

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider- Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique



جامعة محمد خيضر - بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية والري

Réf : /2019

Mémoire de Master
2^{ème} année
Option : Hydraulique Urbaine

THEME

**ETUDE DIAGNOSTIQUES ET AUSCULTATION
DES FORAGES DE LA COMMUNE DE BEIDA
BORDJ DE LA WILAYA DE SETIF**

Etudiant :
Tahar MADACI

Encadreur :
Dr. Faouzi ABDASSAMAD

PROMOTION : Juin 2019

SOMMAIR

<i>Introduction générale</i>	6
------------------------------------	---

Chapitre I **Présentation Géographique et Climatique**

I.1	<i>Introduction</i>	7
I.2	<i>Présentation de la région d'étude</i>	7
I.2-1	<i>Situation Administrative et Géographique de chef-lieu</i>	7
I.2-2	<i>Relief</i>	8
I.3	<i>Contexte Géologie local et Géotechnique</i>	9
I.3-1	<i>Formations récents</i>	9
I.3-2	<i>Ensemble Allochtone Sud-Setifien</i>	9
I.4	<i>Climat</i>	11
I.4-1	<i>Température</i>	11
I.4-2	<i>Précipitations</i>	11

Chapitre II **Les techniques de Forage**

II.1	<i>Introduction</i>	13
II.2	<i>Les Techniques de Forage</i>	13
II.2.1	<i>Forage par battage</i>	13
II.2.1.1	<i>Les Avantages et les Inconvénients du battage</i>	14
II.2.2	<i>Forage rotary</i>	15
II.2.2.1	<i>Les Avantages et les Inconvénients du rotary</i>	16
II.2.3	<i>Forage Rotary en Circulation Direct en Circulation Inverse</i>	16
II.2.3.1	<i>Forage Rotary en Circulation Direct</i>	16
II.2.3.2	<i>Forage Rotary en Circulation Inverse</i>	18
II.2.3.3	<i>Les avantages et Les inconvénients du forage au rotary en circulation inverse et circulation direct</i>	18
II.2.4	<i>Forage au marteau fond de trou (MFT)</i>	19
II.2.4.1	<i>Les avantages et Les inconvénients des forages MFT</i>	20
II.2.4.1.1	<i>Les Avantages</i>	20
II.2.4.1.2	<i>Les Inconvénients</i>	20
II.3	<i>Equipement du Forage</i>	21
II.3.1	<i>Les Tubages pleins</i>	21
II.3.2	<i>Le Tubage crépine</i>	22
II.4	<i>Massif Filtrante</i>	22
II.5	<i>Cimentation</i>	23
II.5.1	<i>Cimentation par les tiges</i>	24
II.5.2	<i>Cimentation par le tube ancré</i>	25
II.5.3	<i>Cimentation par canne dans l'annulaire</i>	25
II.6	<i>Développement d'ouvrage</i>	26
II.6.1	<i>Développement par sur pompage</i>	26
II.6.2	<i>Développement par pompage alterné</i>	27
II.6.3	<i>Développement par pistonnage</i>	27
II.6.4	<i>Développement pneumatique</i>	27
II.7	<i>Les essais de pompage</i>	27
II.8	<i>Conclusion</i>	28

Chapitre III

Auscultation et diagnostic des forages

III .1	Introduction.....	29
III .2	Situation Géographique et aspect Géologique du secteur d'étude.....	29
III .3	Situation e l ouvrage	29
III .4	Réhabilitation des forages.....	30
III .5	Camera et diagraphies.....	30
III .5.1	Camera vidéo « un équipement essentiel à l'inspection ».....	30
III .6	Pompage.....	31
III .7	Démontage de la pompe.....	33
III .8	Réhabilitation des forages.....	34
III .8 .1	Forage OULED THAMEN « 02 ».....	34
III .8 .1.1	Lithologie.....	35
III .8 .1.2	Forage.....	35
III .8 .1.3	Tubage.....	36
III .8 .1.4	Remplissage.....	36
III .8 .1.5	Pompage et Démontage de la pompe.....	36
III .8 .1.6	Bulletin d'analyse physico-chimique.....	37
III .8 .1.7	Résultat de diagraphie	37
III .8.2	Forage OULED THAMEN « 01 ».....	44
III .8 .2.1	Lithologie.....	44
III .8 .2.2	Forage.....	45
III .8 .2.3	Tubage.....	45
III .8 .2.4	Remplissage.....	45
III .8 .2.5	Pompage et Démontage de la pompe.....	46
III .8.2 .6	Bulletin d'analyse physico-chimique.....	46
III .8.2 .7	Résultat de diagraphie	47
III .8.3	Forage CHOUADI.....	54
III .8.3.1	Problématique	56
III .8.3.2	Conclusion	58
III .8.4	Forage Tizroutinne	59
III .8.4 .1	Lithologie.....	59
III .8.4 .2	Forage.....	59
III .8.4.3	Tubage.....	60
III .8 .4.4	Remplissage.....	60
III .8 .4.5	Pompage et Démontage de la pompe.....	61
III .8 .4.6	Bulletin d'analyse physico-chimique.....	61
III .9	Conclusion.....	62

Chapitre IV

Les problèmes et les solutions proposées

« LES GRANDS TRANSFERTS D'EAU »

IV.1	Intérêt du projet	63
IV.2	Problèmes physiques rencontrés avec les forages et les pompes.....	63
IV.3	Les problèmes lies à nôtres forages	64
IV .3.1	Forages d'Oueled Thamen 01	64
IV .3.2	Forages d'Oueled Thamen 02	64
IV .3.3	Forages de Chouadi	64
IV .3.4	Forages de Tizeroutine	64

IV.4	<i>Présentation de l'étude (Solutions)</i>	65
IV.4.1	<i>Objet de l'étude</i>	66
IV. 4.2	<i>Caractéristiques hydraulique</i>	66
IV. 4.3	<i>Choix des pompe</i>	69
IV.4.4	<i>Vérification du coup de bélier</i>	71
IV.5	<i>Conclusion</i>	73
	<i>Conclusion générale</i>	74

LISTE DES FIGURES

Figure 1	<i>Zone D'étude</i>	7
Figure 2	<i>Commune de Beida Bordj</i>	8
Figure 3	<i>Contexte Géologie Local et Géotechnique de Beida Bordj</i>	9
Figure 4	<i>Situation Administrativement de la commune Beida Bordj</i>	10
Figure 5	<i>Température moyenne au site Beida Bordj</i>	11
Figure 6	<i>Le pluviomètre moyen annuel de station Beida Bordj</i>	11
Figure 7	<i>Forage du Battage</i>	14
Figure 8	<i>Forage du Rotary</i>	15
Figure 9	<i>Forage rotary circulation direct</i>	17
Figure 10	<i>Forage en circulation inverse</i>	18
Figure 11	<i>Forage MFT</i>	19
Figure 12	<i>Les tubages pleins</i>	21
Figure 13	<i>Les tubages crépines</i>	22
Figure 14	<i>Massif filtrante</i>	23
Figure 15	<i>Bentonite de forage</i>	24
Figure 16	<i>Cimentation par les tiges</i>	24
Figure 17	<i>Cimentation par le tube ancré</i>	25
Figure 18	<i>Cimentation par canne dans l'annulaire</i>	26
Figure 19	<i>Développement par pompage</i>	27
Figure 20	<i>Les essais de pompage</i>	28
Figure 21	<i>Caméra vidéo</i>	31
Figure 22	<i>Les Sondes</i>	32
Figure 23	<i>Démontage de la pompe</i>	33
Figure 24	<i>forage Ouled Thamen « 02 »</i>	34
Figure 25	<i>Forage de Ouled Thamen « 02 » de 50m à 175 m</i>	35
Figure 26	<i>Forage de Ouled Thamen « 02 » de 88m à 113 m</i>	37
Figure 27	<i>Résultat du diagraphie de forage de Ouled Thamen «02 »</i>	38-41
Figure 28	<i>les couches de terre de forage de Ouled Thamen « 02 »</i>	42
Figure 29	<i>Les couche de la terre de chaque mètre</i>	43
Figure 30	<i>Forage Ouled Thamen « 01 »</i>	44
Figure 31	<i>Résultat de diagraphie de forage Ouled Thamen «01 »</i>	47-53
Figure 32	<i>Zone de forage Chouadi Vue par satellite</i>	54
Figure 33	<i>Forage Chouadi de 19m à 76 m</i>	55
Figure 34	<i>Forage Chouadi de 6m à 30 m</i>	56
Figure 35	<i>Forage Chouadi de 31 m à 34 m</i>	57
Figure 36	<i>Forage Chouadi de 69m à 73 m</i>	57
Figure 37	<i>Forage Chouadi de 76 m</i>	58
Figure 38	<i>Forage Tizeroutine</i>	59
Figure 39	<i>Schémas d'exploitation des champs captant de CHAABA-EL HAMRA Ain Azel</i>	65
Figure 40	<i>Grand transfert d'eau potable de Chaaba el Hamra vers Beida Bordj</i> ...	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	<i>Précipitations journalières maximales</i>	12
Tableau 2	<i>Situation géographique et aspect géologique du secteur d'étude</i>	29
Tableau 3	<i>Situation de l'ouvrage</i>	29
Tableau 4	<i>Lithologie</i>	35
Tableau 5	<i>Caractéristiques forage Ouled Thamen « 02 »</i>	35
Tableau 6	<i>Tubage Forage Ouled Thamen « 02 »</i>	36
Tableau 7	<i>Remplissage Forage Ouled Thamen « 02 »</i>	36
Tableau 8	<i>résultat de ce forage Ouled Thamen « 02 »</i>	36
Tableau 9	<i>Bulletin d'analyse physico-chimique forage Ouled Thamen « 02 »</i>	37
Tableau 10	<i>Lithologie de forage Ouled Thamen « 01 »</i>	44
Tableau 11	<i>Caractéristiques forage Ouled Thamen « 01 »</i>	45
Tableau 12	<i>Tubage forage Ouled Thamen « 01 »</i>	45
Tableau 13	<i>Remplissage forage Ouled Thamen « 01 »</i>	45
Tableau 14	<i>le résultat de ce forage Ouled Thamen « 01 »</i>	46
Tableau 15	<i>Bulletin d'analyse physico-chimique forage Ouled Thamen « 01 »</i>	46
Tableau 16	<i>Lithologie de forage Tizeroutine</i>	59
Tableau 17	<i>Caractéristique forage Tizeroutine</i>	59
Tableau 18	<i>Tubage forage Tizeroutine</i>	60
Tableau 19	<i>Remplissage forage Tizeroutine</i>	60
Tableau 20	<i>le résultat de ce forage Tizeroutine</i>	61
Tableau 21	<i>Bulletin d'analyse physico-chimique forage Tizeroutine le 02/06/2011.</i> ..	61
Tableau 22	<i>Bulletin d'analyse physico-chimique forage Tizeroutine le 18/09/2015.</i>	62
Tableau 23	<i>Frais d'amortissement</i>	67
Tableau 24	<i>Frais d'exploitation</i>	68
Tableau 25	<i>Consommation en kwh du moteur et prix de l'exploitation</i>	68
Tableau 26	<i>Le Bilan</i>	68

RESUME

La ville de Beida Bordj s'est dotée par un nombre important de forage pour l'alimentation en eau potable.

L'objectif de cette étude est l'auscultation de ces ouvrages hydrauliques à travers le Diagraphie et la caméra vidéo, et les analyses physico-chimique et de donner un diagnostic aux différents problèmes, ceci peut servir comme un outil d'aide à la décisif et la bonne gestion de ressource souterraine.

En raison de la chute des nappes des eaux dans cette zone et des coûts de creusement des puits et de réhabilitation. Il est devenu nécessaire de recourir d'autres solutions plus modernes et moins coûteuse, qui constituent « les Grands Transferts D'Eau ».afin de répondre a la demande croissante en eau.

ABSTRACT

The city of Beida Bordj is endowed with a large number of boreholes whether it is for the drinking water .

The objective of this study is the auscultation of these hydraulic structures through the video camera and diagraphie, and physicochemical analysis to give a diagnosis to the various problems, this can serve as a decisive help tool and the good management of resources underground.

Due to the low level of groundwater in this area and with the high costs of digging wells and preparing them, it is necessary to resort to other solutions modern and less expensive, which is the « Major Transfert Of Water ».In order to meet the growing demand of drinking water.

ملخص

تحتوي بلدية بيبضاء برج على عدد كبير من أنقَاب المياه، التي تم حفرها من أجل التزويد بالمياه الصالحة للشرب.

الهدف من هذه الدراسة هو معاينة وتشخيص المشاكل الموجودة في بعض الآبار بواسطة عملية التصوير (Diagraphie) و كاميرا فيديو (Ondoscopie) و كذا التحاليل الفيزيوكيميائية للمياه و التي يمكن أن تكون أداة مساعدة في تشخيص وتحديد مشاكل الآبار في وقت قصير وبدقة. ونظرا لانخفاض مستوى المياه الجوفية في هذه المنطقة و مع ارتفاع تكاليف حفر الآبار وتجهيزها وتجهيزها أصبح من الضروري اللجوء إلى حلول أخرى أكثر حداثة وأقل تكلفة والتي تتمثل في التحويلات الكبرى للمياه قصد تلبية الطلب المتزايد على الماء.

Introduction générale

La commune de Beida bordj a connu ces dernières années un accroissement rapide de la population et un important développement urbain. Cette situation a engendré une grande demande de mobilisation de la ressource en eau potable tant quantitative et qualitative.

La diversité urbaine de la commune de Beida Bordj (Urbaine, Agglomération, Rurale) nécessite des nombreuse Forages (12 Forages qui constitue les principaux ressources en eau dans la Commune) pour couvrir tout les besoins de la zone de Beida Bordj.

Cependant, malgré ce nombre de ressources en eau locales, il est considéré comme insuffisant en raison du faible niveau des eaux souterraines, en plus des coûts élevés d'achèvement et de maintenance périodique des forations.

Dans ce cadre, l'état à entrepris un vaste programme de réalisation des grands projets de transfert de l'eau potable dans le sud de la wilaya de Sétif pour le renforcement de l'alimentation en eau potable.

Cette présente étude s'articule sur quatre volets principaux :

Nous débuterons notre travail par une présentation générale du site ainsi que ces différentes caractéristiques à savoir : la situation Géographique, le contexte géologique et géotechnique, la situation climatique, les précipitations, la température.

Le deuxième chapitre tourne autour des forages d'eau, les différentes techniques de forage les plus utilisé dans la région, nous traiterons aussi les différents équipements (tubage pleine et crépine, massif filtrant, cimentation...) ainsi que les méthodes de développement d'ouvrages et l'essai de pompage.

Le troisième chapitre sera consacré sur le suivis des forages d'eau dans la région de Beida Bordj ; les procédures de réalisation des forages réels dans la région de Beida Bordj, ainsi que les rapports des quatre forages réalisés dans la région, depuis le démarrage de forage jusqu'au la mise en marche de la pompe d'eau.

Dans le quatrième et dernier chapitre nous le consacrons à l'étude du Grand transfert d'eau de Chaàba El- Hamra, commune d'AIN AZEL vers Beida Bordj comme une solution aux problèmes constatés dans nos Forages.

Chapitre I

Présentation Géographique et Climatique

BEIDA BORDJ est une des anciennes communes de la wilaya de Sétif est limite par :

- Au Sud/Est par les communes de : **RAHBAT**, **TALKHAMT** et **OULED SELLAM** Wilaya de Batna
- AU Nord par la commune de : **TELLA** Wilaya de Sétif.
- A l'ouest par la commune de : **AIN AZEL**, **AIN LAHDJAR** Wilaya de Sétif .

La commune de Beida Bordj est située à 30 Km d'El-Eulma et de 60 Km de Sétif.

Selon la carte d'état-major **BEIDA BORDJ NI-31-XXIV-2 OUST – CARTE D'ALGERIE :1/50 000 (1995)**, le périmètre de l'étude est cadre par les coordonnées kilométrique PROJECTION (U.TM) suivantes :

La commune BEIDA BORDJ est limitée Géographiquement par les coordonnées UTM fuseau 31S :

$$X1 = 739000 \text{ m.} \qquad X2 = 741850 \text{ m.}$$

$$Y1 = 3973800 \text{ m.} \qquad Y2 = 3976440 \text{ m.}$$

Avec une altitude moyenne d'environ 800m (NGA)

I .2.2 Relief

En raison de sa diversité bioclimatique et de ses espaces caractérisés principalement par des zones plaines et de montagnes.



Figure 02 : Commune de Beida Bordj

I.3 Contexte Géologie local et Géotechnique

L’implantation du projet situe au Sud/Est de BEIDA BORDJ traverse les terrains sédimentaires donc on distingue les types de formations suivantes : (voir la figure 03)

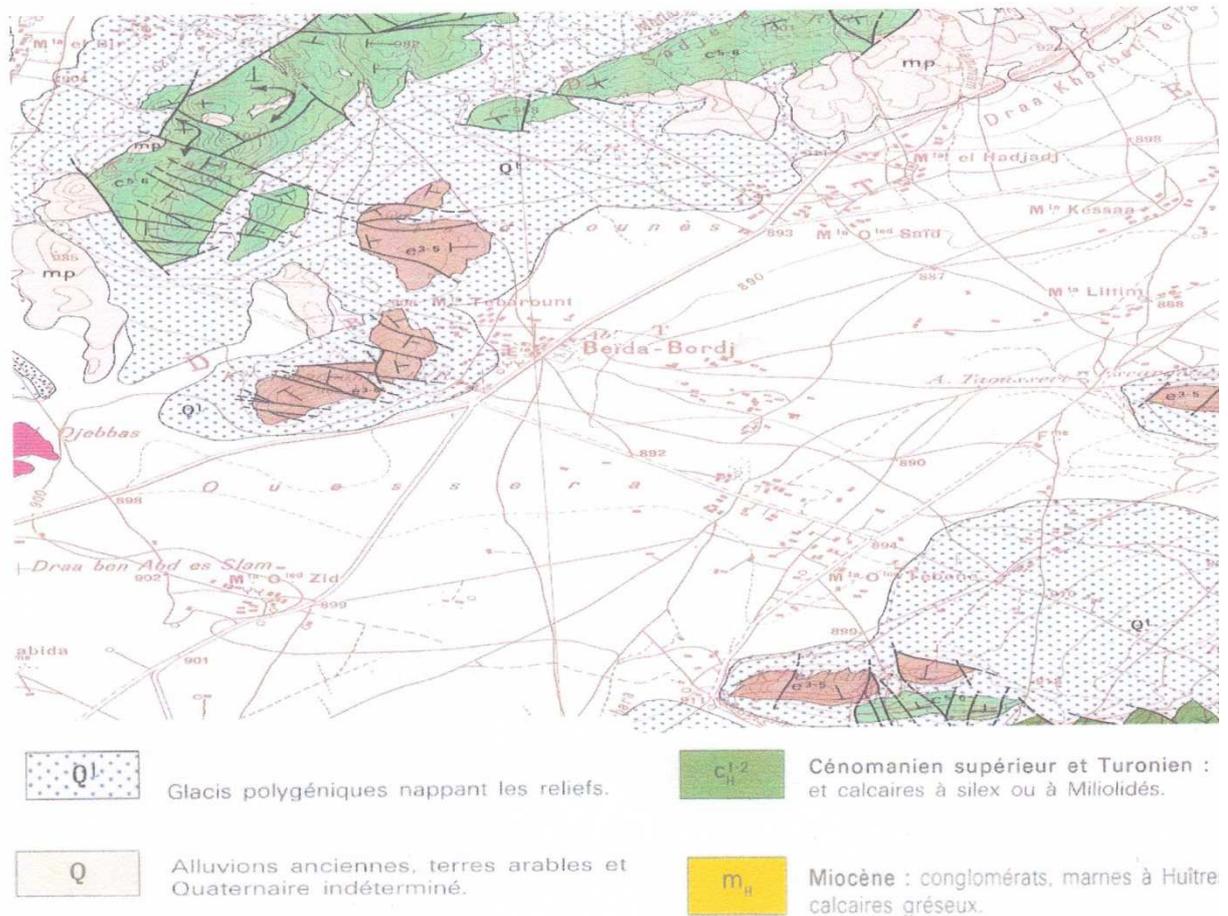


Figure 03 : Contexte Géologie Local et Géotechnique de Beida Bordj [2]

I.3.1 Formations récents

- Alluvion anciennes, terres arables et quaternaire indéterminé.
- Glacis polygénique nappant les reliefs.

I.3.2 Ensemble allochtone sud- Setifien

- Miocène : marne jaunes, grés roux, conglomérant.
- Sénonien supérieur : calcaire gréseux roux et bios parités jaunes a orbitoïdes .

Les sols de fondation relatifs au projet sus cite à BEIDA BORDJ sont représentés par des argiles limoneuses et des sols pulvérulents, masqués par une couche de terre arable de 0.40m d’épaisseur.

Du point de vue géotechnique, le sol de fondation montre des résistances en pointe moyen des le premier mètre, supérieur à 50 bar ; ce qui dénote la bonne capacité portante du sol support.

Les valeurs de la contrainte admissible sont de (1,5 – 2,5) bar pour le sol pulvérulent rencontre.

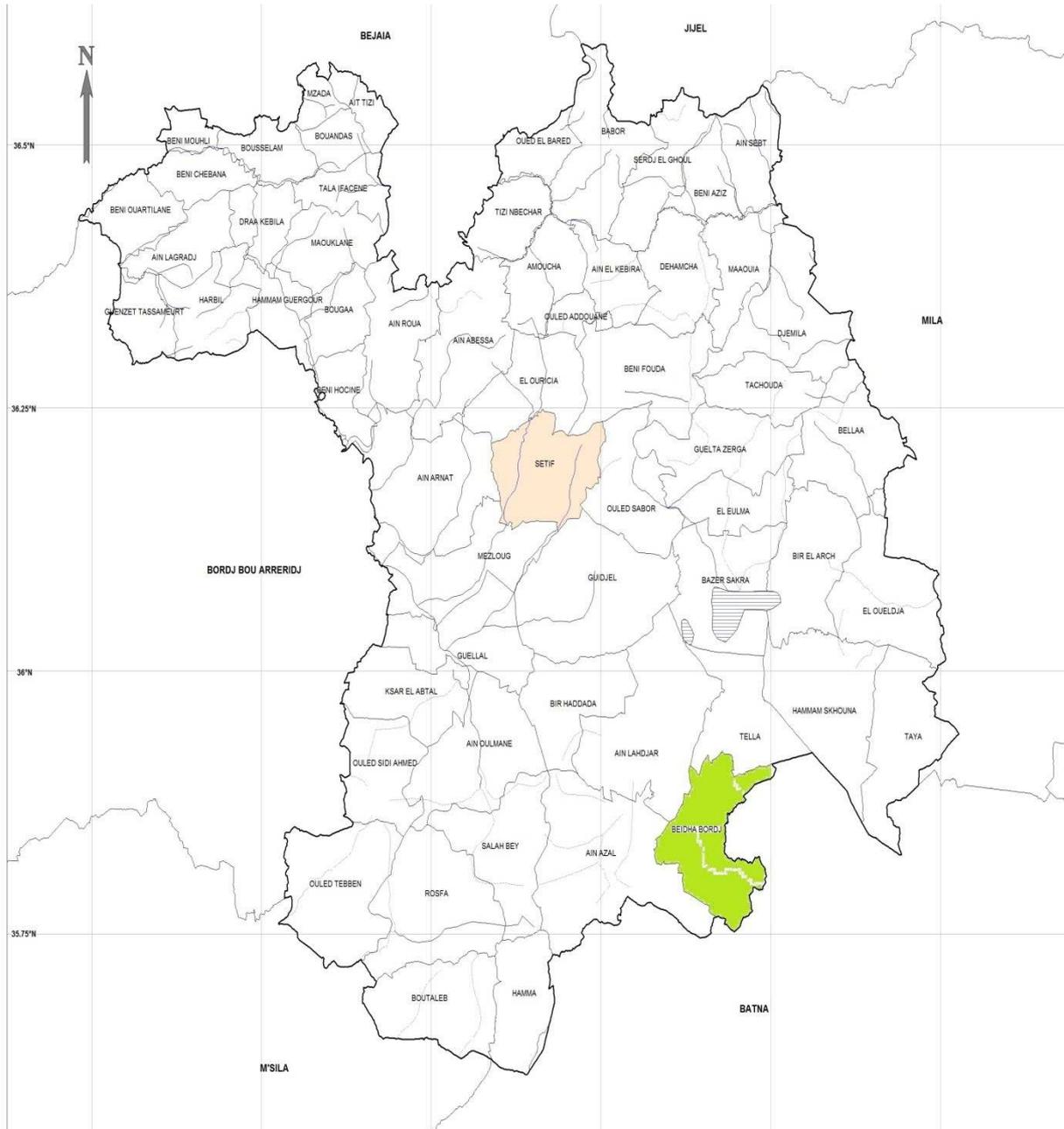


Figure 04 : Situation Administrativement de Beida Bordj [3]

I.4 Climat

I.4-1 Température

L’aperçu du climat montre la température moyenne mensuelle .la ligne rouge est la moyenne de la température maximale, tandis que la ligne bleue est la température minimale moyenne. On constate que la température moyenne égale 14,9°c.

Les statistiques climatiques sont basées sur les météorologique de la dernière décennie.

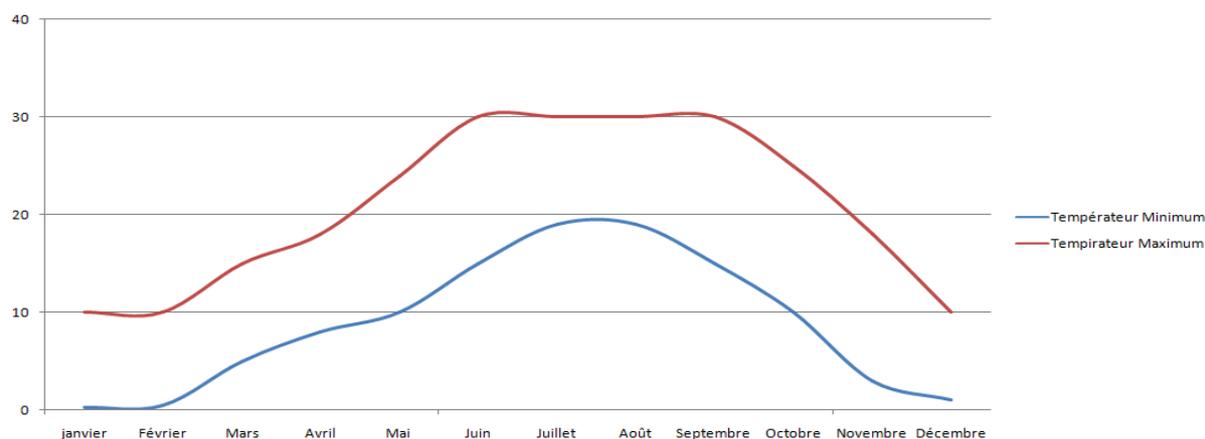


Figure 05 : Température moyenne au site Beida Bordj. [3]

I.4.2 Précipitations

Les colonnes bleues montrent des jours de précipitation moyenne par mois. Une journée avec des précipitations est définie comme étant de plus de 01 mm dans les dernières 24 heures. Précipitations climatique statistiques sont fondées sur les données météorologiques de la dernière décennie. Le pluviomètre moyen annuel de Beida Bordj est 380 mm.

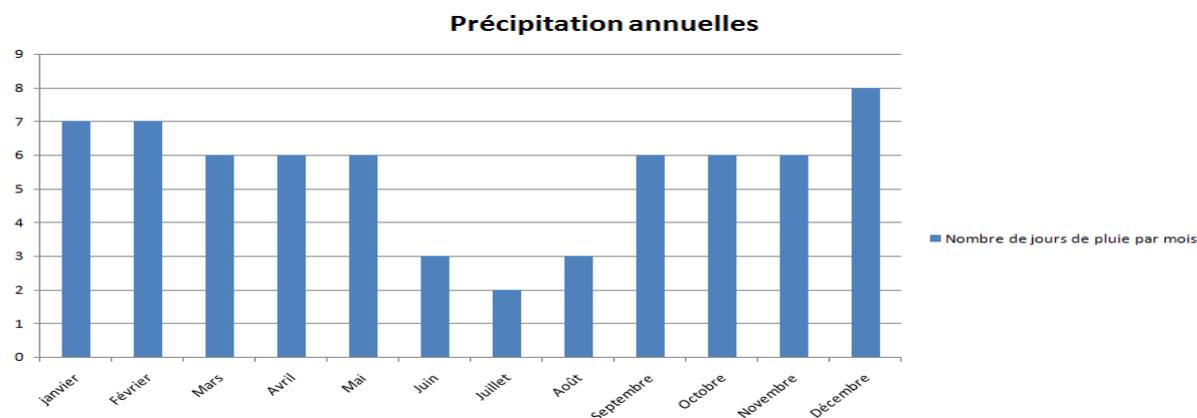


Figure 06 : Le pluviomètre moyen annuel de station Beida Bordj. [3]

Tableau N°01 : Précipitations journalières maximales.

Année	PJ max(mm)	Année	PJ max(mm)
1983	6	1999	20,4
1984	52	2000	38,4
1985	28,4	2001	16,8
1986	57,6	2002	41
1987	52,2	2003	35
1988	29,4	2004	40
1989	62	2005	19
1990	43	2006	40,9
1991	50	2007	40
1992	31,7	2008	21,5
1993	25,8	2009	24,2
1994	27,9	2010	27,4
1995	33,8	2011	33,8
1996	26,5	2012	27,8
1997	26,6	2014	52,2
1998	20,03	/	/

Chapitre II

Les techniques de Forage

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous découvrirons le matériel et les méthodes qui entrent dans la réalisation des « forages en petit diamètre ». A propos de ce sujet tous les forages réalisés en un diamètre doivent être exploités avec une pompe. Il existe quatre méthodes de perforation qui permettant de réaliser ce type de forage.

- ❖ Le battage, méthode beaucoup plus polyvalente mais qui n'est plus guère employée que dans les roches sédimentaires depuis l'introduction du marteau fond de trou pour la réalisation des forages d'eau dans le socle.
- ❖ Le forage au rotary à la boue adapté aux formations sédimentaires et accessoirement le forage carotté.
- ❖ La percussion rapide à l'air comprimé au marteau fonde de trou adapté aux roches dures et que l'on ne peut séparer du rotary à l'air.
- ❖ Forage rotary circulation direct.

II.2 Les Techniques de Forage [4]

Il existe de nombreuses méthodes de foration dont la mise en œuvre les techniques de forage adaptées aux conditions des terrains rencontrés Le choix technique dépend de plusieurs paramètres :

- Les caractéristiques géologiques des terrains : roches dures et massives, roches Tendres et friables...
- La profondeur à atteindre
- Le diamètre souhaité.

La partie suivante précisera les modalités de sélection de ces méthodes selon les critères usuels pour le domaine de l'eau minérale.

II.2.1 Forage par Battage

La méthode consiste à soulever un outil lourd (trépan) et à le laisser retomber sur le terrain à traverser. La hauteur et la fréquence de chute varient selon la dureté des formations. On distingue deux types de battages : le battage au treuil et le battage au câble. Cette dernière méthode est la plus courante. Le trépan est suspendu à un câble qui est alternativement tendu et relâché. Les mouvements sont rapides et le travail de l'outil se fait plus par un effet de martèlement dû à l'énergie cinétique que par un effet de poids comme pour le battage au treuil. Un émerillon permet au trépan de pivoter automatiquement sur lui-même à chaque

coup. Le trou est nettoyé au fur et à mesure de l'avancement par descente d'une soupape permettant de remonter les débris (cuttings).

Ce procédé permet de réaliser des forages sans utilisation d'eau ou de boue.

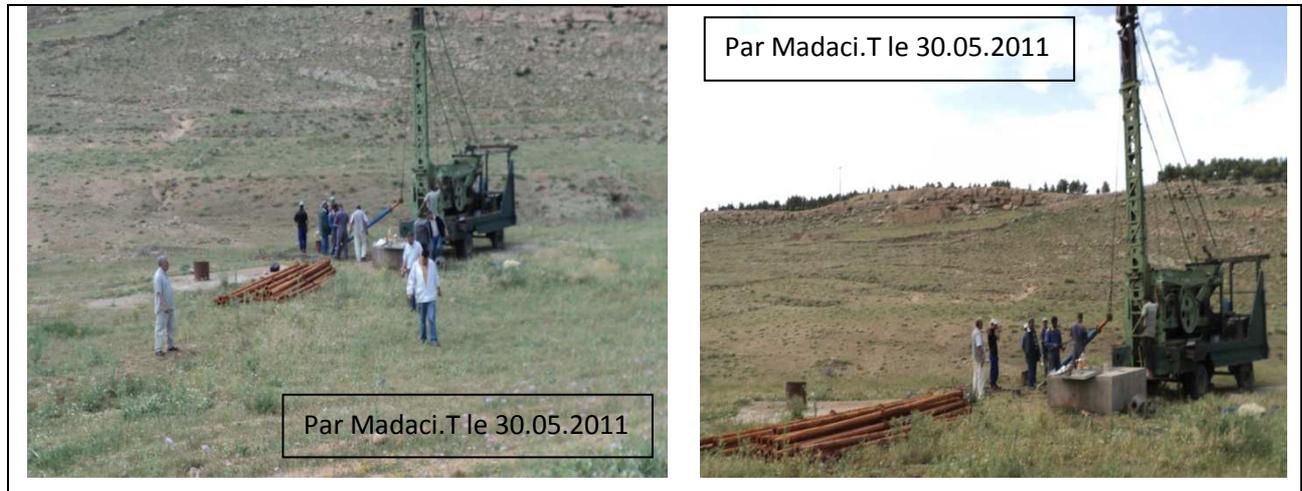


Figure 07:Fourage du Battage

II .2.1.1 Les Avantages et les Inconvénients du battage

Avantages du battage	Inconvénients du battage
<ul style="list-style-type: none"> -Investissement moins important. -Energie dépensée faible. -Facilité de mise en oeuvre. -Pas de boue de forage. -Récupération aisée d'échantillons. -Nécessite moins d'eau (40 à 50 l/h) et de n'importe quelle qualité. -La détection de la nappe même à faible pression est facile. -Pas de problèmes dans des zones fissurées (risque lié aux pertes de boue). 	<ul style="list-style-type: none"> -Le forage s'effectue en discontinue (forage puis curage de cuttings et ainsi de suite). -Forage lent. -Difficultés pour équilibrer les pressions d'eau jaillissante. -Absence de contrôle de la rectitude. -Pas de possibilité de faire le carottage.

II.2.2 Forage rotary

Elle est relativement récente, ses premières utilisations remontent au 1920. La technique rotary est utilisé 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 tri lame) 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 fournie principalement par le poids des tiges au-dessus de l'outil.



Figure 08:Forage du Rotary

II.2.2.1 Les Avantages et les Inconvénients du rotary

Les Avantages	Les Inconvénients
<p>-La profondeur du forage peut être très importante, la foration n'est pas perturbée par les terrains peu stables ou plastiques, sous réserve de l'utilisation d'un fluide de forage adapté.</p> <p>-Ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids de l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, débit d'injection de la boue) en fonction des terrains à traverser.</p> <p>-Le forage au rotary consolide les parois en terrains meubles par dépôt d'un cake.</p>	<p>-Nécessité d'un fluide de forage qui ne permet pas d'observation directe de qualité des eaux des formations traversées.</p> <p>-Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite).</p> <p>-Difficulté d'observation des cuttings, la présence de tamis vibrants en circuit retour diminue sensiblement cet inconvénient.</p>

II.2.3 Forage Rotary en Circulation Direct en Circulation Inverse

II.2.3 .1 Forage Rotary en Circulation Direct

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

Le mouvement de rotation est imprimé au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la machine de forage en tête de puits. Les tiges sont creuses et permettent l'injection de boue au fond du forage. Les outils utilisés en rotation sont des trépans de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, molettes ou tricône, outils diamantés ou à carbures métalliques).

Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou. Le forage rotary nécessite l'emploi d'un fluide de forage préparé sur le chantier. Dans le cas de la circulation directe, le fluide est injecté en continu sous pression dans les tiges creuses de la ligne de sonde, il sort par les événements de l'outils et remonte à la surface dans l'espace annulaire (entre les tiges et les parois du trou).



Figure 09 : Forage rotary circulation direct

II.2.3.2 Forage Rotary en Circulation Inverse

Cette méthode de forassions diffère des méthodes précédentes par une circulation du fluide (boue, eau ou air) dans l'espace annulaire (entre la formation et les tiges) avec remontée des cuttings par l'intérieur du train de tiges. Il existe également des tiges à double parois qui assurent l'injection et la remontée du fluide par l'intermédiaire des seules tiges.



Figure 10 : Forage en circulation inverse

II.2.3.3 Les avantages et Les inconvénients du forage au rotary en circulation inverse et circulation direct

Les Avantages	Les Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -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 forassions. -Facilité de mise en place de la crépine. -Bons rendements dans les terrains tendres. 	<ul style="list-style-type: none"> -Nécessite beaucoup d'eau. -Nécessite un grand investissement (matériel très importants). -Seuls 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

<p>-Consommation économique de l'énergie</p>	<p>des eaux des formations traversées. -Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite).</p>
--	--

II.2.4 Forage au Marteau Fond de Trou (MFT)

Cette méthode de forage utilise la percussion assortie d'une poussée sur l'outil, qui se trouve lui-même en rotation. L'énergie utilisée pour actionner cet outillage est l'air comprimé à haute pression (10-25 bars). C'est un procédé très intéressant en recherche hydrogéologique et principalement en terrains durs. Un marteau pneumatique équipé de taillants est fixé à la base d'un train de tiges et animé en percussion par envoi d'air comprimé dans la ligne de sonde, d'où le nom de "marteau fond de trou".



Figure11:Fourage MFT

II.2.4.1 Les avantages et Les inconvénients des forages MFT

II.2.4.1.1 Les Avantages

- Avancement rapide et profondeur d'investigation pouvant les 300 m de profondeur (fonction du diamètre et la puissance du compresseur d'air).
- Bonne observation des cuttings (coupe géologique et des zones productrices (suivi foration)
- Fluide de forage (air) bien adapté au forage d'eau en général de par l'absence de produit de foration (pas d'interférence entre la ressource et des boues ou de l'eau).

II.2.4.1.2 Les Inconvénients

- Le fluide (air) peut perturber en foration les observations relatives à la qualité du fluid d'un niveau producteur par oxydation d'éléments ou en occultant des venues de gaz la confirmation de la qualité du fluide (eau et gaz) d'un niveau producteur doit fréquemment être réalisée par pompage associée
- Interprétation délicate du niveau de production d'un horizon reconnu (débit) par mesure en soufflage (air lift) à l'aide de l'équipement de foration M.F.T quant aux débit des horizons traverses, doivent être prises en compte avec réserve. Il convient de considérer que les débit obtenus en foration à l'air sont toujours optimistes.
- procédé peu adapté dans les terrains non consolidés ou plastiques.
- Risque de formation de bouchon de cuttings, nécessitant de fréquents nettoyages du trou par soufflage . Ce phénomène n'existe pas lorsque l'ouvrage est totalement sec ou lorsque le débit des niveaux producteurs est suffisant pour permettre un bon nettoyage par circulation.
- Nécessité d'utilisation de compresseurs très puissant voire de supresseurs en cas de foration sous des hauteurs d'eau importants.
- Mauvais indentification de chaque niveau producteur en cours de foration, le fluide recueilli en tête d'ouvrage intégrant l'ensemble des horizon traverse .

II.3 Equipement du Forage

Trois éléments essentiels constituent l'équipement de forage d'exploitation sont, Les tubages pleins, les crépines ou tubages perforés et le massif filtrant.

II.3.1 Les tubages pleins

La fonction de tube plein est de canaliser l'eau depuis la ressource jusqu'en surface, de tenir mécaniquement les terrains traversés, de participer à l'individualisation de l'eau captée du reste du forage ou de la surface et de permettre la fixation du matériel de tête d'ouvrage (supportée la pompe immergée, raccordement au réseau de surface). 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. D'autre part, en fonction du débit souhaité, le choix de la pompe immergée imposera le diamètre des tubages.



Figure 12 : Les tubages pleins

II.3.2 Le Tubage Crépine

La crépine constituée 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 d'exploitation, avoir une longévité maximale et induire des pertes de charge minimales. Il existe plusieurs types de crépines industrielles en acier.



Figure 13: Les Tubage Crépine

II.4 Massif Filtrante

C'est une opération très importante dans la réalisation du forage parce qu'elle permet d'augmenter la perméabilité autour de la crépine aussi que l'augmentation de la productivité du forage (débit de la pompe) et de diminué le rabattement dans le forage. Le volume du gravier nécessaire est calculé comme suite :

Calcule du volume du gravier, d'après la formule empirique :

$$V=h.0,8(D^2-d^2)$$

avec :

V=volume de gravier, en litres

h=hauteur du massif de gravier, en mètre

D=diamètre du trou, en pouces

d= diamètre des tubes, en pouces



Figure 14: Massif Filtrante

II.5 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.
- ❖ Isolé l'aquifère à exploiter, des autres aquifères (cas des aquifères superposés).

- ❖ La longévité de l'installation. Il existe plusieurs méthodes de cimentation



Figure 15 : Bentonite de forage

II.5.1 Cimentation par les tiges

Le tubage à cimenter est muni d'un sabot destructible équipé d'une balle plastique (de la grosseur d'une balle de tennis) faisant office de valve. Le ciment injecté sous pression par les tiges pénètre dans l'espace annulaire par l'orifice du sabot qui est obturé par la balle dès l'arrêt de l'injection.

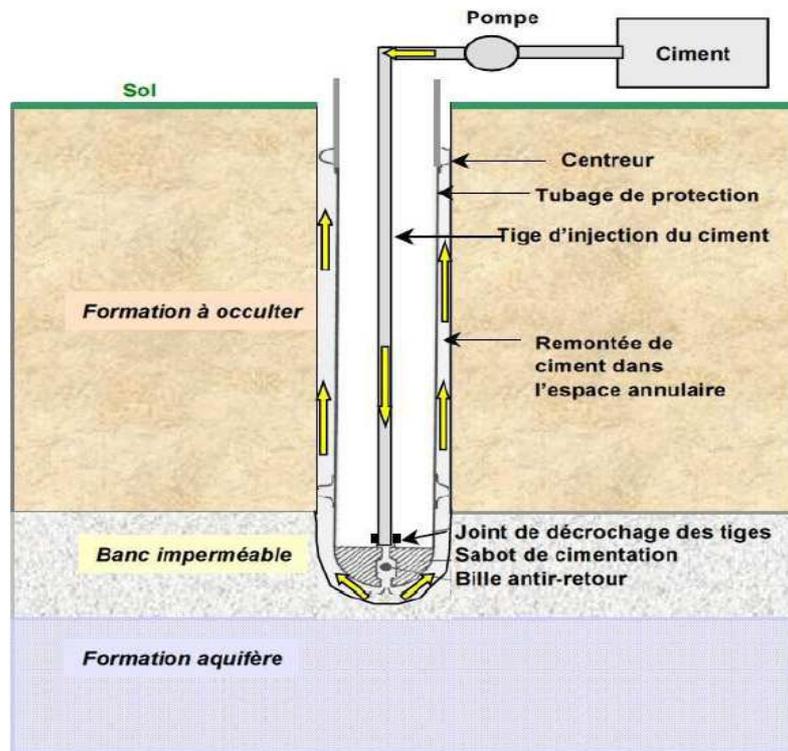


Figure 16 : Cimentation par les tiges[5]

II.5.2 Cimentation par le tube ancré

A la base du tubage à cimenter des fenêtres ont été préalablement percées pour permettre la circulation de boue puis de ciment. Le volume théorique de ciment est introduit dans l'ouvrage et remonte dans l'espace annulaire sous la pression d'un joint séparateur poussé par un volume d'eau ou de boue et qui vient obturer les fenêtres de pied de tubage lorsque la cimentation est terminée.

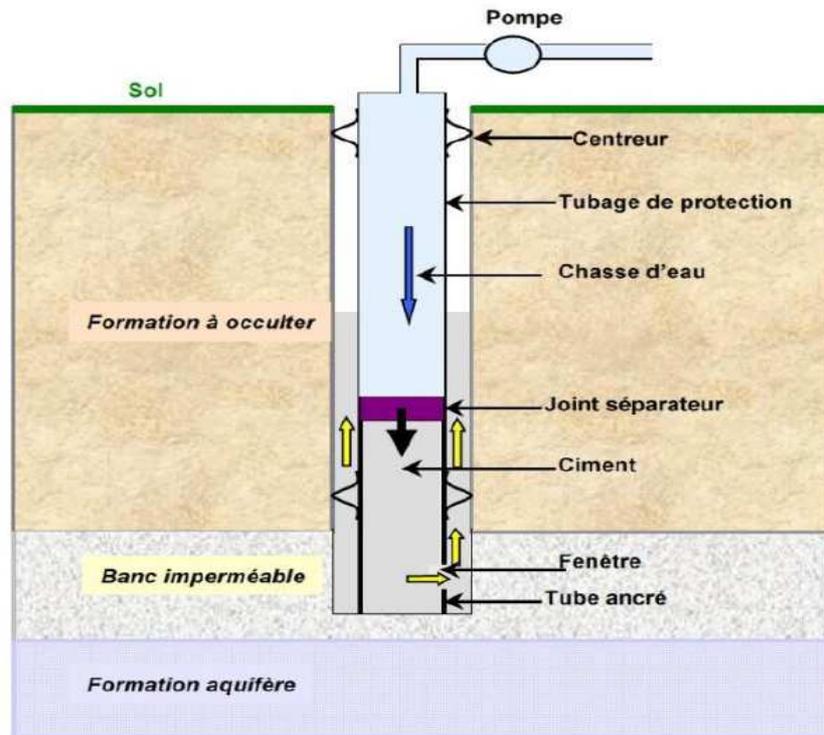


Figure 17 : Cimentation par le tube ancré[5]

II.5.3 Cimentation par canne dans l'annulaire

Une garniture de petit diamètre (environ 1pouce) est descendue dans l'espace annulaire jusqu'au pied du tubage (ancré dans le terrain) Le ciment y est injecté sous pression, si nécessaire en remontant progressivement la canne de cimentation.

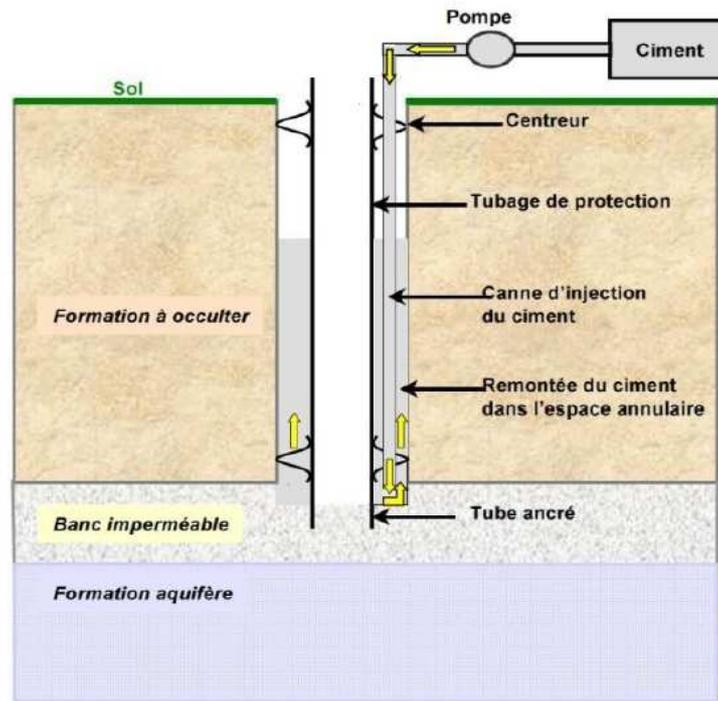


Figure 18 : Cimentation par canne dans l'annulaire[5]

II.6 Développement d'ouvrage

On procède au développement d'un forage lorsque celui-ci est totalement équipé (tubage, crépine et massif filtrant). Cette opération consiste à améliorer la perméabilité naturelle de la formation aquifère autour de la crépine. Le développement a également pour but de stabiliser l'aquifère dans la zone de captage, d'éliminer le cake ou fluide de forage qui protège la paroi et d'augmenter la capacité spécifique du forage. Bien sûr, même en l'absence de développement, la mise en exploitation d'un ouvrage permet un certain auto développement, mais cette opération est lente.

II.6.1 Développement par pompage

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



Forage Tizeroutine

Par Madaci.T le 29.05.2011

Figure 19 : Développement par pompage

II.6.2 Développement par pompage alterné

Comme dans le cas précédant, on met le forage en production par pompage et on provoque, à plusieurs reprises, des arrêts brusques de la pompe. On crée ainsi des variations brutales de pression qui ont pour effet de développer la formation.

II.6.3 Développement par pistonnage

Principe- l'outil est un piston actionné verticalement dans les deux sens à l'intérieur d'un forage tubé et crépiné. Dans son mouvement de remontée, le piston crée une dépression, au dessous de lui, qui attire l'eau et le sable fin de la formation vers la crépine.

II.6.4 Développement pneumatique

Cette méthode est certainement 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 introduits dans l'ouvrage avec celle de mise en production par « air lift » (éjecteur ou émulseur).

II.7 Les essais 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'emmagasinement.
- le rayon d'action du pompage



Figure 20 : Les essais de pompage

II.8 Conclusion

Le forage d'eau est une infrastructure inscrite aujourd'hui dans un cadre de développement durable, de gestion et de protection de la ressource. Elle est essentielle pour différentes activités ayant recours aux eaux souterraines : alimentation en eau potable, embouteillage, thermalisme, géothermie, industrie, agriculture, etc.

Un forage d'eau est une infrastructure complexe dont la qualité et la longévité dépendent des conditions de réalisation et des matériaux utilisés ainsi que des conditions d'exploitation et d'entretien.

Chapitre III

Auscultation et diagnostic des forages

III.1 Introduction

Rien n'est éternel et les puits d'eau ne font pas exception. La durée de vie d'un forage de production sera réduite s'il n'est pas correctement conçu, pas construit pour produire le rendement maximal, ou s'il a été sur pompé. De nombreux puits de production sont rarement surveillés ou entretenus. Ils sont négligés jusqu'à ce qu'un problème survienne. Mais si un forage est correctement dimensionné, construit avec les bons matériaux et bénéficie d'une attention régulière, il peut produire de l'eau pendant au moins 50 ans. Nous nous proposons dans cette partie d'étudier quatre forages d'eau de la région de sud de Sétif (Beida Bordj). L'auscultation a été faite avec la caméra vidéo couleur et diagraphies.

III.2 Situation Géographique et aspect Géologique du secteur d'étude

Le secteur d'étude est situé au sud de la wilaya de Sétif (Commune Beida Bordj), L'analyse porte sur quatre forages destinés à l'alimentation de l'eau potable.

Tableau N°02 : Situation géographique et aspect géologique du secteur d'étude.

Forage	Cordonnés		
	longitude	latitude	Altitude
Forage OULED THAMEN « nouveau »	5°41'17,70'' E	35°51'55.00''N	901,00 m
Forage OULED THAMEN « ancien »	5°68'86,02'' E	35°87'22,31''N	896,00 m
Forage CHOUDI	5°68'03,63'' E	35°86'99,88''N	899,00 m
Forage TIZROUTINE	5°62'70,32'' E	35°85'46,46''N	901,00 m

III .3 Situation de l'ouvrage

Tableau N°03 : Situation de l'ouvrage

Forage	DATE de l'ouvrage		Machine a utilisé	Niveau statique non perturbé	Débit maxi d'essai	Rabattement correspondant
	début	fin				
Forage OULED THAMEN « nouveau »	01/07/2017	12/11/2017	MFT	90,10 m	25,20m ³ /h	59,90 m
Forage OULED THAMEN « ancien »	08/03/2014	14/08/2014	Rotary	65,00 m	35,50 m ³ /h	05,00 m
Forage CHOUDI	1992	/	Rotary	/	36,23 m ³ /h	/
Forage TIZROUTINE	01/02/2011	03/06/2011	Rotary	71,30 m	16,26 m ³ /h	09,70 m

III .4 Réhabilitation des Forages

Il s'agit de la remise en état d'un forage corrodé ou impossible à décolmater par les moyens classiques. Elle comprend le plus souvent le rechemisage des tubages et/ou des crépines et/ou les opérations d'extraction de crépine pour remise à neuf du captage pour garantir la bonne réhabilitation des forages en base sur les moyennes modernes comme le camera et le diagraphies.

III .5 Camera et Diagraphies [6]

Si nécessaire, d'autres observations peuvent être réalisées par caméra ou diagraphies, le plus souvent par des sociétés de service extérieures spécialisées (voir les principales diagraphies utiles en entretien-réhabilitation ci-dessous)

La caméra d'auscultation permet d'observer l'intérieur des forages et des puits pour établir un diagnostic initial (réception des travaux) et périodique. Elle permet aussi de dresser la coupe technique de l'ouvrage et d'évaluer le colmatage des crépines et de faire un premier bilan visuel pour définir l'origine d'un problème.

Lorsqu'un forage perd en productivité, le diagnostic par inspection vidéo permet d'en détecter l'origine (colmatage, dépôts sédimentaires, corrosion...).

Elle permet de connaître avec précision l'équipement du forage (tubage plein, nature de la crépine, boîte à boue, massif filtrant).

III .5.1 Caméra vidéo « Un équipement essentiel à l'inspection »

La caméra de télévision en circuit fermé (appelée caméra de forage) est un équipement essentiel au contrôle de la construction du forage et au diagnostic des causes physiques de défaillance. En descendant le long du trou de forage, la caméra permet de visualiser l'intérieur de l'ouvrage sur un écran à mesure de sa progression à travers la crépine avec sa tête pivotante sur $\pm 90^\circ$ pour observer le forage dans l'axe ou les parois, les joints et le tubage. Il est ainsi possible de détecter l'infiltration de particules fines dans le filtre, un colmatage, les obstructions et/ou les ruptures de tubage

Elle nécessite le retrait de la pompe d'exploitation et doit, le plus souvent, être réalisée sous pompage à faible débit (avec une pompe de service en général fournie par le prestataire de service) pour clarifier, si possible, l'eau du forage.

Les observations caméra sont parfois très trompeuses et nécessitent une très bonne expérience et beaucoup de prudence pour en tirer le meilleur parti.



Figure 21 : Vidéo caméra

III .6 Pompage

Sauf cas particulier, la pompe d'exploitation sera utilisée pour faire un essai de pompage préliminaire avant toute intervention. Cet essai sera réalisé au minimum pour le débit d'exploitation et de préférence par paliers à débits croissants identiques aux pompages de réception de l'ouvrage. Le niveau statique (NS) puis le niveau dynamique stabilisé (ND) seront relevés pour le débit d'essai (Q).

Le rabattement ($R=ND-NS$) sera calculé et le débit spécifique correspondant

$(Q_s = Q/R)$ sera Calculé.

L'appareil manuel de contrôle du niveau d'eau appelé communément « sonde piézométrique » est le moyen le plus pratique, robuste et accessible d'observer les niveaux d'eau dans les forages et les puits. La sonde piézométrique est descendue dans le forage, et lorsqu'elle atteint la surface de l'eau, un circuit électrique est activé et émet un « bip ». Le niveau d'eau peut alors être lu sur un ruban gradué, en général avec une précision d'un centimètre. Normalement, le niveau d'eau est enregistré en mètres, au-dessous d'un point de référence, par ex. le bord supérieur du tubage. Le sondage manuel par sonde piézométrique est généralement considéré comme une méthode fiable et relativement sûre pour obtenir des données sur les niveaux d'eau, mais il n'est pas totalement dénué de problèmes.



Figure 22 : Les Sondes

III .7 Démontage de la pompe

La pompe et ses tubes d'exhaure seront observés à la remontée (dépôts, corrosion, usure...) garder le câble électrique toujours tendu car il a la fâcheuse tendance, lorsque les diamètres de la pompe et du forage sont proches, à se coincer entre pompe et tubage, voire à coincer la pompe.



Figure 23 : Démontage de la pompe

III .8 Réhabilitation des forages

III .8.1 Forage OULED THAMEN « 02 »

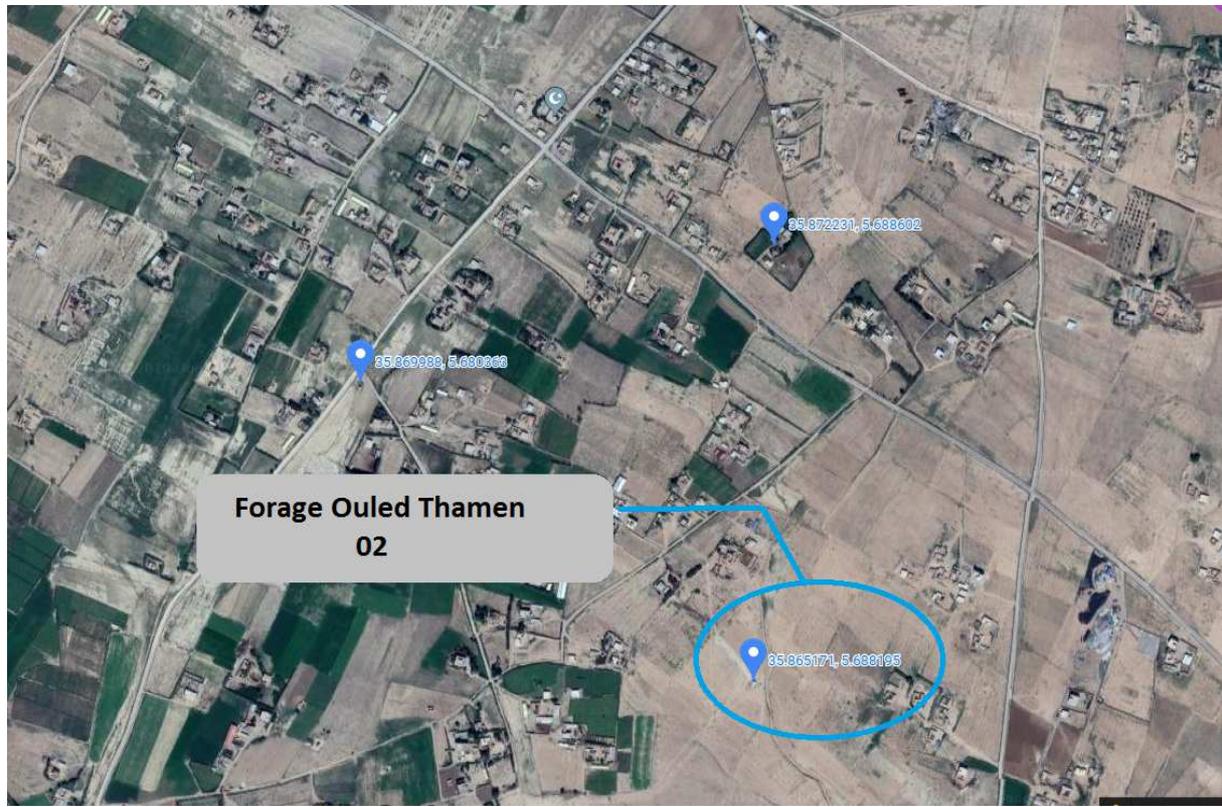


Figure24 : Forage Ouled Thamen«02»

La Diagnostic et réhabilitation des piézomètres réglementaires du Douar **Ouled Thamen** est comme suite :

- Diagnostic préliminaire des piézomètres a l'aïd d une carte géologie _ hydrologie :
 - Vérifier les cotes techniques des piézomètres.
 - Identifier la profondeur d'éventuelles venues d'eau.
- Le forage est effectué à une profondeur de 240 mètres.

- Contrôle des opérations de forage par inspection télévisuelle sur les piézomètres concernés pour s'assurer de l'efficacité de l'opération:
- pose le typage sur profondeur de 185 m.
- Réalisation des tests d'injection pour caractériser les piézomètres jugés opérationnels

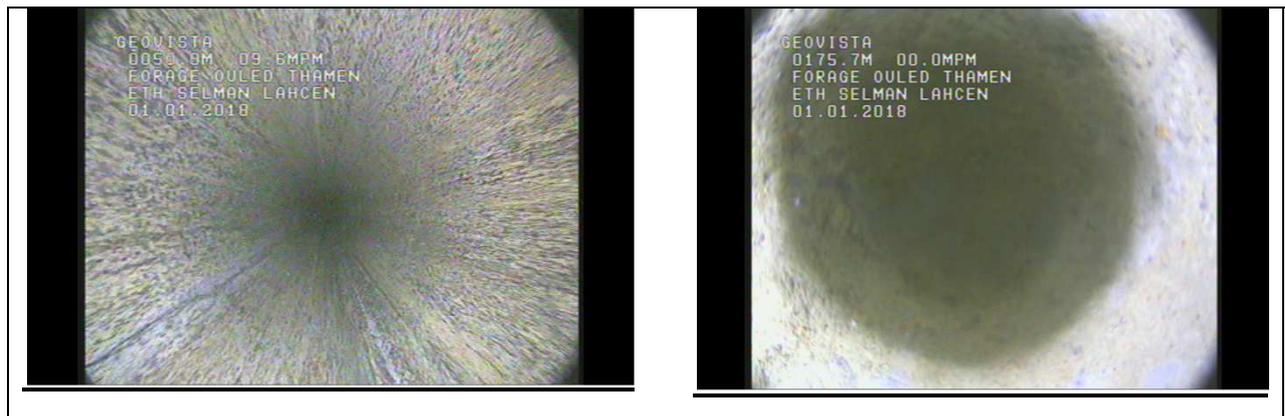


Figure 25: Forage de Ouled Thamen «02» de 50 m à 175 m

III .8.1.1 Lithologie

Tableau N°04 : Lithologie

De	à	libellé
0,00	2,00	Terre arable
2,00	96,00	Calcaire
96,00	122,00	Calcaire marneux
122 ,00	142,00	Marno-calcaire
142,00	185,00	Marnes

III .8.1.2 Forage

Tableau N°05 : Caractéristiques forage Ouled Thamen « 02 »

De	à	Φ"	Φ mm	Mode de forage	Fluide de forage
0,00	10,00	24 "	610,00	M.F.T	Mousse
10,00	185,00	17,5 "	432,00	M.F.T	Mousse

III .8.1.3 Tubage

Tableau N°06 : Tubage Forage Ouled Thamen « 02»

De	à	Φ"	Φ mm	Epais	Nature du tubage	Type	slot	vide %
0,00	10,00	20 "	508,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
0,00	80 ,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
80,00	155,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
155,00	165,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
165,00	175,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
175,00	185,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/

III .8.1.4 Remplissage

Tableau N°07 : Remplissage Forage Ouled Thamen « 02»

De	à	Φ"	Φ mm	Matériau	Nature	Méthode de pose	texture	Gra mm	Vol m3
0,00	10,00	20 "	508,00	Ciment	Cpa 55	Gravitaire			
0,00	185,00	12 "	505,00	Gravier	Graviers de silacq	Gravitaire	Roule		

III .8.1.5 Pompage et Démontage de la pompe

D après les testes qui on a fait le résultat de ce forage est comme suite :

Le Tableau N°08 : Résultat de forage de ce Ouled Thamen « 02 »

Niveau Statique N.S	Niveau dynamique N.D	Rappatement R	Débit Q	Résultats	
				Débit d'exploitation	Cote calage de pompe
90.10m	150 m	59,9 m	7 L/s	5 L/s	160 m

III .8.1.6 Bulletin d'analyse physico-chimique

Dénomination du produit : Eau de forage

Tableau N°09 : Bulletin d'analyse physico-chimique de forage Ouled Thamen « 02 »

Détermination	RES	Spécifications	Réf Méth
PH	7,4	6,5à9	NA 751
Conductivité us/cm à20° C	1053	Au maximum 2800	NA 749
Chlorure mg/l	69	500	NA 6362
Dureté total mg/l caco3	484	500	NA 752
Nitrate mg/l	26	Au maximum 50	NA 1656
Nitrite mg/l	0,02	Au maximum 0,2	NA 1657
Calcium mg/l	90	200	NA 1655
Magnésium mg/l	63	150	NA 752
Résidu sec mg/l	1026	500 à 2000	NA 6356
T A F°	0	/	NET 90036
TAC F°	3	/	NET 90036
Bicarbonate mg/l	183	/	NET 90036

Interprétation : les résultats sont **Satisfaisants** .

Note : les résultats prescrits ci-dessus concernant uniquement le prélèvement du 04/10/2017, prélevé par les soins du propriétaire.

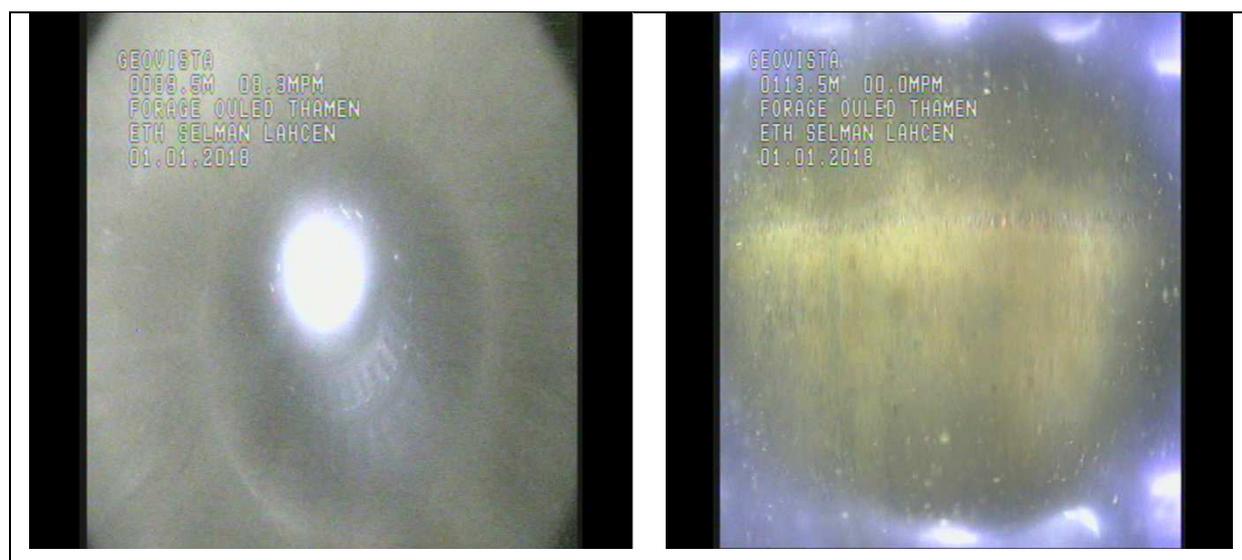
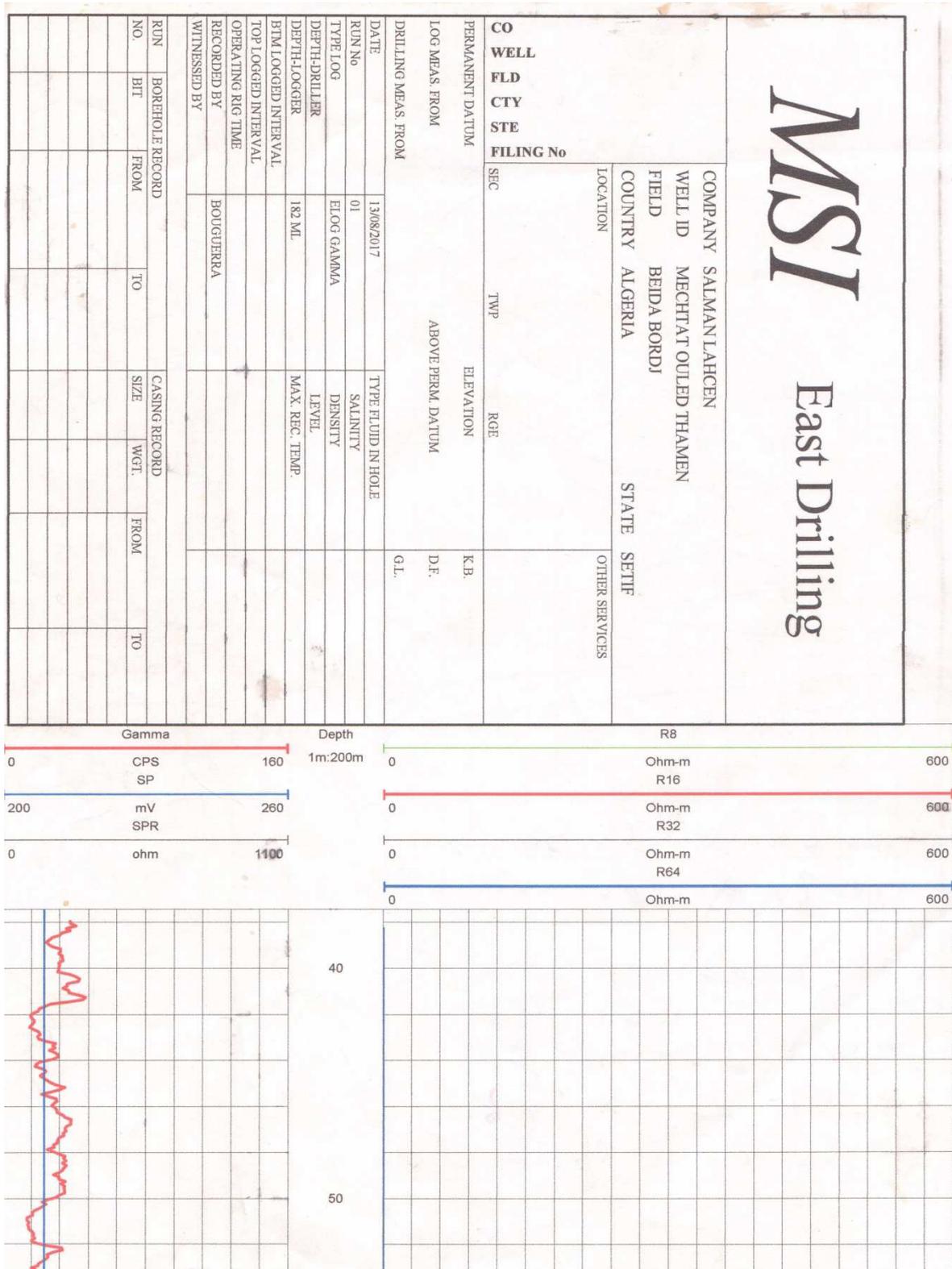
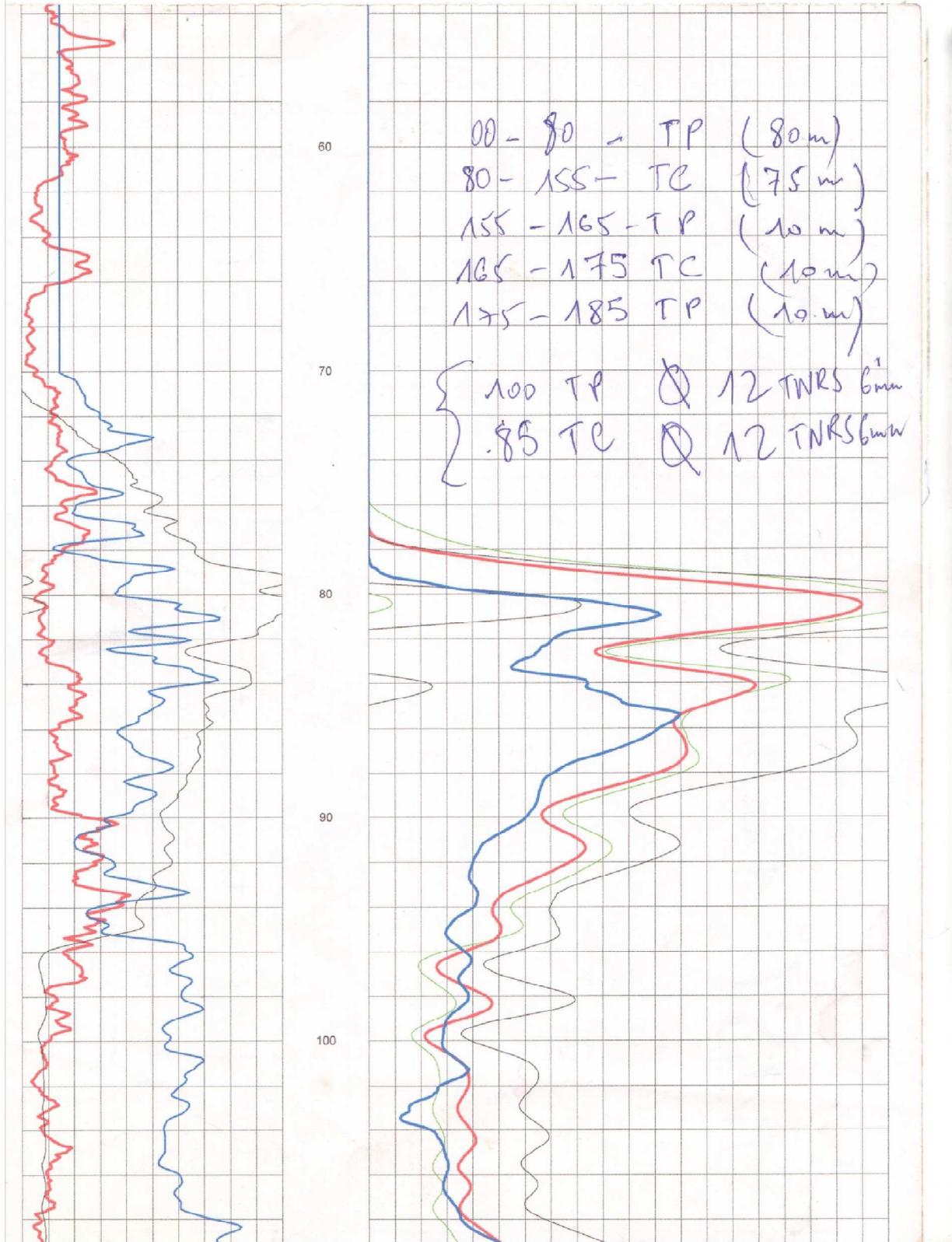


Figure 26 : Forage d'Ouled Thamen «02» de 88 m à 113 m

III .8.1.7 Résultat de diagraphie

Le résultat de diagraphie du forage de Ouled Thamen « 02 » est illustré dans la figure 27 qui présente la nature hydrogéologique de forage ainsi la figure 28 qui preste les déférentes couches du terre dans le puits.





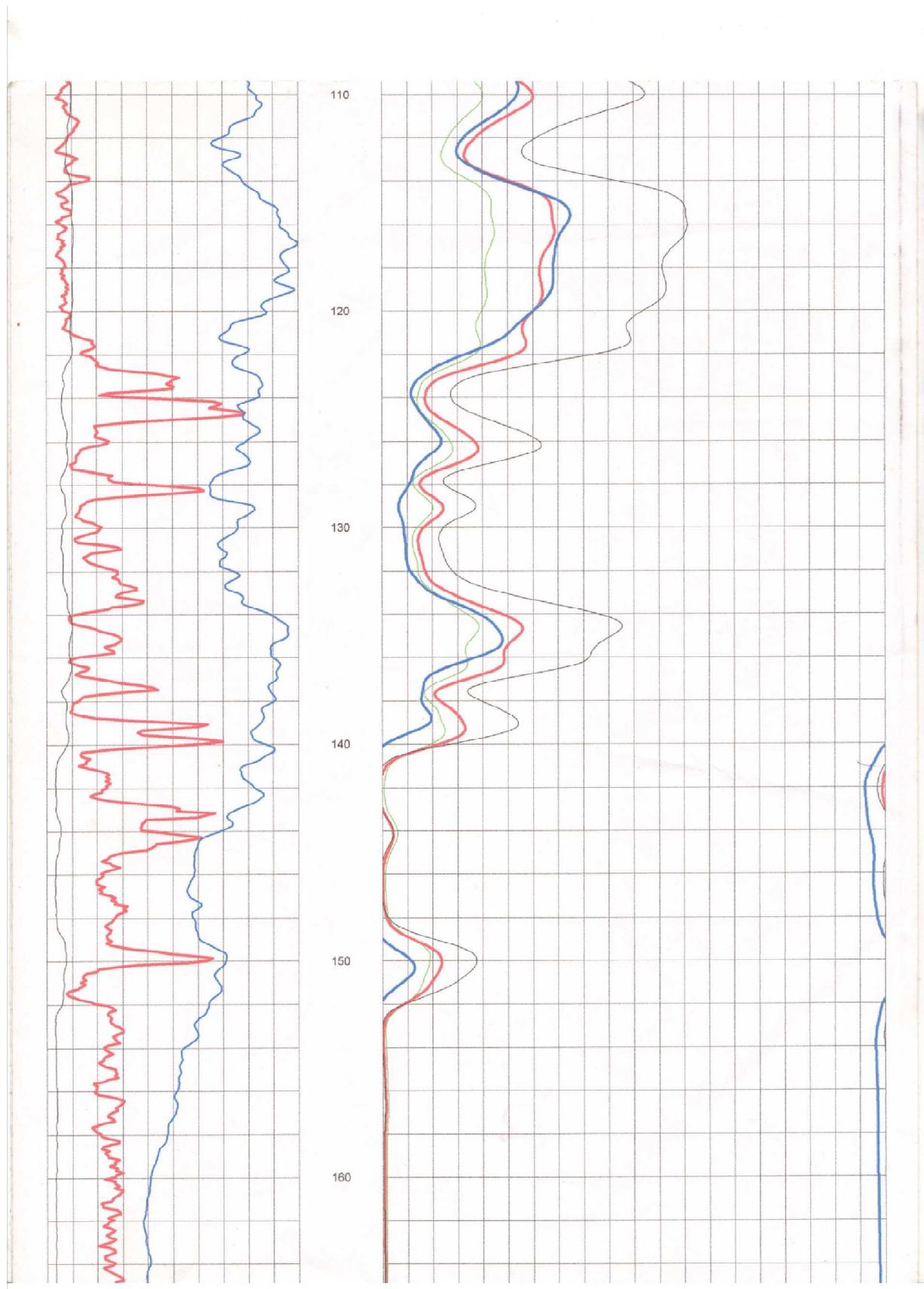




Figure 27 : Résultat du diagraphie de forage de Ouled Thamen « 02 »[3]

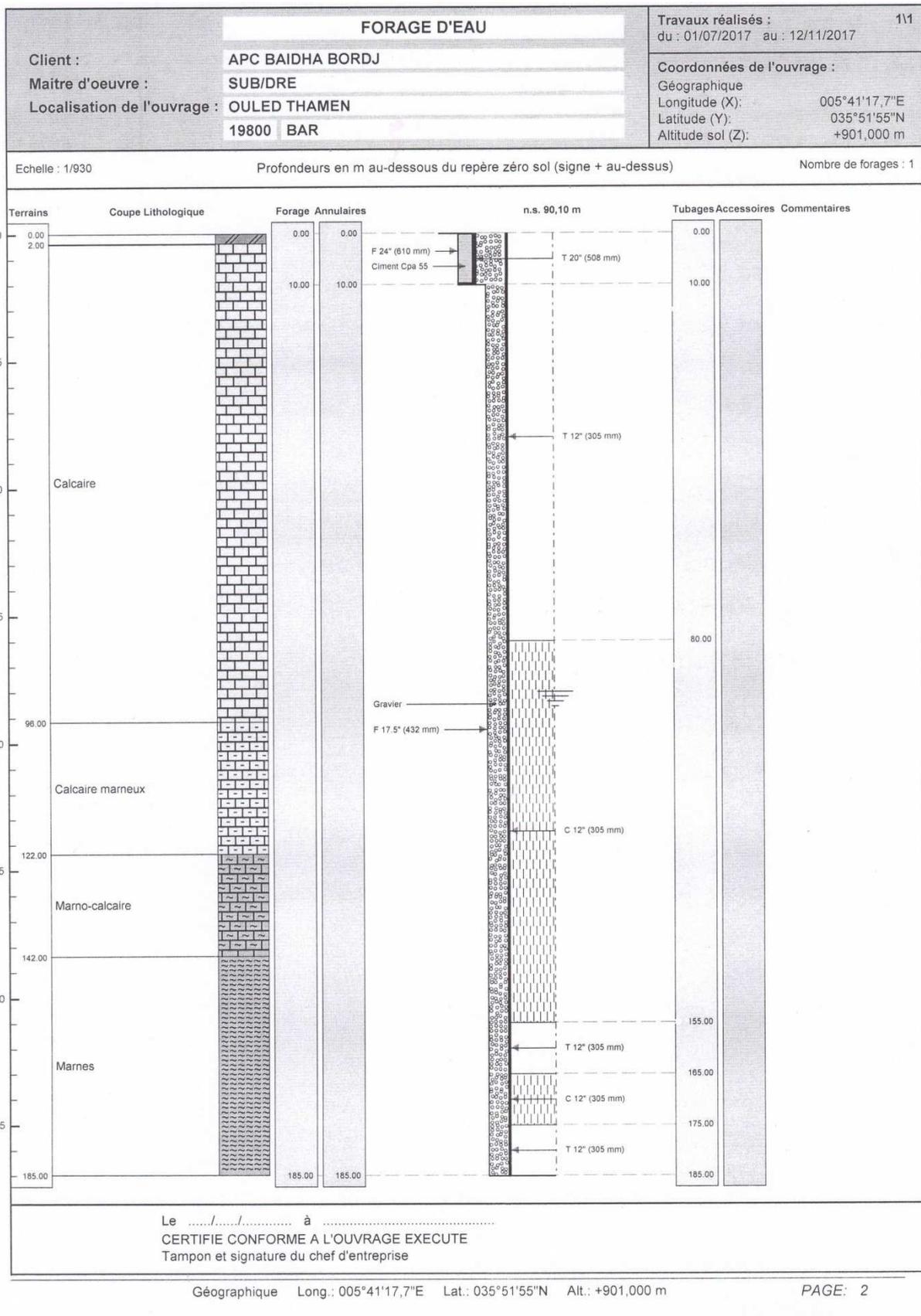


Figure 28 : les couches de terre de forage de Ouled Thamen « 02 »[3]



Figure 29 :Les couches de la terre de chaque mètre

III .8.2 Forage OULED THAMEN « 01 »

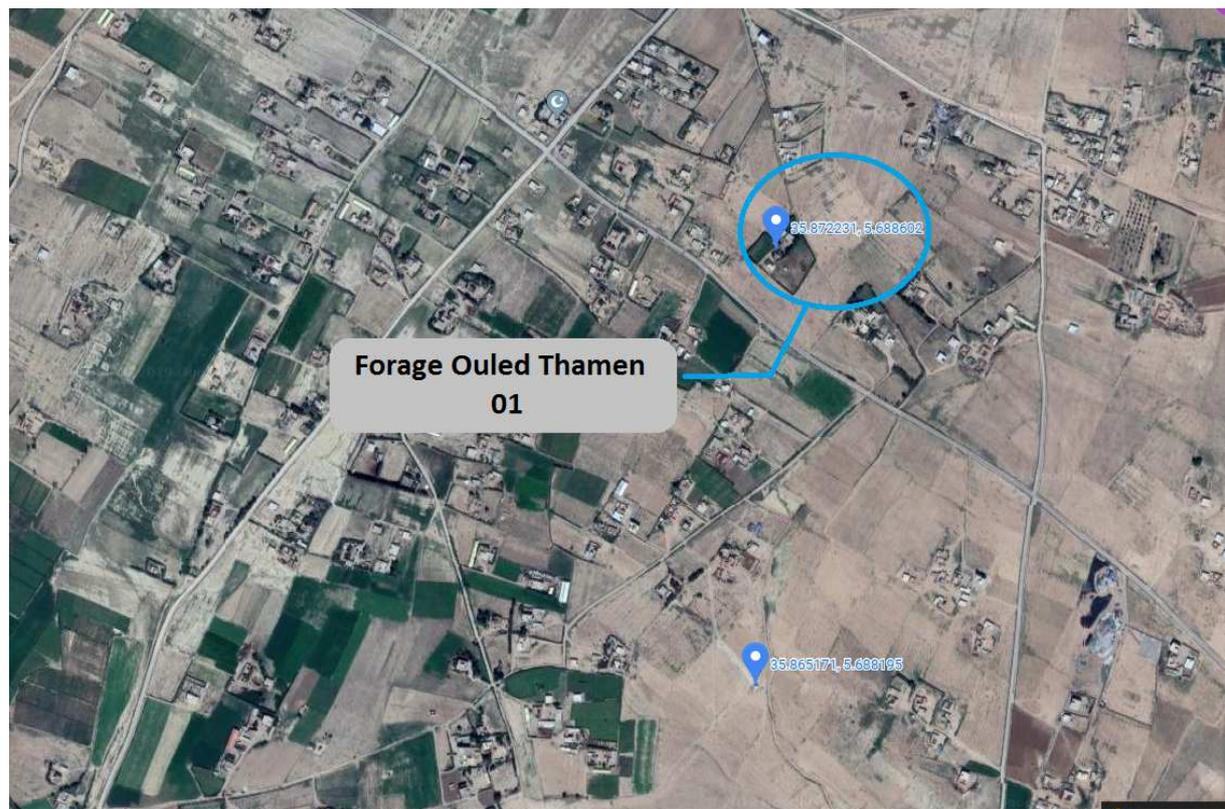


Figure 30 : Forage Ouled Thamen « 01 »

Objectif : Diagnostic d'un forage d'une profondeur de 126 m par inspection diagraphies :

- inspection du forage - diagraphie Gamma ray réalisée sans et avec pompage
- pompage pour mobilisation de la ressource aquifère pendant la diagraphie au débit de 35.2 m³/h – HMT : 200 mètres.

III .8.2.1 Lithologie

Tableau N°10 : Lithologie de forage Ouled Thamen « 01 »

De	à	libellé
0,00	2,00	Terre arable
2,00	67,00	Calcaire
67,00	102,00	Calcaire marneux
102 ,00	126,00	Marno-calcaire

III .8.2.2 Forage

Tableau N°11 : Caractéristiques Forage Ouled Thamen « 01 »

De	à	Φ"	Φ mm	Mode de forage	Fluide de forage
0,00	10,00	24 "	610,00	Rotary	Mousse
10,00	126,00	17,5 "	432,00	Rotary	Mousse

III .8.2.3 Tubage

Tableau N°12 : Tubage Forage Ouled Thamen « 01 »

De	à	Φ"	Φ mm	Epais	Nature du Tubage	Type	slot	vide %
0,00	10,00	20 "	508,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
0,00	65 ,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
65,00	115,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
115,00	120,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
120,00	126,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/

III .8.2.4 Remplissage

Tableau N°13 : Remplissage Forage Ouled Thamen « 01 »

De	à	Φ"	Φ mm	Matériau	Nature	Méthode de pose	texture	Gra mm	Vol m3
0,00	10,00	20 "	508,00	Ciment	Cpa 55	Gravitaire			
0,00	126,00	12 "	505,00	Gravier	Graviers de silacq	Gravitaire	Roule		

III .8.2.5 Pompage et Démontage de la pompe

D après les testes qui on a fait le résultat de ce forage est comme suite :

Tableau N°14 :Résultat de Forage Ouled Thamen « 01 »

Niveau Statique N.S	Niveau dynamique N.D	Rappatement R	Débit Q	Résultats	
				Débit d'exploitation	Cote calage de pompe
65,00 m	70 m	05,00 m	36 L/s	26 L/s	97m

III .8.2.6 Bulletin D'analyse Physico- Chimique

Dénomination du produit : Eau de forage

Tableau N°15 : Bulletin D'analyse Physico- Chimique de forage Ouled Thamen « 01»

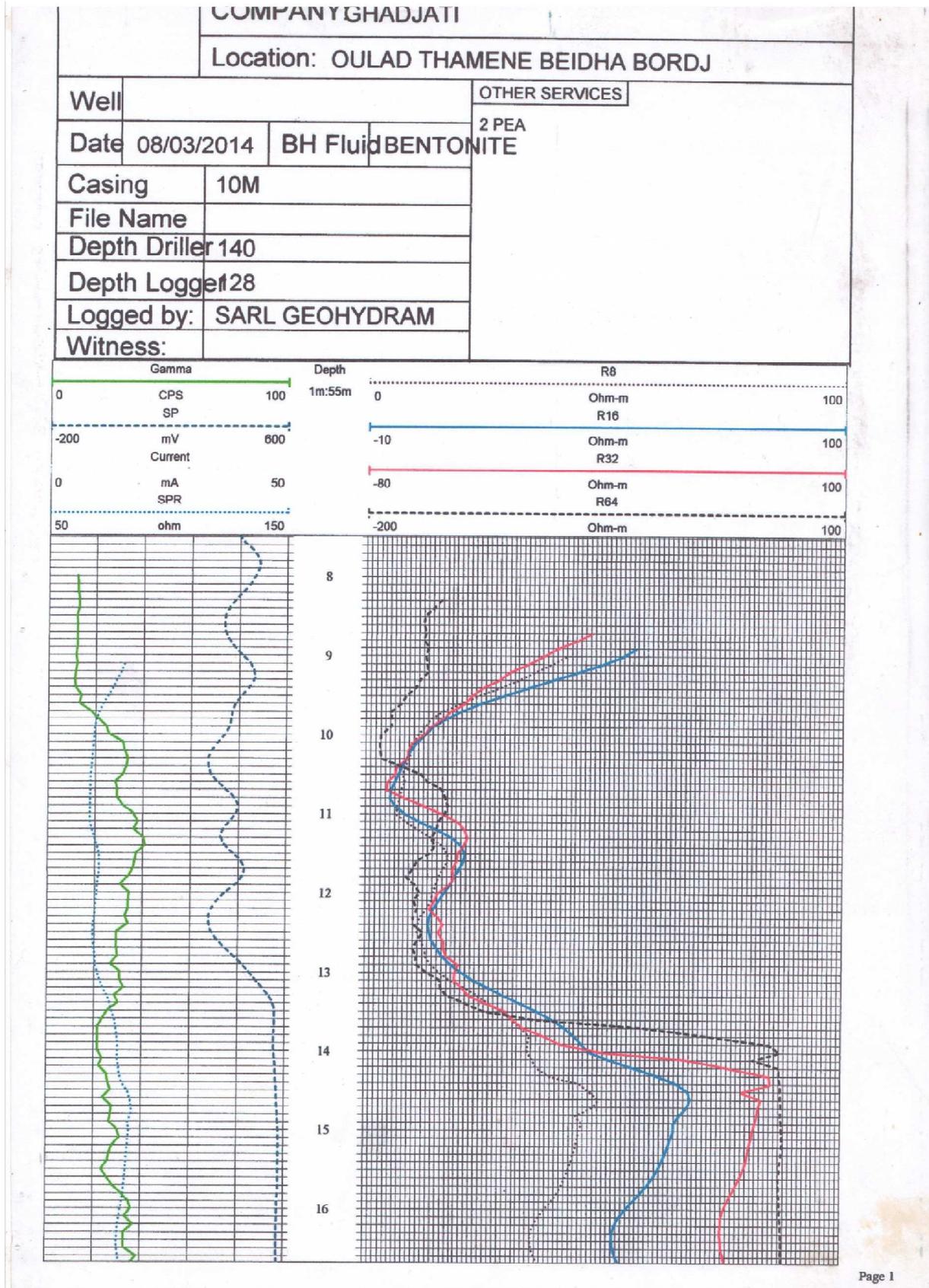
Détermination	RES
PH	7,24
Température de Léau C°	27.7
Conductivité us/cm à 20° C	1310
Résidu sec à 105 °C mg/l	876
Calcium mg/l	137,45
Magnésium mg/l	32,76
Potassium mg/l	1,90
Carbonates mg/l	0,00
Bicarbonate mg/l	317,20
Sulfates mg/l	190,00
Chlorures mg/l	140,00
Dureté totale (TH) F°	48,00
T A F°	0,00
TAC F°	26,00

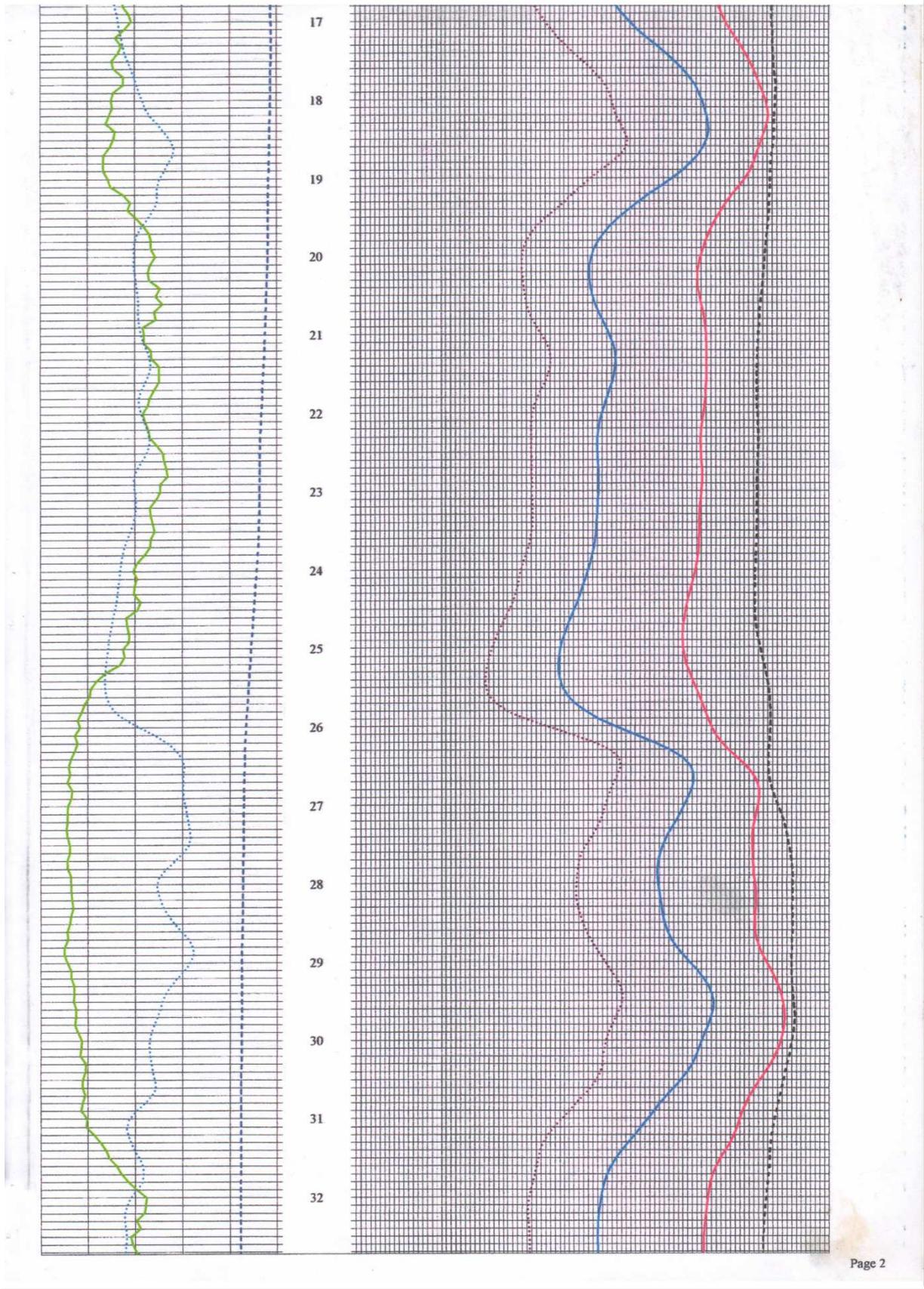
Interprétation : les résultats sont **Satisfaisants**.

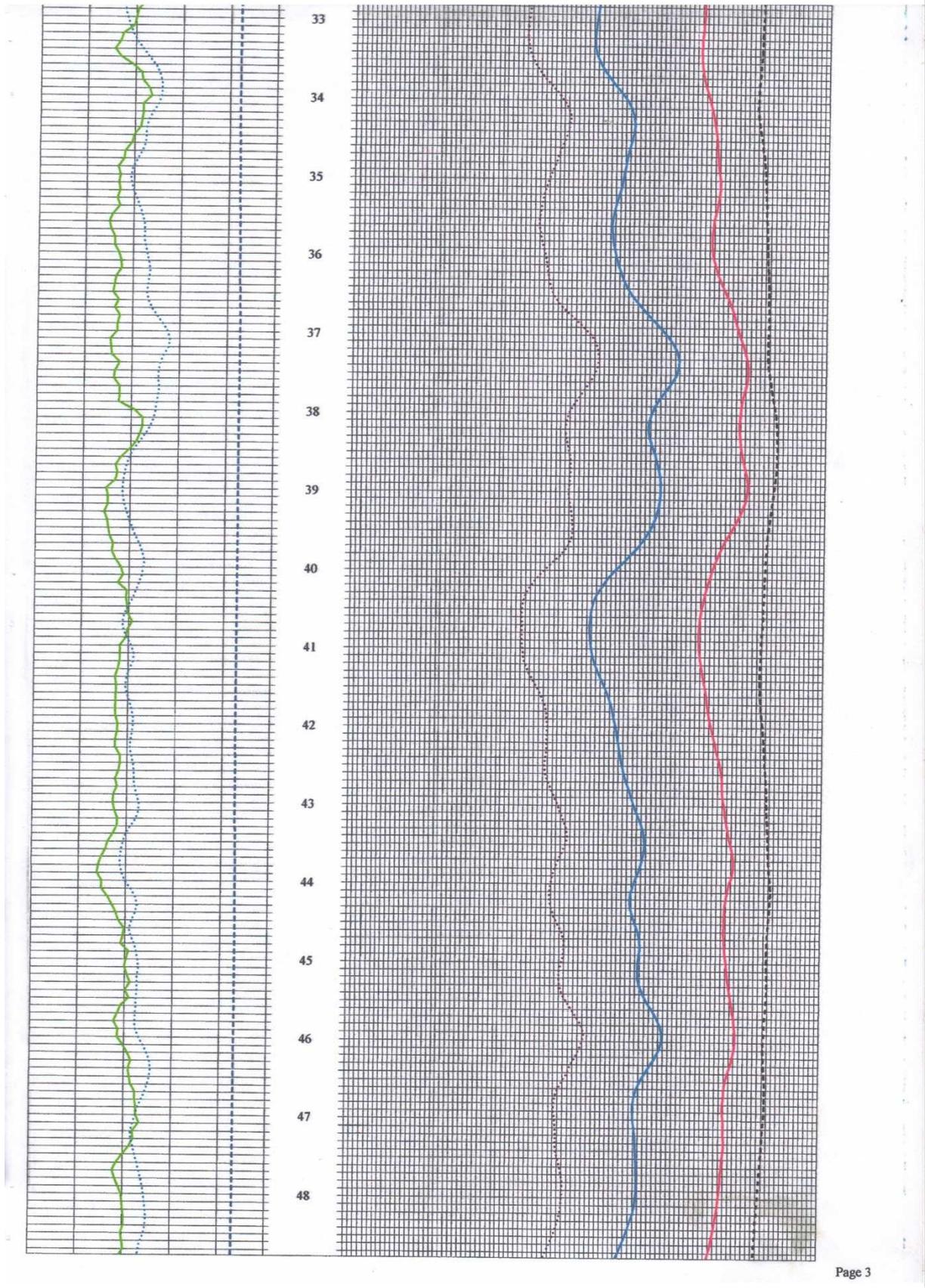
Note : les résultats prescrits ci-dessus concernant uniquement le prélèvement du 03/09/2014, prélevé par les soins du propriétaire.

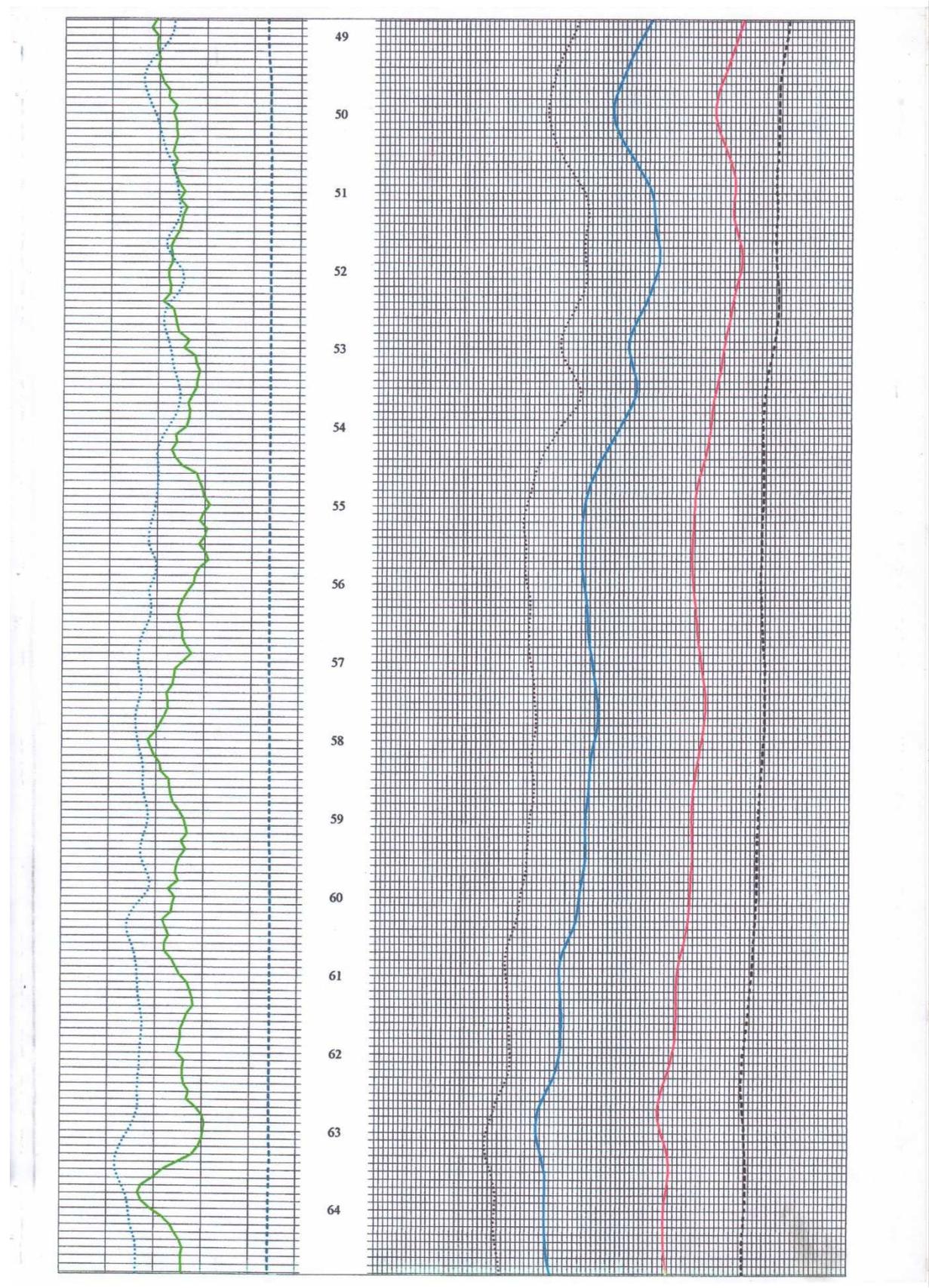
III .8.2.7 Résultat de diagraphie

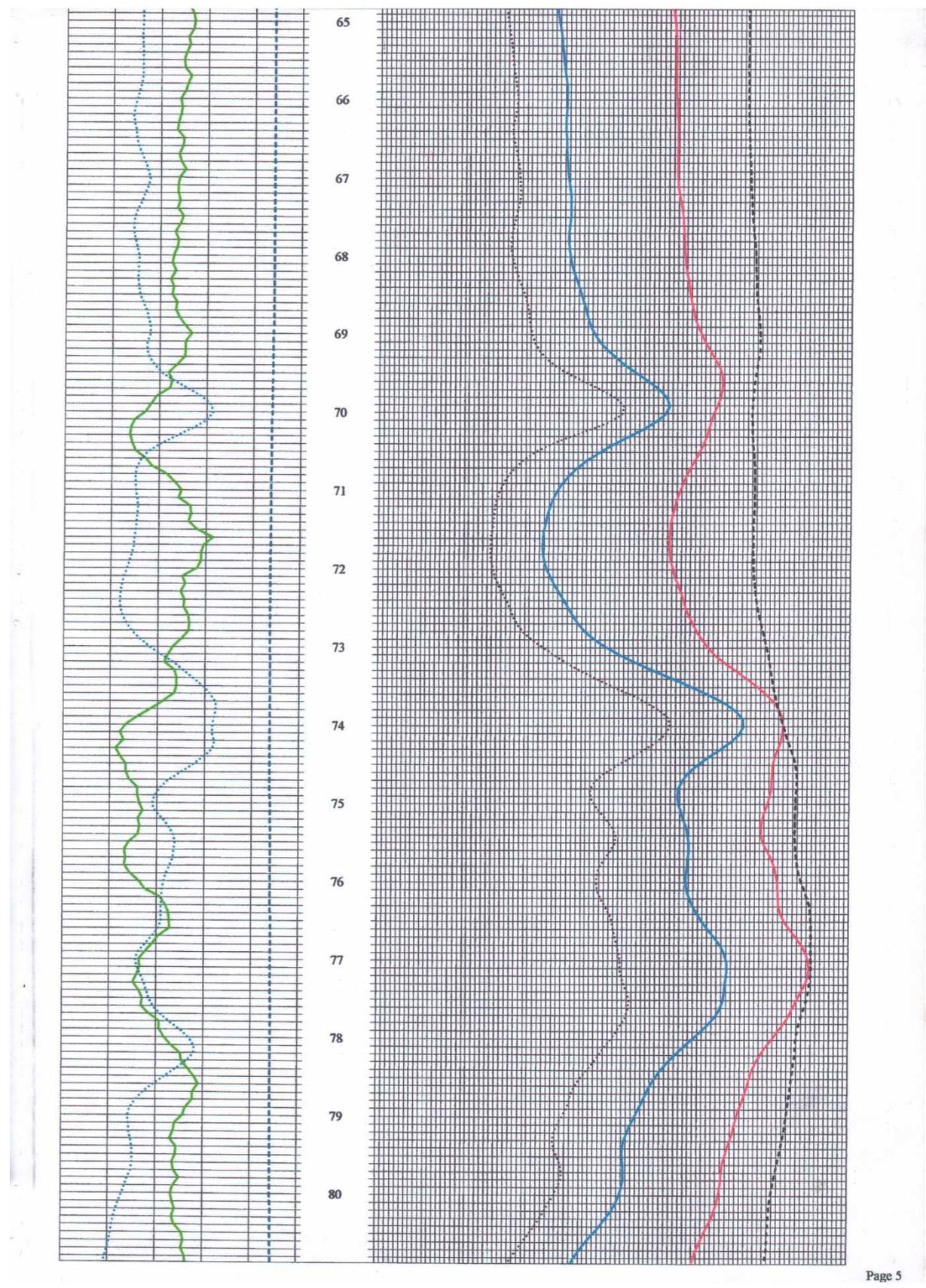
Le résultat de diagraphie du forage de Ouled Thamen « 1 » est illustré dans la figure 31.

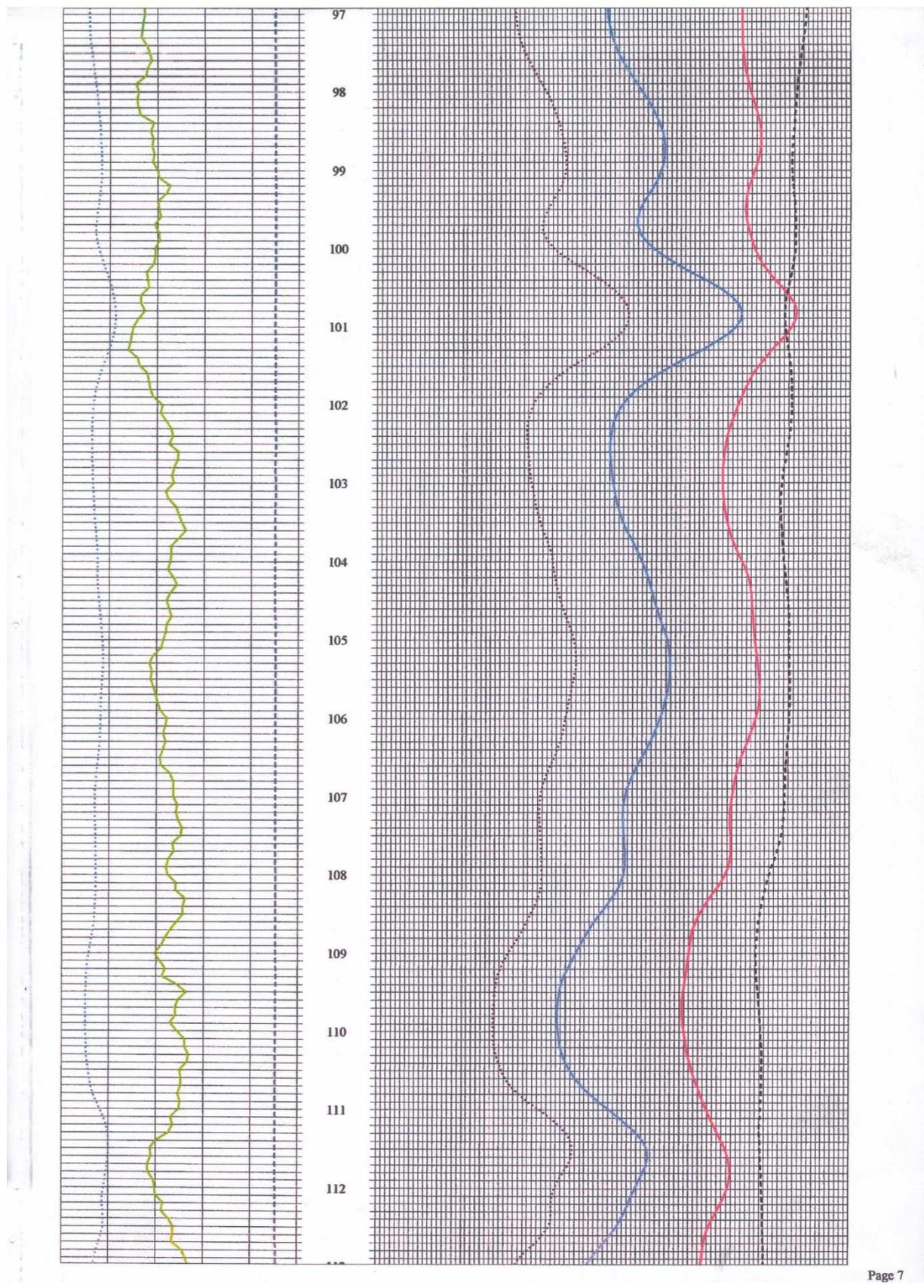












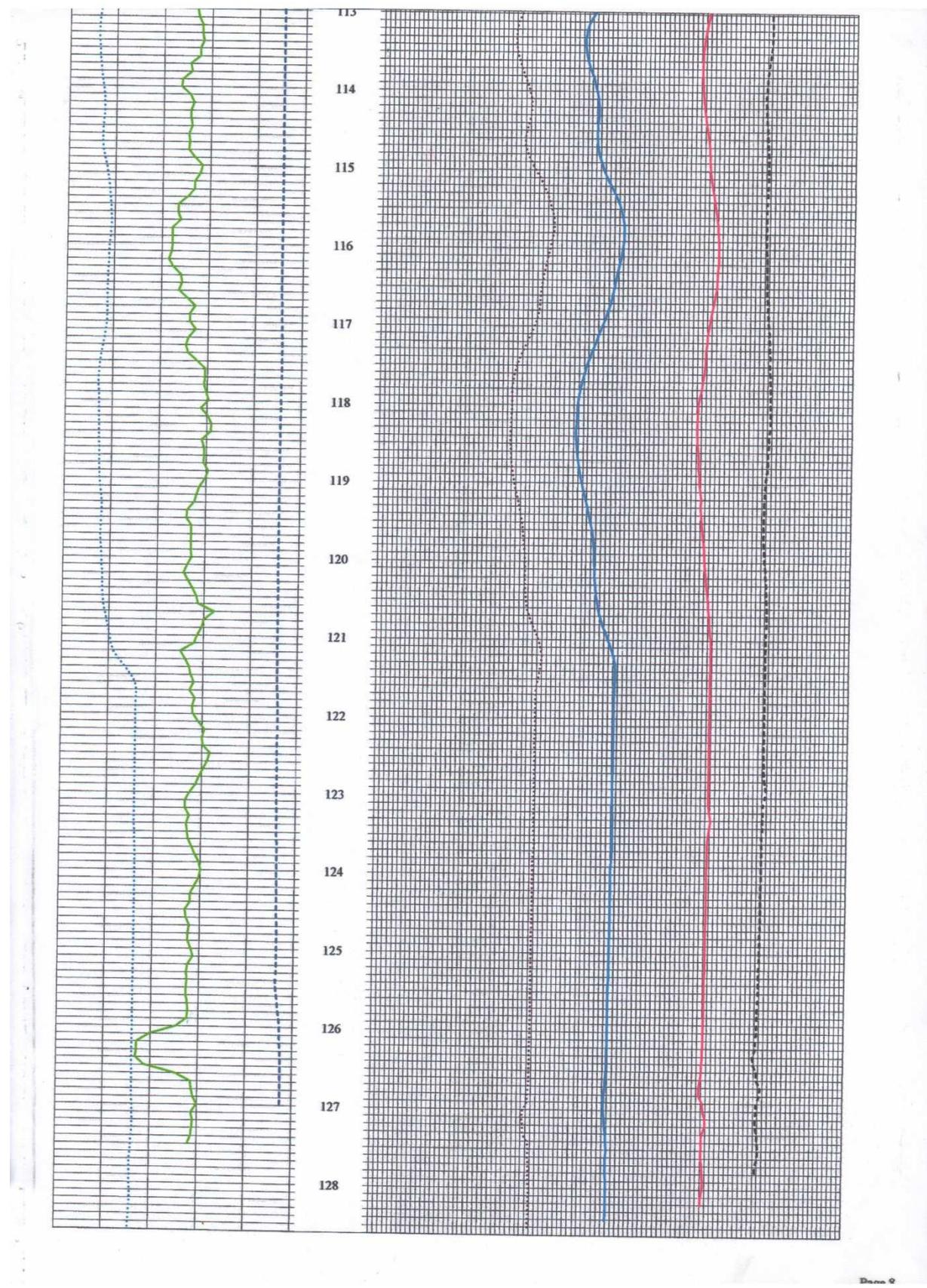


Figure 31 :Résultat de diagraphie de forage Ouled Thamen « 01 »[3]

III .8.3 Forage CHOUADI

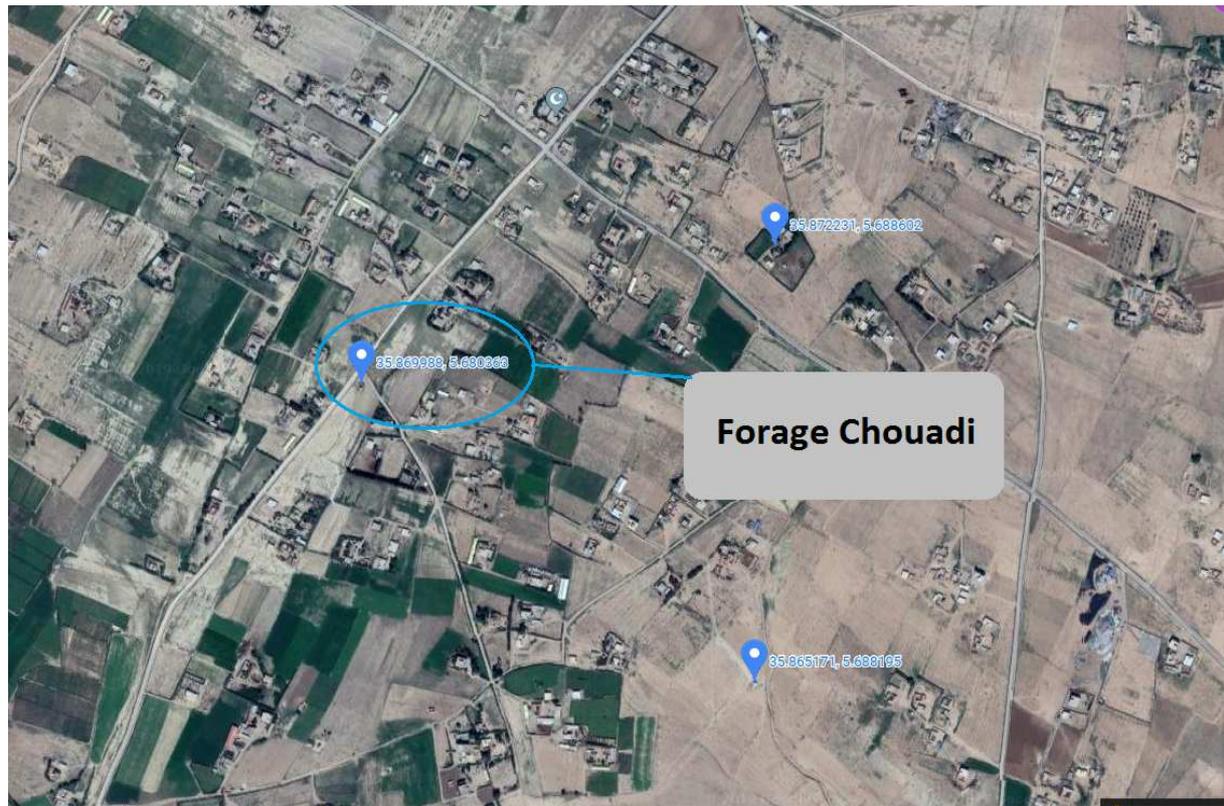


Figure 32 : Zone de forage Chouadi Vue par satellite

Diagnostic d'un forage profond ancien en vue de sa remise en service : Inspection vidéo du forage de 100m de profondeur pour contrôler son état technique et préciser sa coupe technique ; arrêt à la côte de 76m ; Test de pompage à l'aide d'une pompe 8".

Cette opération est réaliser comme suite :

- Diagnostic préliminaire des piézomètres par inspection télévisuelle a l aid d une camera couleur avec capacité d'inspection radiale et axiale avec une sensibilité améliorée à 0.5 lux Pour vérifier les équipements de chaque site et définir ceux qui doivent faire l'objet d'une opération de réhabilitation comme suite :

- Vérifier les cotes techniques des piézomètres ;
- Contrôler l'état des forages;
- Détecter d'éventuelles anomalies sur les différents tubages ;
- Identifier la profondeur d'éventuelles venues d'eau.

- Réhabilitation des piézomètres identifiés comme défailants et définis comme non-conformes(non satisfaisant). Les méthodes mises en œuvre sont le nettoyage mécanique:

- Décolmatage de l'ouvrage au droit de la zone crépinée ;

- Retrait de tout objet encombrant qui pourrait gêner la descente d'appareils de mesure ou de prélèvement.
- Contrôle des opérations de réhabilitation par inspection télévisuelle sur les piézomètres concernés pour s'assurer de l'efficacité du nettoyage et/ou mettre à jour les caractéristiques techniques des piézomètres :
- Vérifier l'efficacité du décolmatage des crépines et du désensablement du piézomètre
 - Vérifier que l'opération de réhabilitation n'a pas endommagé le tubage ;
 - Compléter et mettre à jour les informations concernant les caractéristiques, l'état technique de l'ouvrage;
- Réalisation d'un essai de pompage pendant 72h sur un piézomètre avec suivi du niveau d'eau sur quelque points de contrôle.

Le matériel utilise pour l'opération de visionnage est constitué de :

- Une camera couleur avec capacité d'inspection radiale et axiale avec une sensibilité améliorée à 0.5 lux.
- Un treuil avec 600 m de câble co-axial de 3/16 ".
- Une unité de contrôle avec un enregistreur DVD.



Figure 33 : Forage CHOUADI de 19 m à 76 m

L'enregistrement a débuté à la cote 1.20 m et a été arrêté à la cote 76.45 mètres à cause de présence d'un amas de câble qui empêché l'avancement des visionnements.

III .8.3.1 Problématique

A l'issu de cette intervention il a été constate ce qui suit :

- Ce forage est équipé d'un tubage TNRS compose d un 'élément de 05 m environ et relies par soudure.



Figure 34 : Forage CHOUADI de 6m à 30 m

La coupe technique du tubage en TNRS est comme suit :

- De la cote 00.00 m à la cote 30.30 m tube plein.
- De la cote 30.30 m à la cote 53.00 m tube Crépine .
- De la cote 53.00 m à la cote 58.70 m tube plein .
- De la cote 58.70 m à la cote 63.00 m tube Crépine .
- De la cote 63.00 m à la cote 68.45 m tube plein.
- De la cote 68.45 m à la cote 76.45 m tube Crépine .



Figure 35 : Forage CHOUADI de 31m à 34 m

- Les jonction entre les tubes réalisées par soudure sont intactes le long de la partie visionnée.
- Les fentes des crépines sont colmatées le long de la partie visionnée.
- A partir de la cote 50 m présence d'un dépôt sur la paroi du tubage.

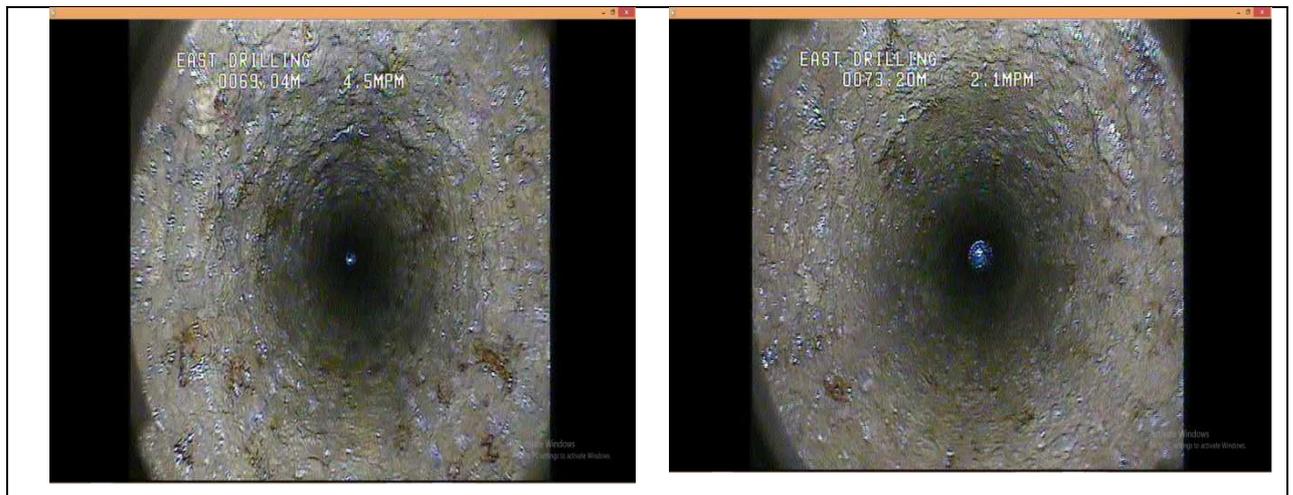


Figure 36 : Forage CHOUADI de 69 m à 73 m

- Le niveau statique se situe a la cote 76.45 m mais nous avons constater qu'a la surface de l'eau se trouvait un amas de câbles de nature indéterminés ce qui nous a gêner pour la poursuite de L'enregistrements.



Figure 37 : Forage CHOUADI à 76 m

III .8.3.2 Conclusion

Après les testes du forage CHOUADI on constate que le tubage de ce dernier est dans un état vétuste surtout sur les coté à partir d'environ 50 m.

III .8.4 Forage Tizroutine

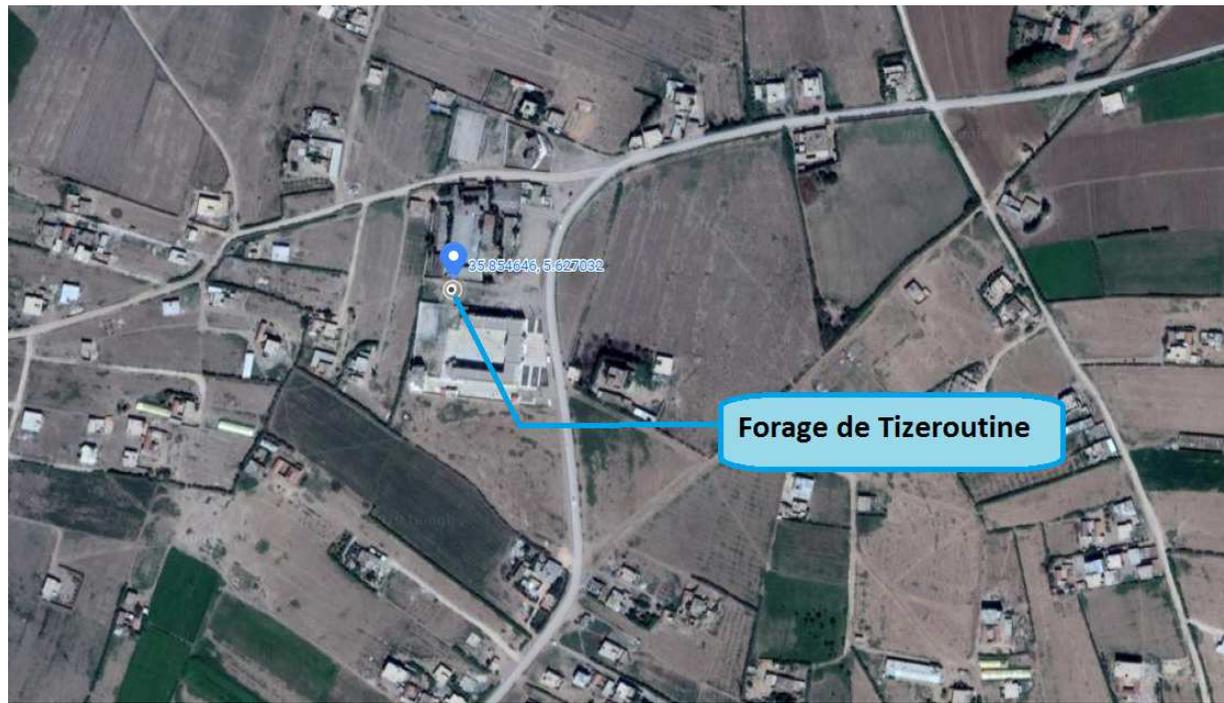


Figure 38 : Forage Tizeroutine

III .8.4 .1 Lithologie

Tableau N°16 : Lithologie de forage Tizeroutine

De	à	libellé
0,00	2,00	Terre arable
2,00	98,00	Calcaire
98,00	125,00	Calcaire marneux
125 ,00	162,00	Marno-calcaire
162,00	200,00	Marnes

III .8.4.2 Forage

Tableau N°17 : Caractéristique de Forage Tizeroutine

De	à	Φ"	Φ mm	Mode de forage	Fluide de forage
0,00	10,00	24 "	610,00	Rotary	Mousse
10,00	124,00	17,5 "	432,00	Rotary	Mousse
124,00	200,00	12 "	250,00	Rotary	Mousse

III .8.4.3 Tubage

Tableau N°18 : Tubage forage Tizeroutine

De	à	Φ "	Φ mm	Epais	Nature du tubage	Type	slot	vide %
0,00	10,00	20 "	508,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
0,00	50 ,80	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
50,80	101,60	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
101,60	106,70	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
106,70	111,80	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
111,80	116,80	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
116,80	121,90	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
121,90	124,00	12 "	305,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
124,00	127,00	10 "	250,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein raccordement	/	/
127,00	167,00	10 "	250,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
167,00	172,00	10 "	250,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/
172,00	202 ,00	10 "	250,00	6,00	Acier-ordinaire	Crépine nervures-rep	/	/
202,00	206,00	10 "	250,00	6,00	Acier-ordinaire	Tube-plein	/	/

III .8.4.4 Remplissage

Tableau N°19 : Remplissage forage Tizeroutine

De	à	Φ "	Φ mm	Matériau	Nature	Méthode de pose	texture	Gra mm	Vol m3
0,00	10,00	20 "	508,00	Ciment	Cpa 55	Gravitaire			
0,00	124,00	12 "	505,00	Gravier	Massif Filtrant en Gravier	Gravitaire	Roule		
124,00	206,00	10 "	505,00	Gravier	Massif Filtrant en Gravier	Gravitaire	Roule		

III .8.4.5 Pompage et Démontage de la pompe

D après les testes qui on a fait le résultat de ce forage est comme suite :

Tableau N°20 :Résultat de Forage de Tizeroutine

Niveau Statique N.S	Niveau dynamique N.D	Rappatement R	Débit Q	Résultats	
				Débit d'exploitation	Cote calage de pompe
71,30 m	80,35 m	09,70 m	17 L/s	12L/s	145m

III .8.4.6 Bulletin D'analyse Physico- Chimique

Dénomination du produit : Eau de forage

Tableau N°21 : Bulletin D'analyse Physico- Chimique forage Tizeroutine le 02/06/2011.

Détermination	RES	Spécifications	Réf Méth
PH	7,27	6,5à9	NA 751
Conductivité us/cm à20° C	1612	Au maximum 2800	NA 749
Chlorure mg/l	298,2	200 à 500	NA 6362
Dureté total mg/l caco3	329	100 à 500	NA 752
Nitrate mg/l	15,80	Au maximum 50	NA 1656
Nitrite mg/l	0	Au maximum 0,2	NA 1657
Calcium mg/l	200	75 à 200	NA 1655
Magnésium mg/l	140	150	NA 752
Résidu sec mg/l	1100	500 à 2000	NA 6356

Interprétation : les résulta sont **Satisfaisants**.

Note : les résultats prescrits ci-dessus concernant uniquement le prélèvement du 02/06/2011, préleve par les soins du propriétaire.

Le contrôle périodique de forage de Tizeroutine il ne donne des résultats différentes des résultats précédentes comme elle est indiqué dans le tableau 22.

Tableau N°22 : Bulletin D'analyse Physico- Chimique forage Tizeroutine le 18/09/2015.

Détermination	RES	Spécifications	Réf Méth
PH	8.2	6,5 à 8.5	NA 751
Conductivité us/cm à20° C	1304	Au maximum 2800	NA 749
Chlorure mg/l	609.79	200 à 500	NA 6362
Dureté total mg/l caco3	427	100 à 500	NA 752
Nitrate mg/l	15,60	Au maximum 50	NA 1656
Nitrite mg/l	0.14	Au maximum 0,1	NA 1657
Calcium mg/l	200	75 à 200	NA 1655
Magnésium mg/l	140	150	NA 752
Résidu sec mg/l	1100	500 à 2000	NA 6356
Potassium mg/l	60	20	NA1652
Sulfate mg/l	180	200 à400	6361
TA °F	00	-	Titrimétrique
TAC °F	13.00	-	Titrimétrique
Aluminium mg/l	0.02	0.2	NA6372
Fer mg/l	0.1	0.3	2422
Fluor mg/l à20 °C	0.45	0.3à2	NA6376
Zinc mg/l	0.41	5	NA2362

Conclusion : Selon les normes NA 6362 et NA 1652 relative à la potabilité des eaux de consommation humaine et par suite des essais effectués ces résultats sont **non satisfaisants**.

III .9 Conclusion

Après l'auscultation et le diagnostic des 4 forages précédentes on a trouvé des problèmes différents dans chaque forage .Ces problèmes sont liés généralement à :Baisse du niveau de l'eau. Corrosion. Changement inattendu de la nature Physico- Chimique de la nappe .Chute des nappes et le glissement de sol.

Chapitre IV

Les problèmes et les solutions proposées
« LES GRANDS TRANSFERTS D'EAU »

IV Problèmes et Solutions proposées

« LES GRANDS TRANSFERTS D'EAU »

IV.1 Intérêt du projet

Le projet a pour objet de transférer un volume d'eau à partir du captant de Chaaba Al Hamra « AIN AZEL » vers le réservoir (2000m³) de Beida Bordj sur une distance de 17 Km.

IV.2 Problèmes physiques rencontrés avec les forages et les pompes

Lorsqu'un forage équipé d'une pompe ne fonctionne pas correctement et finit par tomber en panne, les problèmes physiques sont généralement les suivants:

- Un Faible débit c.à.d. une quantité d'eau insuffisante ou une irrégularité saisonnière;
- Un Eau de mauvaise qualité (p.ex., turbidité élevée, mauvaise qualité bactériologique/chimique...);
- Une défaillance mécanique de la pompe.

Pour assurer la pérennité des systèmes d'approvisionnement en eau potable reposant sur les eaux souterraines, il est indispensable que les forages puissent fonctionner sur toute leur durée de vie standard (de 25 à 50 ans). Si en premier lieu, l'implantation des forages ne convient pas ou si ces derniers sont mal conçus, mal construits et mal installés, cela se traduira par une défaillance du système d'approvisionnement en eau et donc une perte des investissements. La qualité de construction des forages est essentielle pour garantir la salubrité de l'eau captée. Les ressources en eaux souterraines doivent également être gérées correctement pour éviter toute pollution ou surexploitation, qui risqueraient de mener à un échec total du service d'approvisionnement en eau.

Pour garantir une eau de qualité ainsi qu'un service fiable et durable, il est nécessaire de choisir un site approprié pour le forage, de concevoir et de construire (ou de remettre en état) ce dernier correctement et d'installer la pompe comme il se doit.

Une bonne durée de vie de l'installation et la protection de la ressource nécessite une inspection périodique, au minimum tous les dix ans.

IV .3 Les problèmes liés à nos forages

IV .3.1 Forages d'Oueled Thamen 01

- Le glissement de sol nous empêche d'avancer la foration plus de 120 mètres.
- Ce forage ne répond pas aux exigences souhaitées.

IV .3.2 Forages d'Oueled Thamen 02

- Glissement de sol à partir de profondeur de 185 mètres jusqu'à 240 mètres (55 mètres endommagés).
- Le non stabilité du rabattement entre niveau statique et niveau dynamique.
- Un faible débit.

IV .3.3 Forages de Chouadi

- Après l'entretien coûteux et l'approfondissement de forage de Chouadi nous avons obtenu un résultat négatif « chute de la nappe »

IV .3.4 Forages de Tizeroutine

- Après quatre mois d'exploitation de forage de Tizeroutine le niveau de l'eau est devenu bas et les résultats d'analyse sont non satisfaisants (Chlorure **609.79** mg/l, Nitrite **0.14** mg/l, Potassium **60** mg/l)
- Corrosion importante sur canaux montants.

IV.4 Présentation de l'étude (Solutions)

La figure 39 illustre un schéma d'alimentation en eau des Cinq villes en sud de Sétif. Plus particulièrement, les équipements permettant le captage et l'adduction d'une partie des ressources de ces villes sont représentés comme suite.

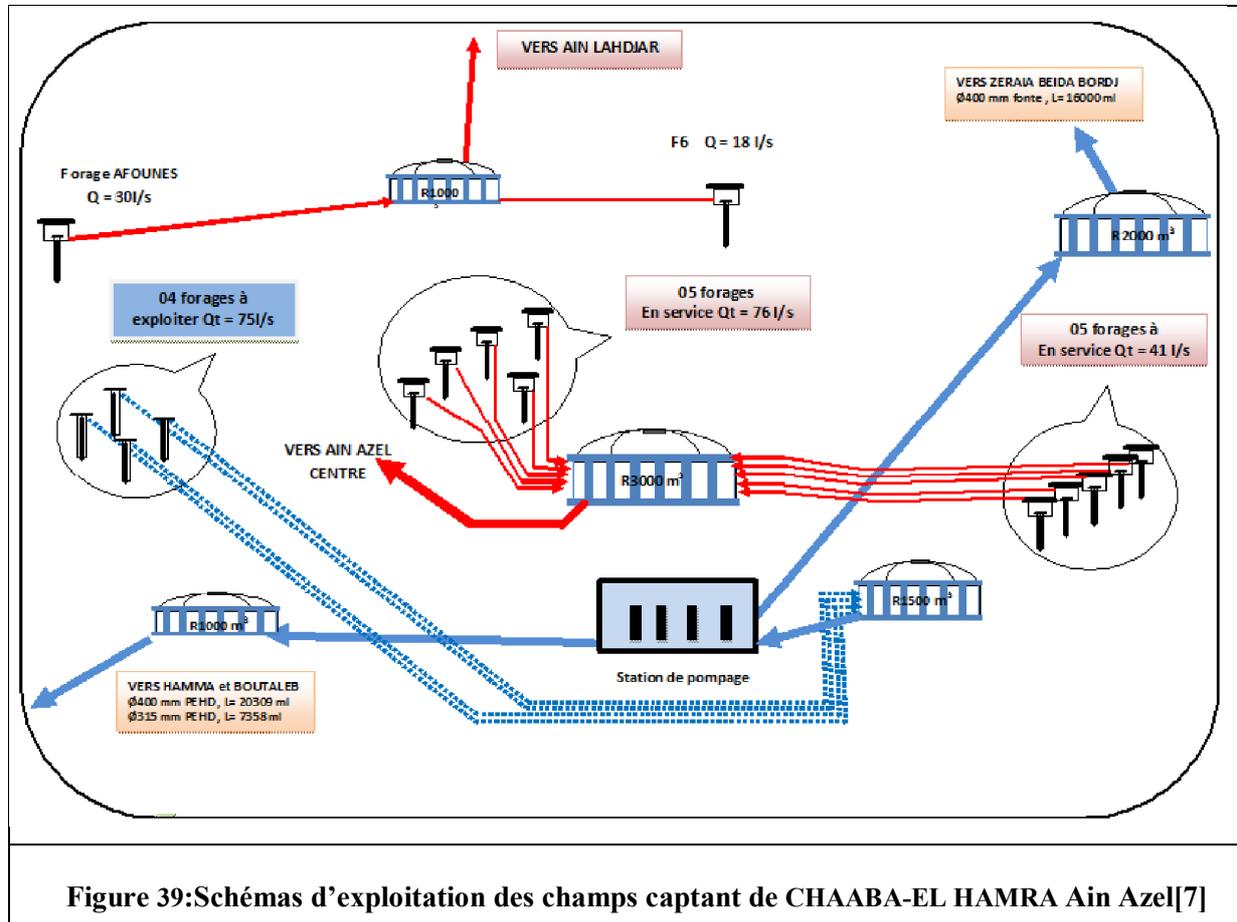


Figure 39: Schémas d'exploitation des champs captant de CHAABA-EL HAMRA Ain Azel[7]

L'eau est prélevée dans un champ captant qui est constitué de plusieurs forages (14 forages) : l'extraction de l'eau est assurée par des pompes immergées (appelées aussi pompes d'exhaure) qui assurent la refoulement vers un réservoir de reprise de 1500 m³ (un réservoir intermédiaire pouvant aussi être nommé réservoir **tampon**).

Le relèvement de l'eau depuis le réservoir intermédiaire vers le réservoir de tête est assuré par une station de pompage qui est composée d'un total de 2 pompes en parallèle.

L'eau potable est alors stockée dans un réservoir (Tête-2000 m³-) qui permet généralement une alimentation gravitaire des différents réservoirs secondaires.

IV.4.1 – Objet de l'étude.

Le renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de Beida Bordj à partir du champ captant de **Chaàba El Hamra** citiez dans la commune de Ain Azel est déroulera en quatre phases.

Phase 1: Etude Préliminaire

Phase 2 : Etude topographique

Phase 3 : Etude d'avant projet sommaire

Phase 4 : Etude d'exécution

Une sortie sur terrain avec les représentants de la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Sétif afin de :

- Délimiter la zone d'intervention.
- Définir les objectifs de l'étude.

Les objectifs visés par l'étude dans sa globalité sont :

- La collecte des données de bases nécessaires à l'élaboration de toutes les phases de l'établissement d'un schéma du tracé directeur.
- l'évaluation des besoins en eau potable et capacités de stockage
- Levé topographique du tracé directeur.

IV.4.2 Caractéristiques hydraulique

Le tracé proposé est composé d'une conduite de refoulement d'une longueur totale de **17000 ml** entre la station de pompe située au niveau du champ captant de Chaàba El Hamra dans la commune d'Ain Azel et le réservoir tampon de 2000 m³ sur les hauteurs de Beida Bordj (Douar ZERIA).

Pour les matériaux de la conduite de refoulement le choix s'est porté pour la fonte ductile PN25 Bars à cause des différences de niveau qui dépassent les 200m entre les parties basses du tracé et la zone de Beida Bordj et sur recommandation du maître de l'ouvrage (Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Sétif).

a)- débit véhiculé par la conduite

Si on considère que le temps de pompage est de **24 h** le débit moyen sera de **102 l/s**

b-) Calcul du diamètre économique de refoulement:

Il est donné par plusieurs formules, pour notre cas on va utiliser deux formules

- Formule de BRESSE.

$$D = 1,5\sqrt{Q} = 1,5\sqrt{0,102} = 0,479m \quad D = 500mm, V = 0,52 m/s.$$

- Formule de BONIN

$$D = \sqrt{Q} = \sqrt{0,102} = 0,320m \quad D = 400mm, V = 0,81l/s.$$

• **Frais d’amortissement**

Les frais d’amortissements de la conduite qui croissent avec le diamètre de la Canalisation.

On considère que le prix de la conduite sera amorti sur **26ans** au taux de **8%**, ce qui correspond a une annuité de :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i$$

i : Taux d’annuité (dans notre cas 8%)

n : Nombre d’années d’amortissement (dans notre cas, il est de 26 ans)

résultat :le frais d’amortissement dans notre cas est égale a **0.096**.

Tableau N°23 : Calcul des frais d’amortissement.

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)	Frais avec annuité (DA)
500 mm	17000	5000.00	54607400	5242310,4
400 mm	17000	3900.00	42593772	4089002,11

• **Frais d’exploitation**

Les frais d’exploitation de la station de pompage, qui décroissent quand le diamètre augmente.

Pour trouver les frais d’exploitation, il faut d’abord rechercher les pertes de charges dans les différents diamètres pour $Q=0.102m^3/s$ afin de les ajouter a la hauteur géométrique=102,5m

Tableau N°24 : Calcul des Frais d'exploitation

Diamètre (mm)	Perte de charges unitaires J (m)	Perte de charges totales J=jl (m)	H=Hg+J (m)
500 mm	0.000503	8.553	121,23
400 mm	0.00155	26.34	158,36

Consommation en kwh du moteur et prix de l'exploitation .

Tableau N°25 : calcul des frais d'énergie.

Diamètre (mm)	Puissance $P = \frac{9.81X.0.11H}{0.7}$ (KW)	Energie PmX24X365 (KW)	Prix unitaire (DA)	Prix de l'énergie (DA)
500 mm	195,85	1715646	1.50	2573469
400mm	244.72	2143747,2	1.50	3215620,8

Bilan :

Tableau N°26 : Le Bilan

Diamètre (mm)	D500	D400
Amortissement	5242310,4	4089002,11
exploitation	2573469	3215620,8
Totaux	7815779,4	7304622,91

Selon le bilan le choix va donc le diamètre 400 mm. qui donne une vitesse de 1.37m/s

c)-Calcul des pertes de charges-refoulement

Les pertes de charges dues à l'aspiration sont négligeables

La conduite de refoulement est en fonte ductile PN25bars selon les recommandations de l'hydraulique

k : Coefficient de rugosité (**k= 0.20**)

J_{lin} = i x L (m)

L : Longueur de la conduite de refoulement. **L= 17000m**

J_{lin} =26.34m

Les pertes de charges singulières sont estimées à 15% des pertes de charges linéaires

J_{totale} = J_{lin} + J_{sing} = 26,34 + (0,15x26,34) = 30,29m

d-) Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation (H.M.T)

Elle est donnée par la relation suivante.

$$H_{mt} = H_g + J_{totale}$$

H_g: Hauteur géométrique entre la station de pompage et le réservoir 1000m³

Cote de radier du réservoir tampon : 1215.00m

Cote d'arrivée au réservoir : 1215.00+5=1220.00m

Cote de la station de pompage : 1045.00m

$$H_g = 1220.00 - 1045.00 = 175,00m$$

$$H_{mt} = 175.00 + 30.29 = 205,29m$$

$$H_{mt} = 205.29m.$$

IV 4.3 Choix des pompes**Caractéristique de la pompe**

Q_{sr1}=102l/s : débit refoulé par la pompe

H_{mt} =205,29m.

a) Calcul des puissances:**1. Puissance absorbée par la pompe:**

Elle est déterminée par la formule suivante

$$P_p = 9,81 \times \frac{Q \times H_{mt}}{\delta_p}$$

P_p: Puissance en KW

δ_p: Rendement de la pompe pris égal à **0,7**

$$P_p = 9,81 \times \frac{102 \times 0.001 \times 205,29}{0,7} \quad P_p = 293,45 \text{ KW}$$

En prenant une sécurité de 10 % on aura

$$P_p = 293.45 \times (1 + 0,1) = 322.79 \text{ KW}$$

2. Puissance absorbée par le moteur:

$$P_m = \frac{P_p}{\delta_m}$$

δ_m : Rendement du moteur, il est pris égal à **0.70**

$$P_m = 322.79 / 0.70 = 461.13 \text{KW}$$

3. Puissance du poste transformateur :

$$P_t = \frac{P_m}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = 0,85$$

$$P_t = 461.13 / 0.85 = 542.50 \text{KVA}$$

On optera pour un poste transformateur d'une puissance de 500KVA

4. Dimensionnement des butées d'ancrage.

Pour les coudes ,la force est calculée comme suit :

$$R = 2 \times N_1 \times P \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

N_1 : poussée axiale à 1 bar(KN), donnée en fonction du diamètre,

$$N_1 = 12,60 \text{ KN pour } D=400\text{mm}$$

P : pression maximale existante dans les conduites (25bars)

α : angle de coude (degrés). $11^\circ 15''$, $22^\circ 30''$, 45° , 90°

R : force résultante (KN)

<i>Angle du coude</i>	<i>11°15''-1/32</i>	<i>22°30''-1/16</i>	<i>45°-1/8</i>	<i>90°-1/4</i>
<i>force résultante R (KN)</i>	<i>61,11</i>	<i>121,83</i>	<i>445,48</i>	<i>630,00</i>

La largeur d'ancrage se calcul en partant de la formule.

$$b = \frac{R}{h \times \sigma_{terre}}$$

ou b : largeur d'ancrage(m).

h : hauteur d'ancrage(m) prise égale à 0,40m

Angle du coude	11°15''-1/32	22°30''-1/16	45°-1/8	90°-1/4
Hauteur d'ancrage h (m)	0,70	0,80	1,00	1,30

R : force résultante (KN).

α_{terre} : poussée de la terre admissible (200KN/m₂).

Angle du coude	11°15''-1/32	22°30''-1/16	45°-1/8	90°-1/4
largeur d'ancrage b (m)	0,436	0,761	2,227	2,42

IV 4.4.Vérification du coup de bélier

Afin de protéger la conduite de refoulement contre l'effet du coup de bélier, lors de la fermeture trop rapide de la vanne ou l'arrêt brusque de la pompe nous présentons dans cette étude le dimensionnement du réservoir d'air anti- bélier.

1. Hypothèses:

Nous avons le cas d'une installation avec, **Qp=102 l/s** et une longueur de la conduite de refoulement de **17000,00m**

Nous admettons les hypothèses simplificatrices suivantes:

- On néglige les pertes de charges dans la conduite de refoulement, et on considère le phénomène comme une oscillation en masse, c'est à dire en négligeant l'élasticité de la conduite et la compressibilité de l'eau et que le dispositif ne compte pas d'organe d'étranglement.

2. Données:

Diamètre = 400mm en fonte ductile PN25bars

Longueur de la conduite de refoulement, **L= 17000,00m**

Hauteur géométrique Hg= 175.00m

Section de la conduite S= 0,1256 m²

Volume de la conduite V=0,1256 x17000= 2135,20 m³

3. Calcul:

La célérité est donnée par la formule suivante

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{K \times D}{e}}}$$

D: diamètre de la conduite .

e: épaisseur de la conduite. e=4.8mm

K : coefficient K=83 pour conduite en PEHD

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 3 \frac{83 \times 0,4}{0,0401}}} = 334,44 \text{ m/s}$$

Ceci montre que le coup de bélier peut atteindre la valeur

$$Y_{max} = \frac{a \times V_0}{g} = \frac{334,44 \times 1,37}{9,81} = 46,71 \text{ m d'eau}$$

Donc au moment du retour de l'onde, la pression peut atteindre au niveau de la pompe centrifuge la valeur de

$$H_g + Y_{max} = 110,85 + 46,71 = 157,56 \text{ m d'eau soit 16bars}$$

On examine le comportement de la conduite en régime transitoire dépression il ne faut pas que la valeur éventuellement négative trouvée pour la pression restante dépasse en valeur absolue celle de la pression atmosphérique 10m

Nous remarquons que la conduite de refoulement présente plusieurs points hauts ,il y'aura risque de cavitation c'est-à-dire formation de poche vide si

$$h - (H_g - Y_{max}) > 8m$$

Où h=différence de cote entre la pompe et le point haut

On constate d'après ces résultats que la conduite présente un risque de cavitation en ces points donc un réservoir anti bélier est obligatoire dont le volume nécessaire sera déterminé ci-dessous.

Remarque

La nature du relief permet de découpage du circuit de refoulement en un (01) tronçon principal qui est subdivisé en quatre(04) tronçons secondaires gravitaire à partir du réservoir 2000 m³.

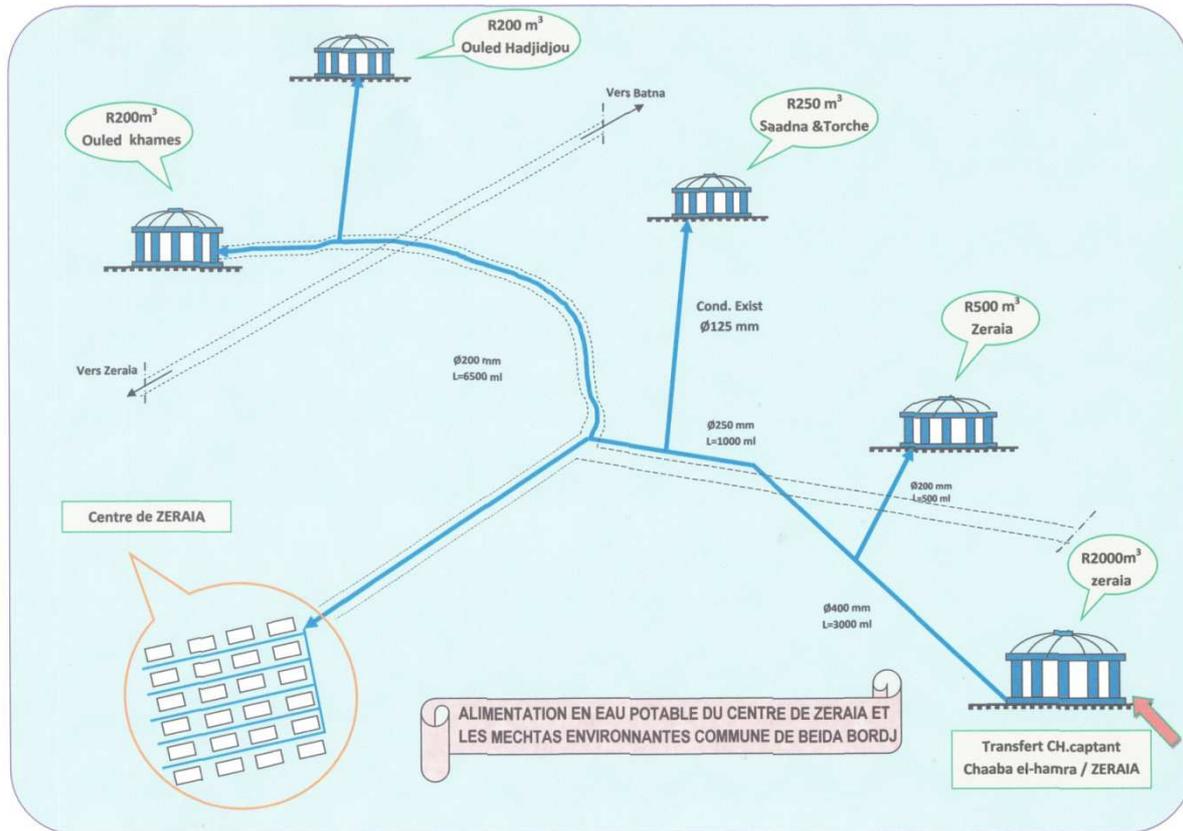


Figure 40 : Grand transfert d'eau potable de Chaaba el Hamra vers Beida Bordj[7]

IV. 5 Conclusion

Dans un contexte de évolutions climatique et de crise financière le cout d'eau est devenu plus cher. C est pour ca la nouvelle politique de mobilisation de l'eau est posée comme une solution optimale est moderne.

La mise en oeuvre de cette nouvelle politique de l'eau « mobilisation de l'eau » basée sur la gestion intégrée des ressources en eaux, a nécessite des investissements colossaux de capacité et d'exploitation afin de développer les moyens de mobilisation des ressources hydraulique et de les gérer de manière rationnelle.

Conclusion générale

Le forage d'eau est une infrastructure inscrite aujourd'hui dans un cadre de développement durable, de gestion et de protection de la ressource en eau. Elle est essentielle pour différentes activités ayant recours aux eaux souterraines telles que l'alimentation en eau potable, l'industrie, l'agriculture, etc.

Cette infrastructure est complexe dont la qualité et la longévité dépendent essentiellement des conditions de réalisation et des matériaux utilisés ainsi que des conditions d'exploitation et d'entretien.

Et si elle est équipée d'une pompe qui ne fonctionne pas correctement et finit par tomber en panne (une défaillance mécanique), on aura des problèmes physiques tels que : faible débit, c.-à-d. une quantité d'eau insuffisante ou une irrégularité saisonnière; une eau de mauvaise qualité (p.ex., turbidité élevée, mauvaise qualité bactériologique/chimique).

Pour assurer la pérennité des systèmes d'approvisionnement en eau potable reposant sur les eaux souterraines, il est indispensable que les forages puissent fonctionner sur toute leur durée de vie standard (de 25 à 50 ans). Si en premier lieu, l'implantation des forages ne convient pas ou si ces derniers sont mal conçus, mal construits et mal installés, cela se traduira par une défaillance du système d'approvisionnement en eau et donc une perte des investissements.

Après un avoir passé par une auscultation et un diagnostic des forages de notre étude (d'Oueled Thamen 01 , d'Oueled Thamen 02 , de Chouadi et de Tizeroutine) on s'est focalisé sur une solution capable de renforcer et d'améliorer les conditions d'alimentation en eau potable afin de consolider le développement social et économique de la région de Beida Bordj partir du champ captant de Chaàba El- Hamra dans la commune de Ain Azel.

Le tracé proposé est composé d'une conduite de refoulement d'une longueur totale de 17000m (soit 17 km) entre la station de pompage située au niveau du champ captant de Chaàba El-Hamra à proximité du réservoir 1500m³ dans la commune de Ain Azel et le réservoir tampon de 2000m³ sur les hauteurs de Beida Bordj.

La nature du relief permet le découpage du circuit de refoulement en un tronçon principal qui est subdivisé en quatre tronçons secondaires gravitaire à partir du réservoir ce qui entre dans le programme d'étude des grands transferts d'eaux.

La qualité de construction des forages est essentielle pour garantir la salubrité de l'eau captée. Les ressources en eaux souterraines doivent également être gérées correctement pour éviter toute pollution ou surexploitation, qui risqueraient de mener à un échec total du service d'approvisionnement en eau.

Pour garantir une eau de qualité ainsi qu'un service fiable et durable, il est nécessaire de choisir un site approprié pour le forage, de concevoir et de construire (ou de remettre en état) ce dernier correctement et d'installer la pompe comme il se doit.

Références

[1].Carte d'état major de Beida Bordj.

[2].Carte géologie de Beida Bordj Direction Hydraulique de Sétif.

[3].Service Technique de Beida Bordj.

[4]. Mémento technique des eaux minérales / édition BRGM.

[5].Guide d'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau / édition BRGM septembre 2004

[6].Note d'orientation de l'UNICEF (Forage d'eau :Vers la professionnalisation d'un secteur.)

[7].Direction hydraulique de Sétif.