

**Université Kasdi Merbah Ouargla**  
**Faculté des Sciences Appliqués**  
**Département De Génie Civil et Hydraulique**

**Mémoire**

**MASTER PROFESSIONNEL**

**Domaine : Sciences Appliquées**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Forage D'eau**

**Présenté par : Moulay Omar Younes et Seddiki Youcef**

**Thème**

**Suivi d'un forage d'eau dans la  
région de Bouhraoua  
(Wilaya de Ghardaïa)**

**Soutenu publiquement**

**Le : 29/05/2017**

**Devant le jury :**

**Dr. ELFARGHOUGH MERYEM MA (A)**

**Président**

**UKM Ouargla**

**Mlle. MANSOURI. ZINA MA (A)**

**Encadreur**

**UKM Ouargla**

**Dr. DERDOUS OUSSAMA MA (A)**

**Examineur**

**UKM Ouargla**

**Année universitaire : 2016/2017**

# Remerciements

*Avant tout propos, je remercie « Dieu » le tout puissant  
qui me donné sagesse et santé pour faire ce modeste  
travail.*

*Nous adresserons nos remerciements, et à exprimer mes  
reconnaisances à mon promotrice M<sup>lle</sup>. Mansouri Zina  
pour leur encadrement et 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,*

*Ma gratitude va particulièrement à tous les enseignants  
de département de génie civil et de l'hydraulique de  
l'université Kasdi Merbah Ouargla.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*Avant tout à ma chère mère, aussi à mon père*

*A tous mes frères et Sœurs,*

*Et à toute la famille Seddiki*

*A tous mes amis surtout à mon cher ami Younes Moulay Omar  
pour leur patience avec moi aussi bien pour leur collaboration et  
leur aide pendant toute la période universitaire.*

*Et à toute la promotion 2016/2017*

*de l'hydraulique notamment la promotion de Forage  
d'eau.*

*A toutes mes adorables que j'ai connu pendant toute  
ma vie ...*

*Youcef Seddiki*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*Avant tout à ma chère mère, aussi à mon père*

*A tous mes frères et Sœurs,*

*Et à toute la famille Moulay Omar*

*A tous mes amis surtout à mon cher ami Youcef Seddiki pour leur patience avec moi aussi bien pour leur collaboration et leur aide pendant toute la période universitaire.*

*Et à toute la promotion 2016/2017*

*de l'hydraulique notamment la promotion de Forage  
d'eau.*

*A toutes mes adorables que j'ai connu pendant toute  
ma vie ...*

*Younes Moulay Omar*

# Sommaire

Introduction générale	01
-----------------------	----

## **CHAPITRE I : : Présentation de la zone d'étude**

Introduction	2
I.1. Cadre générale de la zone d'étude	2
I.1.1. Situation géographique	2
I.2. Étude hydraulique des caractéristiques climatique	4
I.2.1. Objectif de l'étude	4
I.2.2. Température	4
I.2.2.1. Interprétation des résultats	5
I.2.3. Les précipitations	5
I.2.3.1. Précipitations moyennes mensuelles	5
I.2.3.2. Interprétation des résultats	6
I.2.4. Synthèse climatique de la région	6
I.2.4.1. Diagramme Ombro-Thermique	6
I.2.4.2. Diagramme d'Emberger	7
I.2.5. Identification hydrogéologique	9
I.2.5.1. Nappe alluviale quaternaire	9
I.2. Nappe du Continental Intercalaire	9
Conclusion	9

## **CHAPITRE II : REALISATION DE FORAGE ET SUIVI**

Introduction	11
II.1 Organisation du chantier de forage	11
II.2. Objectif du sondage	11
II.3. choix de méthode de réalisation	12
II.3.1. La technique Rotary	12
II.3.2. Les avantages du forage au rotary	12
II.3.3. Les inconvénients du forage à rotary	12
II.4. Exécution du forage	13

II.4.1. Les composants d'un appareil de forage	13
II.4.1.1. Le mat de forage	13
II.4.1.2. Les tiges	14
II.4.1.3. Les masse-tiges	14
II.4.1.4. Les aléseurs	15
II.4.1.5. L'outil	16
II.4.1.6. Mode de travail d'un tricône	16
II.5. Equipements d'entraînement de la garniture de forage	17
II.5.1. La table de rotation	17
II.5.2. La tige d'entraînement [kelly]	17
II.5.3. La tête d'injection [swivell]	17
II.5.4. Générateurs du courant	18
II.6. Les phases de Réalisation de forage	19
II.6. 1. Phase A (type de guide)	19
II.6. 2. Phase B	19
II.6. 3. Phase c	21
II.6. 1 .2. Description géologique	21
II.7. phase de l'injection de fluide de forage	23
II.7.1. Boue à la bentonite	23
II.7.2. Rôles des fluide de forage appelé « Boue »	23
II.8. Caractéristiques de la boue de forage	24
II.8.2 Les caractéristiques rhéologiques	24
II.8.3. Circuits de fluides de forage	24
II.8.3. 1 Circulation normale	24
II.8. 4. La fosse à boue	24
II.8.4.1 Le dimensionnement la fosse	24
II.9. Tubages	25
II.9.1 Mise en place du tubage	26
II.10. Cimentation	27
II.10.1. Opération de cimentation	27
II.11 Crépines	28
II.11.1. Type de crépine utilisé	29
II.11.2. Descente de sabots	30
II.11.3 .Les rôles du gravier additionnel	30

II. 11.4. Descente de massif filtrante	31
II. 12. développement pneumatique	31
II. 12. 1.mode de opération	32
Conclusion	32
<b>CHAPITRE III : ESSAI DE POMPAGE</b>	
Introduction	33
III.1. Essai de pompage	33
III.1.1.Essais de pompage à paliers de débits de courte durée	33
III.1. 2. Essais de pompage de longue durée	33
III.2.1. Programme des essais de débit	35
I III.2.2. Résultats des essais de débits	35
II.2. Essai de débit	36
III.3. Interprétation des résultats	36
III.3.1. Débit critique	36
III.3.2. Le débit spécifique	36
III.3.3.Transmissivité et conductivité	36
III.4.Caractéristiques du forage	37
Conclusion	39

# ***LISTE DES FIGURES***

<b>Figure I.1 :</b> Situation géographique de la vallée du Bouhraoua (Google Earth, 2016)	<b>2</b>
<b>Figure. I.2 :</b> Situation géographique limitée de la wilaya de Ghardaïa (Google Earth, 2016)	<b>3</b>
<b>Figure. I.3 :</b> Localisation du forage (google earth/20017)	<b>3</b>
<b>Figure .I. 4:</b> Carte représentant le site de la station pluviométrique de Ghardaïa (Google Earth).	<b>4</b>
<b>Figure .I.5 :</b> Températures mensuelles moy et max (2011-2016)- Source (ONM 2017)	<b>5</b>
<b>Figure. I.6:</b> Répartition mensuelle des pluies moyennes annuelles, station de Ghardaïa (2006-2016).	<b>6</b>
<b>Figure.I.7 :</b> Diagramme Ombro-Thermique de la station de Ghardaïa (2006-2016)	<b>7</b>
<b>Figure.I.8:</b> Diagramme d’Emberger (2006-2016). Source : Station de Ghardaïa (DAUG, code 60-56-60)	<b>8</b>
<b>Figure. II.1.</b> zone de travail bien délimitée éventuellement avec une clôture	<b>11</b>
<b>Figure. II.2.</b> L’alésage	<b>16</b>
<b>Figure ( II.3)</b> Travail d’un outil	<b>17</b>
<b>Figure ( II.4)</b> Coupe lithologique du forage Bouhraoua	<b>22</b>
<b>Figure. II.5.</b> Opération de cimentation	<b>27</b>
<b>Figure. III.1.</b> Équipement d’un puits pour essai de pompage	<b>34</b>
<b>Figure. III.2. :</b> courbe de débit en fonction de rabattement	<b>36</b>
<b>Figure .III.3.</b> courbe de rabattement en fonction de débit pour la phase par palier	<b>37</b>
<b>Figure. III.4 :</b> le diagramme semi-log de la méthode d'analyse Cooper-Jacob Time–Drawdown	<b>39</b>
<b>Figure. III.5.</b> Débit mètre	<b>40</b>



# ***LISTE DES PHOTOS***

<b>Photo (II.1) :</b> L'appareil de forage	<b>13</b>
<b>Photo( II.2) :</b> Le mat de forage	13
<b>Photo( II.03) :</b> Les tiges	14
<b>Photo ( II.4) :</b> Les masse tige	15
<b>Photo ( II.5) :</b> L'aléteur	15
<b>Photo ( II.6) :</b> Outils tricones	16
<b>Photo ( II.7) :</b> La table de rotation	17
<b>Photo ( II.8) :</b> La tige d'entraînement	17
<b>Photo ( II.9) :</b> La tête d'injection	18
<b>Photo ( II.10) :</b> Générateur de courant	18
<b>Photo ( II.11) :</b> l'échantillon	21
<b>Photo ( II.12) :</b> les sac de bentonite	23
<b>Photo ( II.13) :</b> La fosse à bous utilisée dans la réalisation du forage	25 25
<b>Photo ( II.14) :</b> tubages	<b>26</b>
<b>Photo ( II.15) :</b> Crépine type Johnson	29
<b>Photo.II.16:</b> Gravier additionnel en utilisée	30

# ***LISTE DES TABLEAUX***

<b>Tableau .I.1 :</b> Caractéristiques de station pluviométrique de la région de Ghardaïa	4
<b>Tableau .I.2:</b> Répartition mensuelle des pluies moyennes annuelles (période : 2006 -2016)	6
<b>Tableau .I.3:</b> Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2006-2016)	7
<b>TableauII.1.</b> Les tiges utilisé	14
<b>Tableau II.2:</b> caractéristiques des masse-tiges utilisé	14
<b>Tableau II.3:</b> dimensions d'aléteur utilisé	
<b>Tableau II.4:</b> les outils utilisé	16
<b>Tableau ( II.5):</b> la profondeur foré	20
<b>Tableau ( II.6 ):</b> caractéristiques de boue utilisé	23
<b>Tableau ( II.7):</b> les tubages utilisé	25
<b>Tableau ( II.8):</b> mise en place de crépine	29
<b>Tableau (III.1):</b> La trois palière enchainés	35
<b>Tableau (III.2):</b> Résultats des essais de débits	35

# ABREVIATIONS

AEP : Alimentation en Eau Potable.

A. N. R. H : Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques.

ONM : l'Office National Météorologique

API : American petroleum Institute

NGA : National Géologique Altitude

ONM : Office National Métrologie

V : volume

D -d : Diamètre

K : coefficient

Mv : Mass volumique

H : profondeur

H : hauteur

ND :Niveau dynamique

NS :Niveau statique

Q : débit

S : rabattement dans le forage pour un débit donné Q

API : American pétrolier institue

S/Q : Le rabattement spécifique

HTS : Haute Teneur en Sulfates

# INTRODUCTION

---

## **Introduction générale**

La wilaya de Ghardaïa 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.

Parmi les localités qui connaissent un déficit dans le système d'alimentation en eau potable le quartier de Bouhraoua, qui influe sur la disponibilité de l'eau ainsi que le régime de distribution d'une part, et d'autre part le problème de l'éloignement de l'adduction vers le réseau de l'alimentation en eau potable de notre localité.

C'est dans ce contexte qu'il a été inscrit le projet de la réalisation d'un forage profond captant la nappe albienne, et qui sera destiné pour alimenter la population grandissante de la localité de Bouhraoua.

L'objectif de notre travail consiste à une 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 ces paramètres hydrauliques : son débit d'exploitation, sa courbe caractéristique, sa formule caractéristique du forage, son débit spécifique et son rabattement spécifique.

# CHAPITRE I

---

## Présentation de la zone d'étude

## Introduction

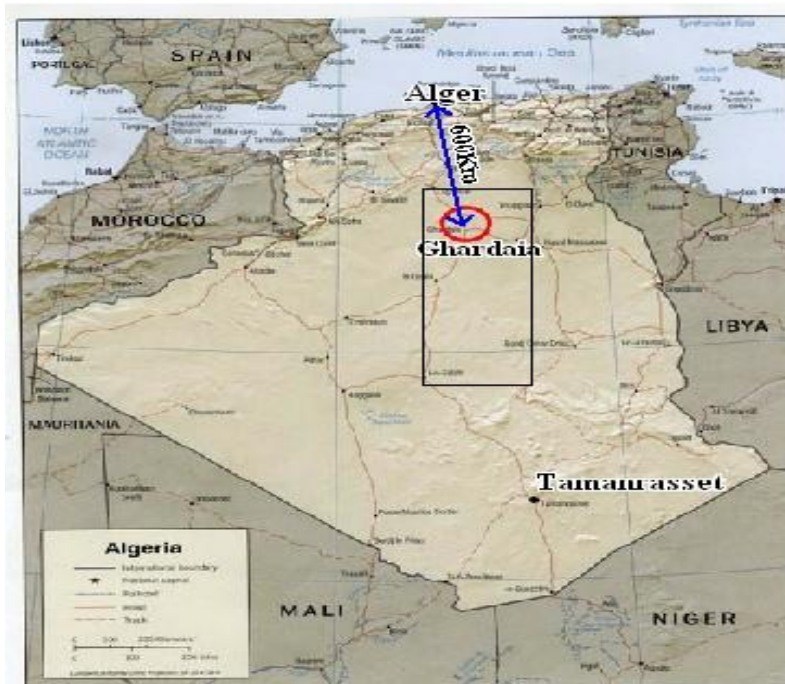
Ce chapitre présente les traits majeurs du milieu d'étude notamment la localisation géographique du terrain, le cadre climatique. Ces éléments vont contribuer à situer le système aquifère dans le contexte régional et à identifier les éléments utiles à la compréhension des problématiques abordées au cours de l'étude.

### I.1. Cadre générale de la zone d'étude

#### I.1.1. Situation géographique

La wilaya du Ghardaïa se trouve dans la partie centrale du Sahara septentrional aux portes du désert dont les altitudes varient au Sud et au Sud – Est de 330 à 450 m et Nord et le Nord - Ouest de 550 à 650 m.

Les coordonnées (GPS) : X : 32° 29' 39'' . Y : 03° 41' 23''. Z : 548 m

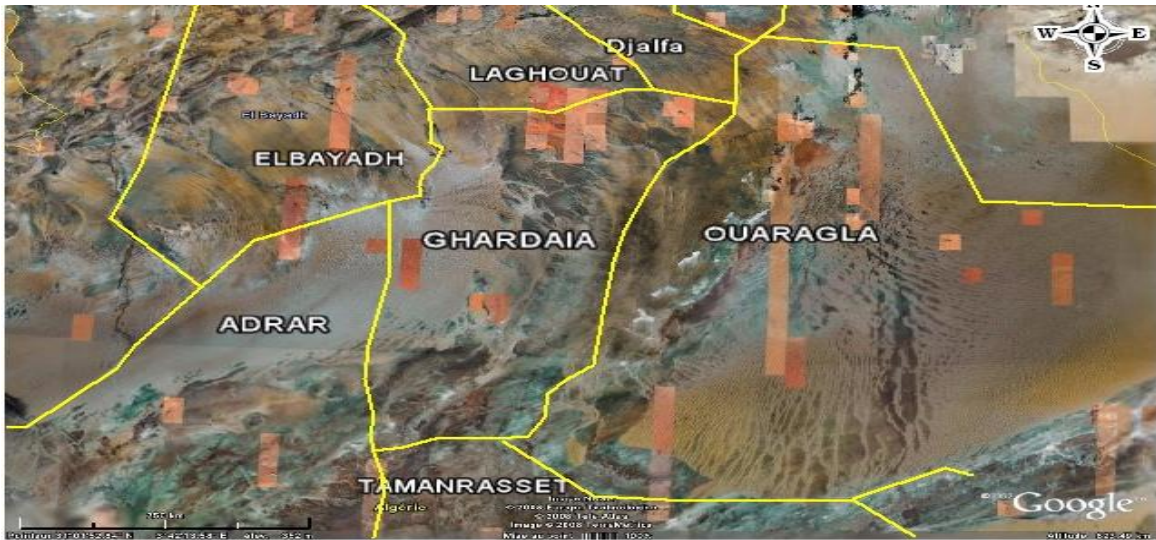


**Figure. I.1.** Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa (Google Earth, 2016)

Elle est limitée administrativement au :

- Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- L'Est par la Wilaya de Ouargla (200 Km) ;
- Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1470 Km) ;
- Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (850 Km) ;

- L'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km)



**Figure. I.2.** image satellitaire représente les frontières de la wilaya de Ghardaïa (Google Earth, 2016)

La commune de bouhraoua fait partie de la wilaya de Ghardaïa , située dans la partie sud de la wilaya , s'étend sur une assiette réel s'élevant à 37 105 Km<sup>2</sup> .



**Figure. I.3.** Localisation du forage (google earth / 2017 )



## I.2. Étude hydraulique des caractéristiques climatique

### I.2.1. Objectif de l'étude :

La connaissance des caractéristiques hydro climatologique est nécessaire pour l'étude hydrogéologique, il est indispensable pour évaluer l'alimentation de réservoir souterraine par infiltration, et pour l'établissement d'un bilan hydrique.

Les données climatologiques que nous allons traiter relevées de l'Office National Météorologique de Ghardaïa (ONM). Sont réparties sur une période de 10 ans.

**Tableau .I.1 :** Caractéristiques de station pluviométrique de la région de Ghardaïa

La station	Code de la station	Coordonnées		
		Latitude	Longitude	Altitude
Ghardaïa	60-56-60	32° 42' 35"	03° 81' 26"	450 m



**Figure .I.4:** Carte représentant le site de la station pluviométrique de Ghardaïa (Google Earth).

### I.2.2. Température

L'étude hydrologique d'une région comporte l'analyse de son bilan thermique. La température est définie comme l'état atmosphérique de l'air ; elle varie selon les altitudes et la latitude de chaque région. Les données disponibles des températures moyennes

mensuelles, durant la période (2006-2016) sont représentées graphiquement par la figure (.I.5).

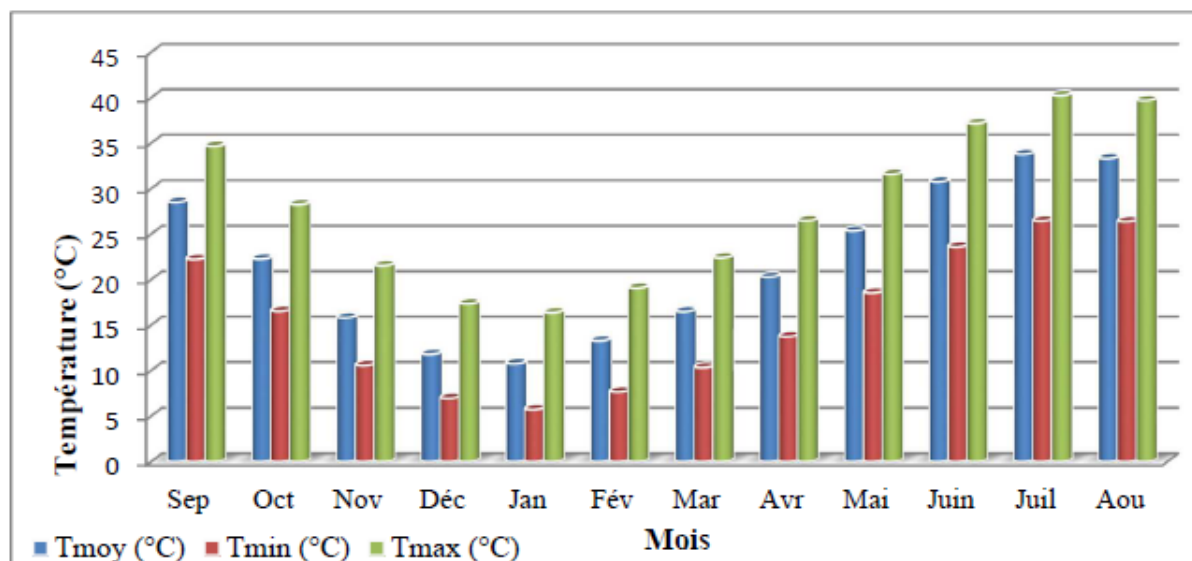


Figure .I.5: Températures mensuelles moy et max (2011-2016)- Source (ONM 2017)

### I.2.2.1. Interprétation des résultats :

D'après le graphe, les valeurs mensuelles de la température de l'air varient avec une certaine régularité pendant l'année, avec un maximum en Juillet (35.21°C) et un minimum en Janvier (11,29 °C).

### I.2.3. Les précipitations

Les précipitations sont toutes l'eau météorique qui tombe sur la surface de la terre tant sous forme liquide que sous forme solide. C'est une source primaire d'eau douce. Par des précipitations efficaces, l'eau de pluie alimente à la fois les nappes souterraines par l'infiltration (I) et l'eau de surface par le ruissellement (R).

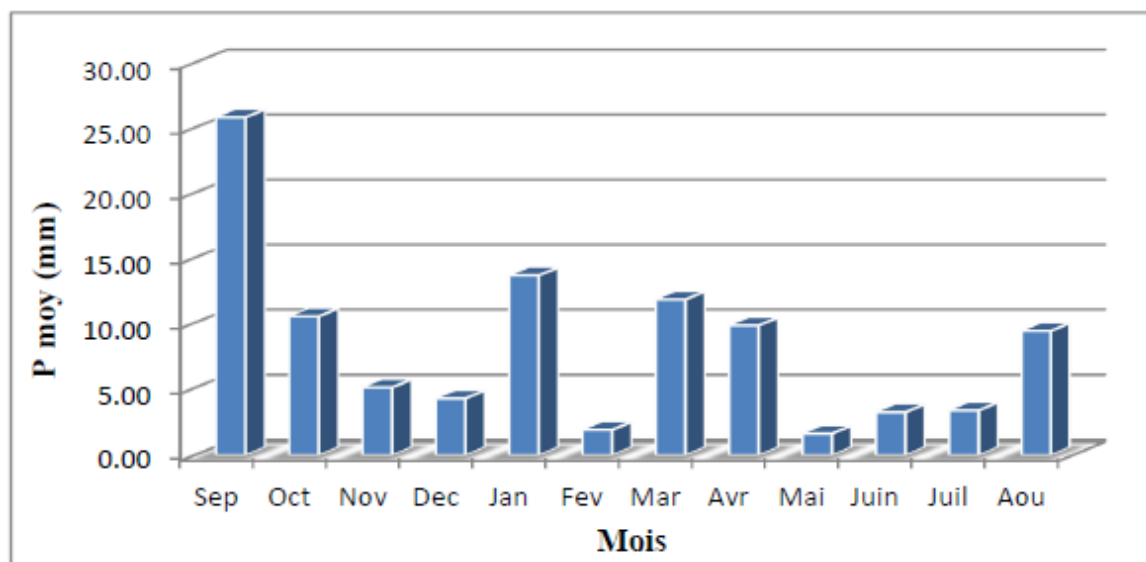
#### I.2.3.1. Précipitations moyennes mensuelles

Les années d'observations ont été traitées en tenant compte de toute la série avec les années communes soit 10 ans d'observation complète sans lacunes qui donne une pluie moyenne annuelle de 100 mm.

La distribution mensuelle des précipitations en (mm) est portée dans le tableau suivant :

**Tableau .I.2:**Répartition mensuelle des pluies moyennes annuelles (période : 2006 -2016)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Année
P (mm)	25,91	10,55	5,07	4,23	13,71	1,81	11,86	9,85	1,52	3,16	3,30	9,42	100,39



**Figure .I.6:** Répartition mensuelle des pluies moyennes annuelles, station de Ghardaïa (2006-2016). Source :( ONM 2017 )

### I.2.3.2. Interprétation des résultats

L'histogramme de répartition des moyennes mensuelles précipitations montre que :

La pluviométrie maximale est de l'ordre de 25,91 mm pendant le mois de septembre, et le minimum est de l'ordre de 1,52 mm observée pendant le mois de mai avec une hauteur totale 100,39 mm.

### I.2.4.Synthèse climatique de la région

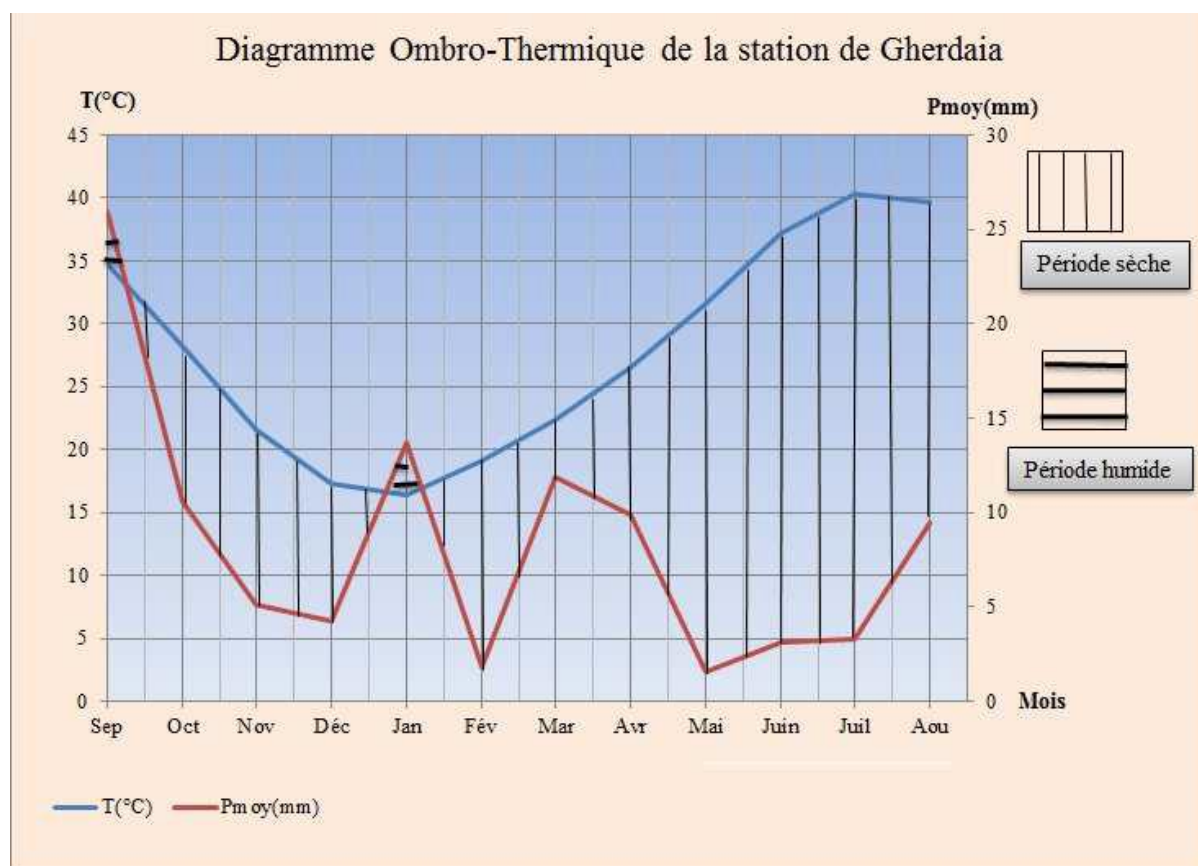
#### I.2.4.1. Diagramme Ombro-Thermique

Ce diagramme est établi par Gaussen et Bagnoul dans le but de déterminer les périodes sèches et humides à partir de deux paramètres climatiques : la température et la précipitation.

Si les précipitations moyennes mensuelles d'un mois sont inférieures ou égales au double de températures moyennes de même mois ( $P \leq 2T$ ) ; la période est dite sèche.

**Tableau .I.3:** Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2006-2016). Source : (ONM Gherdaïa)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
<b>T(°C)</b>	34,66	28,26	21,54	17,34	16,37	19,07	22,41	26,49	31,58	37,17	40,24	39,70
<b>Pmoy (mm)</b>	25.91	10.55	5.07	4.23	13.71	1.81	11.86	9.85	1.52	3.16	3.30	9.42



**Figure .I.7 :** Diagramme Ombro-Thermique de la station de Gherdaïa (2006-2016)  
**d'Emberger**

A partir de cette courbe, on constate que l'année hydrologique de la région d'étude est désertique (période sèche) elle caractérise par une faible précipitation et une température très élevé.

#### I.2.4.2. Diagramme d'Emberger

Pour préciser le climat de la région nous employons le "climat gramme" de L. Emerger (figure .I.8) sur lequel nous avons reporte les données relatives à la station de Gherdaïa avec en abscisse la moyenne des minima de la saison froide en (°C) et en ordonnée Q donne par la

formule suivante :

$$Q_3 = (3.43 \times P) / (M - m)$$

Où :

$Q_3$  : facteur des précipitations d'Emberger

P : précipitations annuelles (mm)

M : la température du mois le plus chaud (°C)

m : la température minimale du mois le plus froid (°C)

D'après les données de la période de 10 ans on a :  $P=100,39$ ,  $M= 35,21$  °C et  $m =11,29$ °C

Donc :  $Q_3 = 14,39$  mm/°C

Selon la position sur le Diagramme d'Emberger, la région d'étude est caractérisée par un climat saharien avec un hiver chaud.

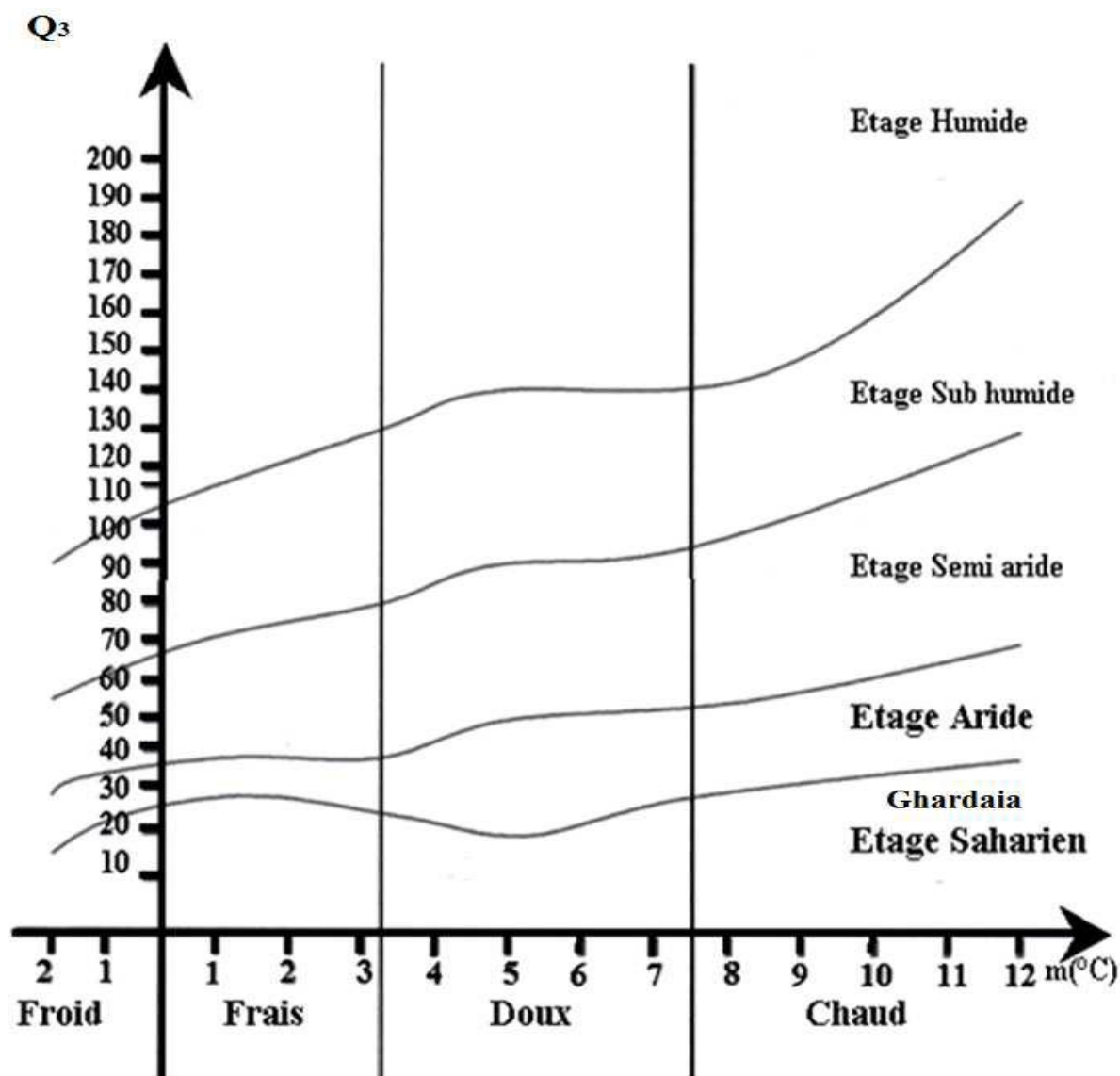


Figure.I.8:Diagramme d'Emberger (2006-2016). Source : Station de Ghardaïa (DAUG,

code 60-56-60)

### **I.2.5. Identification hydrogéologique**

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; la nappe superficielle dite alluviale quaternaire, et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire.

#### **I.2.5.1. Nappe alluviale quaternaire**

La nappe superficielle est formée d'alluvions et de sables du quaternaire, constituée de galets et de poudingues tapissant les lits des oueds (A.N.R.H., 2016). La nappe phréatique du M'Zab à une extension Nord-Sud sous forme d'une large bande occupant l'essentiel de la partie Nord de la chebka . Cette nappe présente un intérêt très important dans le domaine agricole, elle sert comme une source pour l'irrigation de la palmeraie de la vallée et elle sert également pour l'alimentation en eau potable à l'amont, surtout dans la zone de Daya ben Dahoua. Cette nappe est exploitée par des puits traditionnels. Cette nappe se trouve à des profondeurs variables (de 10 à 50 m et plus), alors que dans la partie orientale elle affleure, causant parfois l'asphyxie de palmier. Elle est alimentée par les eaux des pluies surtout au moment des crues et par les eaux de la nappe profonde (albien) de certains forages destinés à l'irrigation et l'alimentation en eau potable. Selon l'A.N.R.H. (2016), l'eau est de bonne potabilité à l'amont, alors qu'à l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les polluants urbains.

#### **I.2. Nappe du Continental Intercalaire**

Dans la plate-forme saharienne, la nappe dite albienne s'étend sur 600 000 km<sup>2</sup> dans des grès et des argiles datées de 100 à 150 millions d'années. Environ 20 000 milliards de m<sup>3</sup> 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. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique (A.N.R.H., 2016). La nappe du continental intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, est (A.N.R.H, 2016) : - Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions de Goléa);

### **Conclusion**

Le climat de la région se caractérise par une grande sécheresse de l'atmosphère laquelle se traduit par un énorme déficit de sa saturation 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 coeur du Sahara on peut assister à des phénomènes inhabituels comme des inondations.

Durant certaines années exceptionnelles, comme au début du siècle passé où en 1991, automne 1994 et en Octobre 2008 de violentes crues ont déferlé sur la vallée en causant de sérieux dégâts.

# CHAPITRE II

---

## Suivi de la réalisation de forage



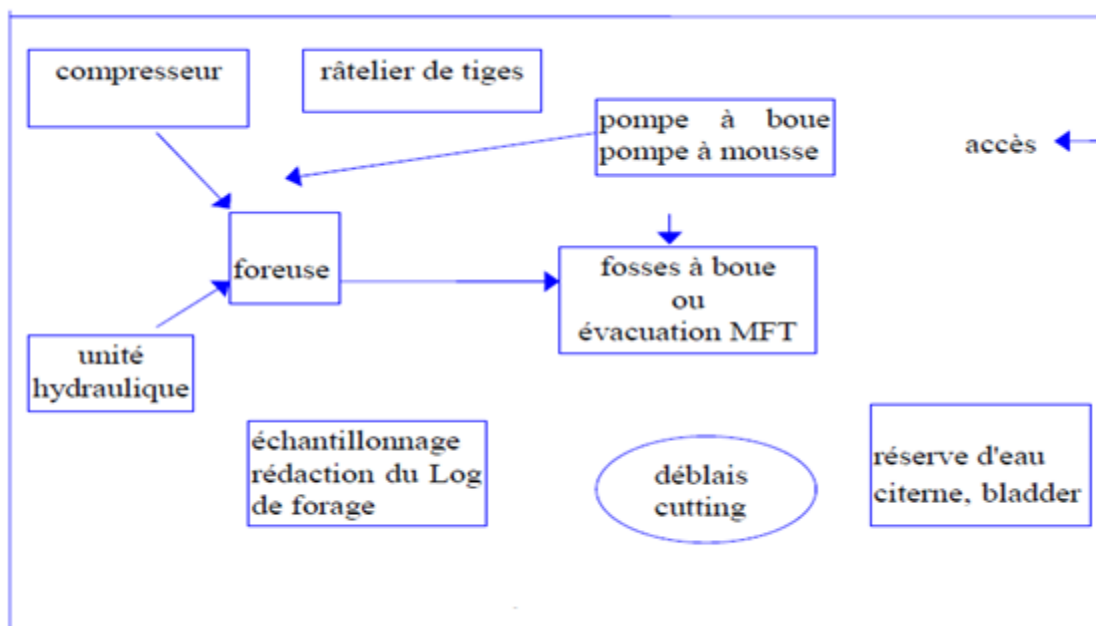
### Introduction

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

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

#### II.1 Organisation du chantier de forage

- sécurité le périmètre ;
- un accès au chantier pour les véhicules ;
- un approvisionnement en eau (citerne d'eau) ;
- un accès facile pour le remplissage des fosses ;
- un endroit sec pour la rédaction.
- L'emplacement l'appareil de forage et pompe a bous



**Figure. II.1.** zone de travail bien délimitée éventuellement avec une clôture

#### II.2. Objectif du sondage

Le forage est destiné à l'alimentation en eau potable ( AEP ) de la zone de Bouhraoua wilaya de Ghardaïa et caractérisé par une nappe captive et durée de foration 3 mois et la profondeur de forage est 523 m.

### II.3. Choix de méthode de réalisation

Il existe de nombreuses méthodes de forage dont la mise en œuvre dépend de paramètres très divers (Forage au marteau fond de trou (MFT) ; Le forage au rotary ; Forage en circulation inverse ; Forage par battage ; Forage par havage ; Forage à la tarière; Les techniques de forage manuel ...).

La technique utilisée dans notre cas est **le rotary à la boue bentonitique**, parce qu'elle est adéquate, grâce à ses avantages, comme elle est la plus utilisée dans la région.

#### II.3.1. La technique Rotary

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.

Un outil appelé trépan (tricône ou trilame) 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.

#### II.3.2. Les avantages du forage au rotary

- La perméabilité de la formation autour du trou est peu perturbée par le fluide de forage ;
- Les forages de grands diamètres sont exécutés rapidement et économiquement ;
- Pas de tubage pendant la foration ;
- Facilité de mise en place de la crépine ;
- Bons rendements dans les terrains tendres ;
- Consommation économique de l'énergie.

#### II.3.3. Les inconvénients du forage à rotary

- Nécessite beaucoup d'eau ;
- Nécessite un grand investissement (matériel très importants) ;
- Seul les sites accessibles peuvent être forés avec ce matériel lourd ;
- Nécessité d'un fluide de forage qui ne permet pas d'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées ;
- Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite) .

## II.4. Exécution du forage

Le forage de Bouhraoua–Ghardaïa a été exécuté par L'ENTREPRISE FORHYD EL OUED, avec un appareil de forage rotary type SPEED STAR 25 (SS-25) (cf. photo n° II.1), et une boue bentonitique.



**Photo. II.1.** L'appareil du forage.

### II.4.1. Les composants d'un appareil de forage

#### II.4.1.1. Le mat de forage

Le mât de forage [mast] de profondeur 15 m sert aux manœuvres des garnitures de forage ou des tubages (cf. photo n° II.2). Il peut être du type qui ne se démonte pas pour le déménagement, ou de celui qui se démonte en un petit nombre d'éléments.



**Photo. II.2.** Le mat de forage.

**II.4.1.2. Les tiges**

Ce sont des tubes d'acier permettent la transmission de la rotation de la table à l'outil et le passage du fluide de forage jusqu'à ce dernier (cf. photo n° II.3).



**Photo. II.3.** Les tiges

**Tableau. II.1.** les tiges utilisées

Nombre des tiges	Langueur	diamètre	Epaisseur
50	9.60 m	110 mm	5 mm

**II.4.1.3. Les masse-tiges**

Les masse-tiges permettent de :

- Mettre du poids sur l'outil pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression. Le poids utilisable des masse-tiges ne devra pas excéder 80% de leur poids total dans la boue.
- Jouer le rôle du plomb du fil à plomb pour forer un trou aussi droit et vertical que possible (cf. photo n° II.4).

**Tableau. II.2.** Caractéristiques des masse-tiges utilisées.

Nombre de masse-tiges	Longueur	Poids	diamètre	épaisseur
5	8.50 m	1200 kg	20 cm	5 cm



**Photo. II.4.** Les masse-tiges

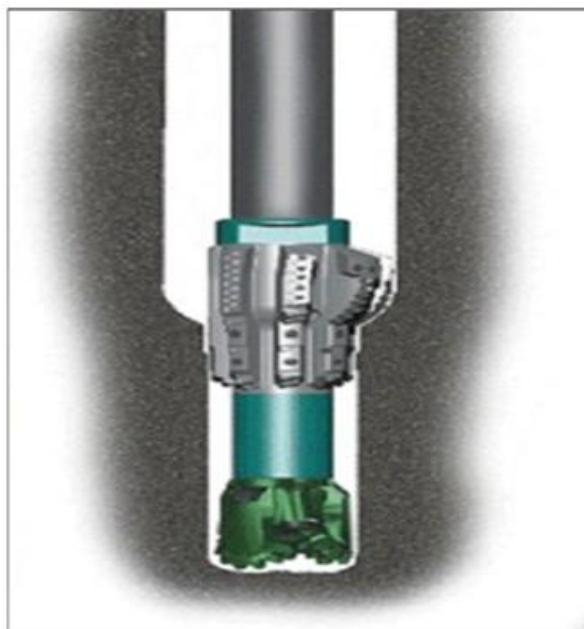
**II.4.1.4. Les aléseurs**

Ce sont des outils descendus immédiatement au-dessus de l'outil pour maintenir ou élargir le diamètre du trou (cf. figure n° II.1) .

Dans notre étude en utilisée 2 aléseurs de 3 m de Langueur et de diamètre 17<sup>1/2</sup> .



**Photo. II.5.** L'aléreur .



**Figure. II.2.** L'alésage.

#### II.4.1.5. L'outil

Les outils de forage ont évolué au cours du temps pour répondre aux problèmes techniques du forage qui deviennent de plus en plus complexes (cf. photo n° II.6). Toutes ces évolutions ont eu pour but d'augmenter la vitesse d'avancement et la durée de vie des outils, et donc de réduire le coût du forage.

**Tableau. II.3.** Les outils utilisés

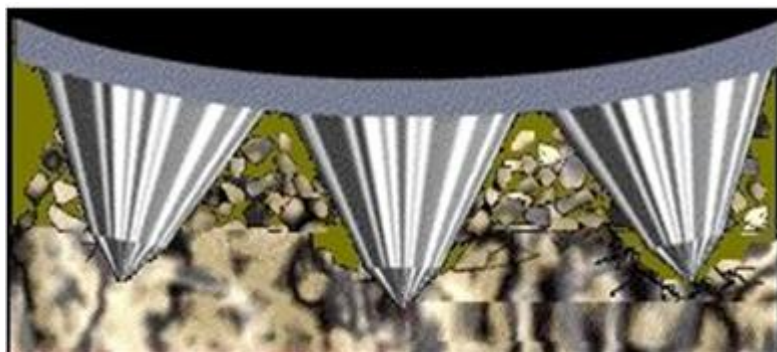
Les Phase	Longueur	Diamètre	Diamètre
entre 0 à 10 mètre	1 m	26"	60 cm
entre 10 à 313 mètre	1 m	17"	40 cm
entre 323 à 523 mètre	1 m	12"	30 cm



**Photo. II.6.** Outils tricône

#### II.4.1.6. Mode de travail d'un tricône

Sous l'effet de la compression, la dent pénètre dans la roche et l'éclate (figure II.2). En tournant sur elle-même sous l'effet de la rotation, la molette ripe la roche et arrache le copeau. L'effet d'éclatement et de ripage sont complémentaires et varient en fonction du terrain ; le ripage dans le cas d'un terrain tendre est plus important que dans un terrain dur, tandis que l'éclatement dans un terrain dur est plus grand que dans un terrain tendre.

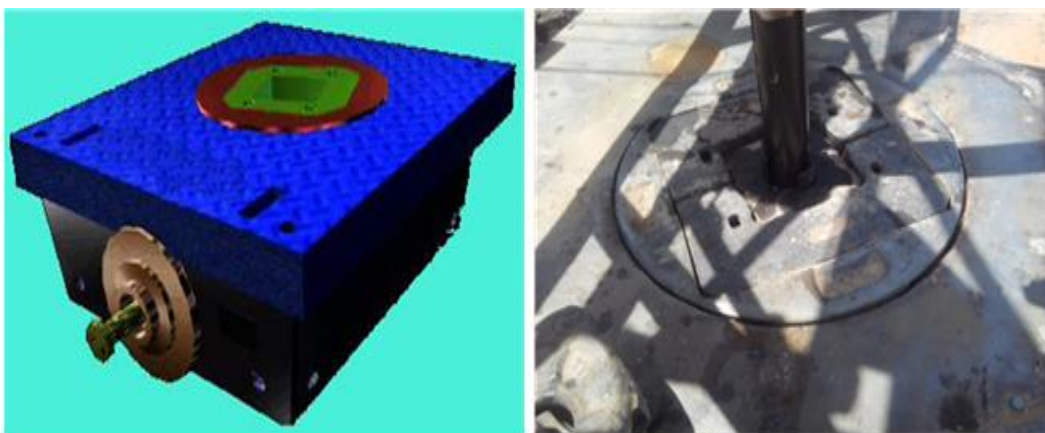


**Figure. II.3.** Travail d'un Outil

## II.5. Equipements d'entraînement de la garniture de forage

### II.5.1. La table de rotation

En cours de forage, la table de rotation [rotary table] de Diamètre 1 mètre transmet le mouvement de rotation à la garniture de forage (cf. photo n°II.6), par l'intermédiaire de fourrures [bushings] et de la tige d'entraînement [kelly] et, en cours de manœuvre, supporte le poids de la garniture de forage, par l'intermédiaire des coins de retenue.



**Photo. II.7.** La table de rotation

### II.5.2. La tige d'entraînement [kelly]

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 (cf. photo n° II.8).



**Photo. II.8.** La tige d'entraînement.

### II.5.3. La tête d'injection [swivel]

La tête d'injection supporte la garniture de forage et permet d'y injecter la boue en rotation ou à l'arrêt (cf. photo n° II.7).



**Photo. II.9.** La tête d'injection

#### **II.5.4. Générateurs du courant**

Les moteurs diesels (cf. photo n° II.3), produisent un courant continu ou alternatif, de voltage 380 v, assurent les fonctions levage, rotation, pompage, éclairage et auxiliaires.



**Photo. II.10.** Générateur du courant.



## II.6. Les phases de Réalisation de forage

### II.6. 1. Phase A (type de guide)

Le trou a été foré par un outil de 26" de 0 à 10m de profondeur, puis ils ont descendu un tube API (American pétrolier institue) de diamètre de 20" sur une profondeur de 10m, le type a été fixé au sol par la mise en place de ciment(HTS), suivi d'une attente d'une 24 heure pour sa Prise .

### II.6. 2. Phase B

- Forage en 17" de 10 m à 523 m.
- Alésages en 71"1/2 jusqu'à 323 m.
- Descente de tubage 13"3/8 API jusqu'à 323 .
- Cimentation de tubage 13"3/8 API avec laitier de ciment HTS de densité 1.80 de 323 m jusqu'à retour en surface.
- Attente prise de ciment d'une durée 48 Hrs .
- Nettoyage du tubage 13"3/8 API .
- Forage en 12" de 323 a 523 pour la mise en place de la colonne de captage.
- Descente et pose colonne de captage , composée de tube plein 8"5/8 et crépine 9"5/8 INOX type Johnson slot 20 .

**Tableau. II.5.** Exécution de forage

/	Longueur (m)	Prof. forée (m)	/	Longueur (m)	Prof. forée
L'outil	1	1	tige 23	9.6	264.4
masse tige	8.6	9.6	tige 24	9.6	274
masse tige	8.6	18.2	tige 25	9.6	283.6
masse tige	8.35	26.55	tige 26	9.6	293.2
masse tige	8.45	35	tige 27	9.6	302.8
masse tige	8.6	43.6	tige 28	9.6	312.4
tige 01	9.6	53.2	tige 29	9.6	322
tige 02	9.6	62.8	tige 30	9.6	331.6
tige 03	9.6	72.4	tige 31	9.6	341.2
tige 04	9.6	82	tige 32	9.6	350.8
tige 05	9.6	91.6	tige 33	9.6	360.4
tige 06	9.6	101.2	tige 34	9.6	370
tige 07	9.6	110.8	tige 35	9.6	379.6
tige 08	9.6	120.4	tige 36	9.6	389.2
tige 09	9.6	130	tige 37	9.6	398.8
tige 10	9.6	139.6	tige 38	9.6	408.4
tige 11	9.6	149.2	tige 39	9.6	418
tige 12	9.6	158.8	tige 40	9.6	427.6
tige 13	9.6	168.4	tige 41	9.6	437.2
tige 14	9.6	178	tige 42	9.6	446.8
tige 15	9.6	187.6	tige 43	9.6	456.4
tige 16	9.6	197.2	tige 44	9.6	466
tige 17	9.6	206.8	tige 45	9.6	475.6
tige 18	9.6	216.4	tige 46	9.6	485.2
tige 19	9.6	226	tige 47	9.6	494.8
tige 20	9.6	235.6	tige 48	9.6	504.4
tige 21	9.6	245.2	tige 49	9.6	514
tige 22	9.6	254.8	tige 50	9.6	523.6

**II.6. 3. Phase c**

- Gravillonnage avec 10 m<sup>3</sup> de gravier siliceux lavé et calibré de 4 à 6 mm ;
- Lavage par circulation à l'eau claire jusqu'à obtention d'une eau claire ;
- Injection d'une solution d'hexametaphosphate de sodium d'une concentration de 5 %  
Soit au -totale 200 kg , avec pistonnage .
- Attente réaction pendant 24 hrs ;
- Pistonnage du puits ;
- Développement à l'air lift jusqu'à obtention d'une eau claire et propre ;
- Contrôle fond du puits ;
- Contrôle gravier.

**II.6. 1 .2.Description géologique**

Les cuttings (échantillon) prise mètre par mètre, nettoyé et séchés, puis ils sont mis dans des petites sachées étiquetés selon leur profondeur de prélèvement, puis acheminés vers l'ingénieur hydrogéologue de l'administration (cf. photo n° II.11).



**Photo. II.11.** Echantillon de terrain

L'analyse microscopique et macroscopique par l'hydrogéologue de l'administration permis de déterminer la nature des couches géologiques traversées (cf. Figure. II.3.), leur composition lithologique, leur caractère hydraulique, l'étage géologique, et par la suite de fixer le toit de l'aquifère adapté (cf. Figure. II.4.).

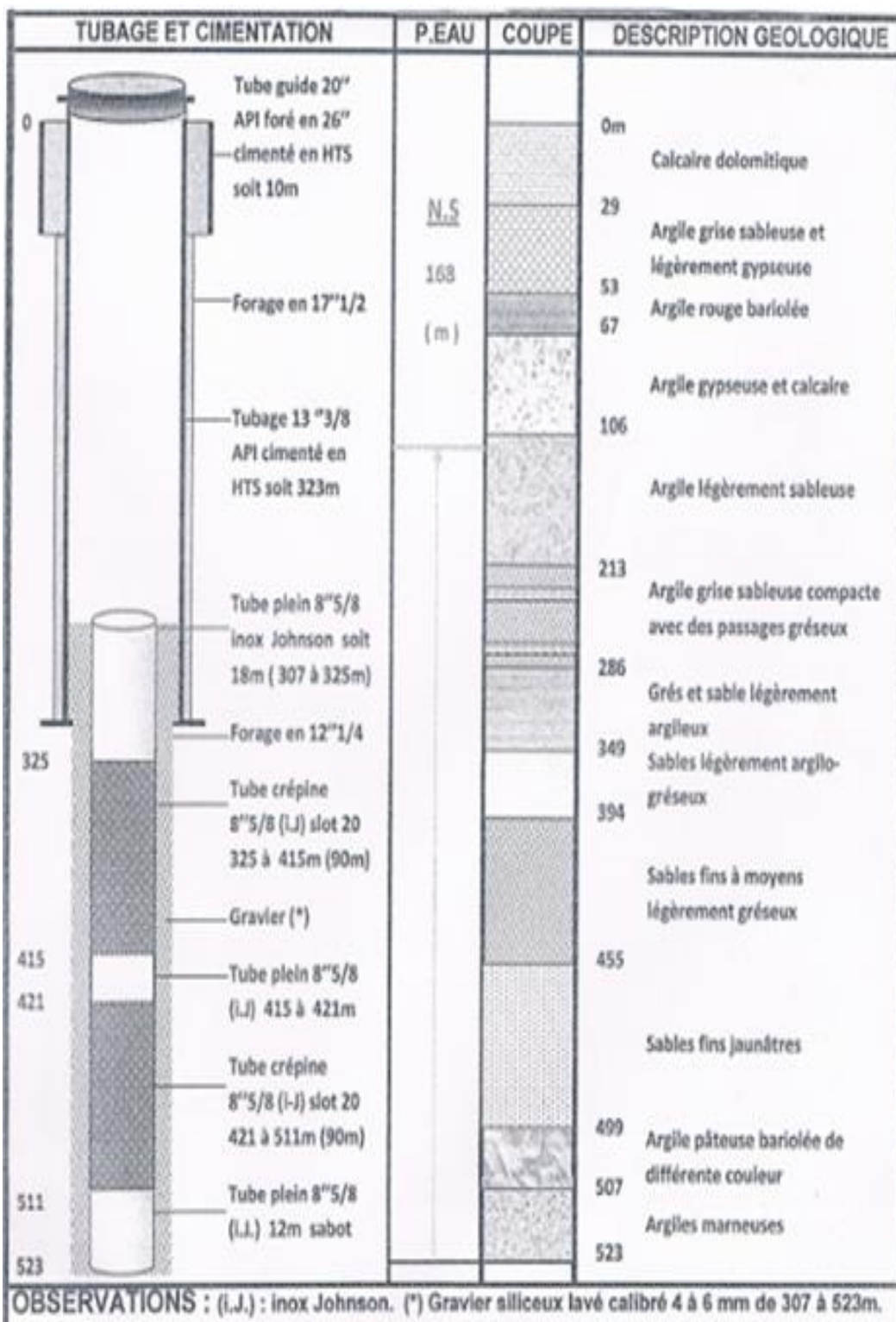


Figure. II.4. Coupe lithologique de forage Bouhraoua

## II.7. phase de l'injection de fluide de forage

### II.7.1. Boue à la bentonite

La boue est confectionnée par le malaxage de l'argile et de l'eau, jusqu'à atteindre une densité de  $d = 1.20$ . L'argile utilisée est de la Bentonite (cf. photo n° II.12).

**Tableau. II.6.** Caractéristiques de la boue utilisée

Nombre des sacs de bentonite	Le poids	Volume d'eau	Densité
400 sac	1 sac = 40 kg	10 m <sup>3</sup>	1.20



**Photo. II.12.** Les sacs de bentonite

### II.7.2. Rôles des fluide de forage appelé « Boue »

- circule à l'intérieur du train de tige ;
- Refroidit l'outil à son passage ;
- Consolide les parois du trou ;
- Maintien les effluents des réservoirs traversés ;
- Remonte les déblais des terrains forés en surface.

## **II.8. Caractéristiques de la boue de forage**

### **II.8.2 Les caractéristiques rhéologiques**

La viscosité : une viscosité élevée provoque des difficultés pour le pompage de la boue, alors qu'une boue à viscosité moins élevée perd sa propriété pour consolider les parois.

Une boue possédant une viscosité correcte permet : d'avoir un outil bien dégagé, une bonne remontée des cuttings , réduire les pertes de charge dans le train de sonde et le dépôt plus rapide des cuttings dans les fosses de décantation.

### **II.8.3. Circuits de fluides de forage**

La circulation de fluides dans le forage s'opère par :

#### **II.8.3. 1 Circulation normale**

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

#### **II.8. 4. La fosse à boue**

La fosse à boue constitue une réserve de fluide de forage et permette son recyclage par décantation (cf. photo n° II.13).

##### **II.8.4.1 Le dimensionnement la fosse**

Le dimensionnement la fosse à boue se fait en fonction de la profondeur du forage à réaliser.

Le dimensionnement la fosse utilisée est :

- Largeur (m) = 4.40 m
- Longueur (m) = 5.60 m
- Profondeur (m) = 1 m



**Photo. II.13.** La fosse à boue utilisée dans la réalisation de forage.

### II.9. Tubages

Le débit d'exploitation espéré et la profondeur finale à atteindre conduisent à déterminer les caractéristiques des outils de forage et le diamètre des tubages à utiliser (cf. photo n° II.14). D'autre part, en fonction du débit souhaité, le choix de la pompe immergée imposera le diamètre des tubages.

**Tableau. II.7.** Les tubages utilisés

Tubages	Diamètre	Langueur	Les phases
1 tube	22"	10 m	entre 0 à 10 m
26 tubes	13" <sup>3/8</sup>	12 m	entre 10 à 323 m



**Photo. II.14.** Tubages

### **II.9.1 Mise en place du tubage**

Les risques d'effondrement pouvant être importants, le tubage est mis en place le plus rapidement possible. Le trou de forage ne doit pas rester longtemps sans protection au risque de perdre le forage (effondrement du trou). Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépinés) est établi en fonction de la coupe géologique du forage ou sont notées les différentes "couches" de terrain et les venues d'eau. Des essais de diagraphie (résistivité électrique, gamma ray, neutron) peuvent être effectués avant l'équipement pour améliorer le plan de captage, spécialement dans les formations sédimentaires (forage rotary) où il est parfois difficile d'identifier les horizons argileux.

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

- Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage (dépôts des cuttings en suspension dans la boue lors de l'arrêt de la circulation ou parfois effondrement), il faut donc en tenir compte en réduisant la longueur du tubage de 0.5 à 1 mètres par rapport à la profondeur réelle forée.
- Le dernier tube doit dépasser d'environ 0.5 mètres au dessus de la surface du sol.
- Les longueurs de tube pouvant varier avec le filetage, il est conseillé de mesurer chaque longueur de tube pour établir un plan précis avec un captage 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 riper le long des parois.
- Il sera recommandé de boucher le fond du forage en faisant descendre du ciment depuis la surface.

## II.10. Cimentation

### II.10.1. Opération de cimentation

Suite à la descente du tubage qui à été effectué dans des bonnes conditions, le chef du chantier à ordonné d'installé la tête de cimentation et de procéder à la circulation de la bous pour bien l'espaces entre le trou et le tubage (espaces annulaires) (cf. figure n° II.4).

L'objection de la cimentation c'est d'désoler le terrien mort et le venue d'eau de la surface (pollution de la nappes), l'opération à débit é le matin ont malaxant 400 sac avec 9 m<sup>3</sup> d'eau de gâchage , ce qui donne une volume de laitier de ciment de 16 m<sup>3</sup> d'une densité de  $d=1.68$  , le volume de laitier ciment nécessaire à été déterminé suivant la formule suivant(conventionnel) :

$$V=H/2[d^2_1- d^2_2] \text{ (en litres)}$$

Dont :

**H** : profondeur de trou

**d1** : diamètre de trou en puce.

**d2** : diamètre de tubage en puce.

La mise en place du laitier de ciment à été effectué par son injection par la pompe à bous sous une forte pression suivie par la bous de chasse d'un volume de 40 m<sup>3</sup>.qui est équivalent au volume de tubage mise en place.

L'injection ne sera interrompue qu'avec l'apparition du laitier ciment à jour et fin de la quantité de bous chasse calculé.

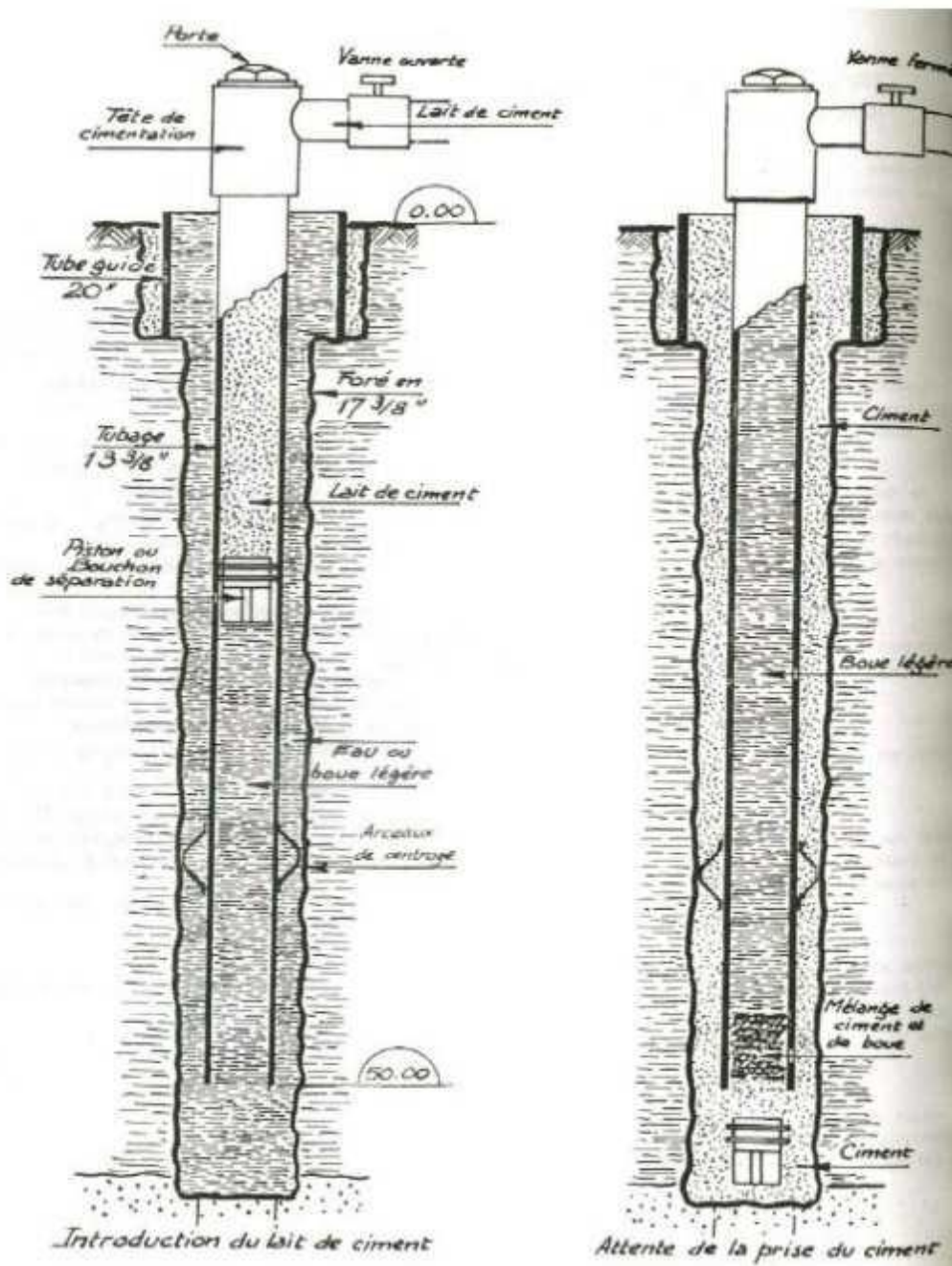


Figure. II.5. Opération de cimentation

**II.11 Crépines**

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

- Avoir une longévité maximale.
- Induire des pertes de charge minimales.

Il existe plusieurs types de crépines industrielles en acier:

- Crépines à trous ronds : utilisé en terrains durs, mais de faible densité de perforation ou de vide (10%).
- Crépine à trous oblongs : avec des fentes rectangulaires verticales, de largeur au moins égale à l'épaisseur de la tôle, longueur standard 3 cm, mais de faible densité de perforation (10 à 20%).
- Crépine à prussiennes, avec des perforations rectangulaires horizontales, formant auvent, de bonne résistance mécanique, mais de faible pourcentage de perforation.
- Crépine à nervures repoussées, types très fréquemment utilisé, réalisé à plat puis roulé et soudé, de bonne résistance mécanique du fait du faible enlèvement de métal, de pourcentage de vide variant de 3 à 27% selon les dimensions des ouvertures pratiquées.

### II.11.1. Type de crépine utilisé

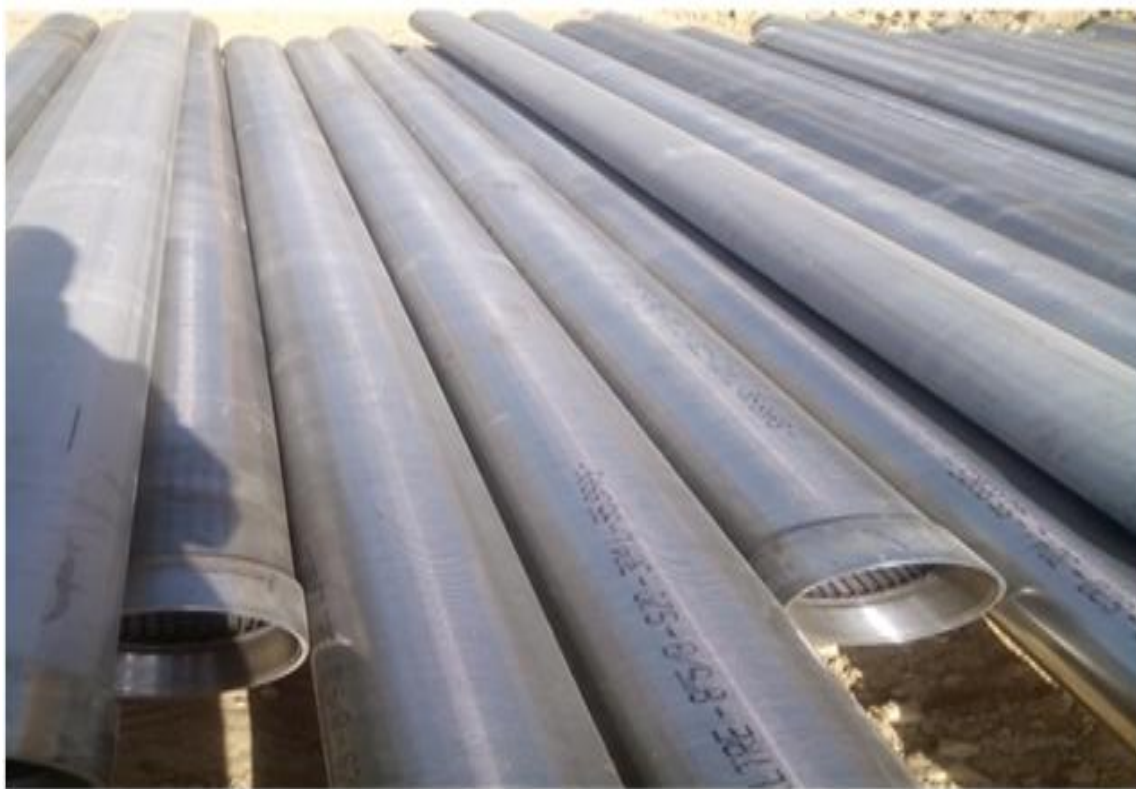
Crépine type Johnson (cf. photo n° II.14), à ouverture horizontale continue sur toute la longueur de la crépine, obtenue par enroulement en hélice d'un « fil enveloppe profile » soudé sur des génératrices métallique verticales.

**Tableau. II.8.** Mise en place de crépine

Cotes	Nature des tubes	Longueur	Nombre
307 à 325m	Tubes pleins inox 8"5/8	18 m	03 tubes
325 à 415m	Tubes crépines inox 8"5/8	90 m	15 tubes
415 à 421m	Tubes pleins inox 8"5/8	06 m	01 tube
421 à 511m	Tubes crépines inox 8"5/8	90 m	15 tubes
511 à 523 m	Tubes pleins inox 8"5/8	12 m	02 tubes

Les avantages principaux de telle crépine sont :

- La régularité et la précision des ouvertures.
- Les faibles risques de colmatage.
- Le coefficient d'ouverture le plus élevé par rapport aux autres crépines.



**Photo. II.15.** Crépine de Johnson

### **II.11.2. Descente de sabots**

Cette pièce avec le raccord droite-gauche peut servir à descendre la crépine et éventuellement son tube d'extension, si l'on n'utilise pas le dispositif à baïonnette. Si la crépine se trouve arrêtée dans la descente, on injecte de l'eau sous pression ou de la boue pour faciliter cette descente. Si le gravier additionnel est déjà introduit, l'injection de l'eau provoque le creusement du gravier et permet à la crépine de descendre sous le poids du train de tige.

### **II.11.2 Les rôles du gravier additionnel**

Le rôle du gravier additionnel est :

- D'augmenter les débits d'exploitation,
- De diminuer les vitesses d'écoulement
- D'éviter le risque d'érosion en évitant l'entée des sables fins.



**Photo. II.15:** Gravier additionnel en utilisée

### **II. 11.3. Descente de massif filtrante**

C'est une opération très importante dans la réalisation du forages parce qu'elle permis d'augmenter la perméabilité autour de la crépine aussi que l'augmentation de la productivité de forage (débit de la pompe) et de diminué le rabattement dans le forage.

Le volume du gravier nécessaire est calculé comme suite :

**V gravier nécessaire = V de trou réalisé dans l'aquifère (12''<sup>1/4</sup>) – V crépine (08''<sup>5/8</sup>)**

$$\mathbf{V \text{ gravier nécessaire} = 10 \text{ m}^3}$$

Les articles technique de cahier de charge ont exige un gravier de nature siliceux à graine enrobé et de diamètre inferieur de 3mm (granulométrie de l'albien inferieur 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 metre le gravier avec une quantité minime qui va descente sur l'effet de gravité jusqu'à le fond on remplisse l'espace annulaire (trou crépine) .

### **II.12.développement pneumatique :**

Cette méthode est la plus efficace si elle est bien adaptée et bien conduite. Elle présente l'avantage de n'entraîner aucune détérioration du matériel employé. Elle permet de combiner l'action de flux et de reflux provoquée par de grands volumes d'air introduit dans l'ouvrage avec celle de mise en production par air lift (éjecteur ou émulseur).

**II.12.1.Mode opératoire :**

La méthode à forage ouvert :

L'opération consiste à alterner les phases de pompage et de soufflage brusque.

Cette dernière phase est réalisée en descendant le tube d'air à l'air lift l'intérieur de la crépine.

Pour faciliter la manœuvre, le robinet d'air doit être du type « à boisseau », à ouverture et fermeture rapides « au quart de tour ». On procède ainsi :

- Descendre le pied du tube d'eau à 0.60m environ du sabot de la crépine.
- Descendre ensuite le tube d'air de façon que sa base soit à environ 0.30m au dessus de celle du tube d'eau.
- Fermer l'air et laisser la pression s'écouler l'eau pulsée par l'air -lift, jusqu'à ce qu'elle ne contienne plus de sable.
- Fermer l'air et laisser la pression monter au maximum au compresseur.
- Pendant ce temps, descendre le sabot du tube d'air à environ 0.30m au-dessous du sabot du tube d'eau, soit 6m plus bas que précédemment, et à 0.30m du fond de la crépine.
  - Ouvrir brusquement, le robinet d'air. L'eau sera violemment projetée au-dehors par le tube d'eau et par le casing, mais pendant un temps très court.
  - Remonter en suite le tube à sa première position, ce qui provoque un violent reversement de flux dans le tube d'eau et une grande turbulence dans la formation autour de la crépine. L'eau éjectée par air-lift s'écoule, très trouble, par le tube d'eau.
  - Quand l'eau est redevenue claire, remonter le tube d'eau 0.60m à 1m et recommencer les opérations précédentes pour traiter la formation au nouveau niveau du sabot du tube d'eau, et ainsi de suite, sur toute la hauteur de la crépine.
  - Il sera alors nécessaire de redescendre le tube d'eau à sa première position afin de sortir, par air-lift, le sable qui s'est déposé tout au fond de la crépine.
- Lorsque l'eau, extraite à ce dernier stade, sort claire, sans sable, on peut considérer que l'opération est terminée.

**Remarque :** on utilise le compresseur de 16 bars pour injecter l'air -lift .

**Conclusion**

La méthode utilisée pour réaliser un forage dans ce projet c'est ROTARY, cette méthode est largement utilisée par les foreurs dans la région, car elle est adaptée à la géologie de la région, dont il existe des roches calcaires dures plus de 100 m d'épaisseur et des couches tendres et plastiques d'une épaisseur de 300m (cénomane).

# CHAPITRE III

---

## Essai de pompage

**Introduction**

Dans ce chapitre nous avons mis le point sur les essais de pompage, qui permettent de définir les caractéristiques des réserves et de l'ouvrage réalisé ainsi que les conditions optimales d'exploitation.

**III.1. Essai de pompage**

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'emménagement,
- le rayon d'action du pompage.

**III.1.1. 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.

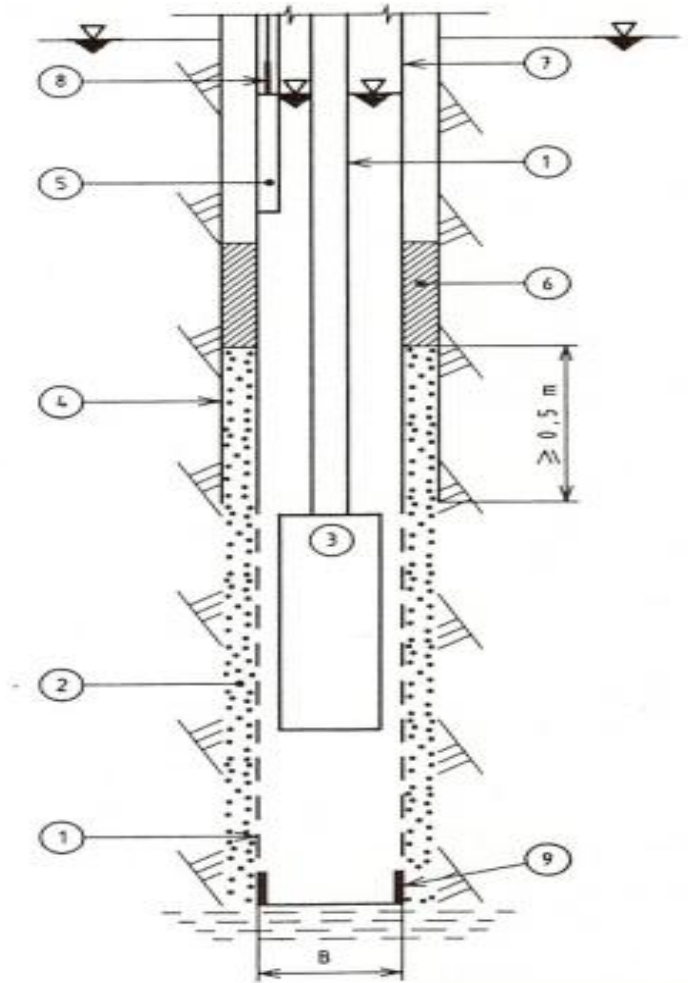
Par expériences, trois paliers avec débits croissants, dont chacun de deux heures sont Suffisants

**III.1. 1. Essais de pompage de longue durée :**

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 remontée du niveau doit être observée pendant une durée égale..



- 1 – Tube crépiné
- 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 )



**Figure. III.1.** Équipement d'un puits pour essai de pompage

## III.2. Essai de débit

### III.2.1. Programme des essais de débit

Les essais de pompage (ou débit) ont été effectués en trois phases.

- La première phase comporte un essai à blanc .
- La deuxième phase comporte trois paliers enchainés de 08 heures chacun suivi d'une remontée du niveau initial de 12 heures .

**Tableau. III.1.** Les trois palières enchainés

N°1	$Q_1 = 15 \text{ l/s}$	Durée de 08 heures
N°2	$Q_2 = 20 \text{ l/s}$	Durée de 08 heures
N°3	$Q_3 = 25 \text{ l/s}$	Durée de 08 heures

- La troisième phase comporte n essai définitif ( longue durée ) de 72 heures avec un débit constante de 30 l/s suivi d'un remontée du niveau initial de 12 heures .

### III.2.2. Résultats des essais de débits

**Tableau. III.2.** Résultats des essais de débits

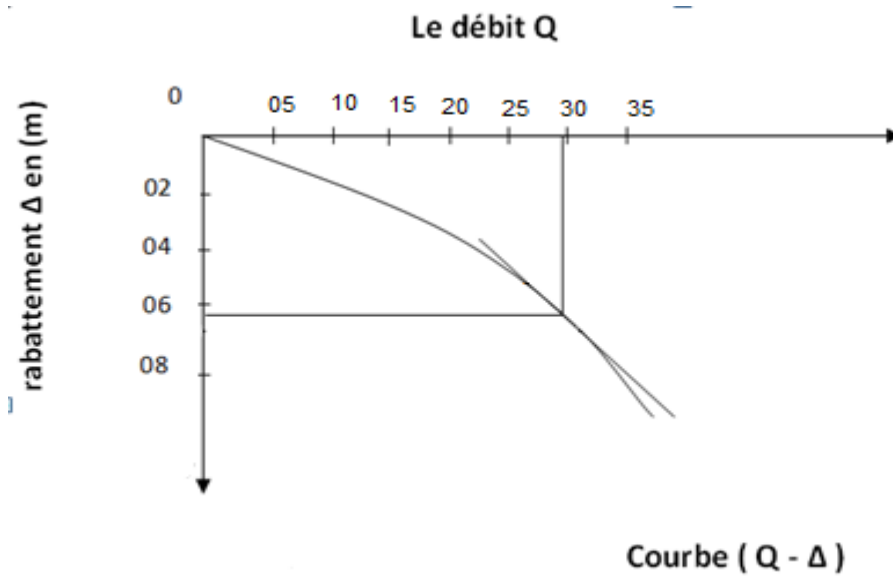
Paliers N°	Niveau dynamique (m)	Rabattement $\Delta$ (m)	Débit (l/s)	Débit spécifique
P <sub>1</sub>	170.00	02.00	15	07.50
P <sub>2</sub>	171.84	03.84	20	05.21
P <sub>3</sub>	173.50	05.50	25	04.55
P <sub>ct</sub>	175.00	07.00	30	04.29

Le débit spécifique =  $Q/\Delta$  en l/s/m ou  $10^{-3} \cdot \text{m}^2/\text{s}$  .

### III.3. Interprétation des résultats

#### III.3.1. Débit critique

Le débit critique est la limite de la zone de proportionnalité des débit avec les dénivellation , voir courbe (Figure .III.2.) .



**Figure .III.2.** courbe de rabattement en fonction de débit ( Q - Δ )

Débit critique  $Q_{cri} = 29 \text{ l/s}$

Qui corresponde à un rabattement de 06.50 m et un niveau dynamique de 174.5 m .

### III.3.2. Le débit spécifique

Après utilisation du logiciel AQUIFER TEST le débit spécifique est déterminé par la méthode d'analyse spécifique capacity ( Q - Δ ) conçue pour la phase par palier .

Débit spastique  $Q_{spe} = 03.00 \text{ E-3 (m}^2/\text{s)}$

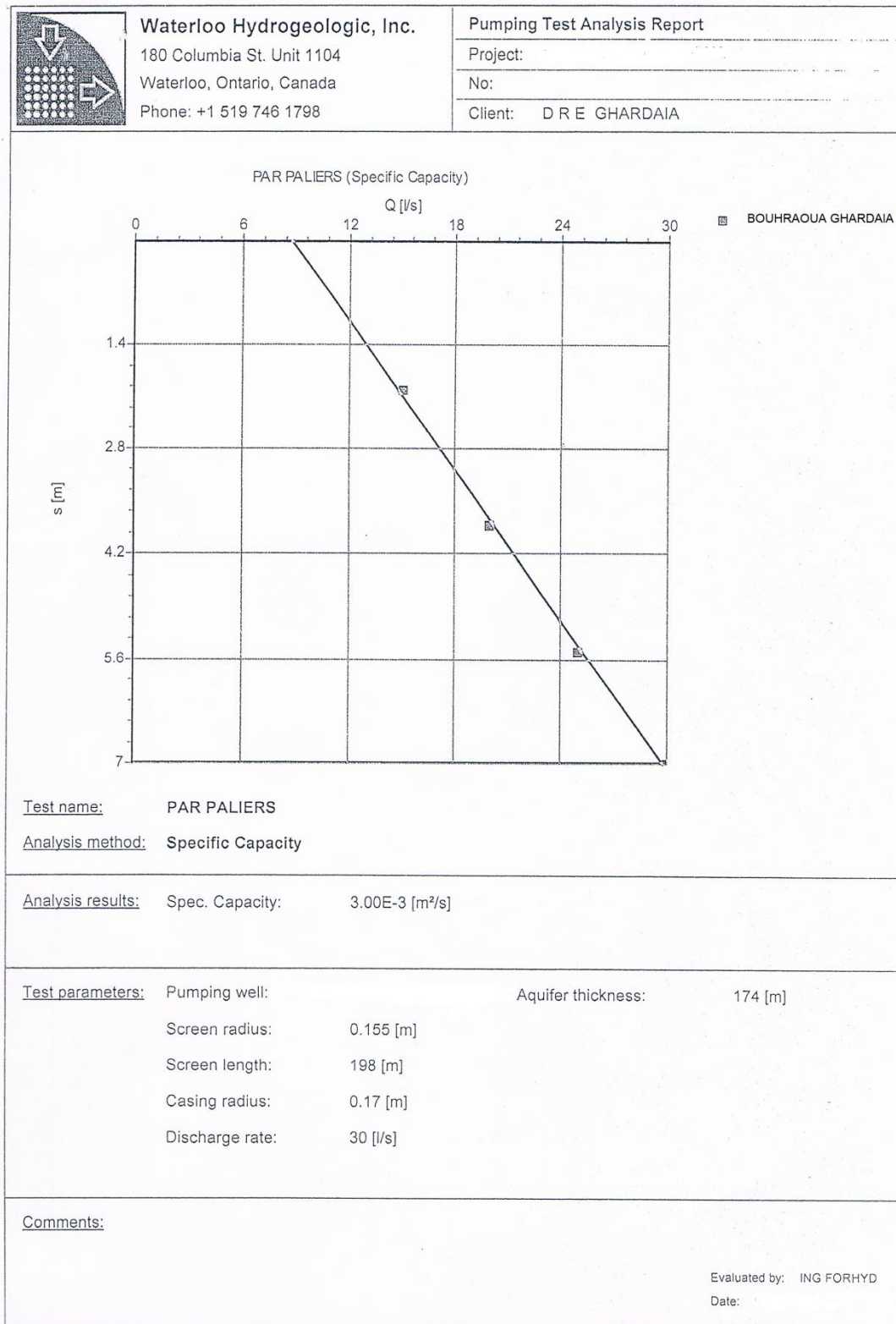


Figure .III.3. courbe de rabattement en fonction de débit pour la phase par palier

**III.3.3. Transmissivité et conductivité**

Les résultats de la phase finale, essai définitif (longe durée ) figurent sur le diagramme semi-log de la méthode d'analyse Cooper-Jacob Time–Drawdown de logiciel AQUIFER TEST conçue pour l'interprétation des essai de débit , donnant les paramètres tels que la transmissivité et la conductivité au cours de la phase Drawndown .

$$\underline{\text{Transmissivité } T = 01.06 \text{ E-2 ( m}^2/\text{s )}}$$

$$\underline{\text{Conductivité } Cd = 06.09 \text{ ( m/s )}}$$

Cd ou  $k_h$  ( perméabilité horizontale )

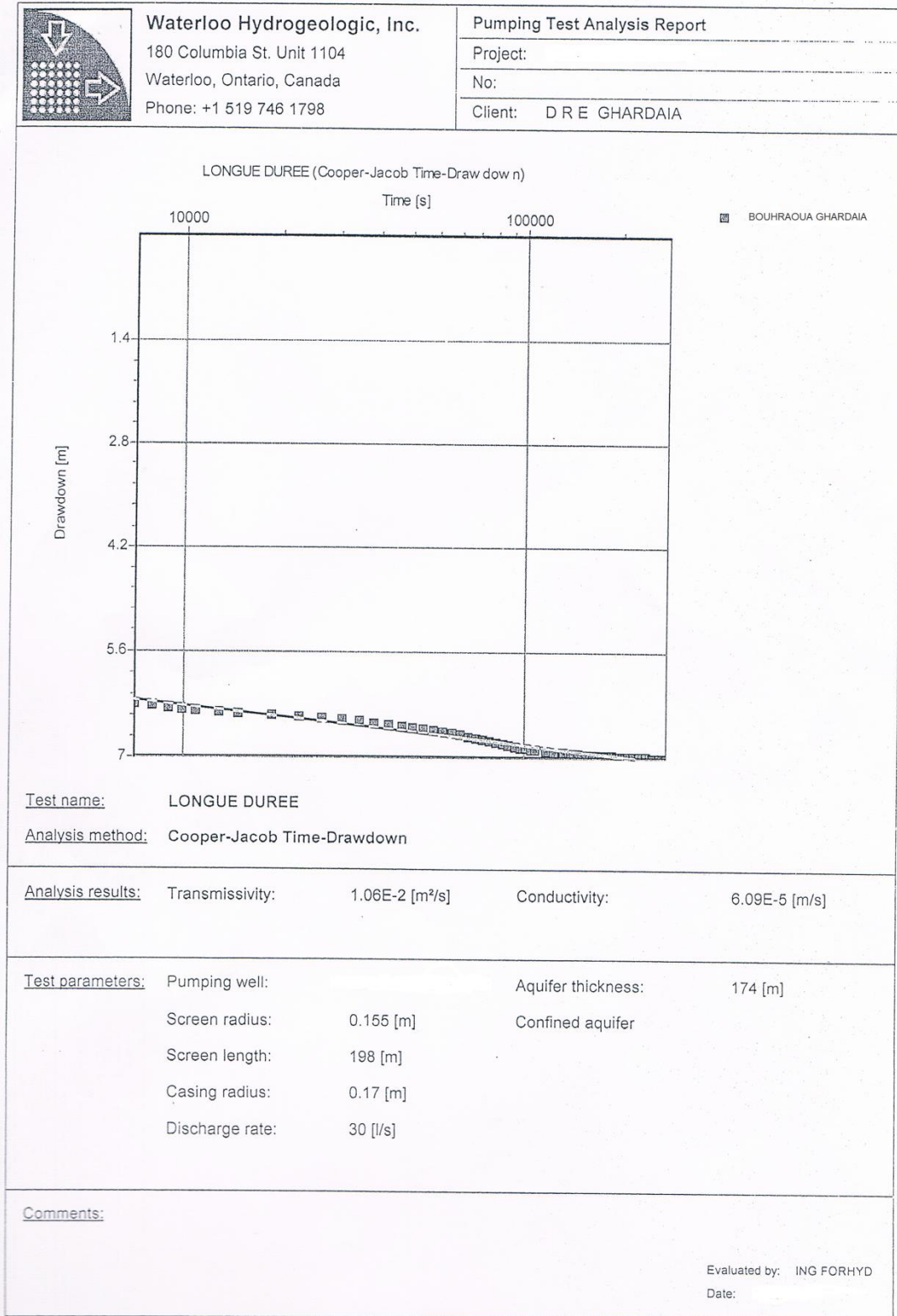

 Evaluated by: ING FORHYD  
 Date:
 

figure. III.4. le diagramme semi-log de la méthode Cooper-Jacob Time-Drawdown

**III.4.Caractéristiques du forage**

- Niveau statique : 168 m
- Niveau dynamique : 175 m
- Mesure débit compresseur : 30 l/s
- Essais réalisés avec pompe immergée de 52 KW .
- Un groupe électrogène de 150 KVA .
- Niveau relevé à la jauge électrique .
- Niveau dynamique : 175
- Débit mesurés avec un débit mètre électronique



**Figure. III.5.** Débit mètre

**Conclusion**

Les essais de puits exécuté sur le forage nous ont permis de déterminer ces caractéristiques hydrauliques ; qui sont le débit du forage et le niveau dynamique ; niveau statique ; rabattement ; rabattement spécifique et débit spécifique .

# CONCLUSION GENERALE

---



# CONCLUSION

## Conclusion:

La nécessité de l'eau pousse l'homme à penser de trouver les techniques d'apporter cette ressource et beaucoup plus dans les régions loin des eaux de surface. Parmi les importantes techniques, on trouve l'exploitation des eaux souterraines par le forage des puits.

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 Ain Mahmoud 2 à tebesbest. 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.

## Recommandations

Après notre suivi du forage du puits d'irrigation agricole dans la région Ain Mahmoud2 à tebesbest:

- \*s'intéresser beaucoup plus à la sécurité.
- \*maintenir les engins régulièrement.
- \*le bon aménagement avant de réaliser les travaux.
- \*prendre compte à la distance entre les puits

# BIBLIOGRAPHIE

---

# Bibliographies

- [1] : B. SOURISSEAU "Guide de bonne pratique et de contrôle des forages d'eau pour la protection de l'environnement" édition BRGM.
- [2] : ALBERT MABILOT "le forage d'eau ". Guide pratique
- [3] : P. MOTARD. Institut français de pétrole "forage rotary".
- [4] : JEAN.PAUL NGUYEN. Institut français de pétrole "forage".
- [5] : DIVISION NATIONALE DES EAUX MINÉRALES ET THERMALES "Le suivi du forage d'eau minérale Approche méthodologique". Novembre 1995.
- [6] : J.Y-HERVE, L.LGNATIADIS "nappes de l'albien et du néocomien" édition BRGM. novembre2007.
- [7] :B.BOUSELSAL. "TECHNIQUES DE FORAGE"
- [8] :G.P.KRUSEMAN, N.A DE RIDDER "pompages d'essai".
- [9] :E.GILLI/C.MANGAN/J.MUDRY. "Hydrogéologie".
- [10] : ANDRE DUPONT. "Hydraulique urbaine". tome2 .troisième édition 1974.
- [11] : JACQUES BONNIN "Hydraulique urbaine" .édition eyrolles1986.
- [12]: ANRH. "NOTE RELATIVE AUX RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES DE LA WILAYA DE GHARDAIA".JUN 2005
- [13]-(volet eau potable et industrielles évaluation de la demande en eau / rapport méthodologie page 45.mars 1997).
- [14]- fiche inventaire des forages – DRE Ghardaïa
- [15]:A.N.R.H., 2003. Notes relatives à l'étude de la nappe phréatique de la vallée du M'Zab, Rapport de l'Agence nati. res. hyd. Ouargla.
- [16]:A.N.R.H., 2005. Note relative aux ressources en eaux souterraines de la Wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nati. res. Hyd., Ouargla, 19p.
- [17]:A.N.R.H., 2009. Rapport de fin du sondage, Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa,63P

# ANNEXES

---

**Tableau. III.3.** Essai de pompage.

<b>Palier n°1</b>		<b>Durée : 8 Hrs</b>		<b>débit : 15 l/s</b>
Date	Heure	Minute	Niveau dynamique	Rabattement(m)
		00	168.00	0
		01	168.92	0.92
		03	169.12	0.2
		05	169.23	0.11
		07	169.42	0.19
		09	169.49	0.07
		11	169.56	0.07
		13	169.62	0.06
		15	169.68	0.06
		20	169.74	0.06
		25	169.79	0.05
		30	169.83	0.04
		40	169.86	0.03
		50	169.89	0.03
	1 H	00	169.91	0.02
		15	169.93	0.02
		30	169.94	0.01
		45	169.95	0.01
	1 H	00	169.96	0.01
		30	169.97	0.01
	1 H	00	169.98	0.01
		30	169.98	0
	1 H	00	169.99	0.01
	1 H	00	169.99	0
	1 H	00	169.99	0
	1 H	00	170.00	0.01
	1 H	00	170.00	0

**Tableau. III.4.** Essai de pompage

<b>Palier n°3</b>		<b>durée : 8 Hrs</b>		<b>débit : 25 l/s</b>	
Date	Heure	minute	Niveau dynamique	Rabattement(m)	
		00	171.84	0	
		01	172.30	0.46	
		02	172.55	0.25	
		03	172.71	0.16	
		05	172.85	0.14	
		07	172.96	0.11	
		09	173.04	0.08	
		11	173.11	0.07	
		13	173.17	0.06	
		15	173.22	0.05	
		20	173.27	0.05	
		25	173.31	0.04	
		30	173.34	0.03	
		40	173.37	0.03	
		50	173.39	0.02	
	1 H	00	173.41	0.02	
		15	173.43	0.02	
		30	173.45	0.02	
		45	173.46	0.01	
	1 H	00	173.47	0.01	
		30	173.47	0	
	1 H	00	173.48	0.01	
	1 H	00	173.48	0	
	1 H	00	173.49	0.01	
	1 H	00	173.49	0	
	1 H	00	173.50	0.01	
	1 H	00	173.50	0	

**Tableau. III.5.** Essai de pompage

<b>Remontée de trois paliers</b>		<b>durée : 12 Hrs</b>		
Date	Heure	minute	Niveau dynamique	Rabattement(m)
		00	173.50	0
		01	170.84	-2.66
		02	169.33	-1.51
		03	169.01	-0.32
		05	168.82	-0.19
		07	168.66	-0.16
		09	168.53	-0.13
		11	168.43	-0.1
		13	168.35	-0.08
		15	168.29	-0.06
		20	168.24	-0.05
		25	168.19	-0.05
		30	168.15	-0.04
		40	168.12	-0.03
		50	168.10	-0.02
	1 H	00	168.08	-0.02
		15	168.07	-0.01
		30	168.06	-0.01
		45	168.05	-0.01
	1 H	00	168.04	-0.01
		30	168.03	-0.01
	1 H	00	168.03	0
		30	168.02	-0.01
	1 H	00	168.02	0
		30	168.02	0
	1 H	00	168.01	-0.01
	1 H	00	168.01	0
	1 H	00	168.01	0
	1 H	00	168.00 NS	-0.01

	1 H	00	168.00	0
	1 H	00	168.00	0

**Tableau. III.6.** Essai de pompage

<b>Palier constant</b>		<b>durée : 72 Hrs</b>		<b>débit : 30 l/s</b>	
Date	Heure	minute	Niveau dynamique	Rabatement(m)	
		00	168.00	0	
		01	171.81	3.81	
		02	172.65	0.84	
		03	173.02	0.37	
		05	173.30	0.28	
		07	173.49	0.19	
		09	173.64	0.15	
		11	173.76	0.12	
		13	173.86	0.1	
		15	173.94	0.08	
		20	174.01	0.07	
		25	174.05	0.04	
		30	174.09	0.04	
		35	174.12	0.03	
		40	174.15	0.03	
		45	174.18	0.03	
	1 H	00	174.21	0.03	
		75	174.24	0.03	
		90	174.26	0.02	
		105	174.28	0.02	
	1 H	120	174.30	0.02	
		135	174.32	0.02	



		150	174.34	0.02
		165	174.36	0.02
	1 H	180	174.38	0.02
		210	174.40	0.02
	1 H	240	174.42	0.02
	1 H	300	174.44	0.02
	1 H	360	174.46	0.02
	1 H	420	174.48	0.02
	1 H	480	174.50	0.02
	1 H	540	174.52	0.02
	1 H	600	174.54	0.02
	1 H	660	174.56	0.02
	1 H	720	174.58	0.02
	1 H	780	174.60	0.02
	1 H	840	174.62	0.02
	1 H	900	174.64	0.02
	1 H	960	174.66	0.02
	1 H	1020	174.68	0.02
	1 H	1080	174.70	0.02
	1 H	1140	174.72	0.02
	1 H	1200	174.74	0.02
	1 H	1260	174.76	0.02
	1 H	1320	174.78	0.02
	1 H	1380	174.80	0.02
24 heures	1 H	1440	174.82	0.02
	1 H	1500	174.84	0.02
	1 H	1560	174.86	0.02
	1 H	1620	174.87	0.01
	1 H	1680	174.88	0.01
	1H	1740	174.89	0.01
	1H	1800	174.90	0.01
	2 H	1920	174.91	0.01

	2 H	2040	174.92	0.01
	2H	2160	174.93	0.01
	2 H	2280	174.94	0.01
	2H	2400	174.95	0.01
	2 H	2520	174.96	0.01
	2 H	2640	174.96	0
	2 H	2760	174.97	0.01
48 heures	2 H	2880	174.97	0
	2 H	3000	174.97	0
	2 H	3120	174.98	0.01
	2 H	3240	174.98	0
	2 H	3360	174.98	0
	2 H	3480	174.99	0.01
	2 H	3600	174.99	0
	3 H	3780	174.99	0
	3 H	3960	175.00	0.01
	3 H	4140	175.00	0
72 heures	3 H	4320	175.00	0

**Tableau. III.7.** Essai de pompage

<b>Remontée ( Palier constant )</b>		<b>durée : 8 Hrs</b>		<b>débit : 25 l/s</b>
Date	Heure	minute	Niveau dynamique	Rabattement(m)
		00	175.00	0
		01	171.79	-3.21
		03	170.80	-0.99
		05	169.78	-1.02
		07	169.43	-0.35
		09	169.17	-0.26
		11	168.96	-0.21
		13	168.80	-0.16
		15	168.68	-0.12

		20	168.58	-0.1
		25	168.50	-0.08
		30	168.43	-0.07
		40	168.36	-0.07
		50	168.30	-0.06
	H	00	168.25	-0.05
		15	168.21	-0.04
		30	168.18	-0.03
		45	168.15	-0.03
	H	00	168.13	-0.02
		30	168.11	-0.02
	H	00	168.09	-0.02
		30	168.07	-0.02
	H	00	168.06	-0.01
		30	168.05	-0.01
	H	00	168.04	-0.01
	H	00	168.03	-0.01
	H	00	168.02	-0.01
	H	00	168.01	-0.01
	H	00	168.01	0
	H	00	168.00 NS	-0.01
	H	00	168.00	0
	H	00	168.00	0

## Résumé :

La zone de Bouhraoua est située dans la wilaya de Ghardaïa au sud de l'Algérie, elle est soumise à un climat aride saharien, dont les précipitations sont très faibles et à température très élevées. Pour satisfaire les demandes d'alimentation en eau potable de cette zone, on recourt à l'exploitation de la couche du réservoir profond contenu dans la formation sableuse de l'Albien. Cette formation aquifère représente l'unique ressource en eau exploitable dans la région.

Pour atteindre et exploiter ce grand réservoir on recourt à l'exécution des sondages profonds par la technique Rotary qui est largement utilisé dans la région de Sahara.

Notre étude s'inscrit dans ce cadre au suivi technique de la réalisation d'un forage avec ces différentes étapes. Le suivi a été exécuté sur la base d'une étude géologique et hydrogéologique.

L'opération de suivi de la réalisation d'un forage Albien à Bouhraoua nous a permis de déterminer et comprendre les différentes caractéristiques et techniques du forage en question. Il sera destiné pour le renforcement du réseau d'eau potable de la localité de Bouhraoua.

**Mots clés :** forage, nappe, rotary, Bouhraoua, ressources en eau.

## ملخص:

تقع منطقة بوهراوة بولاية غرداية جنوب الجزائر بحيث تخضع لمناخ صحراوي جاف يتميز بارتفاع درجة الحرارة وقلة تساقط الأمطار. من أجل تغطية النقص في التزويد بالمياه الصالحة للشرب لسكانها نلجأ إلى استغلال طبقة الخزان العميقة ذات البنية الرملية، هذه الطبقة الجوفية (الأليمانية) تعد المورد الوحيد الذي يمكن استغلاله في المنطقة. من أجل استغلال هذا الخزان الكبير نلجأ إلى إنجاز آبار عميقة بواسطة الحفر بتقنية الروطاري التي تستخدم على نطاق واسع في المنطقة.

في هذا الإطار تهدف هذه الدراسة إلى المتابعة التقنية لعملية حفر البئر بمختلف مراحلها. تم إجراء هذه المتابعة على أساس الدراسة الجيولوجية والهيدروجيولوجية للمنطقة.

سمحت لنا النتائج بتحديد مختلف الخصائص الهيدروليكية والتقنية للبئر المذكور. بحيث سيتم تخصيصه لتعزيز شبكة المياه الصالحة للشرب للتجمع السكاني تافيلالت الواقع ببلدية بونورة ولاية غرداية.

**الكلمات المفتاحية :** الحفر, مستوى المياه الجوفية, روطاري, بوهراوة, الموارد المائية

## Summary :

The zone of Bouhraoua is located in the wilaya of Ghardaïa in the south of Algeria, it is subjected to a Saharan arid climate, a very weak rainfall and very high temperature. To satisfy the demands of drinking water supply in this area, we will have to resort to the exploitation of the layer of the deep tank content in the sandy formation of the Albien. This aquifer is the unique water resource exploitable in the region.

To achieve and exploit this large reservoir we will have to resort to the execution of deep surveys by the rotary technique that is widely used in the region of Western Sahara. Our study registers in this framework in the technical monitoring of the achievement of a borehole with these different steps. The follow-up has been performed on the basis of a study geological and hydrogeological.

The operation of monitoring of the realization of the Albien drilling Bouhraoua has allowed us to identify and understand the different features and techniques of drilling in question. It will be intended for the strengthening of the drinking water network of the locality of Bouhraoua.

**Key words:** drilling, the tablecloth, Rotary, Bouhraoua, water resources.