



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

Université de Ghardaïa

N° d'enregistrement
/...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département Hydraulique et Génie Civile

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: ST

Filière: Hydraulique

Spécialité: Hydraulique Urbaine

Thème

**ETUDE ET SUIVI TECHNIQUE D'UN FORAGE
PROFOND ALBIEN DANS LA REGION DE SEBSEB/CAS
DU FORAGE DE LEHRITH**

Déposé le :17/06/2021

Par

CHEHIMA Sofiane & DEDDOUCHE Houria

Par le jury composé de :

Mr. BOUBLI Salim

MCB

Univ Ghardaïa

President

Mr. OULED Belkhir Chikh

MCB

Univ Ghardaïa

Evaluateur

Mr. ACHOUR Mansour

Doctorant

ANRH Ghardaïa

Encadreur

Année universitaire : 2020/2021



REMSERCIEMENTS

***Toute** la gratitude et le merci à Dieu notre créateur qui nous a donné la force pour effectuer et achever ce travail.*

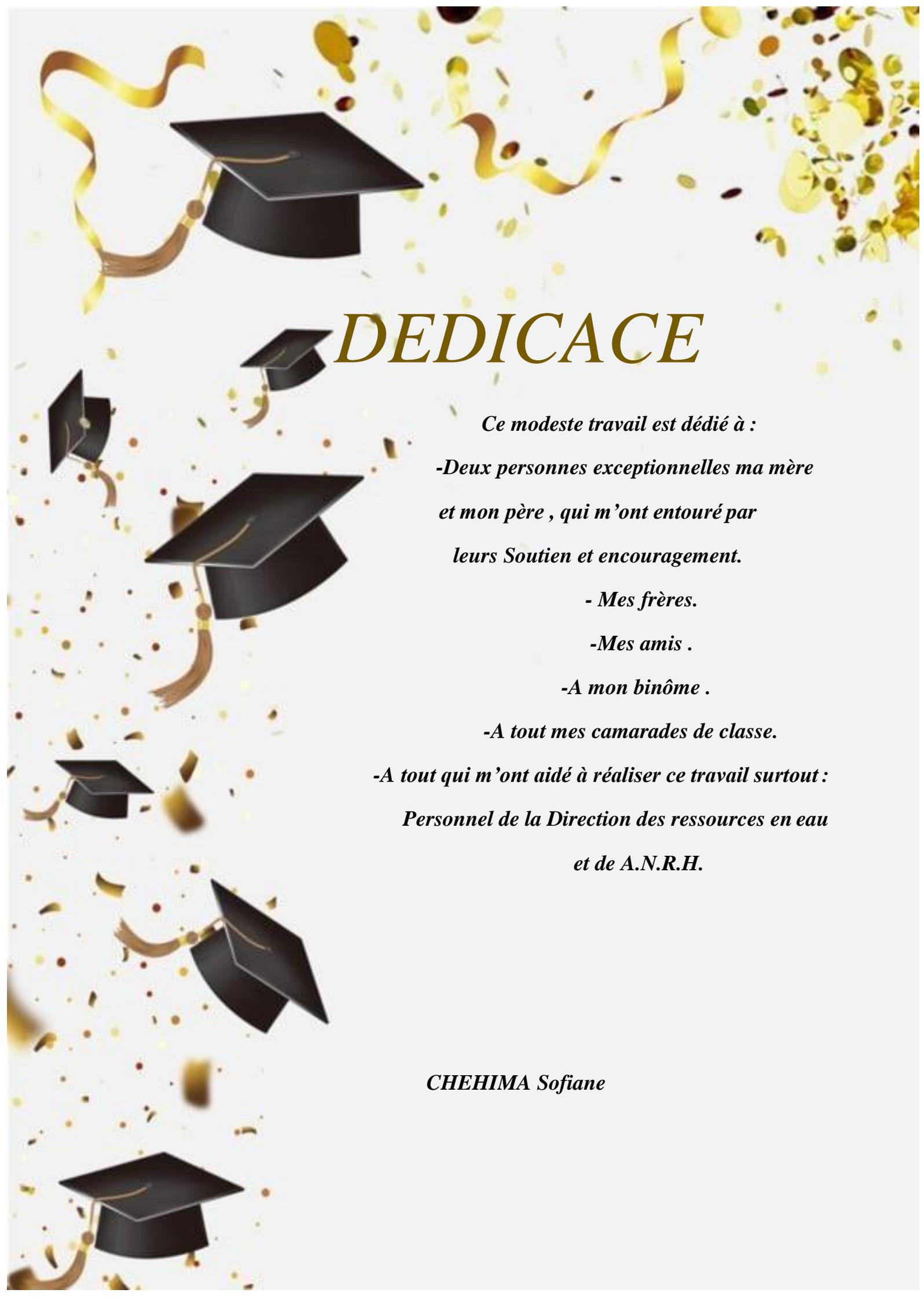
***Ainsi** nos parents qui nous aident.*

***Nous** tenons à remercier **Mr. ACHOUR Mansour** chef secteur de l'ANRH de Ghardaia pour son encadrement et son soutien.*

***Sans** oublier les personnels de la direction des ressources en eaux, de l'ONM ainsi que les personnels de l'ANRH pour leurs contributions à la réalisation de ce modeste travail.*

***Nous** remercions tous les enseignants du département d'Hydraulique et Génie civil.*

***Que** toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail accepte nos grands et sincères remerciements.*



DEDICACE

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 tout mes camarades de classe.

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

*Personnel de la Direction des ressources en eau
et de A.N.R.H.*

CHEHIMA Sofiane



DEDICACE

Je dédie ce mémoire:

- A ma très chère mère*
- A mon cher père qui ont beaucoup sacrifié pour moi*
- A mon cher DED Zineb*
- A mes frères et Mes très chères sœurs*
- Aux femmes de mes frères et leurs enfants, chacun en son nom*
- A toute ma famille DEDDOUCHE & BELMOKHTAR*
- A mon binôme*

Pour conclut, je le dédie à:

- Tous les amis de HU et tous les enseignants du La faculté du sciences et de la technologies.*

DEDDOUCHE HOURIA

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre I : Généralités Sur Les Techniques De Forage	
I.1. Introduction	4
I.2. Forage Par Battage	4
I.2.1 Mft	5
I.2.2 Rotary	6
I.3 Phases De Réalisation D'un Forage Rotary	7
I.3.1. Avant Trou	7
I.3.2 Foration	8
I.3.3 Fluides De Forage	8
I.3.4 Complétion	8
I.3.4.1 Colonne De Protection	8
I.3.4.1.1 cimentation	9
I.3.4.2 Colonne De Captage	10
I.3.4.2.1 crepines	10
I.3.5 Le Massif Filtrant	11
I.3.6 Développement Du Forage	11
I.3.6.1. Méthodologie	12
I.3.6.2 Procèdes De L'air-Lift	12
I.3.6.3 Barbotage	13
I.3.6.4 Pompage Intensif	14
I.3.7 Les Essais De Pompage	14
I.3.7.1 Introduction	14
I.3.7.2 méthodologie	15
I.3.7.2.1 Essais De Pompage A Paliers De Débits De Courte Durée	15
I.3.7.2.2 Essais De Pompage De Longue Durée	15
I.4 Réception De L'ouvrage	15
I.5 procédures Administratives	15
I.5.1 Le Financement De Projet	15
I.5.2 Préparation Du Cahier De Charge	16
I.5.3. L'appel D'offre	17
I.5.4. Critères Du Choix De L'entreprise De Forage	18
I.5.4.1 Critères Techniques	18
I.5.4.2 critères Financiers	19
I.5.4.3 Délai De La Réalisation	19
I.5.5. Choix Du Site	19
I.5 Conclusion	19
Chapitre II : Présentation De La Zone D'étude	
II.1 introduction	22

SOMMAIRE

II.2 Présentation De La Commune	22
II.2.1 Situation Géographique Et Administrative	22
II.2.2 caractéristiques Climatiques	23
II.2.2.1 Introduction	23
II.2.2.2 les Températures	24
II.2.2.3 les Précipitations	25
II.2.3 : Géologie Et Hydrogéologie De La Région De Sebseb	26
II.2.3.1 Contexte Géologique	26
II.2.3.2 Contexte Hydrogéologique	27
II.2.3.2.1 la Nappe Phréatique Quaternaire	27
II.2.3.2.2 La Nappe Du Continental Intercalaire	28
II.2.3.3 Type D'aquifère A Capte	28
II.2.3.4 Nature lithologique	28
II.3 Conclusion	28
Chapitre III : Matériel Et Méthodes De La Réalisation Du Forage	
III.1. Introduction	31
III.2. Destination Du Forage	31
III.3. Implantation Du Forage	31
III.4. Choix De La Méthode De Forage	32
III.5. Travaux De Surface	32
III.6. Plateforme	33
III.7. Bassins Et Rigoles	33
III.8. Tube Guide	35
III.9. Foration	35
III.10. Analyse Des Echantillons (Cuttings)	36
III.11. Elargisse Du Trou	37
III.12. Installation Du Tube De Production	38
III.12.1 Cimentation	39
III.12.2. Calcul Du Volume De Laitier	39
III.12.3. Calcul De L'eau De Gâchage	41
III.12.4. Calcul De La Densité Du Laitier De Ciment	42
III.12.5 Calcul Du Volume De Chasse	43
III.12.6. Injection Du Laitier De Ciment	43
III.12.7. Attente Prise De Ciment	44
III.13. Reprise De Forage	44
III.14. Analyse Des Echantillon Programme De La Crépine	44
III.14.1. Choix Du Type De La Crépine	45
III.14.2. La Mise En Place De La Crépine	46
III.14.3. Calcul De La Longueur De Largage	46
III.15. Gravillonnage	47
III.15.1. Qualité Du Gravier	47
III.15.2. Calcul Du Volume De Gravier	47
III.15.3. Méthodologie	48

SOMMAIRE

III.16. Développement Du Forage	48
III.17. Les Essais De Pompage	48
III.17.1. Introduction	48
III.17.2. Les Essais De Débits Par Paliers	49
III.17.3. Le Pompage D'essai De Longue Durée	50
III.18 Efficacité De Forage	51
III.19 Cout De La Réalisation De L'ouvrage	53
III.19.1 Cout De La Phase De Foration	53
III.19.2 Cout De La Phase De Complétion	53
III.19.3 Cout Des Pompages D'essai	54
III.20 Durée Totale De La Réalisation	54
III.21 Calcul De La Pénalité De Retard	54
III.22 Conclusion	55
Conclusion Générale	57
Reference Bibliographiques	60
Annexes	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Technique de battage	5
Figure 2	Technique fond de trou	6
Figure 3	Technique Rotary	7
Figure 4	Situation géographique de la commune de Sebseb	23
Figure 5	Courbe des variations moyennes	25
Figure 6	Courbe de variation des précipitations mensuelles (2011-2020)	26
Figure 7	Localisation du forage Lehrith commune de Sebseb.	32
Figure 8	Schéma d'installation du chantier de forage.	33
Figure 9	La fosse utilisée pour la préparation de la boue.	34
Figure 10	Rigole à boue	35
Figure 11	Cuttings et description lithologique du forage Lehrith.	37
Figure 12	Outil d'ELARGISSAGE DU TROU.	37
Figure 13	Mise en place du tubage API 13 3/8"	39
Figure 14	Macro de calcul du volume de laitier du ciment sous Excel.	40
Figure 15	Préparation de laitier du ciment	40
Figure 16	Cimentation par canne dans l'annulaire	41
Figure 17	Mesure de la densité par densimètre Baroid.	42
Figure 18	Macro de calcul du volume de la boue de chasse sous Excel.	43
Figure 19	L'injection du ciment.	43
Figure 20	Cuttings et description lithologique du champ de captage.	45
Figure 21	Crépine type Johnson	46
Figure 22	Type du Gravier additionnel	47
Figure 23	La courbe caractéristique de forage lehrith.	50
Figure 24	Coupe technique et description Lithologique du forage Lehrith.	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Températures (°C) moyennes mensuelles, des maxima et des minima pour les dix ans (2011-2021) dans la région de Ghardaïa	24
Tableau 2	Valeurs des précipitations dans la région de Ghardaïa (2011-2021)	25
Tableau 3	Programme de foration	36
Tableau 4	Mise en place de crépine	46
Tableau 5	Essais de débit par paliers	49
Tableau 6	Cout de la phase de foration	53
Tableau 7	Cout de la phase de complétion	53
Tableau 8	Cout des pompages d'essai	54

Abréviations

CDC : Cahier des charges
CCAG : Cahier des clauses administratives générales
CPC : Cahier des prescriptions communes
CPS : Cahier des prescriptions spéciales
API : American Petroleum Institute
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
PVC : plastique chlorure de polyvinyle
ONM : Office National de la Météorologie
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 gachage
Vg : Volume de gravier
Vtr : Volume de trou
Vcp : Volume de crépine
H : Profondeur
d : Diamètre
TNRS : Tole noire roulé et soudé
dc : Densité du laitier de ciment
Lc : Longueur de la colonne de captage
Lp : Longueur de la colonne de production
Lf : Profondeur finale du trou
M : Montant du marché
D : Délai d'exécution exprimé en jours

Résumé

Situé dans la région de Sebseb , le suivi de réalisation d'un forage d'une profondeur de 466 mètres nous a permis d'assister à plusieurs opérations de l'exécution du Forage et percevoir les différentes étapes et les techniques du forage Rotary.

La réalisation des forages hydrauliques dans cette région , passe par plusieurs étapes, suivant la profondeur et la pression de la nappe. Pour les forages profonds (>1000 m), l'opération consiste à la pose du tube guide avec cimentation, en suite la pose d'une colonne de tubage avec cimentation, suivie de la pose d'une colonne de production avec cimentation et en fin la pose d'une colonne de captage constituée d'une crépine type Johnson avec des intercalations de tube plein (lorsque la crépine est longue), de tube de décantation à la base et de tube réserve au sommet. Pour les forages de moyen et faible profondeurs, on exécute deux phases de cimentation pour la pose du tube guide et la pose de la colonne de production, avant la mise en place d'une colonne de captage.

L'introduction du massif filtrant s'effectuer seulement lorsque la nappe est non jaillissante, si c'est le cas on met en place packer sans mise en place de massif filtrant. L'opération de forage terminera par dégorgeement et développement des puits pour élimination des particules fins et l'exécution des essais de pompage pour déterminer le débit d'exploitation.

Mots clés : Sebseb, lehrith , forage Rotary, crépine , massif filtrant, jaillissante.

المخلص

إن متابعة إنجاز بئر ذو عمق 466 متر المتواجد في منطقة سبب سمح لنا بالوقوف عند كثير من العمليات التقنية فيما يخص الحفر بطريقة الهدم الدورانية.

يتم حفر الآبار الهيدروليكية في منطقة سبب (حالة بئر لحريث) عبر عدة مراحل ، حسب عمق المياه وضغطها للآبار العميقة (>1000م)، العملية تنطوي على وضع أنبوب التوجيه مع الإسمنت ، بعد تثبيت عمود غلاف مع الإسمنت ، تليها وضع عمود الإنتاج مع الإسمنت وأخيرا زرع عمود القبض يتكون من مصفاة من نوع جونسون مع إقام أنابيب كاملة (عندما تكون المصفاة طويلة)، من أنبوب الاستقرار في الأسفل و أنبوب الاحتياط في الأعلى . من أجل الآبار المتوسطة والمنخفضة، وضع الإسمنت على مرحلتين عند وضع عمود التوجيه و عند وضع عمود الإنتاج، قبل وضع عمود القبض.

لا يتم تنفيذ كتلة الترشيح إلا عندما لا تتدفق المياه فوق السطح، أما إذا كانت هذه هي الحالة يتم إعداد كتلة الترشيح. سيتم إنهاء عملية الحفر عن طريق عملية التفريغ و التطوير للآبار لإزالة الجسيمات الدقيقة و إجراء اختبارات الضخ لتحديد معدل التدفق.

الكلمات المفتاحية : سبب، لحريث، الحفر الدوراني، أنبوب، المصفاة، سرير الترشيح، التدفق.

ABSTRACT

The following of drilling establishment at 466 meter depth located in the Sebseb region let us attending to so many technical operation of rotary drilling.

The drilling of hydraulic boreholes in the Sebseb region (case of lehrith drilling) goes through several stages, depending on the depth and pressure of the water table. For deep drilling (> 1000 m), the operation involves laying the guide tube with cementing, then laying a column of casing with cementing, followed by the installation of a production column with cementation and end the installation of a collection column consisting of a strainer type Johnson with intercalations of solid tube (when the strainer is long), of the settling tube at the base and reserve tube at the top. For the drilling of medium and shallow depths, two cementing phases are carried out for the laying of the guide tube and the laying of the production column, before the installation of a capture column.

The introduction of the filtering mass to be carried out only when the sheet is not gushing, if it is the case one to set up packer without setting up filtering mass. The drilling operation will terminate by disgorging and developing wells to remove fine particulates and performing pumping tests to determine the operating flow.

Key words: Sebseb , lehrith , .Rotary drilling ,the tube, strainer, filter bed, gushing.



**INTRODUCTION
GENERALE**

INTRODUCTION GENERALE

L'eau étant une source vitale de tout être vivant. Les eaux douces constituent 2,7% du volume total de l'eau sur terre dont 0,3 % seulement sont utilisables et se trouve à 95 % sous forme d'eaux souterraines . Ces eaux souterraines constituent donc exclusivement des ressources d'eau douce exploitable du globe qui nécessite des moyens pour être atteint voilà pourquoi sa couche supérieure est la plus utilisable même grâce aux puits artisanaux ; vulnérable qu'elle est à cause de sa communication directe par infiltration avec les eaux de surface 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 demandent des connaissances spécialisées et des compétences techniques qui peuvent en grande partie être tirées d'ouvrages courants. Cependant, les opérations de terrain dans des zones reculées ou dans des conditions difficiles exigent souvent de la flexibilité et de l'imagination pour éviter et résoudre les problèmes techniques.

La wilaya de Ghardaïa surtout la région de Sebseb a connu ces dernières années un accroissement rapide de la population et un important développement agricole. Cette situation a engendré une grande demande de mobilisation de la ressource en eau. La nappe de la formation Albienne constitue la principale ressource en eau dans la wilaya.

Le projet a été inscrit de la réalisation d'un forage profond captant la nappe albienne, et qui sera destiné pour Zones d'irrigation agricole de la localité de Lehrith commune de Sebseb. Dans ce contexte on a pris la responsabilité de faire le suivi étape par étape de la technique et 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.

INTRODUCTION GENERALE

L'objectif de notre travail est de réaliser des forages afin de vérifier la présence de nappes d'eaux souterraines puis d'évaluer les débits d'exploitation durables de la nappe captée. Avec étude et suivi étape par étape la technique de 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.

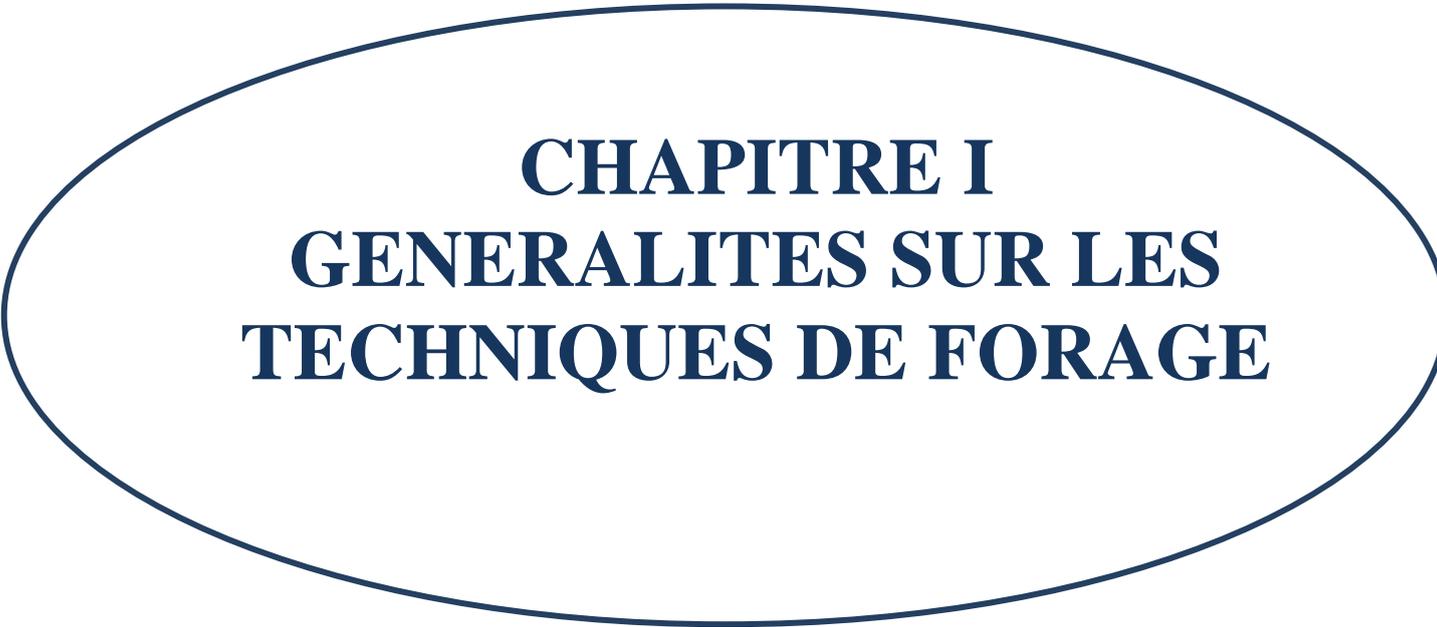
Notre travail a été structuré en trois chapitres :

Chapitre I. généralités sur les techniques de forage : ce chapitre présente les différentes techniques utilisées dans la foration, et La technique utilisée dans notre cas est le rotary à la boue benthonique, parce qu'elle est adéquate, grâce à ses avantages, comme elle est la plus utilisée dans la région.

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 au Rotary grâce à ses nombreux avantages qui s'adaptent à notre zone d'étude.

A l'issue de ce travail nous présentons **une Conclusion générale** et des recommandations faisant sortir les résultats de l'étude et à prendre en considération.



CHAPITRE I
GENERALITES SUR LES
TECHNIQUES DE FORAGE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE

I.1. INTRODUCTION

Il existe plusieurs méthodes de forage qui peuvent être utilisées et parmi ces méthodes (Forage par battage ; Le forage au rotary ; Forage au marteau fond de trou (MFT) ; Forage par havage ...) La technique utilisée dans notre cas est le rotary à la boue benthonique, parce qu'elle est adéquate, grâce à ses avantages, comme elle est la plus utilisée dans la région.

I.2. FORAGE PAR BATTAGE

C'est la technique la plus ancienne, utilisée par les Chinois depuis plus de 4000 ans (battage au câble), elle consiste à soulever un outil très lourd (trépan) et le laisser retomber sur la roche à perforer en chute libre. Le forage par battage ne nécessite pas de circuit d'eau ou de boue, et seul un peu d'eau au fond de forage suffit.

Il est tout indiqué pour les terrains durs surtout lorsque le terrain dur est en surface (ça permet pas d'utiliser suffisamment de poids en Rotary) comme en terrains karstiques ou fissurés (pas de risque de perte de boue). Le battage se produit par le mouvement alternatif d'un balancier actionné par un arbre à came (ou bien un treuil : cylindre horizontal)

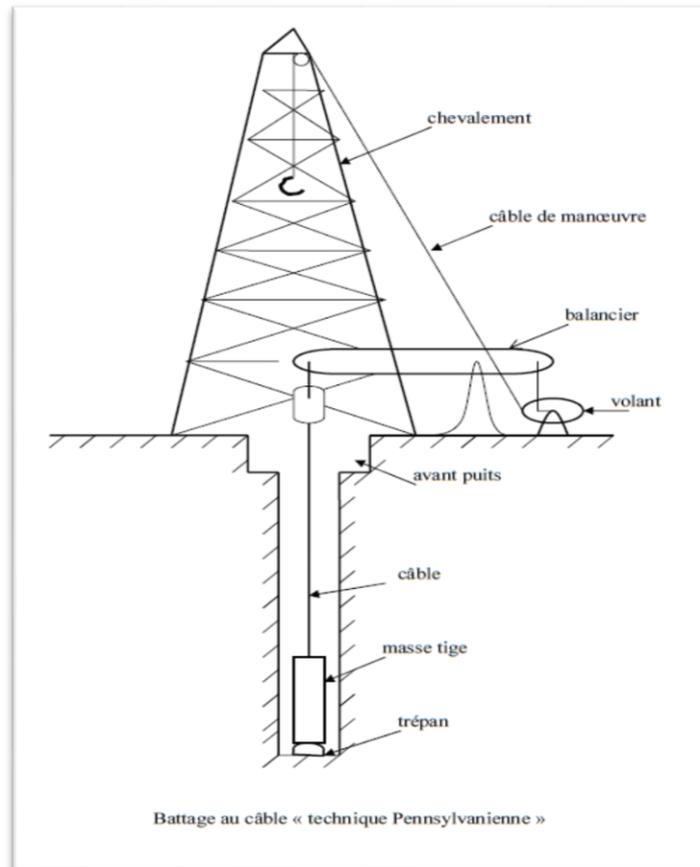


Figure N°1: technique de battage

I.2.1 .MFT

Cette technique permet de traverser des terrains durs. Le principe repose sur : un taillant à boutons en carbure de tungstène, fixé directement sur un marteau pneumatique, est mis en rotation et percussion pour casser et broyer la roche du terrain. Le marteau fonctionne comme un marteau piqueur, à l'air comprimé à haute pression (10 à 25 bars) qui est délivré par un compresseur, et permettant de remonter les cuttings. Cette technique est surtout utilisée dans les formations dures car elle permet une vitesse de perforation plus élevée que celles obtenues avec les autres techniques.

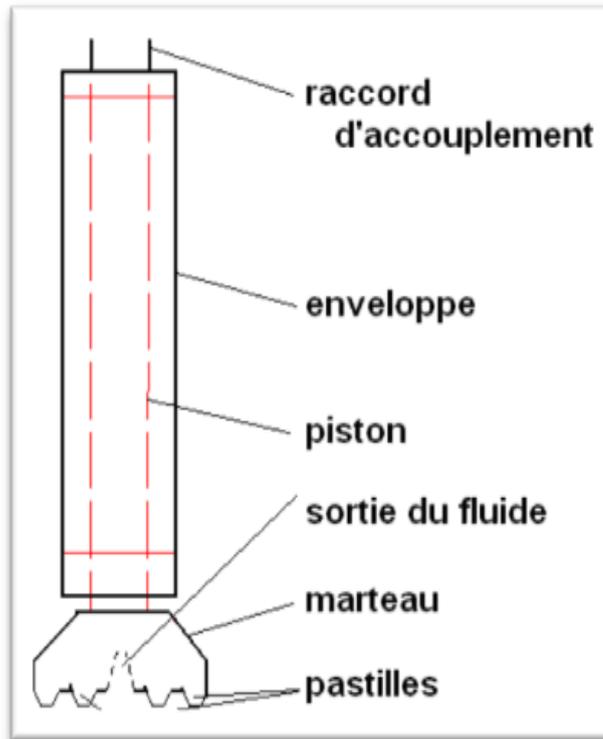


Figure N°2 : Technique fond de trou

I.2.2 . ROTARY

Le forage rotary est le procédé le plus couramment utilisé, il a notamment fait ses Preuves dans le domaine de la recherche pétrolière. 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 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

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE

fermé sans interruption. La boue tapisse les parois non encore tubées et les maintiens 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. Le dépôt de la boue qui recouvre les parois d'une formation aquifère de faible pression peut gêner la détection de cette formation.

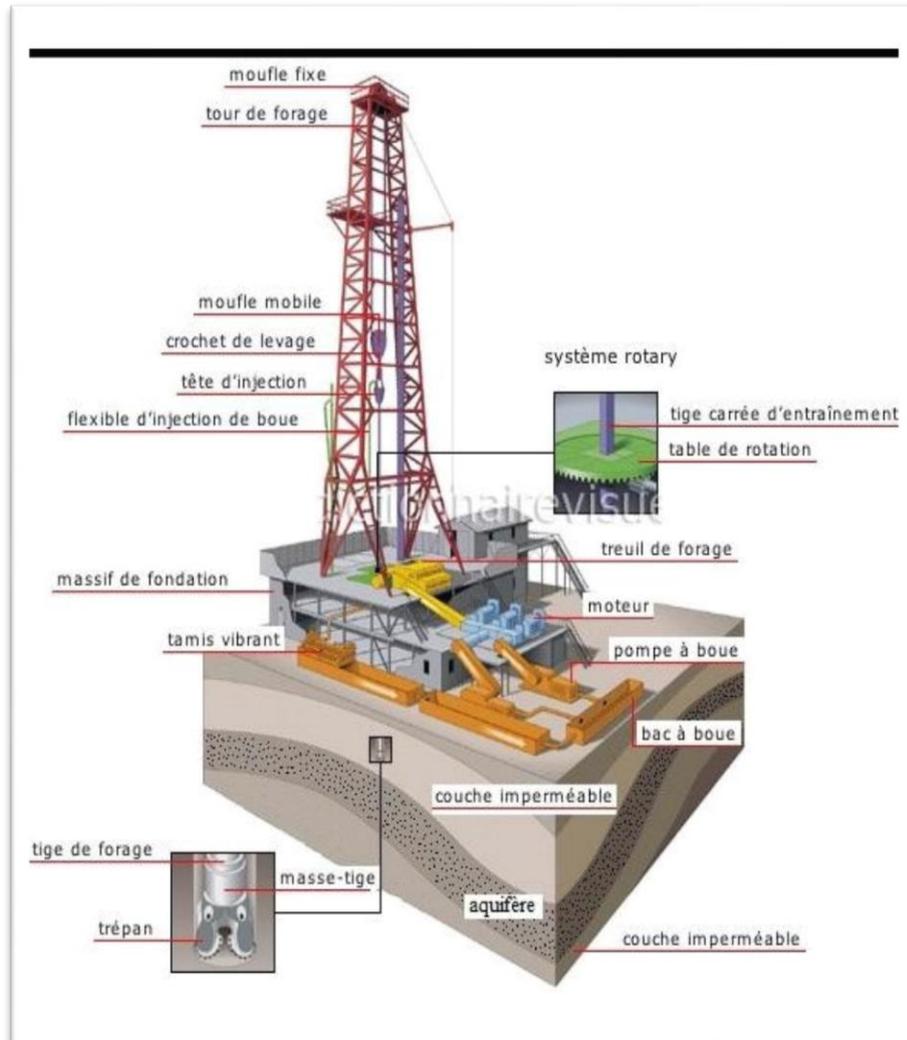


Figure N°3 : Technique Rotary

I.3. PHASES DE REALISATION D'UN FORAGE ROTARY

I.3.1. AVANT TROU

Tout forage se fait en plusieurs étapes, et est régi par une réglementation solide et rigoureuse. Après un avant-trou préparatoire réalisé par le génie civil, un premier trou de diamètre 36" (~0.914 m) est réalisé depuis la surface jusqu'à une centaine de mètres pour

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE

stabiliser le sol de départ (coffrer les formations peu profondes pour prévenir un éventuel éboulement et assurer l'imperméabilité du puits pour éviter la pollution des nappes phréatiques). Ce premier trou est immédiatement consolidé par un premier cuvelage (casing) de diamètre 30'' (0.762m) en acier, légèrement plus petit, qui est cimenté pour assurer la cohésion entre le terrain et le tube.

I.3.2. FORATION

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 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. 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.3.3. FLUIDES DE FORAGE

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, ...). Le fluide de forage était déjà présenté en 1933 lors du premier Congrès Mondial du Pétrole.

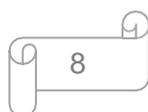
I.3.4 .COMPLETION

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).

Bien que ces opérations soient souvent faites par les foreurs, leurs techniques rentrent dans le domaine de la production fond qui est l'objet d'un autre ouvrage.

I.3.4.1. 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



CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE

"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 :

- ✓ Le bas du tubage doit être constitué d'un tube plein d'environ 0.5 mètre bouché à sa base
- ✓ 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.
- ✓ 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 correcte 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 ripé le long des parois. Il sera recommandé de boucher le fond du forage en faisant descendre du ciment depuis la surface.

I.3.4.1.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 :

- Colmater une cavité ou des grosses fissures qui engendrent de fortes pertes de boue lors de forage.
- 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.

1.3.4.2 .COLONNE DECAPTAGE

1.3.4.2.1.CREPINES

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. On rencontre les crépines :

¾ à trous ronds, à faible pourcentage de vide ¾ à trous oblongs, à faible pourcentage de vide, compris entre 10 et 20 % ¾ à persiennes, à faible pourcentage de vide et offrant une bonne résistance mécanique ¾ à nervures repoussées, pourcentage de vide variable et offrant une bonne résistance mécanique ¾ à fil enroulé en spirale autour de génératrices de type Johnson, à très fort pourcentage de vide. 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, préalablement déterminée. Comme les tubages, les crépines en acier peuvent être vissées ou soudées.

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.

1.3.5. LE MASSIF FILTRANT

Pour améliorer la protection vis-à-vis des fines de l'aquifère un massif de gravier peut être mis en place entre la crépine et la couche aquifère. Ce filtre artificiel doit présenter la plus forte granulométrie possible, tout en s'opposant au passage de la plus grande partie des éléments du terrain. Le massif filtrant doit être constitué d'un gravier siliceux, roulé, propre, calibré et homogène. Il doit être chimiquement stable, avoir une forte porosité d'interstice et un faible coefficient d'uniformité. En général, l'épaisseur du gravier est comprise entre 3'' et 8'' et la réserve est comprise entre 5 et 10 m. Sa mise en place est faite par gravité, en circulation inverse du fluide ou par circulation continue.

1.3.6 DEVELOPPEMENT DU FORAGE

Le développement d'un forage consiste, entre autres, à améliorer la perméabilité de la formation aquifère située autour de la crépine et à stabiliser cette formation. Il faut savoir que la mise en production immédiate d'un forage sans développement aurait des conséquences fâcheuses :

- ❖ Elle ne permettrait pas de d'obtenir le débit optimal pouvant être fourni par l'aquifère.
- ❖ Elle entrainerait très certainement d'importantes venues de sables (risques de dommages à la crépine et à la pompe, de colmatage, de tassement du massif gravier).

Le développement est donc destiné à parfaire le nettoyage du trou, de la crépine et de massif de gravier et à améliorer les caractéristiques

hydrodynamiques de l'aquifère autour de la crépine, dans le but d'augmenter le débit exploitable et de produire une eau propre. La perméabilité du terrain près de crépine est ainsi améliorée, notamment par élimination dans cette zone du maximum d'éléments fins et par restriction et stabilisation du massif de gravier. Il existe plusieurs méthodes de développement de puits, les plus utilisés sont :

- ❖ Développement par pompage et sur pompage.
- ❖ Développement par pompage alterné.
- ❖ Développement par pistonage.
- ❖ Développement pneumatique.
- ❖ Lavage aux jets à grande vitesse.

1.3.6 METHODOLOGIE

Premier procédé

On utilise la pompe à sa capacité maximum jusqu'à obtenir le plus grand rabattement possible du niveau de l'eau. On arrête alors la pompe et toute l'eau de la colonne d'aspiration retombe dans le forage pendant que le niveau remonte à sa cote de départ. On recommence l'opération autant de fois que nécessaire.

Deuxième procédé

Même précédemment, mais dès qu'on a obtenu le rabattement maximum et arrête la pompe, au lieu d'attendre que le niveau remonte à sa cote de départ, on recommence le pompage presque aussitôt. Cela a pour effet d'agiter fortement l'eau au fond de la crépine. Il faut cependant prendre garde de ne pas remettre la pompe en marche avant son arrêt complet pour ne pas risquer une rupture de l'arbre.

Troisième procédé

Sans chercher à obtenir le rabattement maximum, on pompe jusqu'à ce que l'eau se déverse à la surface ; on arrête pompe, ce qui libère toute la colonne d'eau, et on recommence.

Il s'en suit de brefs et puissants chocs de pression sur la couche productrice, à une fréquence beaucoup plus grande que dans les autres procédés.

1.3.6.2. PROCEDES DE L'AIR-LIFT

Le système de pompage par la technique Air-lift fonctionne comme une

machine hydraulique utilisant l'air comme une source d'énergie renouvelable. Cet air est généralement comprimé par un compresseur. La pompe d'air lift est un dispositif qui se base sur la flottabilité et le frottement produite par l'entraînement des bulles de l'air pour soulever le liquide. Les pompes d'air lift sont des appareils simples. Elles se composent généralement d'une évacuation verticale ou une conduite éjecteur immergé dans la masse de liquide à pomper. Un tuyau conçu spécialement pour conduire l'air comprimé jusqu'à l'éjecteur, à une courte distance de son extrémité inférieure. L'air est ensuite introduit dans la colonne d'eau dans le tuyau éjecteur à une pression supérieure à celle de la pression de liquide dans le tuyau. La gravitation provoque alors un corps de bulles d'air à monter dans le tuyau éjecteur en raison de la faible densité de l'air. Cette colonne de bulles d'air transporte le liquide environnant avec elle par l'inertie ainsi que forcer le liquide au dessus de se déplacer vers le haut.

Comme le liquide se déplace vers le haut, il crée un vide qui aspire le liquide du puits dans le tuyau éjecteur, donc il prend sa place. Cela crée un mouvement constant vers le haut de liquide dans le tuyau qui représente le mécanisme de pompage de la pompe à air lift. Le volume du processus de pompage peut être contrôlé en réglant la pression de l'air introduit qui influe également sur la «tête» que la pompe est capable de produire. La tête de la conduite se réfère à la distance verticale que la pompe est capable de déplacer le liquide au-dessus du niveau de l'eau du puits. Le mélange d'air-eau est moins dense par conséquent, il est déplacé par les alentours d'eau de plus haute densité. Le premier niveau détermine la pression dans laquelle le compresseur doit fournir initialement l'air à la pompe pour qu'elle fonctionne. Le deuxième niveau affecte des paramètres de l'opération (écoulement d'eau, submersion, etc.), et détermine la pression à laquelle la pompe doit fournir l'air pendant les conditions de l'état stable.

1.3.6.3. BARBOTAGE

Le barbotage est une technologie in situ qui consiste à injecter de l'air dans la zone saturée et sous le niveau supérieur de la nappe phréatique pour oxygéner l'eau souterraine et favoriser la volatilisation des contaminants de l'eau ou des sols.

Durant le traitement, de l'air sous pression est injecté dans la zone saturée contaminée. Au contact avec l'air, les composés organiques sont volatilisés et

migrent vers la zone vadose pour être récupérés. L'injection d'air peut se faire à partir de puits verticaux ou horizontaux, à l'aide de tranchées ou de barrières réactives.

Les contaminants ne sont pas détruits par cette technologie, ils sont transférés physiquement de la phase liquide ou adsorbée à la phase gazeuse afin de faciliter leur récupération. Le barbotage est souvent mis en œuvre conjointement avec un système d'extraction des vapeurs dans le sol, afin que les contaminants à l'état gazeux soient ensuite captés, puis traités.

Le barbotage stimule également la biodégradation des composés organiques dans la zone vadose et dans la zone saturée grâce à l'apport d'oxygène.

1.3.6.4 POMPAGE INTENSIF

C'est la méthode la plus simple, elle est couramment utilisée, mais ce n'est pas la plus efficace.

Le procédé consiste à mettre, provisoirement, le forage en production par un pompage à un régime supérieur à celui fixé pour l'exploitation. Son avantage réside surtout dans le fait qu'il permet d'obtenir une production régulière, que dans celui d'un développement absolu, même si ce sur pompage a, apparemment, débarrassé la zone critique de la formation du sable fin qu'elle contenait.

Un forage qui aura été sur pompé à un débit de 100 mètres cubes/heure ne produira généralement pas de sable si on se borne à ne l'exploiter qu'à raison de 80 mètres cubes/heure.

En fait, le sur pompage constitue un moyen de nettoyer le forage en provoquant un début de développement.

1.3.7. LES ESSAIS DE POMPAGE

1.3.7.1. INTRODUCTION

L'essai de pompage est un essai en place destiné à déterminer les caractéristiques hydrauliques du sol. Il consiste à abaisser par pompage la surface piézométrique de la nappe et à mesurer, en fonction du temps, les variations du niveau de cette surface ainsi que le débit pompé. Le pompage est effectué dans un puits et l'évolution dans le temps de la surface piézométrique est suivie au moyen de piézomètres implantés aux alentours du puits.

L'essai permet de déterminer :

- le coefficient de perméabilité de la couche testée,
- le facteur d'emmagasinement,
- le rayon d'action du pompage.

1.3.7.2 METHODOLOGIE

1.3.7.2.1. Essais de pompage à paliers de débits de courte durée

Il s'effectue en réalisant des paliers de débit constant pendant une courte durée. On mesure le rabattement à la fin de chaque palier ainsi que le débit. Chaque palier est suivi par un arrêt d'une durée permettant la remontée de niveau d'eau. Par expériences, trois paliers avec débits croissants, dont chacun de deux heures sont Suffisants.

1.3.7.2.2. Essais de pompage de longue durée

Ce type d'essais est à exécuter par un seul palier Il s'effectue en réalisant des paliers de débit constant pendant une courte durée. On mesure le rabattement à la fin de chaque palier ainsi que le débit. Chaque palier est suivi par un arrêt d'une durée permettant la remontée de niveau d'eau. Par expériences, trois paliers avec débits croissants, dont chacun de deux heures sont Suffisants.

de débit (à débit constant) pendant 42 heures au moins avec un optimum de 72 heures. La remonté du niveau doit être observée pendant une durée égale.

1.4. RECEPTION DE L'OUVRAGE

La réception de l'ouvrage marque la fin d'exécution du marché elle sera prononcée à l'expiration du délai de garantie. à condition que les réserves éventuellement exprimées à la réception provisoire soient toutes été levées Conformément à l'article n° 148 alinéa 06 du décret présidentiel n° 51-742 du 51 Septembre 2015 portant réglementation des marchés publics et des délégations de service public.

1.5. PROCEDURES ADMINISTRATIVES

1.5.1. LE FINANCEMENT DE PROJET

Le financement de projet est le financement à long terme d'infrastructures et de projets industriels basé sur les flux de trésorerie projetés plutôt que sur les bilans des porteurs de projet. En règle générale, la structure de financement du projet comprend un

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE

certain nombre d'investisseurs en actions, appelés «sponsors» et «syndicats» de banques ou d'autres établissements de crédit qui accordent des prêts pour l'opération.

La finance est d'une grande importance, qui est représentée dans:

- Libération de fonds ou de ressources gelés, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'institution.
- Il aide à achever les projets inutilisés et nouveaux qui augmentent le revenu national.

- Aide à atteindre les objectifs de l'entreprise en matière d'acquisition ou de remplacement
- d'équipement.
- Le financement est considéré comme un moyen rapide pour l'institution de sortir de l'état de
- déficit financier.
- Préserver la liquidité de l'établissement et le protéger du risque de faillite et de liquidation (et de liquidité vise à fournir des liquidités adéquates. Pour honorer ses obligations lorsqu'elles arrivent à échéance, ou la capacité de convertir certains actifs en liquidités Une courte période sans pertes majeures).

1.5.2.PREPARATION DU CAHIER DU CHARGE

Le cahier des charges (CDC) est un document contractuel à respecter lors d'un projet. Le cahier des charges permet au maître d'ouvrage de faire savoir au maître d'oeuvre ce qu'il attend de lui lors de la réalisation du projet, entraînant des pénalités en cas de non-respect. Il décrit précisément les besoins auxquels le prestataire ou le soumissionnaire doit répondre, et organise la relation entre les différents acteurs tout au long du projet.

Est préparé par l'administration avant la conclusion de toute transaction, et tous les candidats sont informés des conditions générales.

Et avant chaque appel à concours, même en ce qui concerne la méthode de compromis, l'administration doit préparer le cahier des conditions avec la précision nécessaire et l'informer à tous les candidats.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE

✓ **Cahier des clauses administratives générale (C.C.A.G):**

Cet ouvrage précise les règles administratives générales applicables aux demandes publiques de travaux, fournitures, études et prestations approuvées en vertu d'un décret exécutif.

✓ **Cahier de prescriptions communes (C.P.C):**

Les manuels d'instruction communs sont définis comme les livres qui comprennent les dispositions techniques appliquées à toutes les transactions publiques liées à un type de travaux, fournitures, études ou services, et ils sont approuvés par une décision du ministre concerné.

✓ **Cahier de prescriptions spéciales (C.P.S) :**

Ce sont des livres spéciaux pour chaque transaction basés à la fois sur le livre de clauses administratives générales et sur les livres d'instructions conjoints, à condition que les éléments soient compatibles avec la nature de la transaction en termes d'objet, d'importance et de délais, les formules de la conclusion, comment le concours est organisé, les critères d'évaluation, le processus d'affectation temporaire et la procédure. Appels et attribution finale de la transaction.

- **Délais :** Autre variable déterminante, le délais de réalisation et la date de livraison. Elle permet au prestataire d'évaluer la durée de travail et de s'organiser. Pour vous, le délais indiqué sur le cahier des charges sert de preuve.

1.5.3.L'APPEL D'OFFRE

L'appel d'offres est la procédure visant à obtenir les offres de plusieurs soumissionnaires entrant en concurrence et à attribuer le marché, sans négociation, au soumissionnaire présentant l'offre jugée économiquement la plus avantageuse sur la base de critères de choix objectifs, établis préalablement au lancement de la procédure (**Décret présidentiel n° 15-247 du 16 septembre 2015**).

Il existe deux types d'appels d'offres :

- **les appels d'offres publics** qui doivent se faire suivant plusieurs règles relativement strictes par rapport au pays au sein duquel ils sont émis.

- **les appels d'offres privés** qui se sont déployés sur de nombreuses années. On les retrouve dans tous les domaines de l'économie et également dans l'**e-commerce**, avec des **stratégies digitales** bien pensées pour offrir une meilleure **expérience client**.

L'appel d'offres peut être national ou international ou les deux à la fois, il se subdivise en cinq catégories :

- L'appel d'offres ouvert ;
- L'appel d'offres restreint ;
- L'appel d'offres avec exigences de capacités minimales ;
- L'appel d'offres de présélection ;
- Le concours.

1.5.4.CRITERE DU CHOIX DE L'ENTREPRISE DE FORAGE

Le législateur a tenté de restreindre la gestion à un ensemble de normes de nature différente, en plus de mentionner le prix comme norme financière et de mentionner également la qualité, la leçon à retenir n'est pas seulement au moins un prix, mais en tenant compte du type de travail impliqué. dans l'accord, et la question étendue pour inclure la période d'exécution (la norme économique) sans maintenant néglige de mentionner la norme commerciale et l'exigence de financement (**article 78 du décret présidentiel n ° 15/247**).

Les critères de sélection du concessionnaire et le poids des deux doivent être liés à l'objet de la transaction et non discriminatoires, et obligatoires mentionnés dans le cahier des charges de l'appel à la concurrence, et l'intérêt contractant doit être assigné pour choisir la meilleure offre en termes d'avantages économiques.

I.5.4.1.CRITERES TECHNIQUES

L'offre technique revêt une importance particulière dans le domaine des marchés publics, car sa non-acceptation entraîne la non-ouverture de l'offre financière, et c'est ce que l'offre contient en termes de cahier des charges et de données qui détermineront les capacités techniques que le concessionnaire possède et l'étendue de sa capacité à mettre en œuvre

l'opération publique.

I.5.4.2. CRITERES FINANCIER

Une déclaration qui prouve que le candidat connaît les circonstances de l'accord et supporte toutes les difficultés imposées par sa nature. Le candidat rédige également une déclaration par laquelle il s'engage à achever le projet d'accord public conformément aux conditions stipulées dans le

cahier des charges et le montant qu'il a précisé, en plus du tableau des prix unitaires, qui est une phrase Pour un barème détaillé du montant proposé pour la réalisation de l'opération publique.

Les formes de la lettre d'engagement, de la déclaration de souscription et de la déclaration d'intégrité sont déterminées par décision du ministre chargé des finances.

I.5.4.3. DELAI DE LA REALISTION

C'est la période convenue lors de la conclusion comme date limite légale pour la mise en œuvre du marché public, qui commence à prendre effet à compter de la date à laquelle le pouvoir l'entrepreneur émet l'ordre de commencer les travaux au profit du concessionnaire.

En raison de l'importance des délais dans les marchés publics, il s'agit de longs retards dans la mise en œuvre, nécessitant une sanction financière pour le contractant à contracter: pour la mise en œuvre des services en place, qui applique une amende appelée amende de retard, en raison de sa lien avec le retard dans l'exécution de l'entreprise sous contrat

CHOIX DU SITE

Le choix d'un site naît de la convergence de plusieurs critères : réglementaires, techniques mais aussi le contexte humain et les enjeux territoriaux.

CONCLUSION

Par conséquent, la réussite d'une telle entreprise est intimement liée au choix judicieux des différentes méthodes qui ont été abordées dans ce

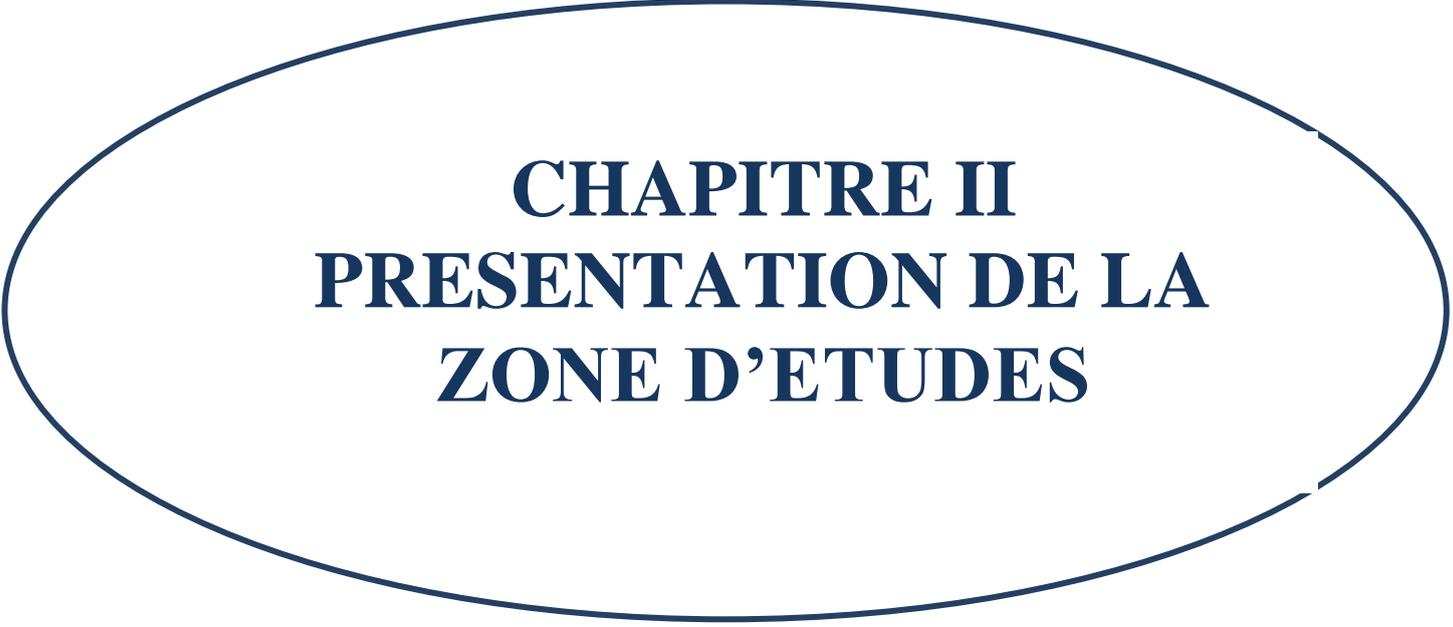
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE FORAGE

chapitre. Dans ce cadre, comme nous le verrons par la suite, le rôle de l'ingénieur chargé du contrôle et du suivi des travaux est primordial.

Il doit, en association avec l'entreprise :

- Définir les modalités de la foration (diamètre et type de foration);
- Choisir le fluide de foration adéquat et l'adapter au fur et à mesure de son évolution au contact des terrains rencontrés;
- Résoudre les problèmes spécifiques à l'équipement, à la mise en place du massif filtrant et à la cimentation;
- Déterminer le type de développement idéal en fonction des caractéristiques hydrogéologiques, et en définir le principe et la durée.

Par procédure administrative, on n'entend pas seulement la procédure qui règle les rapports entre l'autorité administrative et le sujet de droit destinataire de l'acte mais, bien davantage les « processus administratifs », que l'on estime nécessaire aujourd'hui de soumettre à des règles explicites et transparentes. Cela concerne donc les modalités d'organisation de la préparation des actes administratifs, aussi bien sur le plan interne à une autorité administrative que dans les rapports avec les tiers, aussi bien les actes réglementaires que les actes non réglementaires et les décisions individuelles.



CHAPITRE II
PRESENTATION DE LA
ZONE D'ETUDES

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. INTRODUCTION

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.

II.2. PRÉSENTATION DE LA COMMUNE

II.2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE

La commune de Sebseb (wilaya de Ghardaïa) est issue du découpage administratif du 1984

,elle a bénéficié d'un chef-lieu communal ,rattachée a la Daïra de metlili. Elle est limitée :

- Au nord par metlili.(wilaya de Ghardaïa);
- Au sud par Mansoura .(wilaya de Ghardaïa);
- Au l'est par Rouissat .(wilaya de Ouargla);
- Au l'ouest par Brezina .(wilaya d el Bayad).

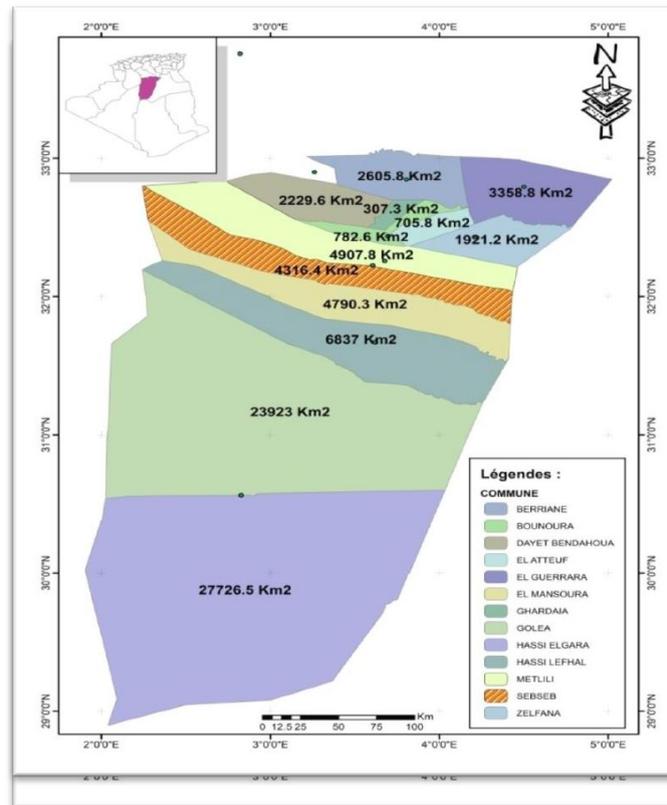


Figure N°4 : Situation géographique de la commune de Sebseb

La commune est d'une superficie de **5 640 km²** (6.55% du total wilaya) , S'étend du Nord au sud sur **15 à 30 km** et l'est en ouest sur environ **200 km**. Le chef-lieu communal, se situe sur la parallèle **32 08'** de et **3 36'** de longitude est ,cette localité ,se trouve à l'ouest de la route nationale **N 01**, à **20 km** au sud du chef-lieu de daïra ,sur la dorsal du M'ZAB. Elle est distante de **60 km** de Ghardaïa et de **660 km** d'ALGER.

II.2.2. CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES

II.2.2. 1.INTRODUCTION

La connaissance des caractéristiques hydro climatologique est nécessaire pour l'étude hydrogéologique, Elle est indispensable pour évaluer l'alimentation du réservoir souterrain par infiltration, et pour l'établissement d'un bilan hydrique. Les données relatives aux différentes composantes qui régissent le climat (pluies, vents, températures, évaporation, insolation) ont été

recueillies auprès des services de la station météorologique du NOUMIRET³.

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Dans ce chapitre on prend en considération les deux plus importants éléments : la Température et la Précipitation vue leur effet majeur sur l'alimentation de la nappe CT.

II.2.2. 2LES TEMPÉRATURES

Dans notre zone d'étude, la température influe grandement sur les autres paramètres météorologiques tels que l'évaporation et le taux d'humidité de l'atmosphère. elle est donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique. Cela va être présenté sur la courbe des variations des moyennes mensuelles des températures.

Tableau N°1: Températures (°C) moyennes mensuelles, des maxima et des minima pour les dix ans (2011-2021) dans la région de Ghardaïa.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
°Tmin	4.49	5.57	8.7	12.89	17.87	22.46	26.44	25.84	21.46	15.76	8.88	5.69
°Tmax	19.38	20.55	25.22	31.09	36.07	39.86	41.03	41.55	37.86	31.54	24.98	19.56
MM°T	11.74	12.93	16.9	21.84	26.68	31.36	34.29	32.05	29.62	23.39	16.51	12.23

- **T** est température exprimée en °C.
- **°Tmin** : Moyennes mensuelles de températures minimales en °C.
- **°Tmax** : Moyennes mensuelles de températures maximales en °C.
- **MM °T** : Moyennes mensuelles de températures en °C.

Les valeurs de la température affichées dans le tableau N°.1 caractérisent le climat d'une région saharienne. On remarque que le maximum du mois le plus chaud est noté en **aout** avec **41.55 °C**, et le minimum le plus froid est noté au mois de **janvier** avec **4,49 °C** (Tableau N°.1).

La température moyenne mensuelle est atteinte au mois **juillet** une valeur de **34.29°C**.

La courbe représente des températures (**min**, **max** et **moy**) montrent pratiquement la même allure avec chacune.

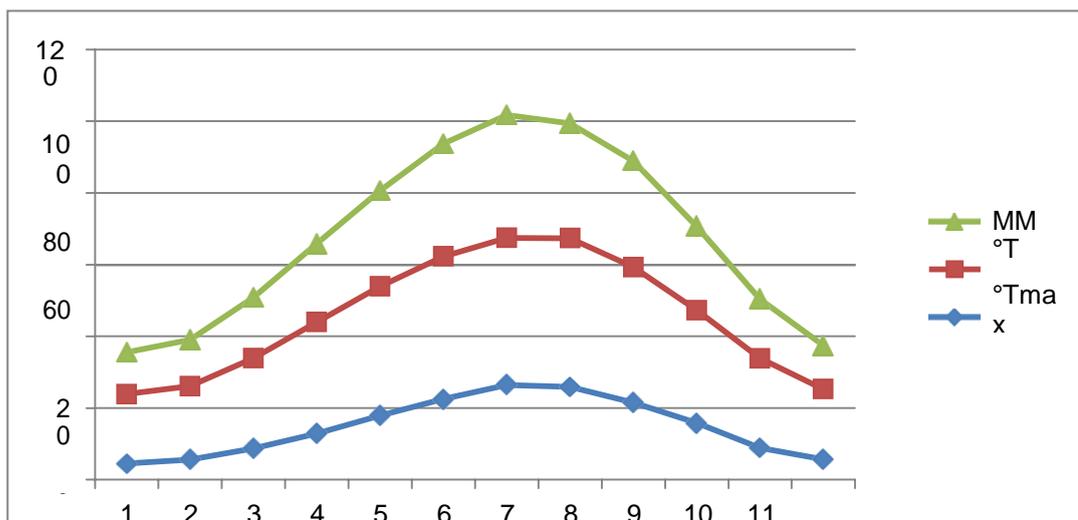


Figure N°5: Courbe des variations moyennes mensuelles des températures (2011-2020).

II.2.2. 3.LES PRÉCIPITATIONS

Joue un rôle moins important dans les zones sahariennes du fait de leur faible quantité d'une part et de la forte température d'autre part. Nous avons établi la courbe de variation moyenne mensuelle inter annuelle des précipitations .

Tableau N°.2: Valeurs des précipitations dans la région de Ghardaïa (2011-2021)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Pluie en (mm)	2.759	3.346	10.384	6.251	3.214	2.505	0.341	3.951	10.211	4.724	3.971	3.509

Les précipitations sont en générale faibles et caractérisant les climats arides. Les valeurs maximales sont enregistrées au mois de **mars** (10.384 mm) et **septembre** (10.211 mm), et la valeur le plus moins a été enregistrées au mois de **juillet** (0.341mm). Ce qui explique la sécheresse de la région étudiée.

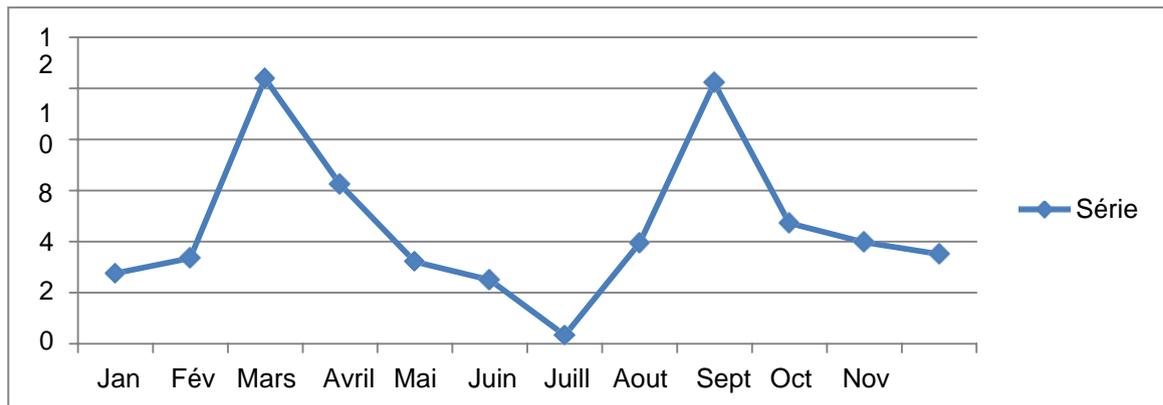


Figure N°6. Courbe de variation des précipitations mensuelles (2011-2020)

II.2.3. GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DE SEBSEB

II.2.2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La zone d'étude présente à l'affleurement une succession de formations géologiques allant du Cénomaniens au Turonien. Le Quaternaire correspond au dépôt de recouvrement alluvionnaire de la plus part de la vallée de SEBSEB, se caractérise par trois couches géologiques :

1. Albien

Recoupé par les sondages sur une épaisseur de 500 mètres, il représente une grande importance hydraulique pour la région. Il est composé de sables fins à moyens jaunâtres parfois rougeâtres à rose. Des intercalations d'argiles verdâtres à vertes sont fréquentés.

2. Cénomaniens

Cet étage présente un faciès argileux, formé essentiellement par des argiles vertes, grises et noirâtres, plus ou moins plastique à couches lenticulaires. Des minces intercalations de couches calcaires et des intercalations plus importantes de gypses massifs fibreux blancs et de l'anhydrite.

Des argiles bariolées (marron, verte et rouge) prédominent dans la partie basale du Cénomaniens, elles sont attribuées par certains géologues (M. J. Savornin) au sous-étage Vraconien. L'épaisseur moyenne du Cénomaniens dans la région du M'zab est de 230 mètres.

3.Turonien

Constitue le plateau rocheux de la dorsale du M'zab (110m) parsemé par de nombreux oueds.

Il est composé d'assises calcaires et calcaires dolomitiques massifs à patine ocre, souvent fossilifères ; avec de nombreux nodules de silex. On note aussi des structures d'endokarst fossiles,

occasionnant des pertes totales ou partielles de la boue lors de l'exécution des sondages hydrauliques.

II.2.3.2.CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

À partir du système d'aquifère du Sahara septentrional (SASS), qui compose de deux principales couches aquifères profondes, La formation de continentale intercalaire (CI) qui est la plus étendue et la plus profonde, celle du complexe terminale (CT) très sollicitée dans la région des chottes algéro-tunisiens et dans le golfe de syrte en Libye, et l'Algérie exploité 60% de ces nappes.⁴

II.2.3.2.1.LA NAPPE PHRÉATIQUE QUATERNAIRE

Le Quaternaire est constitué de sables éoliens et sables argileux, et alluvions des oueds.

La profondeur de pompage des eaux de la nappe phréatique varie entre 15 et 25 mètres à partir de la surface du sol. Cette profondeur augmente chaque fois que l'on s'éloigne de l'ancienne oasis. Les puits de la nappe phréatique se trouvent également à l'extérieur de l'oasis. Ils sont nécessaires pour les nomades, et constituent des sources d'eau et des repères pour les terrains et les parcours. Cette nappe est fortement exploitée dans la vallée de Sebseb pour l'usage agricole des petites parcelles.

II.2.3.2.2.LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE

Souvent appelée « Nappe de l'albien » couvre les terrains dont l'âge va du Trias à l'albien .

En vue d'augmenter les disponibilités en eau pour les besoins agricoles et domestiques des habitants, 15 forages ont été réalisés dans la nappe albienne. La profondeur de ces forages est la même (500 m), mais le débit varie de 22 à

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

40 litres par seconde. Pour amener l'eau à la surface, le pompage est nécessaire.

II.2.3.3. TYPE D'AQUIFERE A CAPTE

L'aquifère a capté dans notre étude est de type continental intercalaire (albiennien) qui s'étend sur 600 000 km² dans des grès et des argiles datés de 100 à 150 millions d'années. Environ 20000 milliards de m³ d'eau y sont piégés. Elle occupe la totalité du Sahara algérien septentrional, et se prolonge : dans le Sud de la Tunisie et le Nord de la Libye.

II.2.3.3.4. NATURE LITHOLOGIQUE

L'étude de la coupe géologique dans cette zone présente les formations suivantes :

- **Le Turonien** : de 1 à 30 mètres. Calcaire grisâtre à blanc massif, Marne jaune à calcaire à la base ;
- **Le Cénomanienn** : de 30 à 290 mètres. Il s'agit d'argiles verdâtres grises, brunes, parfois noirâtres. Compactes et bariolée à gypses vitreux, argiles grisâtres claires sableuses à la base ;
- **L'Albien** : A partir de 290 mètres. Sables bruns moyen à fin argileux, sables jaunes à grès, argiles grises sableuses, à vertes, sables fins bruns et roses, argiles grises sableuses, sables fins brun argileux, grès rose et brun à ciment argileux, sables à argiles rouge, sables fins roses gréseux, grès rouge, argile rouge plastique à la base.

II.3. CONCLUSION

Le climat de la région se caractérise par une grande sécheresse de l'atmosphère laquelle se traduit par un énorme déficit, et d'évaporation considérable ainsi la très forte insolation due à la faible nébulosité qui sous cette altitude donne l'importance accrue aux phénomènes thermiques.

Le climat saharien se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux surtout pendant la journée.

Au cœur du Sahara on peut assister à des phénomènes inhabituels comme les pluies torrentielles durant certaines années exceptionnelles.

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

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 de continental intercalaire.



CHAPITRE III
MATERIELS ET METHODES
DE LA REALISATION

CHAPITRE III :MATERIEL ET METHODES DE LA REALISATION 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 a la localité Lehrith commune de Sebseb dont la durée de réalisation est limité de six (06) mois avec une profondeur total de **490 m**.

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 qui fait l'objet de cette suivi est situés dans une zone agricole qui s'appelle Lehrith commune de Sebseb.

Les coordonnées de forage (GPS) : **X : 3° 37'7.04"**.

Y : 32°8'25.37".

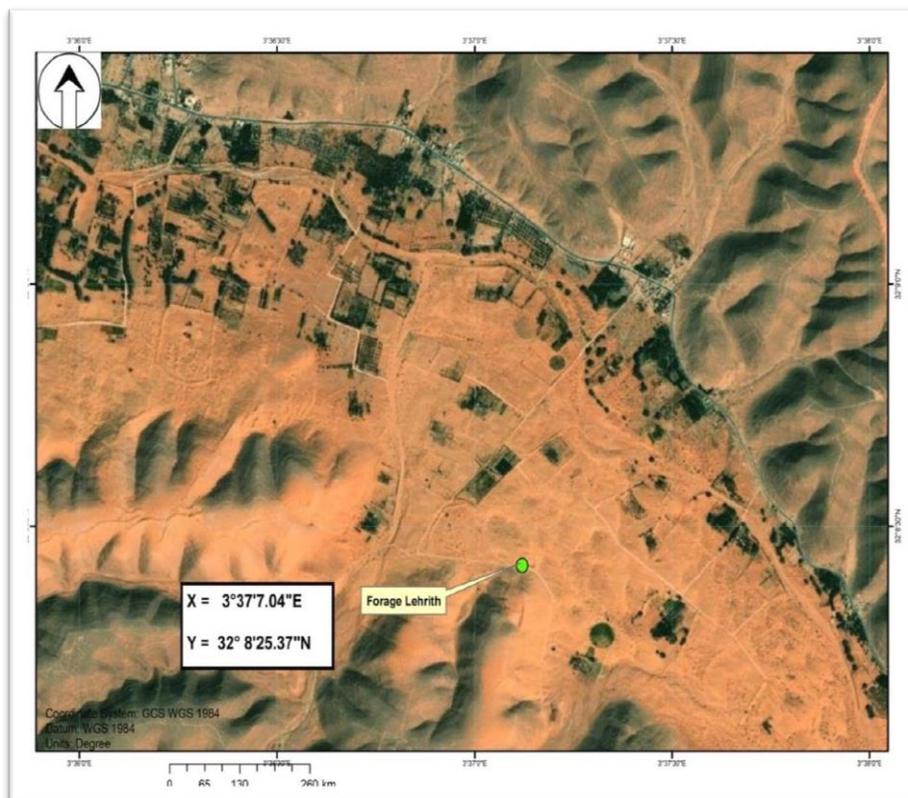


Figure. N°7 : localisation du forage Lehrith commune de Sebseb.

III .4.HOIX DE LA METHODE DE FORAGE

Le choix d'une technique de forage se fait sur : la nature de terrain, son teneur en eau

, l'avancement de l'outil de forage, la quantité d'eau à utiliser, l'endroit du forage...etc.

La méthode utilisée pour réaliser ce forage c'est **Rotary**, cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car elle est adapté à la géologie de sol sédimentaire qui caractérise la région de Ghardaïa de plus, le niveau des eaux souterraines de la zone est situé à **300 mètres** de la surface de la terre, pas plus.

III .5.TRAVAUX DE SURFACE

✓ 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 fosses.

- 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 fosses à boue.
- L'installation de toutes les unités de pompage, de pression hydraulique et des moteurs sur un plan horizontal.

Le chantier de forage a été installé le **28 octobre 2020** tout en adoptant le schéma suivant:

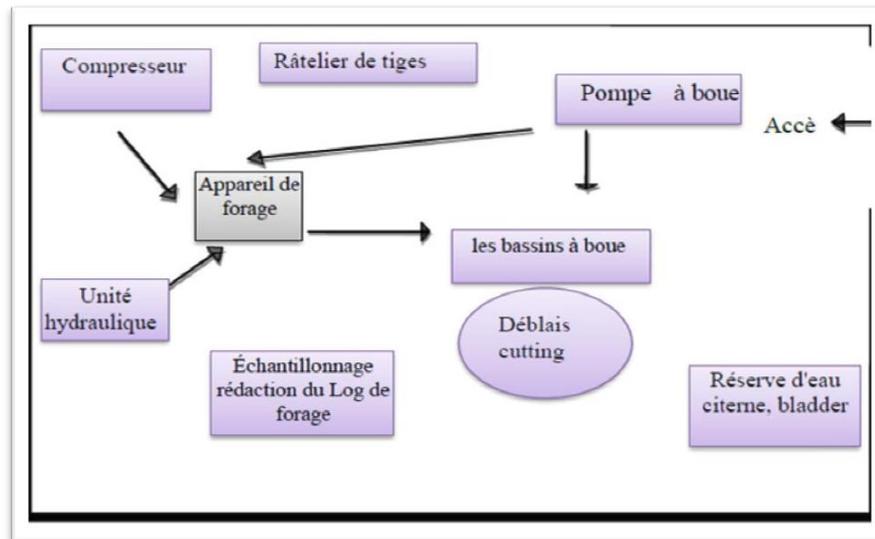


Figure. N°8 : Schéma d'installation du chantier de forage.

III .6.PLATEFORME

Le tubage de forage doit être correctement étanché, cimenté et scellé dans une margelle bétonnée (dalla de propreté étanche).

✓ **Dimension de la dalle** : une surface minimale de **3 m²** et une hauteur de **0,30 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.

III .7.BASSINS ET RIGOLES

➤ BASSINS

Les **bassins** à boue constituent une réserve de fluide de forage et permettent

son recyclage par décantation. Elles se forment d'une fosse de décantation, d'une fosse de pompage et de canaux.

On a deux fosses à boue :

- Une fosse utilisée pour verser de la boue
- Une fosse utilisée pour le pompage de la boue

Le dimensionnement de la fosse à boue se fait en fonction de la profondeur du forage à réaliser (Plus la profondeur du forage est grande, plus la taille du fosse est grand).

Le dimensionnement de la fosse utilisée est :

- **Largeur (m) = 4.1 m;**
- **Longueur (m) = 4.6 m;**
- **Profondeur (m) = 1.6 m;**
- **Volume (m³) = 30.17m³.**



Figure. N°9 : La fosse utilisée pour la préparation du boue.

➤ RIGOLES

Le premier canal doit être assez long pour que la fosse soit en dehors du trottoir du futur point d'eau pour éviter le tassement différentiel sous la dalle (**de largeur ≥ 2 m**) et d'une section de **(0,33x0,2 m)**. L'axe du second canal doit être décalé de celui du premier pour favoriser la décantation. Sa section est de **(0,33x0,2) m**.

Les fosses et les canaux sont régulièrement curés et nettoyés des

sédiments déposés en cours de forage.



Figure. N°10 : rigole à boue

III.8 . TUBE GUIDE

Le trou a été foré par un outil de **24"** de **0** à **10 m** de profondeur, et puis la descente d' un tube TNRS (tole noire roulé et soudé) de diamètre de **22"** sur une profondeur de **10 m**, le tube a été fixé au sol par la mise en place de ciment (HTS), suivi d'une attente d'une **24 heure** pour sa prise .

III.9.FORATION

Le forage de Lehrith été exécuté par L'Entreprise **E.T.B.H.ELEC (HITA ABDELLATIF)**, avec un appareil de forage rotary,et une boue benthonique.

- Le forage du puits s'est poursuivi, en commençant de **10** à **242** avec un outil de **12"5/8** diamètres, après quoi Alésage du puits d'un outil de **17"1/2** diamètres a été réalisée le long du trou .

Tableau N°3 : programme de foration.

Forage			
De	A(m)	Φ en pouce	Φ en (mm)
0	10	24"	700
10	240	17"1/2	437
241	228	12"5/8	311

III.10.ANALYSE DES ECHANTILLONS (CUTTINGS)

L'échantillonnage et 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 decirculation.

Les fragments de terrains traversés –CUTTINGS -seront prélevés après chaque mètre de forage de reconnaissance sur un tamis de mailles inférieures à un (01) millimètre ; ils seront après séchage, mis dans des sachets en matière plastique étiquetés à l'ancre indélébile avec mention de la cote de prélèvement.

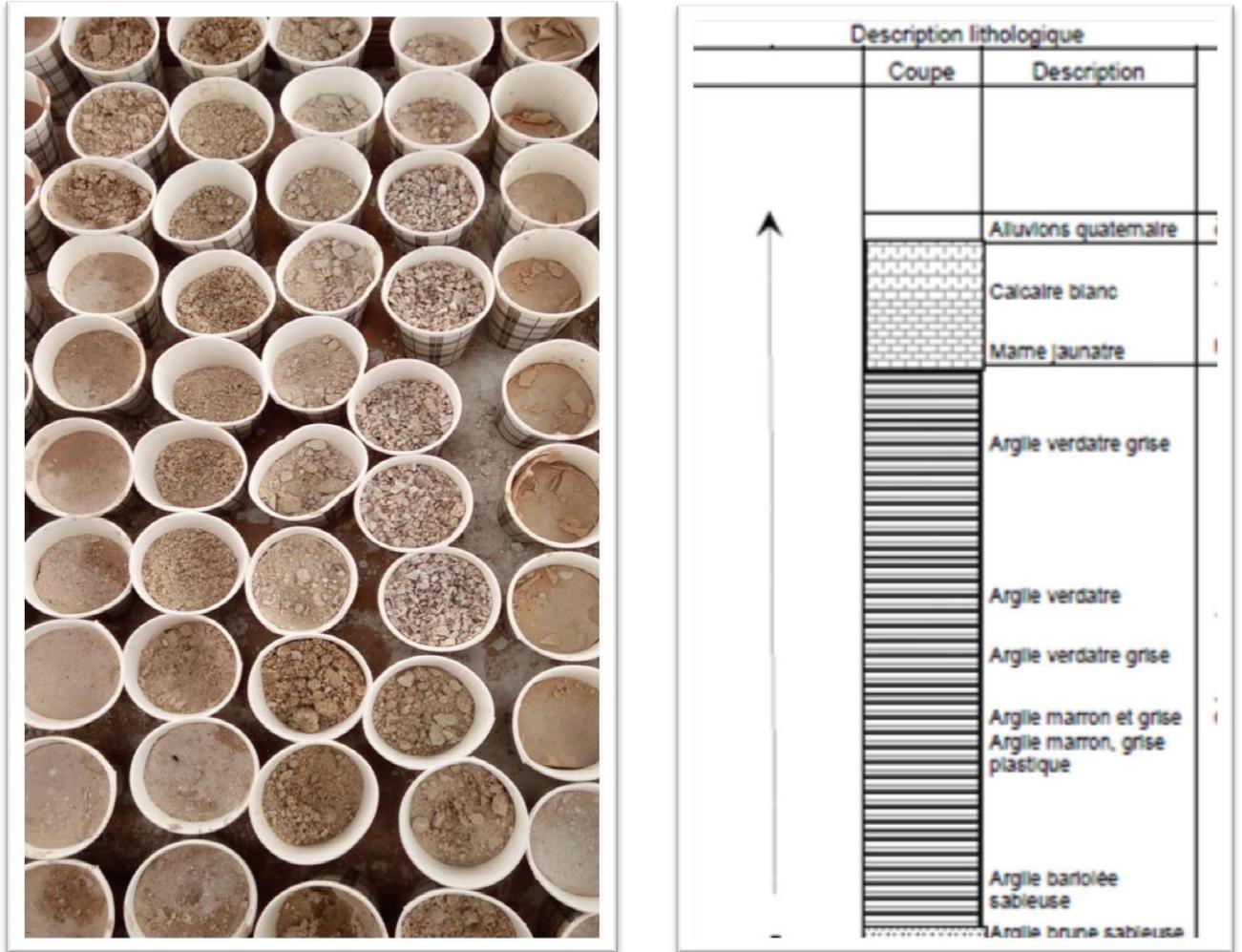


Figure. N° 11: Cuttings et description lithologique du forage Lehrith.

III.10. ELARGISSAGE DU TROU

Les élargisseurs sont employés pour donner [au trou de forage] sa dimension définitive lorsque celle-ci n'a pas été obtenue directement.



Figure. N°12 : Outil d'ELARGISSAGE DU TROU.

III.11.INSTALLATION DU TUBE DE PRODUCTION

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.

Par ailleurs, le plan respectera les points suivants :

- * Le bas du tubage doit être constitué d'un tube plein d'environ 0.5 mètre bouché à sa base (tube décanteur).
- *Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage (dépôts des cutting 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.
- * 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 correcte de l'aquifère.
- * Le tubage doit descendre librement sous son propre poids dans le trou. Ceci peut être résolu en appuyant légèrement sur le tubage pour qu'il Descende.



Figure. N°13 : Mise en place du tubage API 13 3/8"

III.12.1.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'objectif de la cimentation c'est d'isoler le terrain mort et le venir d'eau de la surface (pollution de la nappes), l'opération à débuter le matin en

malaxant **403** sac avec **9 m³** d'eau de gâchage, ce qui donne un volume de laitier de ciment de **15.3 m³**

d'une densité de **d=1.65**.

III.12.2.CALCUL DU VOLUME DE LAITIER

Le volume du laitier de ciment nécessaire a été déterminé suivant la formule suivante (conventionnelle) :

$$V_L = \frac{H}{2} [d_1^2 \cdot d_2^2]$$

(en litre)

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES DE LA REALISATION DU FORAGE

Dont :

H : profondeur de trou =240m

d₁ : diamètre de trou en pouce=17^{1/2} .

d₂ : diamètre de tubage en pouce 13^{3/8}.

$$V_L = 15.3m^3$$

B10				fx = =B6/2*((B5+C5/D5)*(B5+C5/D5)-(B4+C4/D4)*(B4+C4/D4))			
	A	B	C	D	E	F	G
1	Volume du laitier de ciment				Volume du gravier		
3		Dia	quotient			Dia	
4	Diamètre du casing en pouces =	13	3	8		Diamètre de crépine en pouces =	6
5	Diamètre du trou en pouces =	17	1	2		Diamètre du trou en pouces =	8
6	Profondeur du casing (m) =	240				Profondeur du découvert (m) =	
7							
8							
9						Volume de l'espace annulaire (l)=	
10	Volume du laitier de ciment à injecter en litres	15283.125				Volume du gravier à injecter en litres	
11							
12	Soit en m ³	15.3				Soit en m ³	
13							
14	Dosage de ciment						
15							
16							
17	100 kg ciment + 44 litres eau = 75,85 litres laitier						
18	d = 1,65						
19	Quantité de ciment en tonne (tl)	20			soit	403	sacs

Figure. N°14 : Macro de calcul du volume de laitier du ciment sous Excel.



Figure. N°15 : Préparation de laitier du ciment.

La mise en place du laitier de ciment a été effectuée par son injection par 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 bous de chasse calculée.

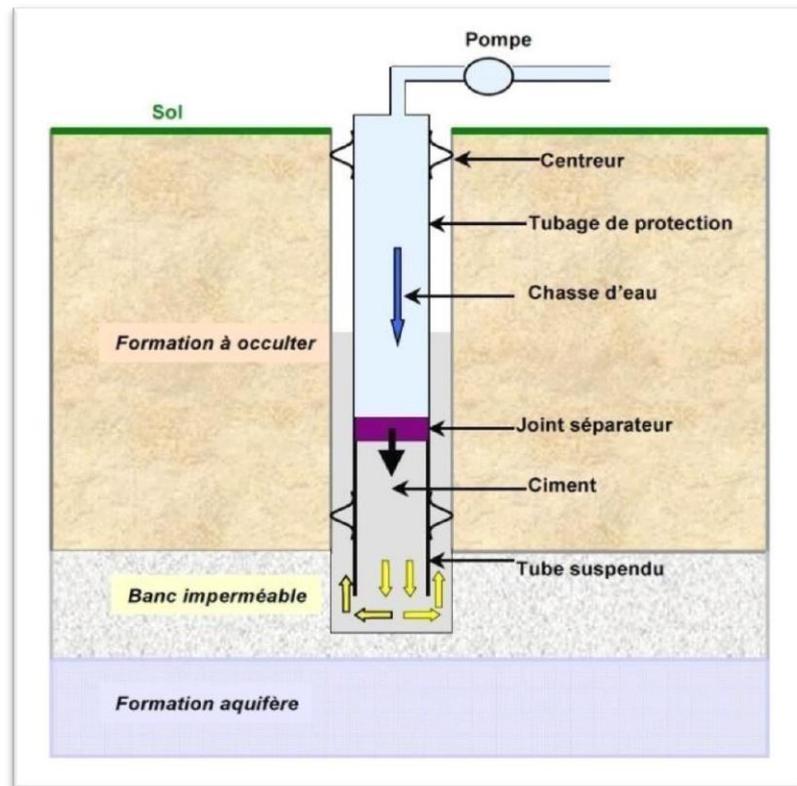


Figure. N°16 : Cimentation par canne dans l'annulaire

III.12.3 CALCUL LA VOLUME DE L'EAU DE GACHAGE

$$V_e = Q_c \cdot W$$

A.N:

$$V_e = 20 \cdot 0.44$$

$$V_e = 9\text{m}^3$$

III.12.4.CALCUL DE LA DENSITE DU LAITIER DE CIMENT

$$d_c = \rho_{\text{ciment}} / \rho_{\text{eau}}$$

100kg de ciment + 44 litre eau = 75.85 litres laitier

$$d_c = 75.85 / 44$$

$$d_c = 1.7$$



Figure N°17 : mesure de la densité par densimètre Baroid.

III.12.5 CALCUL DU VOLUME DE CHASSE

B21						fx = (((B4+C4/D4)*(B4+C4/D4))*B6/2)/1000			
	A	B	C	D	E				
1	Volume du laitier de ciment								
2									
3		Dia	quotient						
4	Diamètre du casing en pouces =	13	3	8		Diamèt			
5	Diamètre du trou en pouces =	17	1	2		Diamèt			
6	Profondeur du casing (m) =	240				Profonc			
7									
8									
9									
10	Volume du laitier de ciment à injecter en litres	15283.125				Volume			
11	Soit en m ³	15.3				Volun			
12									
13									
14	Dosage de ciment								
15									
16									
17	100 kg ciment + 44 litres eau = 75,85 litres laitier								
18	d = 1,7								
19	Quantité de ciment en tonne (t)	20				soit			
20	Eau de gachage (m ³)	8.9							
21	Boue de chasse (m ³)	21.5							

Figure. N°18 : Macro de calcul du volume de la boue de chasse sous Excel.

III.12.6. INJECTION DU LAITIER DE CIMENT

La mise en place du laitier de ciment a été effectuée par son injection par 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 bous de chasse calculée



Figure. N°19 : l'injection du ciment.

III.12.7. 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.13. REPRISE DE FORAGE

Après avoir terminé l'opération cimentation de tubage **13''3/8** nous reprenons le forage du puits de **240 à 466 mètres** avec un outil de **12''5/8** diamètres

III.14. ANALYSE DES ECHANTILLONS ET PROGRAMME DE LA CREPINE

La crépine est constitué l'élément principal de l'équipement d'un ouvrage d'exploitation d'eau. Placé à la suite du tubage plein, face à une partie ou à la totalité de la formation aquifère

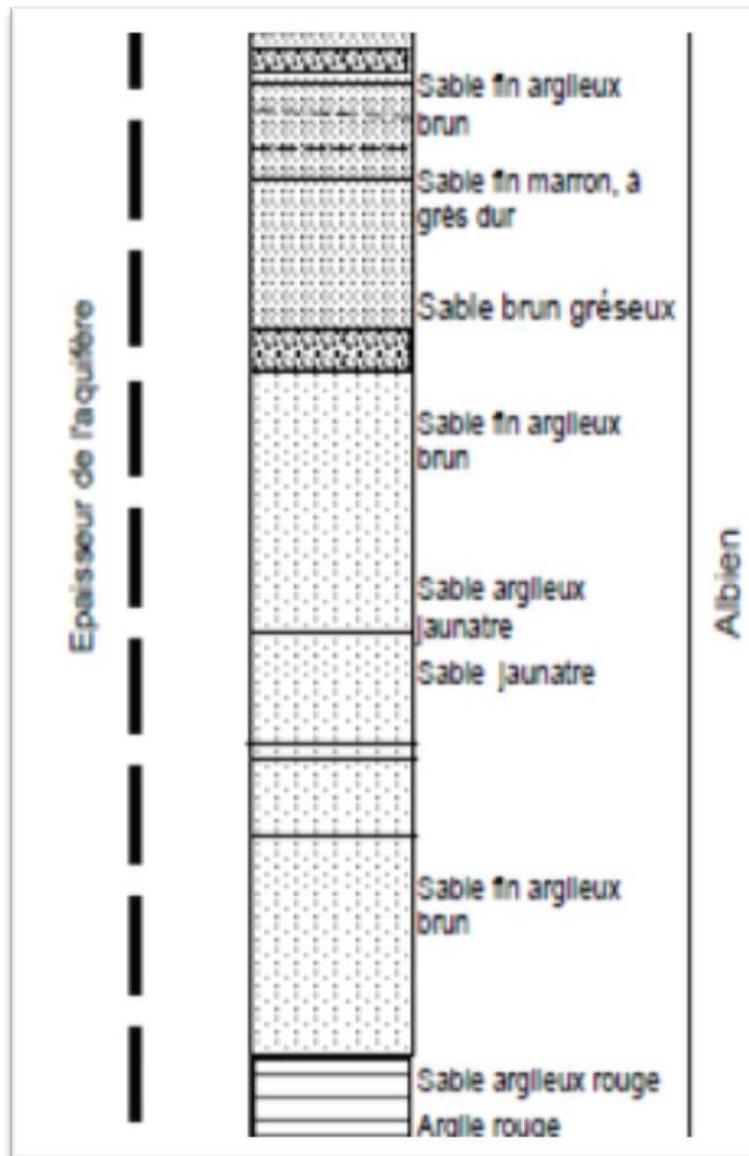


Figure. N°20 : Cuttings et description lithologique du champ de captage.

III.14. 1.CHOIX DU TYPE DE LA CREPINE

Les crépines sont définies pour laisser passer l'eau, tout en retenant les particules constituant l'aquifère. Pour obtenir cette combinaison, parfois complexe, l'ensemble des paramètres physiques de l'aquifère doivent être pris en compte. 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 peuvent être vissées ou soudées.

Dans notre cas :



Figure N°21: Crépine type Johnson

III.14. 2.LA MISE EN PLACE DE LA CREPINE

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.

Cotes	Nature des tubes	Longueur	Nombre
240-252	Tubes pleins inox réserve 8"5/8	12	2
252-270	Tubes plein extension inox 8"5/8	18	3
270-460	Crépine slot 20 inox 8"5/8	180	31
460-466	Tubes pleins inox décantation 8"5/8	5.85	1

Tableau N°4: Mise en place de crépine

III.14. 3.CALCUL DE LA LONGUEUR DE LARGAGE

Pour une mise en place adéquate, nous avons calculé la longueur de largage de la colonne de captage ;

Longueur de la colonne de captage $L_c = 228m$ Longueur de la colonne de

production $L_p = 241$ m Profondeur finale du trou $L_f = 466$ m

Ce qui donne une longueur de

$L_f - L_c = 127$ m (comme longueur de largage).

III.15.GRAVILLONNAGE

III.15.1.QUALITE DU GRAVIER

Le Gravier fera l'objet d'une réception par l'ingénieur chargé du suivi des travaux (Sanctionné par un PV de réception). Les articles techniques de cahier de charge ont exigé un gravier de nature siliceux (non calcaire) à graine enrobé et de diamètre inférieur de **3mm** (granulométrie de l'albien inférieur plus de **3mm**). Après un contrôle et vérification de la qualité et nature du gravier et une phase d'allégements de la boue ont ajoutent de l'eau, l'entreprise à commencer de mettre le gravier avec une quantité minimale qui va descente sur l'effet de gravité jusqu'à le fond on remplit l'espace annulaire (trou crépine).



Figure N°22 :type du Gravier additionnel

III.15.2.CALCUL DU VOLUME DE GRAVIER

$$V_g \text{ (gravier nécessaire)} = V_t \text{ (de trou réalisé dans l'aquifère)} - V_{cp} \text{ (crépine) (08''5/8)}$$

Avec $H_0 = 465 - 242 = 223 \text{ m}$

$$V_g = 0,785[(12''/4^2 - 08''/8^2) \times (H_0)]$$

$$V_g = 0,785[(.D_{tr}^2 - D_{exTub}^2) \times H_0]$$

Donc le volume du gravier nécessaire V_g
est de **9m³**

III.15.3. METHODOLOGIE

Avant sont injection dans l'espace annulaire du forage. Il sera introduit entre la colonne et la paroi du trou s'il est nécessaire, un massif de gravier Silex purs, calibrés et lavés pour construction du filtre selon les exigences du forage et les recommandations de l'ingénieur chargé du suivi des travaux.

III.16.DEVELOPPEMENT DU FORAGE

C'est une étape importante qui permet d'éliminer la plupart des particules fines du terrain et du gravier filtre qui pourraient pénétrer dans le forage ainsi que la boue de forage utilisée durant la foration.

La méthode utilisée dans notre cas est le développement pneumatique par émulseur d'air (air lift). La méthode consiste à la mise en place de deux tubes : un tube d'eau de diamètre 5'' placé à 245m. et un autre tube d'air de diamètre 2'' placé dedans sur une longueur de 230m, dans lequel une pression d'air est injectée de 25 bars. L'opération a duré 72 heures, et nous avons obtenu à la fin une eau claire sans impuretés.

III.17.LES ESSAIS DE POMPAGE

III.17.1INTRODUCTION

L'essai de pompage est un essai en place destiné à déterminer les caractéristiques hydrauliques du sol. Il consiste à abaisser par pompage la surface piézométrique de la nappe et à mesurer, en fonction du temps, les variations du niveau de cette surface ainsi que le débit pompé. Le pompage est effectué dans un puits et l'évolution dans le temps de la surface piézométrique est suivie au moyen de piézomètres implantés aux alentours du puits. L'essai permet de déterminer :

- Le coefficient de perméabilité de la couche testée et la transmissivité paramètres hydrodynamiques ,
- Le facteur d'emmagasinement,
- Le rayon d'action du pompage.

L'objectif des pompages d'essai est de vérifier les capacités de production du forage et d'évaluer l'influence du futur prélèvement sur les ouvrages situés à proximité. Ces tests de pompage constituent un préalable nécessaire à la déclaration ou autorisation du prélèvement, ainsi qu'à la garantie de bonne exploitation de l'ouvrage. On distingue deux types d'essais :

III.17.2 LES ESSAIS DE DEBITS PAR PALIERS

Il s'effectue en réalisant des paliers de débit constant pendant une courte durée. On mesure le rabattement à la fin de chaque palier ainsi que le débit. Chaque palier est suivi par un arrêt d'une durée permettant la remontée de niveau d'eau. Par expériences, trois paliers avec débits croissants, dont chacun de deux heures sont Suffisants.

niveau statique $N_s=76.7$ m

Tableau 5 : Essais de débit par paliers.

Paliers	Débit (l/s)	ND (m)	Rabattement (m)
Palier 0	0	76.7	0
Palier 1	15	79.05	2.35
Palier 2	30	82.1	5.4
Palier 3	45	85.55	8.85

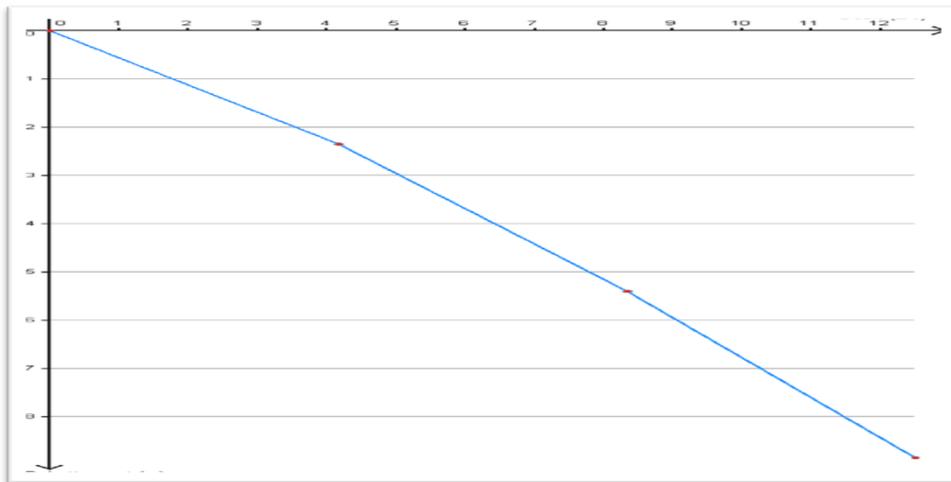


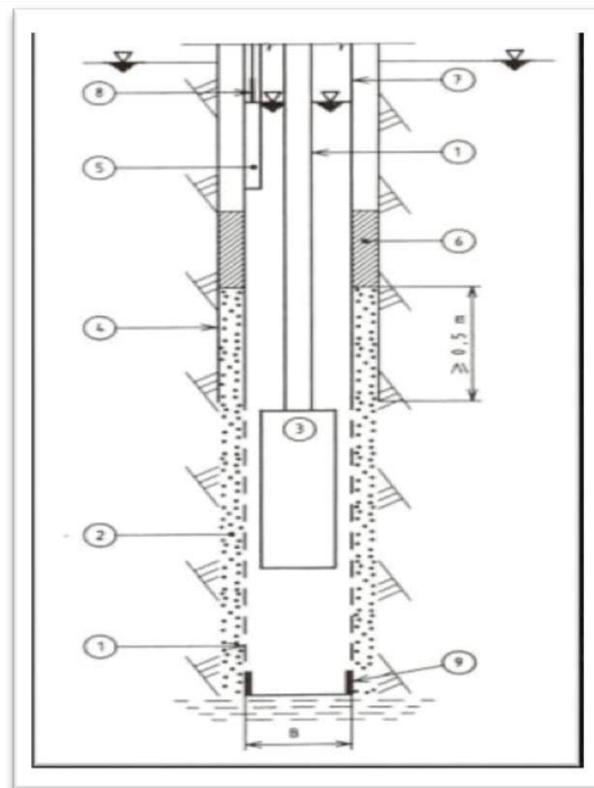
Figure N° 23 : La courbe caractéristiques de forage lehrith.

III.17.3.LE POMPAGE D'ESSAI DE LONGUE DUREE

Ce type d'essais est à exécuter par un seul palier de débit (à débit constant) pendant 42 heures au moins avec un optimum de 72 heures.

La remonté du niveau doit être observée pendant une durée égale

- 1) Tube crépine ;
- 2) Matériau filtre (gravier) ;
- 3) Pompe immergée ;
- 4) Tubage du puits ;
- 5) Tube de mesure du niveau d'eau ;
- 6) Bouchon étanche ;
- 7) Tube support de la crépine ;
- 8) Dispositif de mesure du niveau d'eau ;
- 9) Fond de crépine (tube de décantation)



III.18. EFFICACITE DE FORAGE

Un forage doit être développé jusqu'à l'obtention d'une eau claire dépourvue de turbidité et de toutes particules fines. Au moins quatre échantillons d'eau doivent être collectés dans un récipient transparent (exemple après 10 min., 30min., 1h, 2h, etc.) pour vérifier qu'aucun sédiment ne se dépose au fond et que l'eau est exempte de toute turbidité. Le développement de certains forages prend quelques heures tandis que pour d'autres, il peut nécessiter plusieurs jours, selon la géologie du terrain et la méthode de forage. Après le développement, il est recommandé d'attendre au moins 24h avant d'effectuer un essai de pompage pour permettre au niveau d'eau de retrouver son état initial.

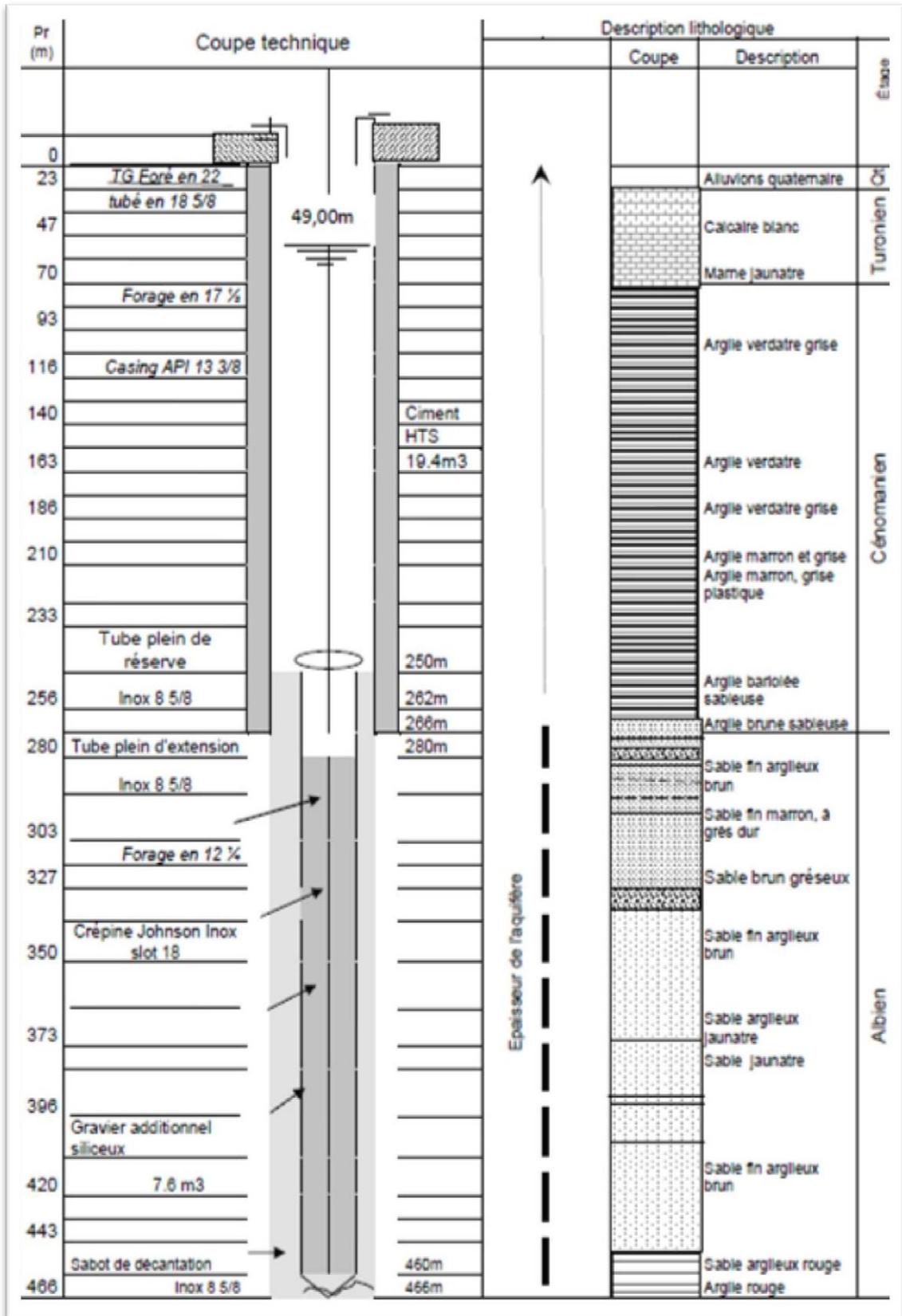


Figure. N°24: Coupe technique et description Lithologique du forage Lehrith.

III.19. COUT DE LA REALISATION DE L'OUVRAGE

III.19.1COUT DE LA PHASE DE FORATION

Tableau 6: Cout de la phase de foration .

N	Travaux	Quantité réalisée	Prix (DA) unitaire	Montant(DA)
1	Amenée installation de chantier	Unite	1000 0000.00	1000 0000.00
2	Construction Platform bassins et rigoles	Unite	500 000.00	500 000.00
3	Fourniture et pose d'avant puits en 18"5/8	10m	60 000.00	600 000.00
4	Forage de reconnaissance en 12"1/4	490.00	32 000.00	15 680 000.00
5	Elargissement et alésage de 12"1/4 à 17"1/2	290.00	500.00	1 450 000.00
Total du montant des travaux				17 925 000.00

III.19.2.COUT DE LA PHASE DE COMPLETION

Tableau 7: Cout de la phase de complétion .

N	Travaux	Quantité Réalisée	Prix (DA) unitaire	Montant(DA)
1	colonne de production enAPI 13"3/8	241m	10 000.00	2 410 000.00
2	cimentation du tubage 13"3/8	240m	1000.00	240 000.00
3	tube plein en Inox 8"5/8 slot 20	24m	30 000.00	720 000.00
4	crépine Johnson en Inox 8"5/8slot 20	194m	25 000.00	4 850 000.00
5	Injection du gravier siliceux	10m 3	5 000.00	50 000.00
6	Traitement a l'hexamétaphosphate	200kg	1000.00	200 000.00
7	Développement sans force motrice	48h	100.00	4 800.00
8	Développement avec force motrice	72h	100.00	7 200.00
Total du montant des travaux				8482000.00

III.19.3.COUT DES POMPAGES D’ESSAI

Tableau N°8: Cout des pompages d’essai.

N	Travaux	Quantité Réalisée	Prix (DA) unitaire	Montant(DA)
1	Mise en place matériel essais de débits	FFT	50 000.00	50 000.00
2	Essais de débits	96H	100.00	9 600.00
3	Observation de la remontée des eaux	48H	100.00	4 800.00
4	fermeture de forage avec plaque plein	FFT	500 000.00	500 000.00
5	Repli et fin de chantier et remise en état des lieux	FFT	500 000.00	500 000.00
Total du montant des travaux				1 064 400.

III.20. DUREE TOTALE DE LA REALISATION

Les travaux de fonçage ont démarrés le **28 octobre 2021**, et ils ont été terminés le **11 Juin 2021**. Ce qui donne un totale de **223 jours** A savoir que l’entreprise s’est engagé 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 jours. Ce qui implique que l’entreprise a connu un retard de réalisation de :

Durée réelle

– durée

d’engagement

est de 223 jours

– **120 jours =**

103 jours

Donc les travaux ont connu un retard de **103 jours**

III.21. CALCUL DE LA PENALITE DE RETARD

La pénalité de retard est le montant qui doit être tranché du cout total du projet, il est calculé par la formule suivante :

$$\text{La pénalité de retard} = \frac{M \times D}{10}$$

M = Montant du marché

D = Délai

d'exécution

exprimé en

jours Donc nous

avons :

M = phase de foration + phase de complétion + pompage d'essai

M = 17925000 + 8482000 + 1064400 Le cout total de la réalisation est de 27466400 Dinars algeriens. En appliquant un délai de réalisation de 0 jours, la pénalité de retard est :

La pénalité de retard $= \frac{M}{10} = \frac{27466400 \text{ DA}}{10} * 103 \text{ jours}$
= 26666.40 Dinars algeriens

La pénalité de retard est de 26666.40 DA

III.22 .CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons procédés les déférents étapes de suivie avec une responsabilité de contrôler attentivement chaque opération pour assurer un bon fonctionnement du forage

le travail s'était comme suite :

- La pose d'avant puits en 18"5/8 sur 10m;
- Forage de reconnaissance en 12"1/4 sur 465m;
- Elargissement et alésage de 12"1/4 à 17"1/2 sur 241 m;
- Décante du colonne de production en API 13"3/8 sur 240m;
- Cimentation du tubage 13"3/8 sur 241m;
- Décante de tube plein en Inox 8"5/8 slot 20 sur 24m;
- Décante crépine Johnson en Inox 8"5/8slot 20 sur 228m;
- Injection du gravier siliceux 9m³;
- Essais de débits 96 heur .



**COCLUSION
GENERALE**

Conclusion générale

L'objectif prioritaire des foreurs est la réalisation d'un puits, conformément au programme qui leur a été fourni, dans les meilleures conditions techniques et économiques avec un prix de revient le plus bas 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** pour les terrains sédimentaires ;
- **le forage par Battage** pour les terrains durs
- **le forage au Marteau Fond de Trou** pour les terrains du socle.

La méthode utilisée pour réaliser le forage de lahrith est le mode Rotary, cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car il s'adapte à la géologie de la région, caractérisée par la présence des argiles et des sables (gros et fin) et de quelques mètres de gypse dans la partie supérieur Le climat de la zone d'étude est de type saharien, caractérisé par un écart élevé entre la température de l'été et celle de l'hiver, une faible précipitation et une évaporation intense .

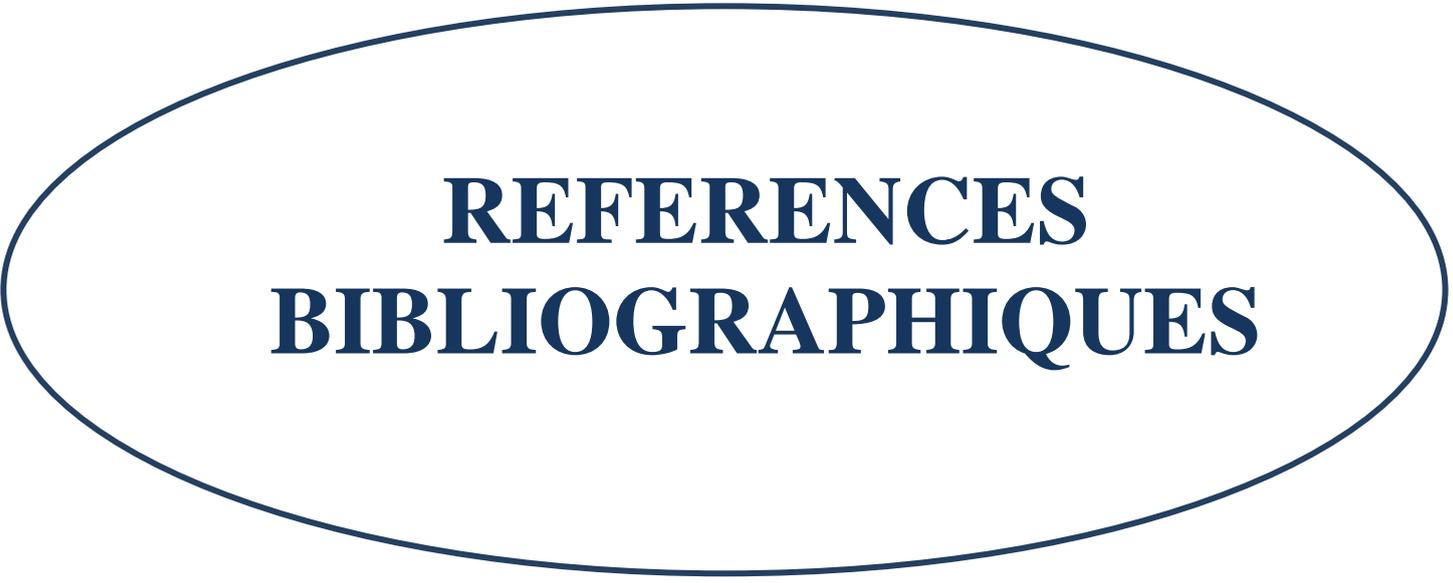
La région de Sebseb entaillée dans les massifs calcaires du Turonien se caractérise par 4 couches géologiques : Quaternaire, Touranien, Cénomaniens, Albien .Cette région dépend à l'agriculture, La nappe albien présente un intérêt important dans le domaine agricole.

Le Quaternaire correspond au dépôt de recouvrement alluvionnaire de la plus part de la vallée de Sebseb, Cette région dépend à l'agriculture, La nappe albien présente un intérêt important dans le domaine agricole.

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

CONCLUSION GENERALE

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 Sebseb. 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 du pompage expérimental pour déterminer le débit et pompe adéquate à ce débit. L'étude a conclu que le débit atteint le niveau estimé grâce à la bonne utilisation des techniques de forage et d'équipement.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Michel Detay : le forage d'eau-réalisation entretien, réhabilitation' 'MASSON PARIS BARCELONE BONN (1993).
- [2] Jean-Paul NGUYEN -book Le Forage (1993).
- [3] ONM Ghardaïa, 2021 : Office nationale météorologie, Les données climatiques de la région de Ghardaïa (2011-2021).
- [4] SASS : le rapport de Système d'aquifère du Sahara septentrional (2015).
- [5] B.N.D.R, 2013:Etude de faisabilité technico économique de mise en valeur des terres par la concession : Périmètre oued Metlili (52 ha) dans la commune da Metlili.
- [6] ANRH 2016 : le rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques "secteur de Ghardaïa"2016.



ANNEXES

DONNEES METEOROLOGIQUES STATION GHARDAIA

Meté  **Algérie**
Office National de la Météorologie
الديوان الوطني للأرصاد الجوية

STATION GHARDAIA
Université de Ghardaia

An	mois	°T Mini	°T Max	MM ^{°1}	Qlur	evapo	insol	VX-ddff	MMU	gelé
0	Jan	28	219	123	1,8	80	250	220/24	49	0
	Fev	44	264	144	12,4	112	245	270/22	38	0
	Mars	70	274	158	0,2	172	266	300/24	33	0
2	Avril	96	384	227	nl	232	329	330/20	22	0
	Mai	148	415	288	14,6	308	339	080/19	24	0
	Jun	158	440	301	7,3	323	340	210/24	22	0
1	Juill	244	460	355	1	417	306	310/24	13	0
	Aout	253	466	356	0,3	361	321	280/21	17	0
	Sept	197	428	314	2,9	286	247	240/27	26	0
4	Oct	140	380	244	0,1	232	292	340/21	28	0
	Nov	85	286	175	4,3	131	223	210/24	43	0
	Déc	33	201	114	1,9	87	246	010/20	51	0

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة الأبحاث العمومية والنقل
Ministère des Travaux Publics et des Transports
المديرية الجوية الجنوب الشرقي

حسب طلب بتسجيمه سفليان - ندوش حورية

GHARDAIA LE 21/03/2021

Légende :

°T Mini Température minimale du mois en 1/10 de °C

°T Max Température maximale du mois en 1/10 de °C

MM°T Moyenne mensuelle de température en 1/10 de °C

Qlur Quantité mensuelle de pluie en mm

Nlur nombre de jour de pluie pendant le mois

VX-ddd Direction et force du vent fort du mois, ddd en degré et ff en m/s

Moy °v°n Moyenne mensuelle du vent en m/s

MMU MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITE EN %

nl NEANT

TRC Pluie non mesurable.

evapo évaporation mensuelle en mm.

insol durée mensuelle d'insolation en Heures.



DETAIL QUANTITATIF ET ESTIMATIF

LOT n° :01

*Réalisation d'un forage de 500 ml au niveau
du périmètre Lehrith commune de Sebseb*

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Quantité	P.U	Montant
1	Amenée de l'appareil de forage et installation du chantier	FFT	01		
2	Construction plate forme. bassins et rigoles	FFT	01		
3	Fourniture et pose d'avant puits en 08" 5/8	ML	10		
4	Forage de reconnaissance en 12" 1/4	ML	490.00		
5	Élargissement et Alésage de 12 "1/4 à 17" 1/2	ML	290.00		
6	Fourniture et pose colonne de production en API 13" 3/8	ML	300.00		
7	Fourniture et cimentation tubage 13" 3/8	ML	300.00		
8	Fourniture et pose tube plein en INOX 8" 5/8	ML	24.00		
9	Fourniture et pose crépine Johnson Inox 8" 5/8, slot 20	ML	194.00		
10	Fourniture et pose de Gravier pour forage	M3	10.00		
11	Traitement à l'Héxamétaphosphate	Kg	200.00		
12	Développement sans force motrice	H	48		
13	Développement avec force motrice	H	72		
14	Mise en place matériel essais de débits	FFT	01		
15	Essais de débits	H	96		
16	Observation de la remontée des eaux	H	48		
17	Fermeture du forage avec plaque pleine	FFT	01		
18	Repli en fin de chantier et remise en état des lieux	FFT	01		
				Montant H.T	
				T.V.A (19%)	
				Montant (T.T.C)	