOE : Haoud MOUKHELIEDINE

DTM : Démontage Transport Montage

RPM : Rotation Par Minute



**CHAPITRE I :**  
**INTRODUCTION GENERALE**

L'eau est un don de la du ciel et reflète une réalité incontestable (sans eau, pas de vie). C'est un élément indispensable à la vie et revêt une importance pour de nombreuses activités humaines, 70% de la superficie de la terre est occupée par de l'eau mais avec seulement 2.2% de qualité douce dont 22% proviennent des eaux souterraines. Ces dernières représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Leur exploitation présente des avantages économiques appréciables du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement x voire aucun. Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de cette ressource [1].

L'eau est universellement reconnue comme la source fondamentale de la vie. Aucun être vivant sur la planète ne peut subsister sans elle. Elle revêt une importance cruciale pour la santé humaine, le bien-être global et la préservation de l'écosystème.

L'eau joue aussi un rôle très important dans les industries. Concernant les travaux de sondage pétroliers, l'alimentation en eau est nécessaire pour assurer un bon déroulement des travaux de sondage. Le mode d'alimentation en eau peut être effectué par citerne, ou par conduite depuis une source d'eau dans la région, mais le plus souvent par la réalisation d'un forage hydraulique [2].

Un forage appelé également puits à eau est le résultat d'un terrassement vertical, mécanisé (par forage, havage, etc.) ou manuel, permettant l'exploitation d'une nappe d'eau souterraine soit un aquifère. L'eau peut être remontée au niveau du sol grâce à un seau ou une pompe, manuelle **ou non**. Les puits sont très divers de par leur mode de creusement, profondeur, volume d'eau, ou équipement [3].

Les hydrocarbures, première source d'énergie dans le monde, occupent une large place dans l'économie mondiale. Ce travail s'axe sur la région Nord-Est du bassin Oued Mya, qui fait partie du Sahara Septentrional, plus précisément du Bas Sahara et a connu depuis l'indépendance une importante avancée en matière de découvertes de gisements d'hydrocarbures. En outre, les ressources en eaux souterraines de cette région, bien qu'importantes, sont essentiellement peu renouvelables, représentées par deux grands systèmes aquifères : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal.

L'objectif de cette étude, est la réalisation d'un ouvrage de captage d'eau pour l'approvisionnement en eau du futur sondage pétrolier.

Les travaux de sondage pétrolier HMOE-1 seront, donc, alimentés par un forage hydraulique HMOE-101. Le forage du puits doit être réalisé selon le programme qui lui est fixé dans les meilleures conditions technico-économiques au moindre coût possible.

Le plan de cette étude est structuré comme suit :

- en premier lieu une recherche bibliographique sur les différents types des forages et les ouvrages de captage d'eau sera entamée ;
- le deuxième chapitre présentera les différents techniques et méthodes de forage, avec leurs définitions et principes de travail et un aperçu, sera donné, sur les avantages et les inconvénients de chaque technique ;
- le troisième chapitre sera consacré à la présentation de la zone d'étude qui est le bassin Oued Mya (localisation, géologie, hydrogéologie) ;
- le quatrième chapitre sera réservé aux étapes de réalisation du forage étudié (matériels et méthodes) ainsi que la méthodologie de calcul des différents volumes ;
- cette étude sera achevée par une conclusion générale sur le suivi du forage destiné à l'utilisation industrielle ainsi que quelques recommandations



**CHAPITRE I :**  
**FORAGES ET OUVRAGES D'EAU**

## **I.1 Introduction :**

Les techniques de captage des eaux souterraines classiquement mises en œuvre dans les milieux poreux et fissurés sont peu variées. Le choix de la technologie à adapter est en fonction non seulement de l'hydrogéologie (géométrie de l'aquifère, paramètres hydrodynamiques, potentialités) mais également des contraintes externes, comme la topographie, l'hydrographie, les risques de salinisation et de transfert de pollution depuis la surface, l'occupation des sols, les conditions d'exécution et les équipements. Enfin, l'ouvrage doit pouvoir être réalisé dans des conditions économiquement supportables [4].

## **I.2 Forages de reconnaissance :**

Les sondages de reconnaissance sont des puits de petits diamètres de l'ordre de 6 à 8 cm, dont leur réalisation et équipement sont similaires 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.

## **I.3 Forages d'exploitation verticaux :**

Les ouvrages verticaux sont les plus utilisés et les plus adaptés pour exploiter des aquifères poreux et relativement étendus. La majorité des aquifères fissurés sont également exploités à l'aide de ces ouvrages.

### **I.3.1 Puits :**

Ils constituent des ouvrages de captage très répandus, ils ont été généralement réalisés à la main et, de ce fait, ils captent les nappes peu profondes. Les diamètres de ces ouvrages sont généralement très importants (de 1 à 3 mètres de diamètre). Ces ouvrages sont souvent mal protégés de la surface et très sensibles aux fluctuations de niveau des nappes dont ils ne captent souvent que la partie supérieure. Leur rendement est généralement faible du fait de ce mode de captage.

### **I.3.2 Forage :**

A la différence d'un puits, est un trou vertical profond, de plusieurs dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres et de diamètre plus restreint. Il est creusé par un procédé mécanique à moteur (foreuse) en terrain consolidé ou non, dans les délais très rapides. Les

forages constituent probablement le type de captage le plus répandu pour l'eau potable, ils ont l'avantage de permettre de capter des niveaux aquifères bien précis et individualisés, notamment les nappes captives, avec une excellente sécurité contre les pollutions de surface. La partie non captante peut (et doit) en effet être parfaitement étanche et cimentée sur toute sa hauteur [5].

### I.3.3 Pointe filtrante :

La pointe filtrante est un ouvrage de captage peu profond (8 m maximum) réalisé généralement dans les sols sableux. Ce type de captage est aménagé en enfonçant manuellement ou mécaniquement le tubage dont le diamètre intérieur varie de 2,5 à 5cm (Figure I.01). L'extrémité inférieure constitue la crépine par laquelle s'effectue l'aspiration de l'eau. Les pointes filtrantes, isolées ou en batteries sont couramment employées dans le domaine des travaux publics pour le rabattement des nappes mais peu usitées pour l'exploitation des eaux souterraines. Le captage par pointes filtrantes permet de répartir les prélèvements sur une plus grande surface et de diminuer les rabattements. Sa mise en œuvre, d'un coup de revient modeste, ne nécessite ni matériel complexe, ni main d'œuvre qualifiée

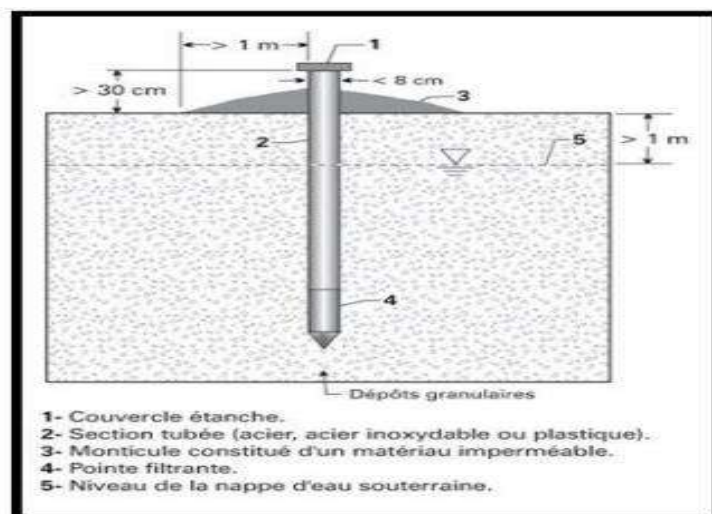


Figure I.01 : Descriptive de la pointe filtrante.

## I.4 Ouvrages de captage d'eau horizontaux :

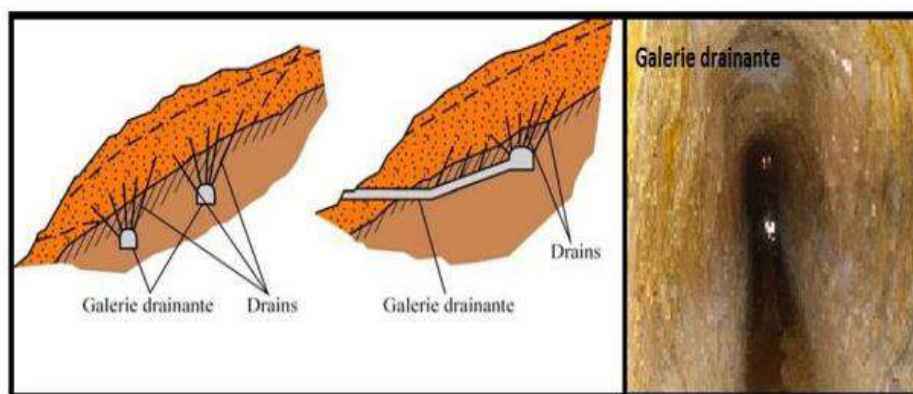
### I.4.1 Galeries drainantes :

Les galeries sont de petits tunnels creusés dans la roche de manière à traverser et à drainer donc une nappe d'eau souterraine (Figure I.02). Ces ouvrages sont généralement subhorizontaux et de sections de l'ordre de 1.80 à 2 mètres de hauteur et 1 à 2 mètres de

largeur. Les eaux souterraines sont collectées puis canalisées par une galerie où des drains horizontaux ou subhorizontaux complémentaires viennent parfois se brancher à la galerie. La longueur de ces galeries est variable : de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres.

Les eaux souterraines nécessitent parfois d'être collectées par d'importantes surfaces de drains lorsque les caractéristiques de la nappe aquifère sont très mauvaises. C'est le cas de formations superficielles très peu épaisses mais constamment mouillées, qui permettent néanmoins de produire des débits intéressants si la longueur des drains est suffisante. Les drains sont, en quelque sorte équivalents à une multitude de forages très proche les uns des autres et reliés entre eux. Des captages par galeries drainantes sont parfois effectués dans des formations calcaires fissurées. L'obtention de débits importants nécessite alors le creusement de galeries souterraines dont le développement permet la collecte de toutes les arrivées d'eau, à la manière de galerie de mines. Ces ouvrages sont toutefois très sensibles aux sécheresses. Un abaissement, même faible du niveau de la nappe peut être traduit par une importante diminution du débit.

Le choix de la méthode de réalisation d'une galerie dépend principalement de la nature des terrains encaissants et de leur homogénéité. L'uniformité de la méthode de réalisation d'une galerie sur tout le linéaire est recommandée étant donné les surcoûts et le temps nécessaire à l'amenée de nouveaux matériels. Les méthodes d'abattage sont les suivantes :



**Figure I.02 : Galerie drainante**

### ***1.4.1.1 Abattage à l'explosif (méthode traditionnelle) :***

L'abatage à l'explosif est la technique la plus utilisée dans les terrains rocheux, en pleine ou demi section. Le plan de tir doit être adapté pour limiter l'effet des tirs sur le terrain encaissant et assurer un découpage soigné de la section. Malgré des vitesses de creusement faibles, cette technique a l'avantage de permettre un suivi géologique et hydrogéologique précis. Ce dernier consiste à identifier les arrivées d'eau ponctuelles au sein des structures géologiques, à surveiller l'évolution des débits à l'intérieur du tunnel et à réaliser des analyses d'eau afin de préciser leur provenance.

### ***1.4.1.2 Abattage à attaque ponctuelle :***

L'abatage est assuré par différents moyens ou non (pelle mécanique) et adapté aux terrains tendres :

- à l'aide d'un micro tunnelier (galerie de diamètre inférieur à 3 m), cette méthode est généralement utilisée en milieu urbain pour la pose de nouvelles canalisations et pour le captage d'eau souterraine. Il a l'avantage de pouvoir être entièrement commandé et dirigé de l'extérieur depuis un poste de pilotage en surface. Le micro tunnelier assure, comme les tunneliers classiques, l'excavation du sol, le soutènement des parois du tunnel, l'évacuation des déblais. Le micro tunnelier, capable de creuser dans toutes les classes de terrain, il permet une avance journalière des travaux de 9 à 2m. Le micro tunnelier est certainement le moyen le plus rapide pour construire une galerie, pour autant qu'il puisse être utilisé dans des conditions optimales, cependant il ne permet pas d'améliorer les connaissances géologiques (interprétation des déblais évacués difficile et revêtement de la galerie au fur et à mesure du creusement) contrairement à la méthode traditionnelle où un suivi peut être mené au cours du creusement. Par ailleurs, en cas d'hétérogénéité des terrains, les performances de cet outil peuvent être considérablement diminuées. Le recours à une méthode traditionnelle peut s'avérer nécessaire en cas de difficulté majeure.

- par abattage mécanique : lorsque le terrain est homogène, de dureté et d'abrasivité acceptables, il est intéressant d'utiliser l'abatage mécanique, l'avancement sera rapide. Cependant, cet intérêt est réduit dans le cas de terrain hétérogène où l'on est amené à rencontrer des roches de caractéristiques différentes nécessitant parfois l'emploi d'explosif pour l'abatage ou inversement le recours à un abatage manuel. Il en résulte une immobilisation de la machine dont les conséquences financières sont importantes, et qui

peuvent être accrues par la nécessité d'un équipement de foration mécanique pour la mise en place de l'explosif. Dans ce cas la présence sur le chantier de ces équipements et leur utilisation discontinue pénalise fortement le procédé.

### **I.4.2. Puits à drains rayonnants :**

Il s'agit d'un puits muni de drains tubulaires horizontaux disposés selon plusieurs directions radiales et accroissant son rayon efficace. Ce sont des captages construits en général pour la production de débits importants (1000 à 3000 m<sup>3</sup>/h par ouvrage) sur des nappes aquifères puissantes de nature alluviale. Ils sont constitués d'un cuvelage de gros diamètre nécessaire au fonçage des drains et d'un ensemble de drains horizontaux enfoncés dans la formation alluviale selon différentes techniques. Un cuvelage vertical étanche, en béton armé, de 2 à 4 m (voire 6 m) de diamètre intérieur, est foncé dans le sol à une profondeur variable (5 à 50 m) selon le contexte hydrogéologique. Le fond du cuvelage est ensuite fermé par un radier en béton immergé (de 1 à 4 m d'épaisseur). Les drains horizontaux sont foncés dans l'aquifère, depuis l'intérieur du cuvelage, à l'aide d'une presse hydraulique. D'un diamètre de 200 ou 300 mm et d'une longueur de quelques dizaines de mètres, les drains sont en général au nombre de deux à huit (souvent 4 ou 6). Les avantages du puits à drains rayonnants horizontaux sont liés à des rendements hydrauliques considérables, à une durée de vie très importante et à une possibilité de capter, sur un front de nappe étendue, des horizons parfois peu épais, en profondeur. Enfin il faut mentionner que cette technique d'exploitation est appliquée dans les terrains de faible perméabilité.

### **I.4.3. Puits avec galeries drainantes :**

La combinaison de ces deux techniques permet d'augmenter le volume d'eau soutiré. Une galerie drainante horizontale peut être creusée au fond d'un puits où plusieurs puits peuvent être reliés entre eux par une ou plusieurs galeries drainantes horizontales enterrées. Disposées parallèlement au lit des rivières, elles peuvent ainsi drainer les eaux des alluvions.

### I.4.4. Foggara :

Il existe d'autres systèmes de captage tels que des tranchées drainantes de très grandes longueurs (plusieurs kilomètres) qui sont conçues pour amener l'eau d'un aquifère poreux par gravité. Elles sont appelées « foggara » (Algérie), khettara (Maroc) ou encore qanat (Iran). L'opération consiste à creuser un puits en altitude afin de connaître la profondeur de la nappe. Une galerie de la taille d'un homme est ensuite creusée de l'aval vers l'amont et en pente douce afin de rejoindre la zone humide initialement découverte (Figure I.03). A intervalle régulier, des puits sont creusés afin d'évacuer les déblais et afin d'aérer. La galerie devient drainante dès qu'elle rejoint la couche aquifère. Afin d'accroître le débit, il suffit d'allonger la galerie par d'autres galeries annexes. L'avantage de ce système est de fournir un débit en continu sans aucun travail d'exhaure et sans évaporation, par contre en période de faible utilisation, l'eau est gaspillée.

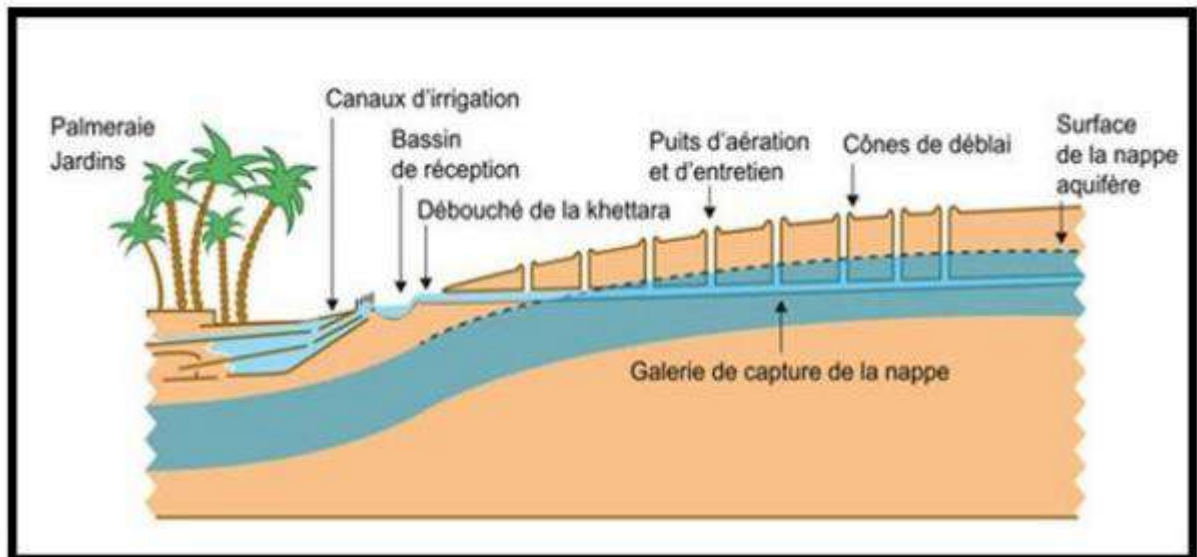


Figure I.03 : Schéma de principe de fonctionnement de foggaras

### 4.5. Forage horizontal :

Le forage horizontal est une technique permettant de faire passer des canalisations et des câbles sous des obstacles (chaussées, bâtiments, cours d'eau...) sans avoir à réaliser de tranchées. Grâce au forage horizontal les sources difficiles d'atteindre en forage classique du fait d'obstacles géologiques (lithologies rebelles) ou de la structure de l'aquifère, deviennent accessibles.



**Figure I.04 : Forage horizontal d'une source**

La méthode du forage horizontal consiste à foncer dans le sol, à l'horizontale, une gaine (acier, béton...) (Figure I.04).

Un puits de départ et un puits d'arrivée doivent être aménagés à la profondeur requise. Une tête de forage rotative (ou un marteau fond de trou) perce le sol, et des tarières évacuent les déblais au fur et à mesure que des tubes sont poussés dans le sol. Ce type de forage peut être réalisé en pente [5].

### **I.5 Piézomètre :**

C'est un dispositif servant à mesurer la hauteur piézométrique en un point donné d'un aquifère, en indiquant la pression en ce point. Il donne l'indication d'un niveau d'eau libre ou d'une pression. [4]. Il s'agit, dans tous les cas, d'un sondage équipé d'un tubage, généralement de faible diamètre, permettant essentiellement des mesures du niveau de l'eau. Par extension, le piézomètre désigne tout forage destiné à effectuer des mesures et des prélèvements sur une nappe. Un piézomètre c'est un trou de forage dans lequel est installé un tubage, dont une partie est aveugle (tubage plein) et une partie est crépinée (tubage perforé pour laisser passer les fluides). L'espace annulaire est cimenté sur une certaine hauteur pour éviter que des produits indésirables ne puissent s'écouler par cet espace et polluer gravement la nappe (Figure I.05), La tête du piézomètre est également protégée pour éviter les accidents et les risques d'introduction de produits polluant directement dans le piézomètre.



**Figure I.05 : Différents types des piézomètres**

### **I.6 Puits d'observation (ou de prélèvement) :**

C'est un tube analogue au piézomètre (mais d'un diamètre plus grand) afin de réaliser des prélèvements d'eau dans la nappe, pour en analyser la composition. Cela est souvent le cas après une pollution où la qualité de l'eau de la nappe doit être surveillée, parfois durant plusieurs années. Dans ce dernier cas, il vaut mieux parler de « tube d'observation ou de prélèvement » pour éviter toute confusion, car de tels forages ne sont pas alors destinés à mesurer la charge hydraulique.

### **Conclusion du chapitre I:**

Parmi les ouvrages étudiés, on opte pour le forage comme la technique la plus adaptée à cette étude grâce à ses avantages (une qualité de l'eau constante, une disponibilité de l'eau sécurisée et un investissement durable)





**CHAPITRE II :**  
**GENERALITE SUR LES TECHNIQUES DE**  
**FORAGE**

### **Introduction :**

Différentes techniques de forage ont été développées en fonction du type d'ouvrage recherché et du contexte géologique. Dont trois (3) techniques courantes de forage d'eau à savoir : le forage au battage, le forage rotary et le forage par percussion Marteau Fond de Trou (MFT).

### **II.1-Techniques de forage :**

#### **II.1-1-Forage au battage :**

Le forage au battage est une méthode traditionnelle utilisée pour forer des puits peu profonds. Cette technique consiste à enfoncer un tube en acier dans le sol en utilisant un marteau ou une masse. Le tube est équipé d'un trépan à son extrémité pour percer le sol. À mesure que le tube est enfoncé, de l'eau ou de la boue peut être utilisée pour faciliter l'élimination des débris de forage. Cette méthode est souvent employée pour les puits peu profonds dans les formations de sol meuble ou de roches tendres (Figure II.01) [6].



**Figure II.01 : appareil de forage par battage**

#### ***Les avantages***

- ✓ Simplicité de mise en œuvre
- ✓ Pas besoin de boue de forage, ce qui facilite grandement le processus et permet une récupération aisée d'échantillons.
- ✓ Peu d'eau est nécessaire (environ 40 à 50 l/h) et cette eau peut être de n'importe quelle qualité.

- ✓ La détection de la nappe d'eau, même à faible pression, est facile : l'arrivée de l'eau à basse pression est directement perceptible dans le forage, sans être masquée par la boue.

### *Les inconvénients*

- ✓ Le forage se déroule par étapes, où le forage est suivi du curage des déblais et ainsi de suite.
- ✓ Le processus de forage est lent et il n'y a pas de contrôle précis de la rectitude du trou

### **II.1-2- Forage au marteau fond de trou :**

Le forage au marteau fond de trou est une technique de forage utilisée pour creuser des puits dans des formations géologiques dures. Dans cette méthode, un marteau perforateur (Figure II.02) est attaché à l'extrémité de la tige de forage. Le marteau frappe le fond du trou de forage avec une grande force, tandis que de l'air comprimé, de l'eau ou une boue de forage sont utilisées pour éliminer les débris et refroidir le trépan [5].



**.Figure II.02 : Marteau fond de trou**

### *Les avantages :*

- ✓ Efficace dans les formations rocheuses dures : Cette méthode est bien adaptée aux terrains difficiles où d'autres techniques de forage pourraient rencontrer des difficultés.
- ✓ Contrôle de la rectitude : Le forage au marteau fond de trou offre un meilleur contrôle de la rectitude du trou par rapport à certaines autres méthodes de forage.

- ✓ Taux de pénétration élevé : Grâce à l'énergie du marteau perforateur, cette technique permet un taux de pénétration élevé dans les formations rocheuses dures.

### ***Les inconvénients :***

- ✓ Coûts élevés : Cette méthode peut être plus coûteuse en raison de l'utilisation d'équipements spécialisés et de la consommation d'énergie pour le marteau perforateur.
- ✓ Nécessite une expertise technique : Le forage au marteau fond de trou exige une expertise technique pour opérer efficacement l'équipement et assurer la sécurité du processus de forage

### **II.1-3- Forage rotary :**

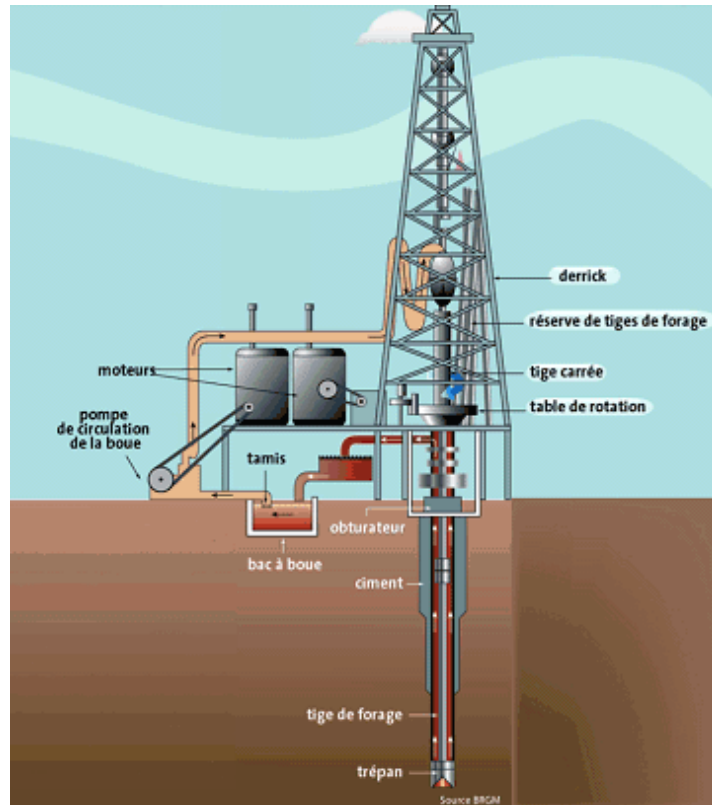
Le forage rotary est une technique couramment utilisée pour le forage de puits dans des diverses formations géologiques, y compris les roches dures et les sols meubles. Cette méthode de forage implique la rotation d'une tige creuse équipée d'un trépan à son extrémité. Le trépan est muni de dents de coupe ou de rouleaux qui cassent ou écrasent le sol ou la roche pendant la rotation (Figure II.03) [7].

### ***Les avantages :***

- ✓ Adaptabilité : Le forage rotary est polyvalent et peut être utilisé dans une grande variété de formations géologiques, des sols meubles aux roches dures.
- ✓ Profondeur de forage : Cette méthode permet d'atteindre de grandes profondeurs, ce qui en fait une option appropriée pour les puits plus profonds, tels que les puits géothermiques ou pétroliers.
- ✓ Contrôle des débris : L'eau ou une boue de forage est utilisée pour éliminer les débris de forage, permettant ainsi de contrôler leur évacuation et de faciliter le processus de forage.
- ✓ Contrôle de la rectitude : Le forage rotary offre un bon contrôle de la rectitude du trou, ce qui est essentiel pour de nombreux types de puits.

### *Les inconvénients :*

- ✓ **Coût :** Le forage rotary peut être plus coûteux que certaines autres méthodes de forage en raison de la nécessité d'équipements spécifiques et de boue de forage.
- ✓ **Temps :** Le forage rotary peut prendre plus de temps pour atteindre certaines profondeurs par rapport à d'autres techniques de forage plus spécialisées



✓ **Figure II.03 : technique de forage rotary**

### **II.2- Paramètres du forage :**

- ✓ **Débit des pompes :** Les pompes utilisant de la boue ou de l'air doivent permettre une vitesse de remontée des cuttings (déblais) d'au moins 60 mètres par minute. Le choix de la puissance de la pompe et de son moteur doit être adapté au volume total de boue nécessaire pour les forages les plus profonds, en prenant en compte les pertes de charge, la viscosité de la boue et les dimensions des tiges.
- ✓ **Poids sur l'outil :** L'avancement du forage dépend du poids appliqué sur l'outil, qui augmente progressivement à mesure que les tiges sont montées. Il est important de surveiller ce poids pour éviter une usure prématurée des lames, des dents et des

roulements des outils à molettes. Un dynamomètre mesure la tension du brin mort du câble pour donner le poids de tout ce qui est suspendu au crochet.

- ✓ **Vitesse de rotation** : La vitesse de rotation de la table de rotation est cruciale. Une vitesse faible est recommandée pour les terrains durs, tandis qu'une vitesse plus élevée est appropriée pour les terrains tendres. Cette vitesse doit être calculée en fonction des vitesses des moteurs et du rapport des transmissions, puis vérifiée à l'aide d'un appareil de contrôle.
- ✓ En surveillant attentivement ces trois paramètres cités supra, il est possible d'améliorer considérablement le rendement de l'atelier du forage rotary, assurant ainsi des opérations de forage plus efficaces et productives [7].

### **II.3-Choix d'une méthode de foration :**

Le choix d'une technique de forage dépend de plusieurs facteurs à prendre en compte au moment de la conception de l'ouvrage [8].

**II.3-1-Nature géologique des terrains traversés** : Il convient d'apprécier la stabilité des formations concernées (roches meubles, roches dures), et la présence de discontinuités (fractures, cavité).

- Pour des terrains alluvionnaires peu stables, on choisira la méthode de foration MFT avec tubage à l'avancement. Dans des cas particuliers, on pourra utiliser la foration rotary boue (moins recommandée).

- Pour des terrains consolidés, est choisie une foration MFT avec possibilité de tuber s'il existe des cavités par exemple.

**II.3-2-Profondeur finale de l'ouvrage** : Selon la profondeur objective, il convient de réaliser des forations en diamètre suffisant pour permettre la mise en place d'éventuels tubages qui permettent de poursuivre le forage après soutènement des zones instables.

Les méthodes de battage et havage ainsi que celles avec tubage à l'avancement (MFT) étant limitées en profondeur, elles pourront être utilisées pour faire les avant-trous.

En terrain durs, pour des forages de profondeurs moyennes, le travail se fera au MFT.

En terrain présentant des risques d'instabilité, et à grandes profondeurs, le choix se portera sur une foration rotary boue. Cependant, cette méthode ne sera pas privilégiée compte tenu d'une

part de la difficulté à identifier les niveaux producteurs présentant la qualité d'eau requise et d'autre part, des éventuelles interférences entre le fluide utilisé en foration (boues) et les eaux de l'aquifère

**II.3-3-Nature de l'ouvrage a réalisé (reconnaissance ou exploitation) :** En phase de reconnaissance, l'objectif prioritaire sera l'acquisition de données concernant la géologie et les niveaux producteurs. Dans ce cas seront privilégiées les possibilités offertes quant à la qualité du suivi de la foration (foration à l'air).

Pour la réalisation d'un forage d'exploitation l'accent sera mis sur le captage d'un niveau producteur déterminé qu'il convient d'exploiter à un débit donné et de protéger de la façon la plus efficace vis-à-vis de son environnement. Le diamètre de l'ouvrage sera défini en tenant compte des contraintes d'exploitation de l'ouvrage (diamètre des groupes de pompage, instrumentation). Le choix de la méthode de foration sera fait pour obtenir un trou parfaitement calibré dans lequel les tubages (crépines et pleins) pourront être positionnés au mieux avec mise en place optimum des graviers face aux crépines et/ou des cimentations derrière les tubages pleins de protection.

**II.3-4-Qualité des fluides des réservoirs :** Dans certains cas particuliers la qualité du fluide du réservoir peut induire des précautions spécifiques (contrôle des pressions par la boue, système anti-éruptifs type BOP). La foration rotary à la boue pourra être privilégiée dans certains cas où le risque d'éruption est grand. Cette technique permet en effet, par l'augmentation de la densité de la boue, de contenir les effets de pressions.

**3-5-Environnement du chantier :** en fonction du lieu de réalisation de l'ouvrage (milieu urbain ou zone inhabitée) et la place disponible pour réaliser la plate-forme de forage, les matériels à utiliser pourront être sélectionnés selon leur encombrement, leur niveau sonore.

## II.4- Matériel utilisé :

### 4-1-Les équipements de surface :

**4-1-1-Les équipements de levage :** afin de soulever la garniture de forage (ensemble tiges-tiges lourdes–masse-tiges), il faut utiliser une grue de grande capacité, car la garniture de forage peut atteindre un poids supérieur à 150 tonnes voir plus. La grue permet de contrôler le

poids sur l'outil (WOB), les changements d'outils (manœuvres de garnitures), la descente des colonnes de tubages (casing) et les levées et descentes du mât. Cette grue est constituée du :

**-LE MAT :** Le mât est une structure en forme de (A) bien étiré (Figure II.04). 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. Cette tour de forage est adaptée aux appareils de forage terrestre nécessitant une grande mobilité.



**Figure II.04 : MAT de forage**

**- Mouflage :** le mouflage est l'enroulement du câble de forage entre les poulies des moufles fixe et mobile en plusieurs brins (jusqu'à 14 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 brins.

**-Le moufle fixe [crown block] :** formé d'un certain nombre de poulies et placé au sommet du mât (Figure II.05), il possède une poulie de plus que le moufle mobile



**Figure II.05 : Moufle fixe**

-**Moufle mobile** : formé également d'un certain nombre de poulies par lesquelles passe le câble de forage, il se déplace sur une certaine hauteur entre le plancher de travail et le moufle fixe. Il comporte à sa partie inférieure un crochet (Figure II.06) qui sert à la suspension de la garniture pendant le forage. Des bras accrochés de part et d'autre de ce crochet servent à supporter l'élévateur, utilisé pour la manœuvre de la garniture.



**Figure II.06 : le moufle mobile**

-**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 pouvant être

effectué, Le treuil regroupe un ensemble d'éléments mécaniques et assure plusieurs fonctions :

- Les manœuvres de remontée et de descente (levage) du train de sonde.
- L'entraînement de la table de rotation dans le cas de top drive.
- Les visages et dévisages du train de sonde ainsi que les opérations de curage.

**-Le câble de forage :** Le câble de forage qui relie le treuil au moufle mobile, est l'organe de transmission du travail qui permet aux charges d'être déplacées à la verticale dans les deux sens. Un câble est constitué de plusieurs torons disposés en spirale autour d'une âme, chaque toron est lui-même constitué de plusieurs fils calibrés, également disposés en hélice sur plusieurs couches.

**-Le crochet de forage :** Se trouve suspendu directement au moufle mobile. Un système de roulement à billes permet la rotation du crochet autour de son axe sans entraîner celle du moufle mobile. Cette rotation est néanmoins limitée en partie par un système de verrouillage.

**II.4-1-2-Les équipements de rotation :** Pour faire tourner l'outil, des tiges, de forme cylindrique, sont vissées au sommet et une autre tige de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement, et introduite dans la table de rotation [rotary table]. Alors la fonction de rotation est assurée par :

**-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 (Figure II.07). 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.

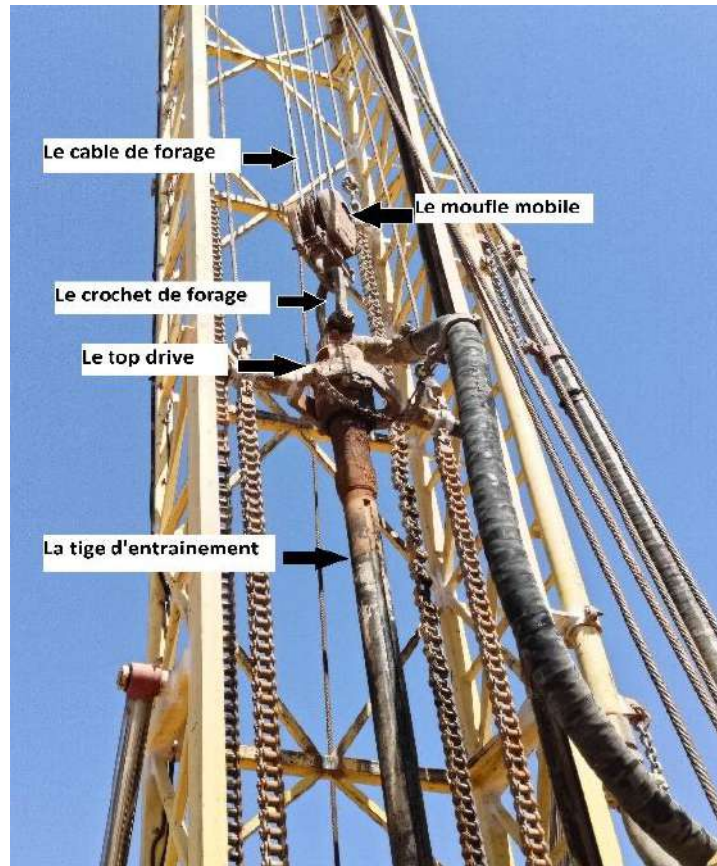
**-Le carré d'entraînement et les fourrures :** Le mouvement de rotation est transmis par la table à la tige d'entraînement par le biais d'un carré d'entraînement rendu solidaire en rotation de la table par l'intermédiaire d'une fourrure principale. Pendant les manœuvres, des fourrures intermédiaires sont mises en place à l'intérieur de fourrure principale pour pouvoir caler la garniture de forage.

**-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.



**Figure II.07 : Table de rotation + la tige d'entraînement**

**Le top drive :** Le top drive est une tête d'injection motorisée qui, en plus de l'injection, assure la rotation de la garniture de forage. Ainsi, on n'a besoin ni de la tige d'entraînement ni de la table de rotation pour faire tourner la garniture, c'est le top drive qui s'en charge. En plus, pendant le forage, au lieu de faire les ajouts simples par simple, on peut les faire longueur par longueur (Figure II.08).



**Figure II.08 : Le top drive**

**II. 4-1-3-Les équipements de pompage :** La fonction pompage assure l'acheminement du fluide de forage depuis l'aspiration de la pompe jusqu'au retour aux bassins. La boue est fabriquée dans des bassins de grande capacité. Elle est ensuite aspirée par des pompes et refoulée dans les tiges creuses. Elle descend le long de la garniture de forage, sort par les orifices de l'outil, remonte dans l'espace annulaire entre la garniture de forage et les parois du puits jusqu'en surface. Là, elle est recueillie dans un tube vertical, puis acheminée par un autre horizontal (goulotte) vers des tamis vibrants, pour être débarrassée des déblais [cuttings], avant d'être réinjectée dans le puits. La boue, une fois refoulée doit suivre le chemin suivant

**-la conduite de refoulement :** juste à la sortie de la pompe (Figure II.09), achemine la boue de la pompe jusqu'au plancher de travail.



**Figure II.09 : La conduite de refoulement**

-**Manifold de plancher** : placé sur le plancher de travail, il comporte plusieurs vannes pour diriger la boue dans plusieurs directions (Figure II.10).



**Figure II.10 : le plancher de travail**

-**la colonne montante** : c'est une conduite connectée au manifold de plancher et monte tout au long du mât.

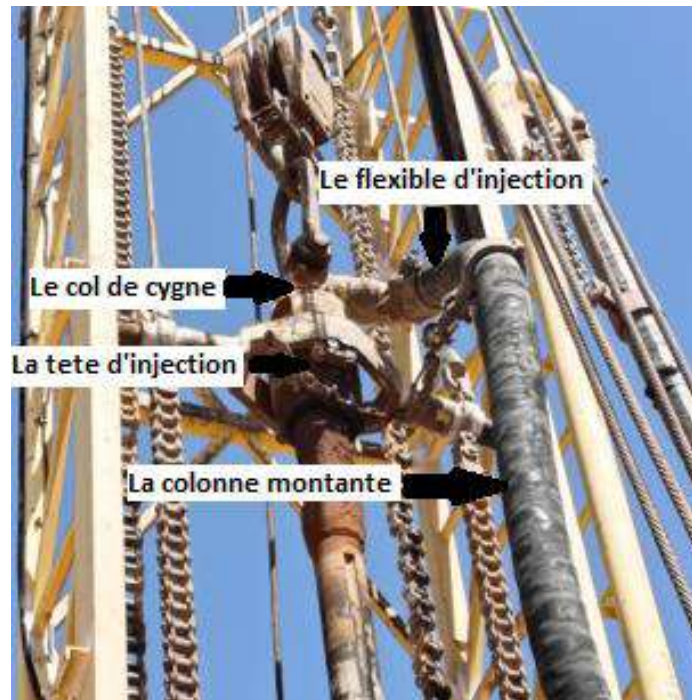
-**le flexible d'injection** : qui raccorde la colonne montante au sommet des tiges.

-**le col de cygne** : point de connexion du flexible d'injection à la tête d'injection.

-**la tête d'injection** : La tête d'injection représente le mécanisme qui relie la partie mobile d'une installation de forage à la partie fixe. En effet la tête d'injection qui est suspendue d'un côté au crochet de levage et de l'autre côté vissé à la tige carrée (Figure II.11), elle sert :

- De palier de roulement à l'ensemble du train de tige pendant le forage.

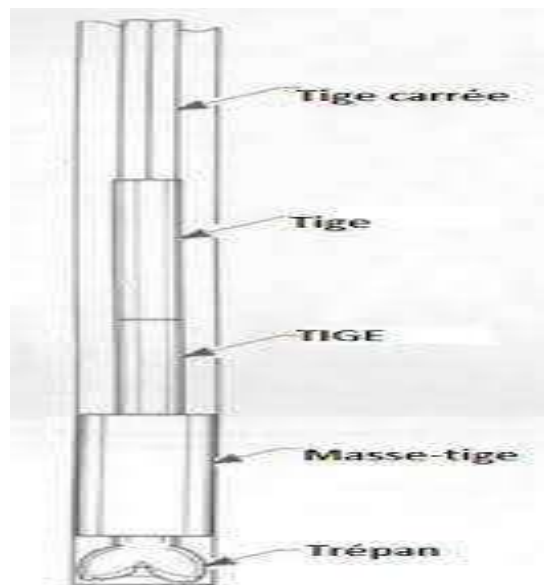
- Elle assure le passage de la boue de forage venant d'une conduite fixe (Flexible d'injection) dans une conduite animée d'un mouvement de rotation (train de sonde).
- Une tête d'injection comprend une partie mobile reposant par l'intermédiaire d'un roulement à bille principal sur une partie fixe.



**Figure II.11 : Equipements de pompage**

**II.4-2-Les équipements de fond :** C'est l'ensemble des outils de forage et garniture qui travaillent au-dessous de la surface (Figure II.12), La garniture de forage est un arbre de forage creux, constituée des tiges, des tiges lourdes et des masse-tiges, dont les principales fonctions sont les suivantes [8] :

- Entraîner l'outil en rotation.
- Appliquer un certain effort sur l'outil.
- Apporter l'énergie hydraulique nécessaire à l'évacuation des déblais,
- Canaliser la boue de forage jusqu'au fond de trou.



**Figure II.12 : Garniture de forage**

- **Tiges de forage** : Ce sont des tubes métalliques robustes, souvent en acier (Figure II.13), vissés les uns aux autres pour former une longue colonne de tiges. Ces tiges transmettent la puissance de la foreuse rotative au trépan et permettent de creuser le trou progressivement en ajoutant de nouvelles tiges au fur et à mesure que le trou devient plus profond.



**Figure II.13 : Tiges de forage**

- **Masse-tiges :**

Les masse tiges permettent de :

- Mettre du poids sur l'outil (Figure II.14) pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression.
- Jouer le rôle du plomb du fil à plomb pour forer un trou aussi droit et vertical que possible.



**Figure II.14 : Masse tige**

- **Tricône (trépan) :** Le tricône est l'outil de coupe monté à l'extrémité des tiges de forage. Il existe différents types de trépan pour s'adapter aux différentes formations géologiques rencontrées. Le trépan est équipé de dents ou de mèches en acier dur qui brisent le sol lorsqu'il tourne, permettant ainsi d'avancer dans le sous-sol. Il existe différents types des outils :

- ✓ **Outil à molettes :** Cet outil comprend trois bras portant trois cônes (molettes) équipés soit de dents (Figure II.15) directement fraisées dans le cône (pour les terrains tendres) ou de pastilles en carbure de tungstène (inserts) pour les terrains durs. Les outils pour terrains tendres ont des dents longues et espacées, tandis que ceux pour terrains durs ont des dents petites et peu espacées. Ils travaillent par burinage et possèdent des trous centraux ou des orifices latéraux pour la circulation de la boue [9].



**Figure II.15 : Outil a pastille**

- ✓ **Outil diamant** : Cet outil contient des grains de diamant naturel sertis sur un corps en acier (Figure II.16). Il travaille par abrasion, similaire à une meule, et est utilisé pour des terrains très durs. Il possède des orifices et des "lignes d'eau" pour le passage de la boue [10].



**Figure II.16 : Outil diamant**

- ✓ **Outil PDC** : Le PDC est un diamant synthétique ayant une résistance à la chaleur élevée. Un outil PDC est constitué de dents en carbure de tungstène recouvertes de fines couches de diamant synthétique. Cet outil est polyvalent et peut être utilisé pour forer une grande variété de terrains (Figure II.17).



**Figure II.17 : Outil PDC**

Conclusion :

La réussite d'un ouvrage est liée à la maîtrise des différentes étapes de réalisation de forage. D'après la recherche de ce chapitre sur les techniques de forage, on opte dans cette étude pour le rotary. Cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car elle est adaptée à la géologie de la région. Par conséquent,





**CHAPITRE III :**  
**PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**



Elle est limitée au Nord par l'ensellement de Touggourt et la voute de Tilrhemt, au Sud par le bassin du Mouydir, à l'Est par le môle d'Amguid -El.Biod -Hassi Messaoud, au Nord-Ouest par le champ de Hassi R'mel, à l'Ouest par la voute d'Allal et au Sud-Ouest par le môle d'Idjerane [11].

### **III.2-2-Cadre géologique :**

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 depuis le cambrien comporte deux grandes étapes :

- La sédimentation du paléozoïque, pratiquement restreinte au paléozoïque inférieur et sa structuration pré-hercynienne
- La création d'un bassin au trias et son évolution au cours du mésozoïque et du tertiaire.

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 [12].

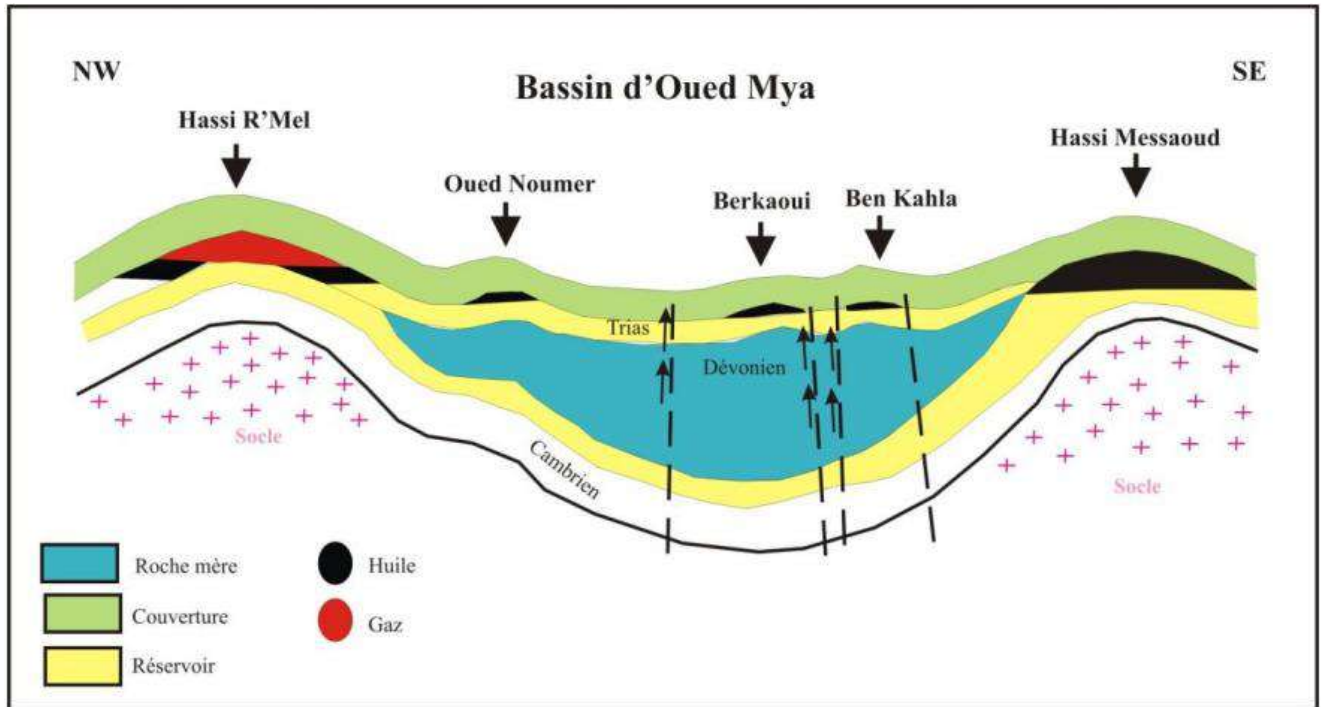


Figure III.02 : Coupe Palin spastique NW-SE du bassin d'Oued Mya [12].

### III.2-3-Stratigraphie de la zone :

#### III.2-3-1- Secondaire :

**III.2-3-1- Aptien :** C'est le mur de la nappe albiennne, formé fréquemment par des dolomies et de calcaires parfois marneux.

**III.-3-1-2- Albien :** A 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 [12].

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

**III.2-3-1- 3-Cénomanién** : Busson et Cornée (1991) disent que le gypse, l'anhydrite et les argiles du Cénomanién s'installent 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-marin qui marquent l'ouverture de la splendide transgression néo crétacée après le 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 pénéplaine parle de la transgression Cénomanién. A cet âge, on observe des faciès calcaires à ammonites.

**III.2-3-1-4- Turonien** : Le Turonien du Sahara septentrional est constitué de calcaires crayeux en bancs de silex géants, ces formations affleurantes sont façonnées par les plateaux, les cuestas de Tademaït, Tinrhert et Dahar. Ils mesurent environ cent vingt mètres d'épaisseur.

**III.2-3-1-5- Sénonien**:est constitué de deux formations lithologiques superposées

**-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 interstratifient.

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.

- **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.

### **III.2-3-1-6-Tertiaire :**

Le tertiaire est constitué de de l'Eocène et du mio-pliocène :

#### **III.2.3.1.6.a-Eocène :**

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

-L'Eocène inférieure carbonaté à la base.

-L'Eocène moyen évaporitique au sommet.

-**Eocène carbonaté** : Sur le versant du Grand Erg Oriental, l'Eocène 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 Ziban, 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.

**-L'Eocène moyen évaporitique :** Les formations de l'Eocène 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.

A l'Eocène moyen s'affirmant la fermeture de l'émergence de tout le Sahara septentrional algérien.

Généralement l'épaisseur de ces formations est faible.

### **III.2-3-1-6-b-Mio-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 200m

### **III.2-3-2-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.

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 détritiquedépassent drastiquement du sud au nord du bassin via une dizaine de mètres.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

ERE	AGE	ETAGES ET UNITÉS GÉOLOGIQUES	EPAISSEUR (m)	LOG LITHOLOGIQUE	DESCRIPTION	
CENOZOÏQUE		MIOPLÉOCÈNE	100		Sable fin argilo-carbonaté	
		ÉOCÈNE	150		Marne, calcaire marneux	
MESOZOÏQUE	CRÉTACE	SENONIEN	167		Calcaire à silex	
		TURONIEN	81,6		Dolomie	
		CÉNIMANIEN	142,5		Argile, dolomie, anhydrite	
		ALBIEN	403,35		Grès fin	
		APTIEN	25,96		Dolomie et marnes	
		BARREMIEN	267,32		Grès carbonaté	
		NEOCOMIEN	250,17		Grès, dolomie, argile	
		MALM	234,96		Grès, carbonate, argile	
	JURASSIQUE	DOGGER	ARGILEUX	196,66		Argile
			LAGUNAIRE			Carbonate
		LIAS	MARNEUX	70,12		Marnes
			CARBONATE			Calcaire
			ANHYDRITIQUE	137,16		Anhydrite
			SALIFÈRE	31,33		Sel argile
HORIZON B			25,60		Dolomie	
S1+S2			140,10		Sel, anhydrite, argile	
S3	281,89		Sel massif			
ARGILE SUPÉRIEURE	76,85		Argile dolomitique			

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

PALEOZOIQUE	TRIAS	TRIAS ARGILO-SALIFERE	S4	74,60		Sel massif			
			ARGILE INFERIEURE	24,92			Argile		
		TRIAS ARGILO-GRESEUX	GRES « A »	38,07			Argile silteuse Grés argileux		
			ZONE ARGILEUSE	53,20		Argile silteuse			
			GRES « B »			Grés argileux microconglomérat			
			ZONE ARGILEUSE	Argile silteuse					
		GRES « C »	17,7	Grés argileux					
			SERIE INFERIEURE	55		Argile silteuse Grés argileux			
	DISCORDANCE HERCYSIENNE								
	ORDOVICIEN	DALLE DE M'KRATTA		0 à 260		Alternance d'argile et grés			
		ARGILES MICRO CONGLOMERATIQUES				Argiles à microconglomérat			
		GRES D'OUED SARET				Grés argileux			
		ARGILE D'AZZEL				Argile			
		GRES D'OUARGLA				Argile gréseuse			
		QUARTZITES DE HAMRA				Grés quartzitique			
		GRES D'LE ATCHANE				Grés quartzitique Argile silteuse			
		ARGILES D'LE GASSI				Argile			
		CAMBRO-ORDOVICIEN	ZONE D'ALTERNANCE			0 à 300		Alternances des argile grise avec rares passés de grés gris	
			Ri					Grés quartzitique avec des passés d'argile	
Ra			Grés quartzitique avec intercalation d'argile						
R2			Grés feldspatique plus ou moins grossier						
CAMBRIEN		R3			Grés feldspatique fin à grossier et siltstones				
DISCORDANCE PANAFRICAINE									
INFRACAMBRIEN	SOCLE				Granite				

Figure III.03 : colonne stratigraphique du bassin de Oued-Mya

### **III.2-4-Hydrogéologie de la zone :**

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 [13].

Ces aquifères sont du pinacle au fond :

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

#### ***III.2-4-1-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, il est pratiquement en surface.

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 [14].

#### ***III.2-4-2-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'Eocène 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, le terminal compliqué s'étend sur une superficie d'environ 350 000 km<sup>2</sup>. L'aquifère compliqué Terminal est chargé à l'intérieur de la limite d'extension des argiles Miopliocène. Elle est par conséquent jaillissante au milieu du bassin et libre sur les bords. 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 [15].

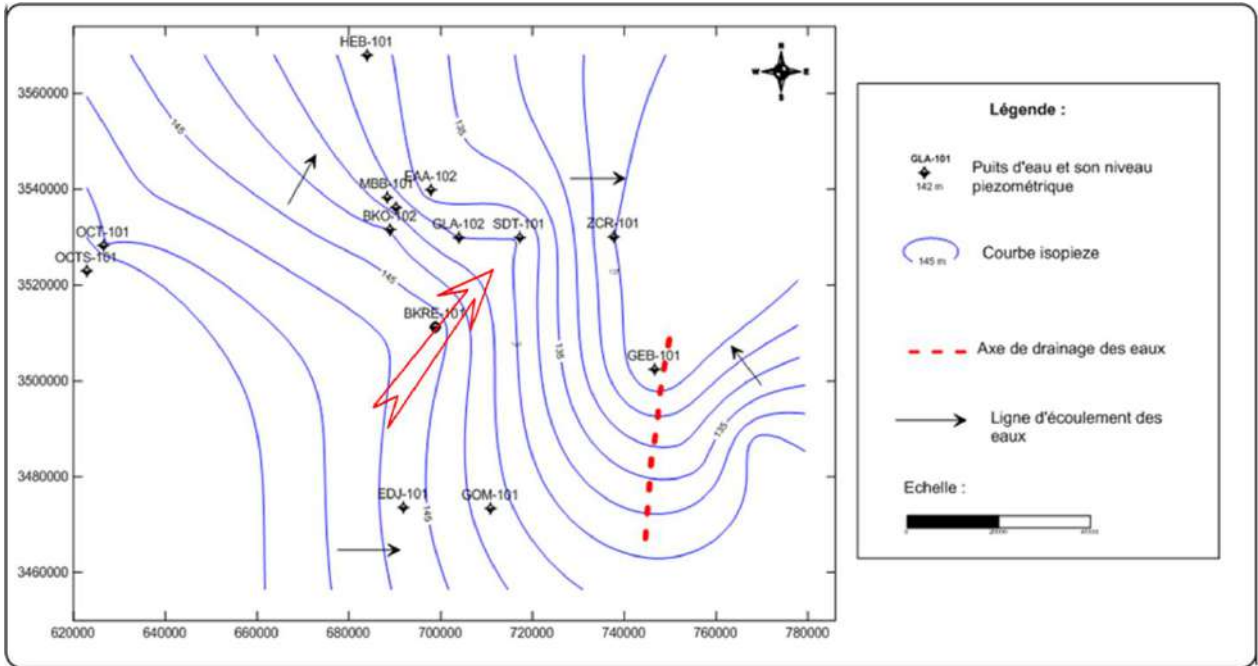


Figure III.04 : Carte piézométrique du Complexe Terminal

### III.2-4-3-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 km<sup>2</sup>.

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.

### CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

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)[16].

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)

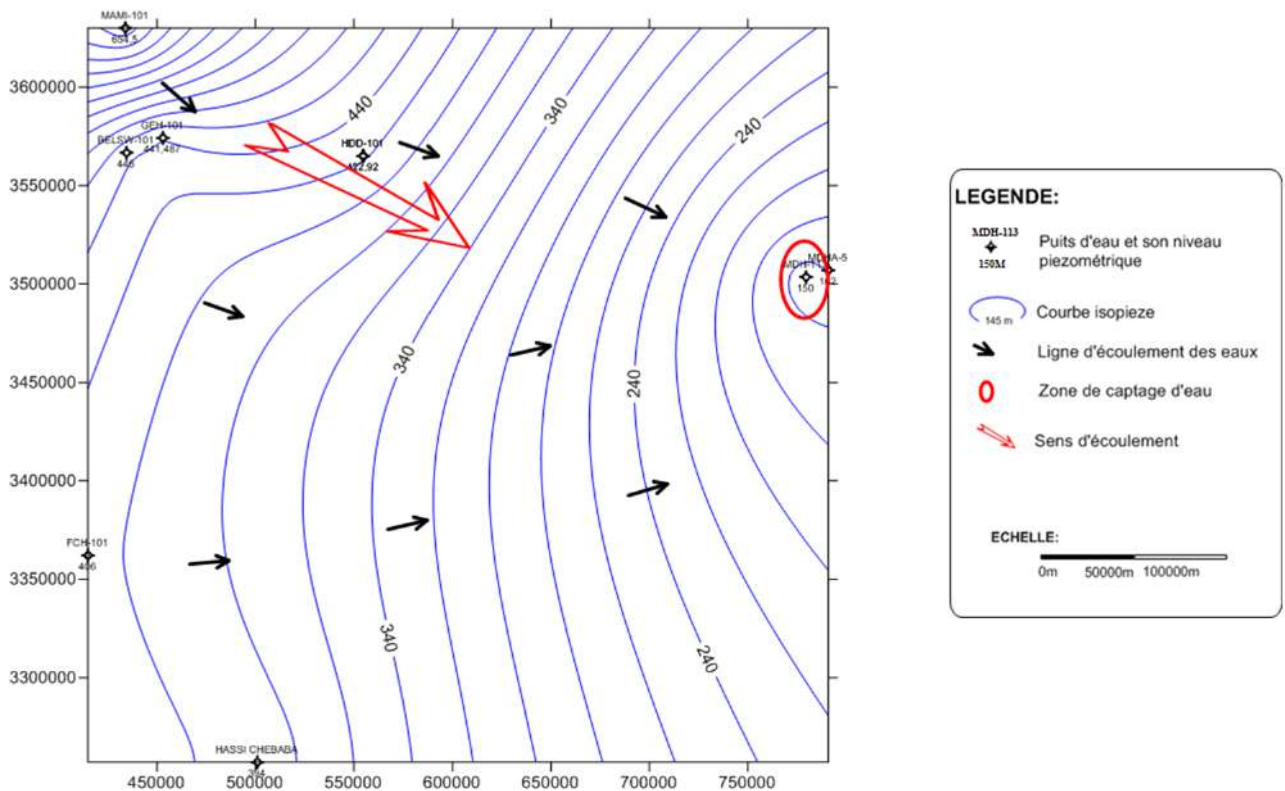


Figure III.05 : Carte piézométrique de Continental Intercalaire

**III.3- Positionnement géographique du puits d'eau HMOE-101**

**III.3-1-Aperçu sur le puits d'eau :** Au Nord-est du bassin de Oued-Mya, le puits d'eau HMOE-101 situé au niveau du Bloc 438 sur le périmètre de Haoud Berkaoui

**Tableau III.01 : Aperçu du puits**

<b>Nom du puits</b>	<b>HAOUD MOUKHELIEDINNE 101</b>
<b>Sigle</b>	<b>HMOE-101</b>
<b>Zone</b>	<b>Ouargla</b>
<b>Bloc</b>	<b>438</b>
<b>Wilaya</b>	<b>Ouargla</b>
<b>Bassin</b>	<b>Oued mya</b>
<b>Cordonnées d'implantation</b>	<b>X= 05°05'37''E 697 647 m</b> <b>Y= 32°04'19''N 3 550 074 m</b> <b>Zs=156m</b>
<b>Profile</b>	<b>Vertical</b>
<b>Profondeur</b>	<b>200m</b>
<b>La durée</b>	<b>20 Jours</b>
<b>L'appareille</b>	<b>ENAGEO/ SS-40 T2</b>



**Figure III.06 : Positionnement du bloc 438**

**(Par le département Hydrogéologie-SONATRACH)**

### **III.3-2-Itinéraire vers le puits d'eau :**

A partir de la base 24 Février (HMD) prendre la route vers OUARGLA sur une distance de 88Km, puis continuer vers GHARDAIA sur 23Km jusqu'à l'embranchement de DRAATEMRA, ensuite suivre la route qui mène au puits MEL-1 sur une distance de 15Km, delà bifurquer à gauche en direction Nord/Ouest et suivre l'itinéraire jalonné sur 1.7Km, se trouve l'emplacement du futur forage HMOE-1 et le forage hydraulique HMOE-101.

Tableau III.02 : Décompte kilométrique

Itinéraire d'accès	Goudron	Piste A	Piste B	Piste C	Total
Base 24 Février(HMD) ---> Ouargla	88				88
Ouargla ---> Embr. DRAA-TEMRA	23				23
Embr. DRAA-TEMRA---> Embr.HMOE-101	15			1.7	15
Embr.HMOE-101 ---> HMOE-101				1.7	1.7
TOTAL(Km)	126				127.7

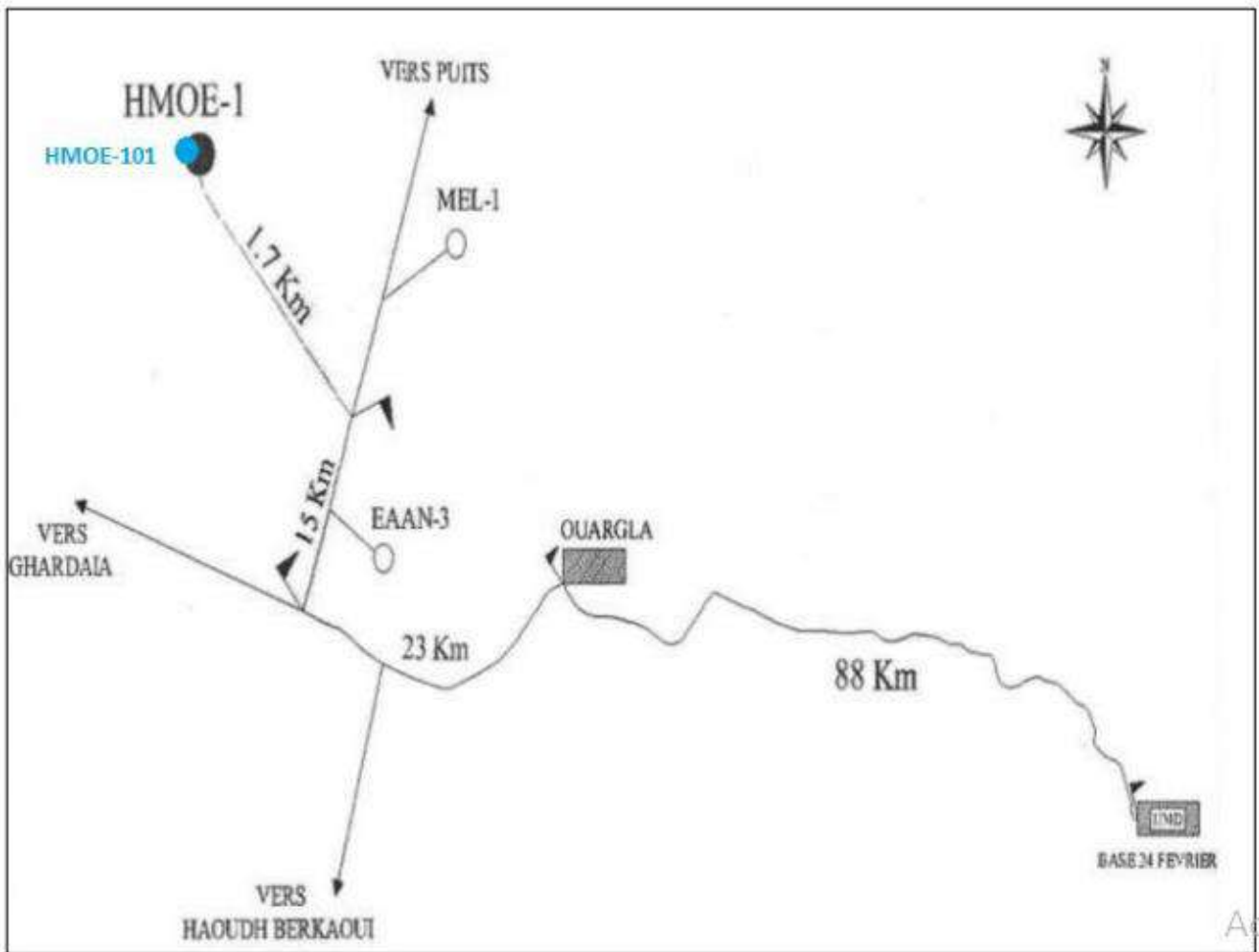


Figure III.07 : Schéma synoptique du puits



**CHAPITRE IV :**  
**MATERIELS ET METHODES DE REALISATION**  
**DU FORAGE**

### **IV.1-Introduction :**

Dans ce chapitre, on mentionne les étapes et les équipements qui ont été programmés pour la réalisation du forage de ce mémoire, d'après l'étude prévisionnelle réalisée par les Hydrogéologues et Hydrauliciens de SONATRACH..

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

### **IV.2-But de forage :**

Dans le cadre du choix du mode d'alimentation en eau industrielle pour réaliser le sondage du puits pétrolier HMOE-1 l'approvisionnement en eau industrielle et domestiques a été réalisé d'un forage-hydraulique HMOE-101.

Pour cela le Département Hydraulique-SONATRACH a invité l'entrepreneur ENAGEO SPA pour la réalisation du puits, le puits qui est située au niveau de bloc 438 bassin de Oued-Mya dans une distance de 39,7km a l'ouest de la commune Ouargla.

### **IV.3-Obectif de forage :**

L'objectif de forage est le captage de la nappe SENONIEN-CARBONATE à une profondeur estimé à 200m [17].

Le forage sera réalisé en 2 phases :

#### **Première phase :**

-Forage en 26''

-Tubage 18'' 5/8 cimenté.

#### **Deuxième phase :**

-Forage en 17'' 1/2 traverser la nappe d'eau à exploiter.

- Colonne de captage 9'' 5/8.

- Mise de gravier.

**IV.4- Durée prévue des opérations de forage :**

D’après l’étude prévisionnelle et le programme de forage du puits HMOE-101 la durée prévue des opérations de forage est de 24jours (Tableau IV.1)

**Tableau IV.01 : Les durées prévu pour chaque phase**

Phases	Opérations	Jours
DTM	DTM	10
PHASE 26’’	Forage 26’’	5
Interphase	Descente tubage 18’’5/8	1
Interphase	Cimentation 65m	1
PHASE 17’’	Forage 17’’1/2	6
Interphase	Descente de la colonne de captage 9’’5/8	1
Interphase	Descente de gravier	2
Développement	Développement a l’air lift	3

D’après les rapports journaliers du superviseur de notre puits, les travaux ont connu un retard de 7 jours à cause d’une panne mécanique sur la tête d’injection

**IV. 5-Première phase (26’’ X 18’’ 5/8) :**

Le but de cette phase est de couvrir en 18’’5/8 les terrains de surface (Mio-pliocène), d’après l’étude prévisionnelle la profondeur estimée de la nappe Moi-pliocène est à 65m, mais

pendant le forage à 15m il était une transformation Hydrogéologique qui indique le top du SENONIEN-CARBONATE [18].

La phase est finie à 15m de profondeur au lieu de 65m.

Et elle consiste à :

- Forer en 26'' (Tableau IV.02)
- Descendre le casing 18''5/8.
- Cimenter le casing 18''5/8 avec un laitier de ciment de densité 1.9 jusqu'au surface.

**Tableau IV.02 : Choix de l'outil de forage.**

Prévisions hydrogéologiques	Degré de dureté de la formation	Interprétation
Sable et grés a grossiers souvent argileux	<25kg/cm2	Un outil a dent tricône fraisé avec roulement étanche pour le protéger du sable.  (Diamètre 26'')

### IV.5-1-Préparation avant le forage :

- Vérifier avant le démarrage qu'il existe une réserve maximum d'eau et que les moyens nécessaires pour transporter d'eau de la source jusqu'au chantier sont suffisants.
- Vérifier l'état de l'outil 26".
- Vérifier l'état du tubage 18 5/8" et le préparé à la descente.
- Vérification de la quantité de bentonite sur site (Tableau IV.04).
- Mixer la boue benthonique.
- Vérification de la quantité de ciment sur site.

### IV.5-2-Réalisation :

- Forage avec un avancement instantané aussi régulier que possible.
- Le forage se fera avec une boue benthonique dont les caractéristiques sont données dans le programme de boue (Tableau IV.03)
- Augmenter les paramètres de forage progressivement jusqu'à atteindre un débit de 1000 l/min, 50-80 RPM avec le poids total de la garniture – à ne pas dépasser une Vitesse d'avancement de 7.5 m/h et densité de boue 1.08 à la sortie de puits.
- Toutes les dispositions doivent être prises pour avoir suffisamment de boue pour terminer la phase.
- En cas de pertes de circulation, pomper des bouchons de colmatant. Si la perte est importante procéder au colmatage avec les bouchons de ciment.
- A la cote sabot, limiter au minimum la circulation et entamé une circulation avec rotation pour le nettoyage du puits.
- Faire un contrôle trou pendant la remontée.
- Entamé la descente du tube guide 18''5/8 (assurer le vissage des tubes).
- Entamé la cimentation du tube guide –densité du laitier 1.9 (voir programme cimentation).

### *Programme de la boue :*

**Tableau IV.03 : Paramètres de la boue.**

Pression de couche	Densité	Pression hydraulique	Viscosité	Le filtrat
6.5kgf/cm <sup>2</sup>	1.05	6.05 bar	30 à 50 secondes	inf. à 10 cm <sup>3</sup> /30 mn

**Tableau IV.04 : Volume de la boue (m3).**

Dans le puits	Dans le bassin	Dans les goulottes	Sécurité	Volume total	Quantité de bentonite	Volume D'eau
26.71	20	2	13.32	64.03	90.4Sacs 4520Kg	62.2m3

**IV.5-3-Préparation avant la descente du tubage :**

- Le tubage 18 5/8" doit être préparé et prêt pour la descente avant d'entamer le forage.
- Nettoyer, mesurer et calibrer le tubage 18 5/8" (Tableau IV.05).
- Inspecter visuellement les filetages.
- Préparer et voir la disponibilité des élévateurs et les clés nécessaires pour le vissage des tubes.
- Vérifier la disponibilité des moyens de manutentions sur site.

**Tableau IV.05 : Caractéristiques de tubage.**

Caractéristiques	Tubage
Taille de tubage	18 5/8" = 47.3075cm
Poids nominal	87.5kg
Grade	K-55
Diamètre intérieur de tubage	17.755" = 45.09cm
Type de filetage	BTC
Pression d'effondrement	625psi
Pression a rendement interne	2250psi
Résistance à la traction (1000ib)	1362

**IV.5-4-Recommandations pour la descente du tubage :**

- Tenir un pré-job meeting avec tout le personnel impliqué dans cette opération.
- Essayer de centrer le tubage au maximum.

**IV.5-5 Préparation de la cimentation :**

- S'assurer de la disponibilité sur chantier la quantité de ciment suffisante.
- Assuré la quantité d'eau suffisante pour la préparation du laitier de ciment.
- Mesuré la densité du laitier de ciment après le mixage.

**IV.5-6- Recommandations pour la cimentation :**

- Tenir un pré-job safety meeting avec tout le personnel impliqué.

- Procéder à la cimentation du 18 5/8" selon le programme de cimentation.
- Vérifier la bonne tenue du tubage.
- Injecté le ciment jusqu'à la surface.
- Laisser le ciment bien s'endurcir.

### **IV.5-7-Cimentation du tube guide :**

Après l'expérience de plusieurs années dans le domaine de forage, le département hydrogéologie-SONATRACH à réaliser un tableau qui facilite les calculs de cimentation (Annexe 1)), dans cette partie je vais comparer les calculs de programme avec les calculs exercés au cours de cimentation avec notre professeur Mr.DJEBARI (Tableau IV06).

Dès que la profondeur est de 65m, la méthode préférée pour cimenter c'est avec STINGER [17].

#### **IV.5-7-1- Selon les calculs de programme :**

##### ***Volume de laitier du ciment :***

$$VL = 10.84m^3$$

Avec l'excès de 20%, on a  $VL = 13m^3$ , pomper ce laitier du ciment jusqu'à l'apparition du ciment en surface (l'espace annulaire)[17].

Nombre de sacs du ciment

$$Ns = 334.4 \text{ Sacs (1Sac} \equiv 50\text{Kg)}$$

##### ***Volume de chasse :***

$$\text{Tige } 3'' \frac{1}{2} Vc = 0.25m^3$$

### *Détermination de volume d'eau par rapport à la quantité de ciment :*

On prend le laitier du ciment de classe « G » qui est la plus utilisé des propriétaires ne sont pas nécessaire.

Type ordinaire donne la densité de 1,9

Pour la quantité du ciment sec de 100 kg du volume d'eau nécessaire est de 44L

D'après le formulaire du foreur (F.F) :  $V_e = 7.692 \text{ m}^3$ .

### **IV.5-7-2-Selon les formules du cours :**

#### *Volume de laitier du ciment :*

$$V_L = 0,785[(K_1 \times D_{tr}^2 - d_{exTub}^2) \times H + d_{inTub}^2 \times h_0] \text{ [19]}.$$

**K<sub>1</sub>** : coefficient dépendent de la nature du terrain (présence de cavernes, fissures ....)  
(**K<sub>1</sub>** = 1, 05 à 2).

**H** : hauteur à cimenter dans l'espace annulaire =65m.

**h<sub>0</sub>**: hauteur de sécurité qui est de 10 à 20m.

**D<sub>tr</sub>** : diamètre de trou=66.04cm.

**d<sub>exTub</sub>** : diamètre extérieur de tubage=47.3cm.

**d<sub>inTub</sub>** : diamètre intérieur de tubage=45.09cm.

Après d'appliquer la formule,  $V_L = 13.38 \text{ m}^3$

### *Quantité de ciment sec pour préparer 1m<sup>3</sup> de laitier (qc)*

$$q_c = \frac{\gamma_c \cdot \gamma_e}{\gamma_e + \gamma_{CW}} = T/\text{m}^3$$

qc : quantité de ciment

$\gamma_c$  : densité de ciment = 3.15

$\gamma_e$  : densité d'eau = 1

$G$  : rapport eau/ciment=46% ( 46kg d'eau pour 100kg de ciment).

$q_c$  = 1.12 T/m<sup>3</sup>.

**Densité de laitier de ciment ( $\gamma_L$ )**

$$\gamma_L = q_c(1 + G)$$

$q_c$  : quantité de ciment sec = 1.013T/m<sup>3</sup>

$G$  : rapport eau/ciment = 44%

$\gamma_L$  = 1.47

**Poids total de ciment sec ( $Q_c$ )**

$$Q_c = q_c \cdot V_L \cdot k_2$$

$q_c$  : quantité de ciment sec = 1.12T

$V_L$  : Volume de laitier = 13.38m<sup>3</sup>

$K_2$  : coefficient tenant compte des pertes de ciment lors de la fabrication prendre

$K_2$  = 1.05

$Q_c$  = 18.544T = 370.8 sacs ( 1sac=50kg)

**Volume d'eau de gâchage ( $V_e$ )**

$$V_e = \frac{Q_c \cdot W}{\gamma_e}$$

$Q_c$  : poids total de ciment = 14.231T

$\gamma_e$  : densité d'eau=1

$G$ : rapport eau/ciment = 46%

$$V_e = 8159.36 \text{ kg} = 8.159 \text{ m}^3$$

**Volume du fluide de chasse**

$$V_{ch} = 0,785 \times K_3 [ ( H - h_0 ) \times d_{inTub}^2 ]$$

$K_3$ : coefficient dependant de l'état intérieur du tubage (rugosité, pas de cavernes ni fissures ...) ( $K_1 = 1$ )

$H$  : hauteur à cimenter dans l'espace annulaire = 65m

$h_0$ : hauteur de sécurité qui est de 10 à 20m.

$d_{inTub}$  : diamètre intérieur de tubage , dans le cas de cimentation avec stinger c'est le diamètre intérieur des tiges de forage = 2.76'' = 0.07m

$$V_{ch} = 0.21 \text{ m}^3$$

**Tableau IV.06 Comparaison entre les deux calculs**

Calculs	Programme	Cours
Volume de laitier(m <sup>3</sup> )	13	13.38
Nombre de sacs	334.4	370.8
Volume d'eau de gachage(m <sup>3</sup> )	7.692	8.159
Volume de chasse	0.25	0.21

### **IV.6-2ème phase (17'' 1/2 X9''5/8) :**

Le but de cette phase est de forer en 17'' ½ avec placement de tubage, pour capter la nappe SENONIEN-CARBONATE.

Elle consiste à :

- Forer en 17'' 1/2 jusqu'à 200 m.
- Descendre Sabots & tube de décantation 9'' 5/8.
- Descendre les crépines lanternées 9'' 5/8.
- Descendre un tube plein 9'' 5/8.
- Mise du gravier.

### **IV.6-1-Risques potentiels :**

- Risque de pertes (partielle ou totale) de boue.
- Risques de coincement au niveau calcaires.
- Avancement très lent.
- Vibrations lors du forage, si une dalle calcaire est rencontrée.
- Tractions en cours des ajouts de simple.
- Formation d'escalier, risque de coincement et/ou over pull.

### **IV.6-2 Préparation avant le forage :**

- Vérifier avant le démarrage qu'il existe une réserve maximum d'eau et que les moyens nécessaires pour transporter d'eau de la source jusqu'au chantier sont suffisants.
- Vérifier l'état de l'outil de forage 17'' ½.
- La colonne de captage 9'' 5/8 doit être préparée.

## CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES DE REALISATION DU FORAG

- Avoir une quantité de boue sur chantier suffisante (Tableau IV.08).
- Mixer la boue benthonique en prévision du forage (Tableau IV.07).
- Avoir une quantité du gravier suffisante sur site.

### ***Programme de boue :***

**Tableau IV.07 : paramètre de la boue.**

Pression de couche	Densité	Pression hydraulique	Viscosité	Filtrat
20 kgf/cm <sup>2</sup>	1.05	21 bar	30 à 50seconde	inf. à 10 cm <sup>3</sup> /30 mn

**Tableau IV.08 : volume de la boue.**

Total	Dans le puits	Dans les bassins	Dans les goulottes	Sécurité	Quantité de bentonite 1Sacs ≡ 50kg	Volume d'eau
55.5 m <sup>3</sup>	21.95	20	2	14.64	98.67Sacs	53.52 m <sup>3</sup>

### **IV.6-3-Réalisation :**

Compte tenu des risques de problèmes de tenue de trou dans cette phase on suivra scrupuleusement les consignes permanentes suivantes :

- Le forage se fera avec une boue benthonique dont les caractéristiques sont données dans le programme de boue.
- Maintien de la densité boue sortie < ou = 1.10 par :
  - +Mesure de la densité de sortie de la boue du puits fréquemment à l'aide d'un densimètre.

- + Dilution et/ou éjection d'une boue nouvellement fabriquée pour conserver la densité aussi fréquemment que nécessaire.
  - + Limitation de l'avancement régulier en fonction de la densité de sortie.
  - + Limitation de l'avancement en fonction des débits possibles et de la densité entrée.
  - + Application stricte des débits de forage.
- Limitation des problèmes de puits par :
- +Réduction des paramètres de forage dans les formations sableuses.
  - +Ramonage lent du trou 2 fois avant chaque ajout, sur toute la longueur de la tige.
- Forage avec avancement instantané aussi régulier que possible.
- Augmenter les paramètres de forage progressivement jusqu'à atteindre un débit de 1000 l/min, 50-80 RPM avec le poids total de la garniture – à ne pas dépasser une Vitesse d'avancement de 7.5 m/h et densité de boue 1.08 à la sortie de puits.
- Toutes les dispositions doivent être prises pour avoir suffisamment de boue pour terminer la phase.
- En cas de pertes de circulation, pomper des bouchons de colmatant. Si la perte est poursuivie procéder au forage à boue légère ou à l'eau claire, Garder une réserve de boue visqueuse prête à être pompée[19].
- A la cote sabot, limiter au minimum la circulation et entamer une circulation avec rotation pour le nettoyage du puits.
- En cas de tirage durant la remontée essayer de garder la garniture toujours libre vers le bas et remonter en backreaming.
- Faire un contrôle trou si des tractions ont été constatées pendant la remontée avant la descente de tubage 9'' 5/8.

## CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES DE REALISATION DU FORAG

La garniture de forage se compose de plusieurs corps sa description du bas vers le haut est comme Suite (Tableau IV.09) :

**Tableau IV.09 : la garniture de forage.**

	OD	Longueur	Nombre	Longueur totale
Outils	17'' 1/2	0.6	1	0.45
Porte outils	7'' 5/8 X 6'' 5/8	0.4	1	0.4
Stabilisateur	8''	1.5	1	1.5
Masse tige	8''	6	3	18
Raccord	8'' x 6''	0.3	1	0.3
Masse tige	6''	6	2	12
Raccord	6'' 5/8 x 3'' 1/2	0.7	1	0.7
Tige de forage	3'' 1/2	6	27	162

### **IV.6-4 Préparation avant la descente de la colonne de captage :**

- Nettoyer, mesurer et calibrer le tubage et le tubage lanternée 9'' 5/8.
- Inspecter visuellement les filetages.
- Vérifier la présence sur site de la quantité nécessaire du gravier.
- Préparer et voir la disponibilité des élévateurs et les clés nécessaires pour le vissage des tubes.
- Vérifier la disponibilité des moyens de manutentions sur site.

La colonne de tubage (Tableau IV.10) qu'on va descendre tout le long du forage, doit résister aux contraintes Suivantes : Ecrasement, éclatement, traction (Tableau IV.11).

**Tableau IV.10 : composition de la colonne de tubage.**

Tubage	Diamètre	Hauteur (m)	Poids nominal (T)
08Tubes pleins	9''5/8	90.6	4.858
03Tubes crépines lanternées		40	2.16
01Tubes pleins		10	0.54
04Tubes crépines lanternées		50	2.7
1 Sabot &Tube de décantation		10	0.54
Total		200.6	10.798

**IV.6-5-Recommandations pour la descente du tubage :**

- Tenir un pre-job safety meeting.
- Descendre le sabot et le tubage plein & crépine 9'' 5/8 au fond.
- Centrer et souder le tubage 9'' 5/8 avec le tubage 18'' 5/8.
- Couper le tubage à 60 cm du niveau du sol.

**Tableau IV.11 : caractéristiques de tubage.**

Caractéristique	Tubage 9"5/8
Diamètre intérieur	7"5/8
Epaisseur	8.94 mm
Résistance à l'écrasement	23.8 mpa
Résistance à l'éclatement	30.8 mpa
Tension à la limite élastique	253mpa
Section	6668mm <sup>2</sup>
Grade	K55
Poids nominal	36IB/ft

**IV.6-6-La mise en gravier :**

D'après les puits avoisinants (Tableau IV.12) l'excès de gravier dans cette région (Bloc 438), est élevé et comme on a dans le champ Exploration on propose un excès de 30% (Tableau IV.13).

**Tableau IV.12 :l'excès de gravier dans les puits avoisinants**

	Bloc	Profondeur(m)	Tube guide(m)	Quantité (m <sup>3</sup> )	Excès %
HKAS-101	438	250	20	27	0
DRTS-101	438	250	20	40	52

**Tableau IV.13 : l'excès de gravier dans le puits.**

	18"5/8 et 9"5/8	17"1/2et	9"5/8	VgT	VgT avec l'excès de 20%
Volume de gravier (m3)	7.33	14.62	L'excès 30% 4.38	21.95	26.33

***IV.6-6-1-Préparation avant l'opération de mise en gravier :***

- S'assurer avant le démarrage de l'opération la réserve maximum d'eau et la quantité suffisante de gravier sur chantier.
- Le massif de gravier doit être de bonne qualité de 3 à 5mm (Siliceux, arrondi et propre).
- Descendre le volume de gravier nécessaire entre l'annulaire (Open Hole 17'' 1/2et la colonne de captage 9''5/8 & le tubage 18'' 5/8 et 9''5/8).

***IV.6-6-2-Recommandations pour la mise en gravier :***

- Faire une circulation dans le puits pour alléger la boue.
- La mise en gravier se fait légèrement du fond de puits 200m jusqu'au surface.

**IV.6-7-Développement :**

La méthode de développement qui est utilisé dans notre puits c'est le développement à l'air lift par paliers. Pendant 72h jusqu'à l'obtention d'une eau claire Donc cette opération nécessite le matériel suivant.

**Un compresseur :**

Pression : 25 bars

Nombre de sorties : 02

Flexible :

Diamètre : 1''

Longueur minimum : 20m

Tête air-lift

**Tableau IV.14 : La durée de développement pendant le forage des puits avoisinants.**

	Pf(m)	Développement A l'air lift (h)
HKAS-101	250	55
DRTS-101	250	55

### ***6-7-1-Recommandation pour le développement :***

- Le développement du puits sera effectué avec un compresseur de 25 bars.
- Le nettoyage du puits ainsi que son développement doivent effectuer, jusqu'à obtention d'une eau claire.

### ***6-7-2-Après développement :***

- Une dalle de ciment de (1m x 1m x 0,30m) sera confectionnée autour de la tête de puits et mentionner son nom HMOE-101.
- Mesurer le niveau statique avec une sonde électrique.
- Descente de la pompe immergée si on exploite ce puits sinon il faut le fermer avec une plaque métallique.
- Nettoyage de site et DTM.

### **Conclusion :**

Le puits HMOE-101 est toujours en cours de réalisation en espérant d'achevé les travaux dans les prochains jours, le forage se déroule comme c'est prévu au programme.

Dans ma dernière visite sur le site le forage a atteint une profondeur de 178m.



**CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

---

Les ressources en eau du Sahara algérien sont considérables mais il est nécessaire de les exploiter selon les besoins et les programmes d'exécution des ressources souterraines de la région et ce par la réalisation de forages de captages.

Ces ouvrages sont effectués selon des étapes qui doivent être suivies afin d'obtenir des puits de bonne qualité. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce présent travail.

Pour la réalisation d'un ouvrage de captage d'eau pour l'alimentation d'un sondage pétrolier, on doit forer un puits selon le programme qui leur est fixé dans les meilleures conditions technico-économiques au moindre coût possible.

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 HMOE-101 est le mode Rotary. Cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car elle s'adapte à la géologie de la région. Le climat de la zone d'étude est caractérisé par des températures élevées, de faibles précipitations, un taux d'évaporation élevé, un manque d'humidité et un pourcentage important de vents.

La région d'Oued Mya est représentée par le Bassin triasique saharien, qui constitue un sous-bassin de type intra-cratonique de la plateforme saharienne, Il forme une vaste dépression NE-SO. Dans la partie septentrionale de la plateforme (Oued Mya), la série sédimentaire type dont l'épaisseur peut atteindre 6000 mètres, présente des dépôts Paléozoïques souvent érodés jusqu'à l'Ordovicien et le Cambrien. Le Mésozoïque, discordant sur le Paléozoïque, est présent du Trias au Crétacé. Le Cénozoïque est représenté par une mince série détritique du Mio-Pliocène.

## CONCLUSION GENERALE

---

La réalisation des forages hydrauliques dans la région d'étude, passe par plusieurs étapes, suivant la profondeur et le but de forage.

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 le cadre de cette étude, on a suivi le forage d'un puits destiné à l'utilisation industrielle dans la région d'Oued Mya

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

Cette opération de forage à plusieurs étapes, commençant par la mise en place du tube guide jusqu'au nettoyage et développement.



**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [1] Bessaiet Abdelhak, Boudi Mahieddine. Suivi hydrogéologique des travaux de réalisation d'un forage d'eau [Mémoire Master]. Université Saad Dehlab.Blida. 2019.
- [2] Informations données par les ingénieurs du Département hydrogéologie-SONATRACH. (Durant le stage). 2024
- [3] Metaiche Mehdi, Forages techniques et procédés.
- [4] Bouselsal Boualem. Forage d'eau (procédés et mesures) [Destiné aux étudiants de 3ème année hydrogéologie]. Université de Kasdi Merbah.Ouargla.
- [5] Michel Detay, 1993 : le forage d'eau
- [6] Sahraoui Mostefa M<sup>ed</sup> El Amine. Réalisation d'un forage hydraulique [Rapport de stage].Direction des opérations forage hassi messaoude, SONATRACH. Aout 2023.
- [7] Cours de forage destiné aux hydrauliciens en Master G.T.E.U. (Premier chapitre)
- [8] Boukaoud El Hachemi. Forage d'eau : procédés et mesures. UE0661. Université Constantine 1 .2020.
- [9] Albert Mabillot, 1971 : Les forages d'eau.
- [10] Eric Garoustet et Laurent Pyot : Le forage d'eau (de la conception a la réalisation).
- [11] Ait-Salem Hamid. Le trias détritique de l'Oued Mya. Sédimentation estuarienne diagenèse et porogenèse potentialités pétroliers.
- [12] Kechar Nadine Lina. Etude des chitinozoaires de l'ordovicien (Exemple du puits de Bordj Nili-2 dans le bassin d'Oued Mya) [Mémoire de Master].Tlemcen. Université Abou Bekr Belkaid. 2020.
- [13] Comité française de l'histoire de la géologie, Troisième série, 1991
- [14] Dictionnaire français d'hydrogéologie. G.Castany, J.Margat.1977.\*

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

---

[15] Mebrouki Nacira. Etude géologique de l'extension de la zone de benkahla(le model géologique du gisement) [Mémoire de Master].Ouargla. Université Kasdi Merbah. 2015.

[16] Mohamed B, 2007 : synthèse hydrogéologique pour l'implantation d'un forage, mémoire DEUA.

[17]S.Mansouri : Programme de forage hydraulique. Département hydraulique-SONATRACH. 2024.

[18] Informations données par les ingénieurs du Département hydrogéologie-SONATRACH. (Durant le stage). 2024

[19] Labeni Samir : Département hydraulique-SONATRACH. 2024.



**ANNEXES**



## COUPE STRATIGRAPHIQUE & DIFFERENTES PHASES DE FORAGE

Ere/Sy	ETAGES	LITHO	Ep	TUBAGES & BOUE	DESCRIPTION		
<b>CZ</b> NEO	MIO PLIOCENE		239	17 "1/2 x 13"3/8 ± 500m 12 "1/4 x 9 "5/8 ± 2300m 8 "1/2 x 7 "	Boue douce bentonitique	SABLE, CALCAIRE	→ Complexe aquifère eau potable. → Zone d'éboulement
	EOCENE		122		D: 1,1-1,2	CALCAIRE	
	SENONIEN	CARBONATE			107	V: 45-50	CALCAIRE, DOLOMIE, ANHYDRITE
		ANHYDRITIQUE			209		ANHYDRITE, MARNE, DOLOMIE
		SALIFERE			149		SEL MASSIF
	TURONIEN		112		Boue KEN X	CALCAIRE	
	CENOMANIEN		147		D: 1,26-1,32	MARNE, CALCAIRE, DOLOMIE	
	ALBIEN		362		V: 50 - 70	GRES, ARGILE	→ Aquifère eau douce. Utilisée pour la l'injection et besoins généraux. D:1 PG:1040Kg/cm <sup>2</sup> à(-1050m).
	APTIEN		24		F: 2,4	DOLOMIE	
	BARREMIEN		276			ARGILE, SABLE	
	NEOCOMIEN		182			DOLOMIE, MARNE, ARGILE	
	MALM		226			ARGILE, MARNE, CALCAIRE	
	DOGG	ARGILEUX			107		ARGILE, MARNE
LAGUNAIRE			211		ANHYDRITE, DOLOMIE		
LIAS	LD1		66		DOLOMIE, ANHYDRITE, ARGILE	→ Eaux chlorurées calciques D : 1.28 → PG:575 Kg/cm <sup>2</sup> à(-2500m).	
	LS1		90		SEL, ANHYDRITE		
	LD2		55		DOLOMIE, MARNE		
	LS2		58		SEL MASSIF		
	LD3		31		DOLOMIE, MARNE		
SALIF	TS1		46		ANHYDRITE, ARGILE	→ Manifestation des argiles fluentes	
	TS2		189		SEL, ARGILE, ANHYDRITE		
	TS3		202		SEL MASSIF		
TRIAS	ARGILEUX		113		ARGILE	→ Zones de pertes de boue.	
	GRESEUX		0 à 35		GRES, ARGILE		
	ERUPTIF		0 à 92		ANDESITE		
	PALEOZOIQUE	Quartzites de Hamra		75		Grès très fins	
		Grès d 'El-Atchane		25		Grès fins glauconieux	
		Argiles d 'El-Gassi		50		Argile verte ou noire	
		Zones des Alternances		18		Alternances grès et argiles	
		R Isométriques		42		GRES Isométriques, Silts	
		R Anisométriques		125		GRES Anisométriques, Silts	
		R 2		100		GRES Grossiers, Argile	
R 3			370		GRES Grossiers, Argiles		
Infra Cambrien			45		GRES Argileux rouge		
SOCLE					Granite porphyroïde rose		

H. Laimouche

