

UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et de L'environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème :

**Suivi hydrogéologique des travaux de réalisation d'un forage d'eau
F26 pour l'AEP de la ville de L'Arbaa (Plaine de Mitidja)**

Présenté par

BESSAILET Abdelhak

BOUDI Mahieddine

Devant le jury composé de :

| | | |
|-------------------|-------------------------|-----------|
| M.M. BESSENASSE | Professeur, U. de Blida | président |
| M.M/R KHOULI | Professeur, U. de Blida | Examineur |
| M.B. MOHAMMED ALI | Ingénieur d'état de DRE | Invité |
| M.A.GUENDOZ | professeur, U. de Blida | Promoteur |

Promotion 2018/2019

DEDICACE

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 Bessaïet

A tous mes amis surtout à mon cher ami Boudi mahieddine

pour leur patience avec moi aussi bien pour Leur

collaboration et leur aide pendant toute la période

universitaire. Et a toute la promotion 2018/2019

De département science de l'eau et

l'environnement A toutes mes adorables que j'ai connu

pendant toute Ma vie ...

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer tout d'abord nos remerciements à Mr GUENDOUZ Abdelhamid PROF.ENS.SUP, d'avoir dirigé ce travail Nous lui sommes également très reconnaissants pour la qualité de ses conseils et son encadrement aussi Mr Bensafia chef département, Mr Bessenasse PROF.ENS.SUP.

Aussi, nous tenons à exprimer nos remerciements aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer notre travail de mémoire.

Merci à Co-promoteur Mr, Mohamed Ali Bachir, ingénieur d'états en hydrogéologie.

Nos meilleurs remerciements vont également aux personnes qui nous ont encouragés et aider à la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du

Département de science de l'eau et de l'environnement de l'université de Blida, nos camarades étudiants.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

Avant tout à ma chère mère, aussi à mon père

A tous mes Frères et Sœurs et ma Fam

Et à toute la famille Boudi

A tous mes amis surtout à mon cher ami Bessaïet Abdelhak

pour leur patience avec moi aussi bien pour Leur

collaboration et leur aide pendant toute la période

universitaire. Et a toute la promotion 2018/2019

De département science de l'eau et

L'environnement A toutes mes adorables que j'ai connu

pendant toute Ma vie ...

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer tout d'abord nos remerciements à Mr GUENDOUZ Abdelhamid PROF.ENS.SUP, d'avoir dirigé ce travail Nous lui sommes également très reconnaissants pour la qualité de ses conseils et son encadrement aussi Mr Bensafia chef département, Mr Bessenasse PROF.ENS.SUP.

Aussi, nous tenons à exprimer nos remerciements aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer notre travail de mémoire.

Merci à Co-promoteur Mr, Mohamed Ali Bachir, ingénieur d'états en hydrogéologie.

Nos meilleurs remerciements vont également aux personnes qui nous ont encouragés et aider à la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du

Département de science de l'eau et de l'environnement de l'université de Blida, nos camarades étudiants.

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier et de suivre un forage à l'Arbaa dans le but de renforcer et combler le déficit en eau potable de la ville de l'Arbaa et les zones rurales avoisinantes.

Le travail est basé sur des données géologiques, hydrogéologiques et des coupes géophysiques existants dans la plaine de la Mitidja ainsi qu'une coupe hydrogéologique prévisionnelle établie par nos soins.

La réalisation de forage F26 a été élaborée par plusieurs étapes de forage (forage de reconnaissance, diagraphie, examen des cuttings, alésage, équipements de forage, essais de pompage et équipements).

Mots clés : Hydrogéologie, Implantation d'un forage, Eaux souterraines, Plaine de Mitidja.

ملخص

والغرض من هذا العمل هو دراسة ومراقبة بئر في الأربع من أجل تعزيز وملء العجز في مياه الشرب في مدينة أرباع والمناطق الريفية المحيطة بها.

يعتمد العمل على البيانات الجيولوجية. الأقسام الهيدروجيولوجية والجيوفيزيائية الموجودة في سهل Mitidja وكذلك القسم الهيدروجيولوجي المخطط من قبلنا.

تم تطوير منصة الحفر F26 بعدة مراحل من الغرق (حفر الاستطلاع، وقطع الأشجار، وفحص القطع، وحفر الآبار، ومعدات الحفر، واختبارات ومعدات الضخ).

الكلمات المفتاحية: هيدروجيولوجيا، تعيين منقب، المياه الجوفية، سهل متيجة.

Abstract

The purpose of this work is to study and monitor a borehole at the Arbaa in order to strengthen and fill the drinking water deficit of the city of Arbaa and the surrounding rural areas.

The work is based on geological data. Hydrogeological and geophysical sections existing in the plain of the Mitidja as well as a hydrogeological section planned by us.

The drill rig F26 was developed by several stages of sinking (reconnaissance drilling, logging, examination of cuttings, boreholes, drilling equipment, pumping tests and equipment).

Keywords: Hydrogeology, implantation of a drilling, Groundwater, Western of the Mitidja plain.

Sommaire

| | |
|-----------------------------------|----------|
| INTRODUCTION GENERALE..... | 1 |
|-----------------------------------|----------|

Chapitre I généralité et géomorphologie

| | |
|--|---|
| I.1 Situation géographique et présentation de la plaine de la Mitidja | 2 |
| I.2 : Situation géographique de la ville de l'arbàa :..... | 3 |
| I.3. Aperçu géomorphologique :..... | 4 |
| I.3.1. Introduction..... | 4 |
| I.3.2 Analyse des paramètres physiques et morphologiques du bassin versant de l'oued el Harrach :... | 5 |
| I.3.3 Relief..... | 6 |
| I.3.4 Conclusion : | 7 |

Chapitre II géologie et géophysique

| | |
|--|----|
| II. Aperçu géologique : | 8 |
| II.1.1 : Introduction : | 8 |
| II.1.2. Cadre géologique: | 8 |
| II.1.3.La litho-stratigraphie..... | 9 |
| II.1.3.1 Le QUATERNAIRE..... | 9 |
| II.1.3.1.1 Le RHARBIEN..... | 9 |
| II.1.3.2 Le Tertiaire | 10 |
| II.1.3.3 Le MIOCENE | 11 |
| II.1.3.4 L'OLIGOCENE | 11 |
| II.1.3.5 Le SECONDAIRE..... | 11 |
| II.1.3.6 Le PRIMAIRE..... | 12 |
| II.1.4 Evolution Paléogéographique et Tectonique:..... | 13 |
| II.1.4.1 L'Eocène: | 14 |
| II.1.4.2 Le cycle Miocène:..... | 14 |
| II.1.4.3 Le Pliocène:..... | 14 |

| | |
|---|----|
| II.1.4.4 Conclusion: | 17 |
| II.1.5 Etude géophysique | 18 |
| II.1.5.1 Résultats principaux de l'étude géophysique :..... | 18 |
| II.1.6.Conclusion..... | 20 |
| II .2.Aperçu Hydrogéologique..... | 21 |
| II.2.1 Introduction :..... | 21 |
| II.2.2 Identification des aquifères :..... | 22 |
| II.2.2.1 L'aquifère de l'Astien :..... | 22 |
| II.2.2.2 L'aquifère des alluvions du quaternaire :..... | 23 |
| II .2.3. Mécanismes d'alimentation et d'écoulement des eaux souterraines :..... | 23 |
| II .2.3.1 L'aquifère de l'astien :..... | 23 |
| II .2.3.2 Alimentation de la nappe alluviale de quaternaire | 24 |

Chapitre III : Technique de forage

| | |
|--|----|
| III-1 Introduction..... | 26 |
| III-2 Les méthodes de forage :..... | 26 |
| III-2-1 Technique de Battage (à percussion) :..... | 26 |
| III-2-2 Technique de Rotary :..... | 27 |
| III-3 Description de la machine de forage rotary :..... | 29 |
| III-1 Foreuse à table de rotation | 29 |
| III-2 Foreuse à tête de rotation | 29 |
| III-4 Les composants d'un appareil de forage rotary :..... | 29 |
| III-4-1 le mât | 29 |
| III-4-2 Mouflage :..... | 30 |

| | |
|---|----|
| III-4-3 Tête d'injection [swivell]:..... | 31 |
| III-4-4 Table de rotation :..... | 32 |
| III-4-5 Tige d'entraînement(Kelly) | 33 |
| III-4-6 Les tiges..... | 34 |
| III-4-7 Les masse-tiges :..... | 35 |
| III-4-8 Treuil..... | 35 |
| III-4-9 Outil de forage :..... | 36 |
| III-4-10 Pompes à boue :..... | 38 |
| III-5 Matériel utilisé pour le fonçage du forage | 39 |
| III-5-1 Les moyens humains : | 39 |
| III-5-2 Les moyens matériels : | 39 |
| III-5-3 Stocks des matériaux : | 39 |
| III-5-4 Préparation du chantier | 40 |
| III-3-5 Installation de chantier de forage :..... | 40 |
| III-6 Les travaux à suivre pour réaliser le forage | 41 |
| III-6-1 Boue de forage..... | 41 |
| III-6-1-1 Rôle de la boue :..... | 43 |
| III-6-1-2 Pertes de boue dans les forages d'eau : | 44 |
| III-6-1-3 Préparation des bassins à boue : | 45 |
| III-6-2 Creusement: | 47 |
| III-6-2-1 Mise en place du tube guide : | 47 |
| III-6-2-2 Forage de reconnaissance :..... | 48 |
| III-6-2-3 Prélèvement des échantillons : | 48 |
| III-6-2-4 Enregistrement et interprétation des diagraphies..... | 49 |
| III-6-2-5 Alésage et réalésage | 50 |
| III-6-3 La mise en place des équipements de forage..... | 51 |
| III-6-3-1 Mise en place du tubage | 51 |
| III-6-3-3 Massif filtrant (gravier additionnel, massif de gravier) :..... | 57 |
| III-6-3-4 Développement du forage : | 59 |

| | |
|---|----|
| III-6-3-4-1 Objectif de développement : | 59 |
| III-6-3-4-2 Les différentes méthodes de développement : | 59 |
| III-6-3-4-2-1 Le développement par pompage et sur pompage : | 59 |
| III-6-3-4-2-2 Le développement par pistonage : | 59 |
| III-6-3-4-2-3 Le développement par Lavage aux jets à grande vitesse : | 60 |
| III-6-3-4-2-4 Développement à l'air lift (pneumatique) : | 60 |
| III-6-3-4-3 Traitement à l'hexamétaphosphate : | 61 |

Chapitre IV : Operations du forage de larbaa

| | |
|---|-----------|
| IV-1 Introduction : | 62 |
| IV-2 Forage : | 62 |
| IV-3 Programme d'équipement : | 68 |
| Introduction : | 68 |
| IV-3-1 Plan du tubage : | 68 |
| IV-3-2 Massif filtrant : | 70 |
| IV-3-3 Opération de développement du forage de l'arbaa : | 74 |
| Introduction : | 74 |
| IV.1. Les essais de pompage : | 76 |
| IV.1.1. Essai par palier : | 76 |
| IV.1.2. Essais à long durée : | 77 |
| IV.1.3. Calcule des paramètres hydrodynamiques : | 77 |
| IV.1.3.1. Le tracé de la courbe de descente du forage d'eau de larbaa : | 77 |
| IV.1.3.2 Transmissivité : | 78 |
| IV.1.3.3 Essais de Remontée : | 79 |
| IV.2 Conclusion : | 79 |
| Conclusion générale | 80 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure N° 01 : Presentation la plaine de la Mitidja..... | 03 |
| Figure N°02 : La zone d'implantation de forage et la ville de l'arbàa..... | 04 |
| Figure N°03 : Bassin versant 02-14 Oued El Harrach..... | 05 |
| Figure N°04 : Carte géologique de la plaine de la Mitidja (Bennie and Partners, 1980)..... | 09 |
| Figure N°05 : colonne litho-stratigraphique de la Mitidja (Messaoude Nacer 1987 ; amélioré par l'auteur)..... | 13 |
| Figure N°06 : Evolution du Sahel et de la Plaine de Mitidja (Quaternaire et Pliocène), D'après L' ANRH (Binnie, 1965)..... | 16 |
| Figure N°07 : Carte de situation des sondage électrique (CGG),source ANRH..... | 19 |
| Figure N°08 : coupe géo-électrique (Z), source DRE Blida..... | 19 |
| Figure N°09 : Carte des points d'eau..... | 22 |
| Figure N° 10 : La carte piézométrique de pleine de mitidja..... | 24 |
| Figure N° 11 : La carte piézométrique de la zone d'étude..... | 25 |
| Figure N° 12 : Schéma d'une installation de forage au battage au cable..... | 27 |
| Figure N°13 : Schema simplifier dune installation de forage rotary..... | 28 |
| Figure N°14 zone de travail bien délimitée éventuellement avec une cloture..... | 40 |
| Figure N°15 : cycle de la boue de forage..... | 45 |
| Figure N°16 : la coupe lithologique du forage de l'arbàa..... | 50 |
| Figure N°17 : la coupe technique de notre forage..... | 72 |
| Figure N°18 : schéma installation pour pompe du forage..... | 76 |
| Figure N°19 : Courbe descente du forage de l'arba..... | 77 |
| Figure N°20 : Courbe de remonte forage de l'arbàa..... | 79 |

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Caractéristique géométriques de bassin versant..... | 7 |
| Tableau 2 : Les résistivités des couches traversées..... | 20 |
| Tableau 3: Les caractéristiques des forages..... | 21 |
| Tableau 4 : Interprétation de l'enregistrement des diagraphies..... | 64 |
| (Résistivité(ρ) et PS) | |
| Tableau 5 : Essai de débit par paliers | 76 |
| Annexes : | |
| Fiche technique de forage larbaa | 83 |
| Diagraphie..... | 84 |
| Données de la descente | 98 |

Liste des photos

| | |
|--|----|
| Photo 1 : Le mat de l'appareil forage (forage de l'arbaa)..... | 30 |
| Photo 2 : La tête d'injection source dspace | 32 |
| Photo 3 : La table de rotation (forage de l'arbaa)..... | 33 |
| Photo 4 : La tige d'entraînement (forage de l'arbaa) | 34 |
| Photo 5 : Les tiges | 34 |
| Photo 6 : Les masse-tiges..... | 35 |
| Photo 7 : Outils de forage (hassi messaoud) | 36 |
| Photo 8: Outil de forage (forage de l'arbaa)..... | 37 |
| Photo 9: Pompe à boue (forage de l'arbaa)..... | 38 |
| Photo 10: stock de bentonite et gravier sur le chantier | 39 |
| Photo 11: Bassins à boue (décantation, pompage), forage de l'arbaa..... | 46 |
| Photo 12: Le mixeur et pompe à boue (forage de l'arbaa)..... | 47 |
| Photo 13: Exemple des Cuttings prélevées | 48 |
| Photo 14 : appareil de la diagraphie utilisé..... | 49 |
| Photo 15: Mise en place du tubage (forage de l'arbaa)..... | 51 |
| Photo 16: réduction (forage de l'arbaa)..... | 52 |
| Photo 17: centreur de tubage (google)..... | 52 |
| Photo 18: Différent type de crépine..... | 55 |
| Photo 19: Massif de gravier (forage de l'arbaa)..... | 57 |
| Photo 20: Appareille de forage felling 1500 (forage de l'arbaa)..... | 62 |
| Photo 21 : Appareil de la diagraphie..... | 63 |
| Photo 22: Crépines de Johnson (forage de l'arbaa)..... | 68 |
| Photo 23: Mise en place du tubage (forage de l'arbaa)..... | 70 |
| Photos 24: Développement à l'air lift (forage de l'arbaa)..... | 74 |
| Photo 25: Compresseur d'air (forage de l'arbaa) | 74 |

Introduction générale

L'eau est le don de la nature et c'est un droit qui reflète une réalité incontestable « sans eau, pas de vie ». C'est un élément indispensable à la vie et revêt de l'importance pour de nombreuses activités humaines. 70% de la superficie de la terre est occupée par l'eau avec seulement 2,2% de qualité douce, et dont 22% proviennent des eaux souterraines. Ces dernières représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Leur exploitation présente des avantages économiques appréciables du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement et parfois même aucun. Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de cette ressource.

La ville de L'arbaa située dans la wilaya de Blida (Mitidja Est) a connue un développement important sur le plan urbanistique et une croissance démographique accrue comme dans toutes les régions du pays, ce qui a induit des besoins en eau importants.

C'est dans ce contexte que la direction des ressources en eau de la wilaya de Blida a inscrit un programme de réalisation de forages d'eau pour renforcer l'AEP de cette ville et de ses zones environnantes.

L'objectif de notre travail consiste à étudier et suivre la réalisation d'un de ces forages programmes, forage F26

Ce travail est scindé en 4 chapitres :

Chapitre I : généralité et géomorphologie

Chapitre II : géologie et géophysique

Chapitre III : Technique de forage

Chapitre IV : Opérations de suivi du forage de L'ARBAA

I.1 Situation géographique et présentation de la plaine de la Mitidja

Le site d'étude est localisé dans la partie centrale de la plaine de la Mitidja avec une altitude moyenne de 60 à 65 m.

La plaine de la Mitidja est riche par ses terres fertiles et par ses ressources en eau souterraines, elle a une superficie de 1400km² (100 km de longueur et de 8 à 18 km de largeur) orientée suivant un axe WSW-ENE. Cette plaine, limitée à l'Ouest par l'Oued Nador et à l'Est par l'Oued Boudouaou. Elle est bordée par deux zones élevées : le Sahel (260m) au Nord et l'Atlas (1200m) au Sud. [1]

Du Nord au Sud de la région de la Mitidja on peut définir trois ensembles géomorphologiques :

- **Le sahel**

Ces Monts d'orientation SW- NE dominant vers le sud la plaine de la Mitidja et vers le Nord la baie de Bou Ismail et sont bornés à l'Ouest par le Massif de Chenoua et à l'Est par le Massif d'Alger. [15]

- **La plaine de la Mitidja**

Au Sud du Sahel, elle s'étend sur une grande superficie, orientée WSW-ENE. Elle est limitée par l'Atlas Blidéen au Sud. Son altitude moyenne varie de 50 à 100 mètres. La pente au niveau dans la plaine tend vers zéro, ce qui favorise l'infiltration la ou les conditions géologiques le permettent [16]

- **L'Atlas Blideen**

L'Atlas blidéen est situé dans les wilayas de Blida au nord, Médéa au sud et Bouira à l'est. Il s'étend du djebel Tamesguida dans la wilaya de Médéa jusqu'au djebel Hellala dans la wilaya de Bouira, ou alors de la vallée de l'oued Djer à l'ouest, à celle de l'oued Isser à l'est. La plaine de la Mitidja se situe au pied de l'Atlas blidéen, face à ses premiers contreforts. [17]

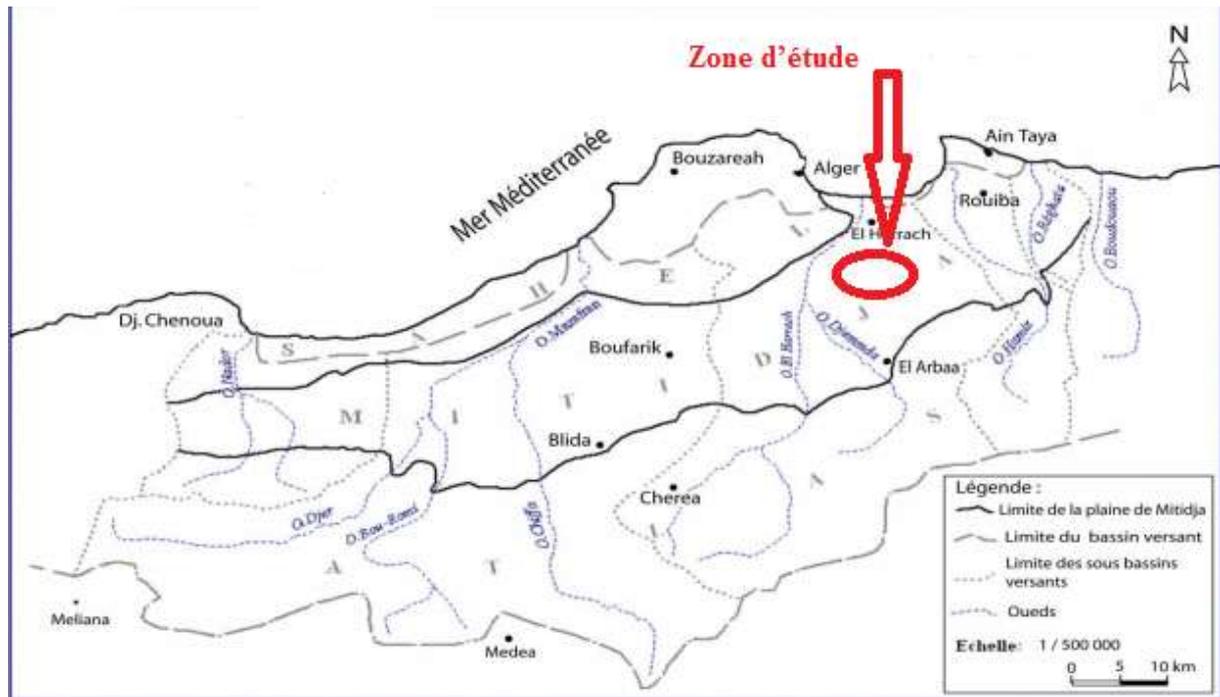


Figure 1 : Présentation la plaine de la Mitidja. [1]

I.2 : Situation géographique de la ville de l'arbàa :

La ville de L'arbàa est située à 29 Km environ à l'est de la ville de Blida et à 20 Km au sud d'Alger, au carrefour de deux axes routiers de la grande importance nationale.

Le premier d'axe est-ouest est la route nationale N°29, le second de nord-sud est la route nationale N°08, qui assurent la liaison avec la capitale.

L'arbàa est à la fois chef-lieu de Daïra et centre de commune de la wilaya de Blida, elle est limitée:

- A l'ouest par l'oued Djema, constituant sa limite avec la commune de Bougara.
- Au sud par Tablat (wilaya de Médéa).
- A l'est par la commune de Meftah.
- Au nord par les communes de Sidi Moussa et El-Harrach (wilaya d'Alger). [2]

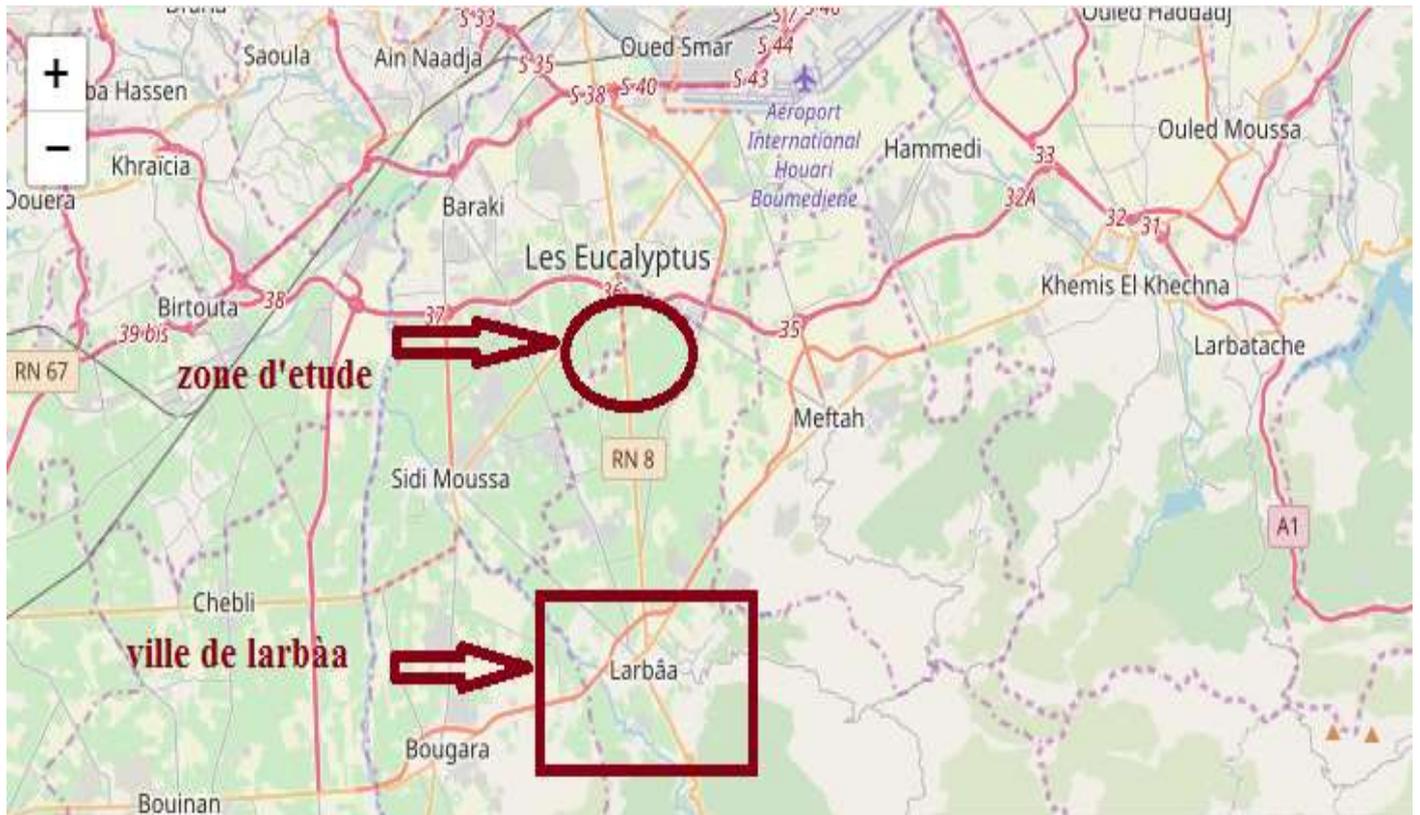


Figure 2 : Zone d'implantation du forage [2]

I.3. Aperçu géomorphologique :

I.3.1. Introduction

Les paramètres géomorphologiques sont des facteurs importants dans la répartition des eaux à l'échelle d'un bassin versant, c'est pourquoi, nous avons jugé utile d'en faire un bref aperçu.



Figure 3 : Bassin versant 02-14 Oued El Harrach [3]

I.3.2 Analyse des paramètres physiques et morphologiques du bassin versant de l'oued el Harrach :

Le bassin versant de la région étudiée est située dans la partie nord de l'Algérie. C'est le Bassin versant d'oued el Harrach qui appartient au grand bassin versant Côtier et couvre une Superficie de 1250km². [1]

I.3.3 Relief

Le bassin versant s'étend très au Sud et est divisé topographiquement en trois régions Distinctes.

En amont, le bassin versant est composé principalement par un massif montagneux.

Dans sa partie Nord-Ouest, le bassin est constitué par les pentes des collines du Sahel, et du Pied de l'Atlas tellien jusqu'à la mer par la plaine de la Mitidja. [18]

Les points les plus hauts du bassin versant sont :

- Kef Takhrina (1478 m), Chéra (1526 m) au Sud – Ouest du bassin versant.
- Le point le plus bas se trouve à l'embouchure d'Oued El Harrach sur la mer

Méditerranée

I.3.4 Caractéristiques de forme du bassin versant :

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement global et notamment le temps de Réponse de bassin versant aux précipitations, c'est à dire la durée du ruissellement de surface et le temps de parcours à travers le réseau de drainage. Un bassin versant allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin ramassé même s'ils sont placés dans les mêmes conditions météorologiques. [18]

Dans cette étude des caractéristiques de forme, plusieurs modèles ont été proposés par Gravillus.

- La superficie et le périmètre du bassin versant
- L'indice de capacité ou coefficient de Gravillus est calculer à partir de la relation suivante : $K_c = 0.28P/\sqrt{A}$

P = Périmètre du bassin versant (Km)

A = Surface du bassin versant (Km²)

- Rectangle équivalente et par suit la longueur et largeur équivalente.est calculer à partir de la formule suivante :

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

Avec :

A = Surface du bassin versant en Km².

Kc = Indice de compacité de Gravillius.

L = Longueur du rectangle en Km.

l = Largeur du rectangle en Km.

| | |
|--------------------------|------|
| P (km) | 187 |
| A(km²) | 1250 |
| Kc | 1.48 |
| Leq (km) | 78 |
| leq (km) | 16.2 |

Tableau 1 : Caractéristique géométriques de bassin versant

Conclusion :

Suite aux résultats obtenus de l'indice de capacité, $KC = 1,48 \gg 1,12$., on conclue que le bassin versant est assez allongé, et par conséquent, le temps de réponse est relativement long [19]

II.. Aperçu géologique :

II.1.1 : Introduction :

La Géologie de la Mitidja a fait l'objet de plusieurs études fondées sur les travaux majeurs de Glangeaud et Aymé ,1952 qui avaient établi que la Mitidja était un bassin intra-montagneux formé par effondrement rempli de dépôts d'âge plio-quadernaire. [20]

II.1.2. Cadre géologique:

La formation du bassin synclinal d'affaissement en-dessous de la plaine actuelle de la Mitidja, a débuté au cours de la période Miocène et s'est poursuivie au cours du Pliocène. Pendant cette période, d'épaisses roches maritimes argileuses (connus sous le nom de Plaisancien et d'Astien argileux) se sont déposées en mer profonde sur des roches carbonatées crétacée. Vers la fin du Pliocène, une série de marnes, de grès et d'argiles (connus sous le nom d'Astien) s'est déposée dans le bassin qui devenait de moins en moins profond. Un plissement léger, qui s'est produit à la fin du Pliocène, et le soulèvement du bassin ont isolé le bassin de la Mitidja de la mer.

Au cours de la période post-Pliocène, la sédimentation fluvio - lacustre a été périodiquement interrompue par des intervalles de forte érosion.

Les différents stades de l'évolution de la Mitidja sont aujourd'hui bien connus depuis les travaux de L.Glangenaud et A. Aymé.1932) [20]

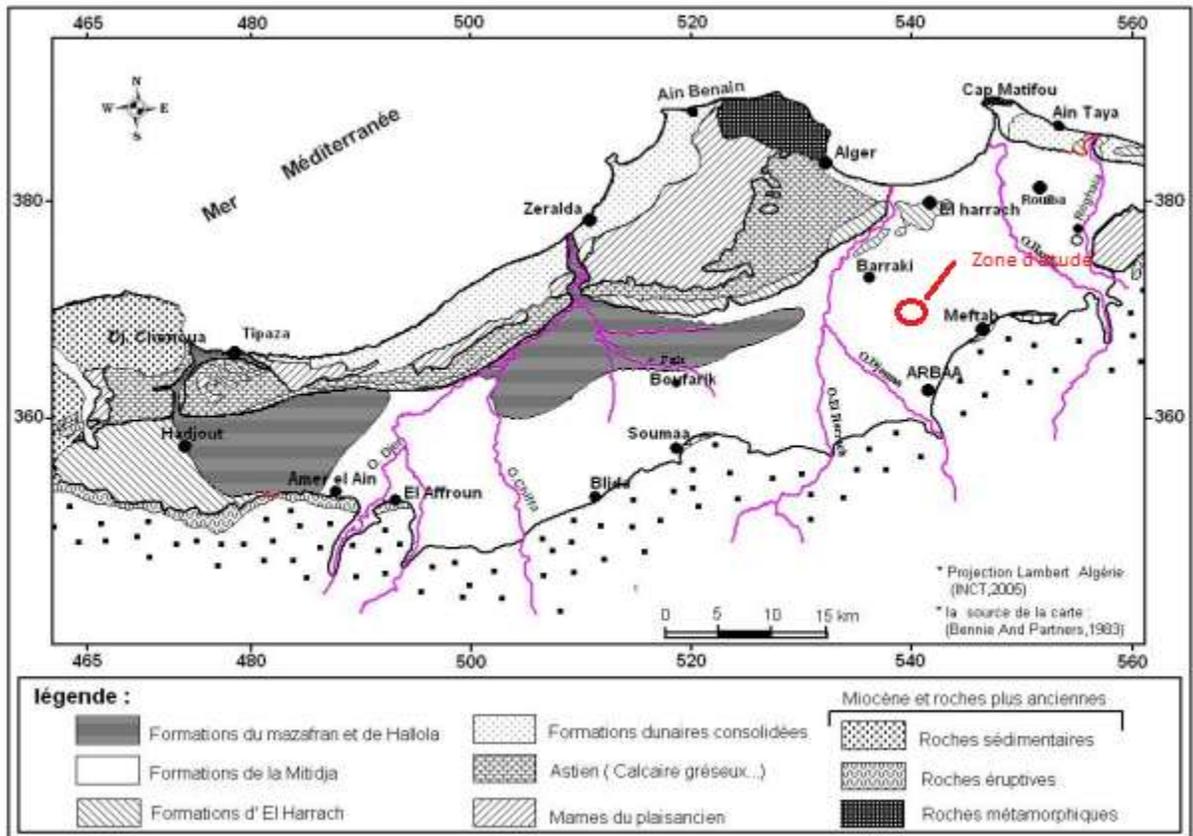


Figure 4 : Carte géologique de la plaine de la Mitidja (Bennie and Partners, 1983)

II.1.3. La litho-stratigraphie

II.1.3.1 Le QUATERNAIRE

II.1.3.1.1 Le RHARBIEN

Cette formation comprend :

- La formation dunaire constituée de sables dunaires, graviers et grés le tout plus ou moins consolidé, a une épaisseur qui varie de 20 à 40 m.
- La formation de Mazafran représente les Alluvions récentes de la Mitidja .Les dépôts sont limoneux et argilo-limoneux et contiennent quelque fois des graviers, a une épaisseur d'environ 10m en moyenne mais qui peut atteindre 60m.

II.1.3.1.2 La formations de la Mitidja (Le Tyrrhénien)

La formation de la Mitidja est composée principalement d'alluvions grossières (graviers, galets, limons et argiles en quantités variables). La puissance des alluvions varie entre 100 et 200 m au centre et devenant de plus en plus faible en allant vers les bordures et la baie d'Alger.

II.1.3.1.3 La formation d'El Harrach(Villafranchien)

La formation d'El-Harrach est représentée par une séquence relativement uniforme d'argiles plastiques jaunes ou grises, par endroits légèrement caillouteux et contenant un petit nombre de lentilles de graviers de 2 à 6 m d'épaisseur.

A l'Est de la Mitidja, l'érosion a fait disparaître la plupart des matériaux, d'où l'absence d'argile autour de Rouïba. A l'exception des affleurements d'El Harrach, cette formation est masquée par des dépôts alluviaux plus récents.

Quelquefois la formation d'El-Harrach en raison de la présence des graviers a été confondue avec la formation alluviale sus-jacente qui est essentiellement caillouteuses. Donc il est très difficile d'obtenir des informations sur les variations à l'intérieur même des dépôts de cette formation, les forages ayant pénétré dans celle-ci à une profondeur suffisante sont très rares. L'épaisseur moyenne de la formation au centre du bassin est estimée à 100 m et diminue progressivement en allant vers le sud. [23]

II.1.3.2 Le Tertiaire :

A) Le Pliocène supérieur (Astien)

Il est constitué d'une grande variété de lithologies associées à une sédimentation marine moins profonde. Les plus couramment rencontrées sont des sables, des calcaires sableux, des grés calcaires molassiques et des argiles sableuses jaunes (Glangeaud and Aymé 1935). On remarque la prédominance des faciès sableux avec des grés calcaires bien cimentés.

Les zones où cette formation fait surface sont le Sahel d'Alger et la périphérie de Meftah.

Cette série présente une épaisseur moyenne entre 100 et 130 m, elle se trouve à des profondeurs allant de 250 à 300 m. On la rencontre particulièrement à l'est de Rouïba à de faibles profondeurs.

B) Le Pliocène inférieure (plaisancien)

Le plaisancien représente le substratum immédiat du réservoir aquifère. Il est composé de marnes grises et bleues, d'origine marine et très fossilifère. L'épaisseur très variable, est en moyenne de 200m.

Le toit de plaisancien varie selon les secteurs considérés de la région en raison de la disparition de certaines formations au bénéfice d'autres ensembles lithologiques sous-jacents. De ce fait, la base des certaines marnes plaisancien est située à une cote de 100 m vers *Reghaia*, à 200m à Rouïba. Cette base s'enfonce à l'Ouest en raison de la présence des dépôts argileux d'El Harrach qui viennent s'intercaler entre la formation de l'Astien et celle de la Mitidja. La cote du toit du plaisancien augmente en s'éloignant vers l'Ouest, elle est de l'ordre de -500m entre Baraki et El Harrach et atteint un maximum de -543m à *Oued El Alleug*.

II.1.3.3 Le MIOCENE :

Il est représenté par des affleurements très localisés de marnes (Miocène supérieur), de grés, de poudingue et de sables argileux (Miocène inférieur) aux environs de Meftah, près de Khemis El Khechna, au Sud-ouest de Bougara et au Nord à Bordj El Bahri.

II.1.3.4 L'OLIGOCENE :

Composé de schistes rouges, poudingues, sables, argiles, et nummulites (Glangeaud, 1932), l'Oligocène est largement réparti dans l'Atlas bien au sud de Meftah et Khemis El Khechna

II.1.3.5 Le SECONDAIRE :

➤ Le Crétacé supérieur

Les marnes à nodules calcaire jaunes à incérâmes du sénonien et les marnes schistoïdes forment principalement cet étage.

➤ Le Crétacé moyen

Le crétacé moyen est constitué par des calcaires marneux à passées régulières de calcaires compacts du cénonanien.

➤ Le Crétacé Inferieur

Le crétacé inferieur est constitué par de calcaires et de marnes argileuses.

II.1.3.6 Le PRIMAIRE :

➤ Les roches sédimentaires

Elles sont composées de grés micacés rouges, de poudingues à galets de quartz blanc dans une matrice argileuses parfois marneuses. L'affleurement est très réduit est localisé dans l'atlas au Sud de Meftah et Khemis El Khechna.

➤ Les roches métamorphiques

Ce sont des roches du socle cristallin affleurant localement sur des surfaces réduites au Nord et à l'Est du bassin (Glangeaud 1932, binnie and Atkins 1983).elle sont constituées de schistes, micaschistes et gneiss.

➤ Les roches éruptives

Apparues après une série d'effondrements et de distension, elles sont composées de dacites et d'andésites. On les rencontre très localement dans la région de khemis el khechna (glangeaud and Aymé, 1935) et au Nord Est dans le petit Sahel. [23]

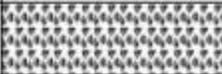
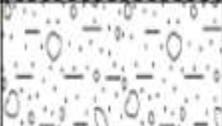
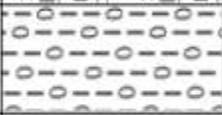
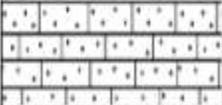
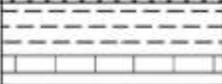
| Système | | Etage | Lithologie | Description | Epaisseur | Mètre |
|-------------|-------------|----------------------------|--|---|-----------|-------|
| QUATERNAIRE | Holocène | Actuel/Récents | Alluvions des oueds |  | < 15 | |
| | Pléistocène | Flandrien | Limons et argiles limoneuses |  | 30 | |
| | | | Sables consolidés |  | 30 | |
| | | Soltanien / Tensifrien | Alternance de graviers et d'argiles |  | 100 -200 | |
| | | Calabrien / Villafranchien | Argiles, et cailloutis |  | 30 | |
| TERTIAIRE | Pliocène | Astien | Grès, sables, calcaires, Argiles sableuses |  | 130 | |
| | | Plaisancien | Marnes et Argiles bleues |  | > 200 | |
| | Miocène | Vindobonien | Argiles et marnes à lentilles de calcaires |  | 50 | |
| | | Burdigalien | Argiles et marnes à lentilles de grès |  | ? | |

Figure 5 : Colonne litho-stratigraphique de la Mitidja [20]

II.1.4 Evolution Paléogéographique et Tectonique:

L'histoire géologique de la Mitidja remonte à l'Eocène, tandis que son individualisation en unités structurales s'esquisse dès la fin de l'Astien ,voire (Figure 6)

A partir de l'Astien, les **phénomènes** de remblaiement, d'érosion et de plissement commencent à s'accroître.

Ces phénomènes se poursuivent jusqu'à la fin du Pléistocène, en modifiant la distribution spatiotemporelle des sédiments précédemment déposés.

Plusieurs événements géologiques à effet surajouté ont cependant contribué à l'évolution paléogéographique et structurale de la Mitidja, à savoir. [1]

II.1.4.1 L'Eocène:

Jusqu'à la fin de l'Oligocène, les formations d'écaillés et plis complexes. La phase préabonienne de la fin du Lutétien à la régression marine pour sa part provoque le soulèvement de l'atlas qui connaît des lors une évolution continentale.

II.1.4.2 Le cycle Miocène:

Au Burdigalien la mer occupe toute la Mitidja. A cette époque; les processus de sédimentation et de plissement s'accroissent, et le bassin commence à s'effondrer. Cette phase de plissement se poursuit au Cartenien, par des déformations cassantes affectant les zones de flexures.

A la fin de Miocène moyen (Vindolobnien) la mer se retire de la totalité de la Mitidja. Cette régression générale est accompagnée par une phase tectonique en distension favorisant l'émission de roches éruptives.

II.1.4.3 Le Pliocène:

Le cycle débute par une transgression marine traduisant une sédimentation marneuse et se termine par une régression avec émergence.

La Plaisancien correspond à une période de calme avec une sédimentation en mer profonde. A cette époque, la mer s'avance vers le Sud sans atteindre le pied de l'Atlas qui est en surrection continue.

Cette transgression traduit une sédimentation marneuse discordante sur la formation du paléocène.

L'épisode marin s'achève par une phase de sédimentation détritique (grès calcaire sable glauconieux), de faible profondeur qui manille le début de l'Astien.

A la fin de l'Astien, un plissement surélève l'Atlas Blidéen. Le synclinal Mitidjien s'enfoncé tout en provoquant l'apparition du bombement anticlinal du sahel.

L'Atlas est soumis à une érosion dont les produits viennent de déposer dans le bassin subsidient. C'est le début du remblaiement Villafranchien.

Pendant le Villafranchien, le bassin subsidient se remplit par des marnes et des cailloutis et s'approfondit. A ces mouvements d'enfoncement s'ajoutent les compressions latérales, qui accentuent les reliefs et la subsidence.

La sédimentation Villafranchienne se termine par une baisse continue du niveau de la mer jusqu'à la cote 60 m. A ce moment, les phénomènes d'érosion s'amorcent et la subsidence s'accroît.

A la fin Pléistocène, les dépôts du Villafranchien sont en grande partie érodés, mettant à nu l'Astien dans la Mitidja Orientale.

Dès lors les oueds creusent profondément leurs lits et les cônes de déjection s'avancent vers la plaine.

Enfin la transgression flandrienne donne à la Mitidja son aspect actuel avec un fond désymétrique, des cônes de déjections, des oueds faiblement encaissés ou des zones basses occupées par des alluvions limoneuses. [1]

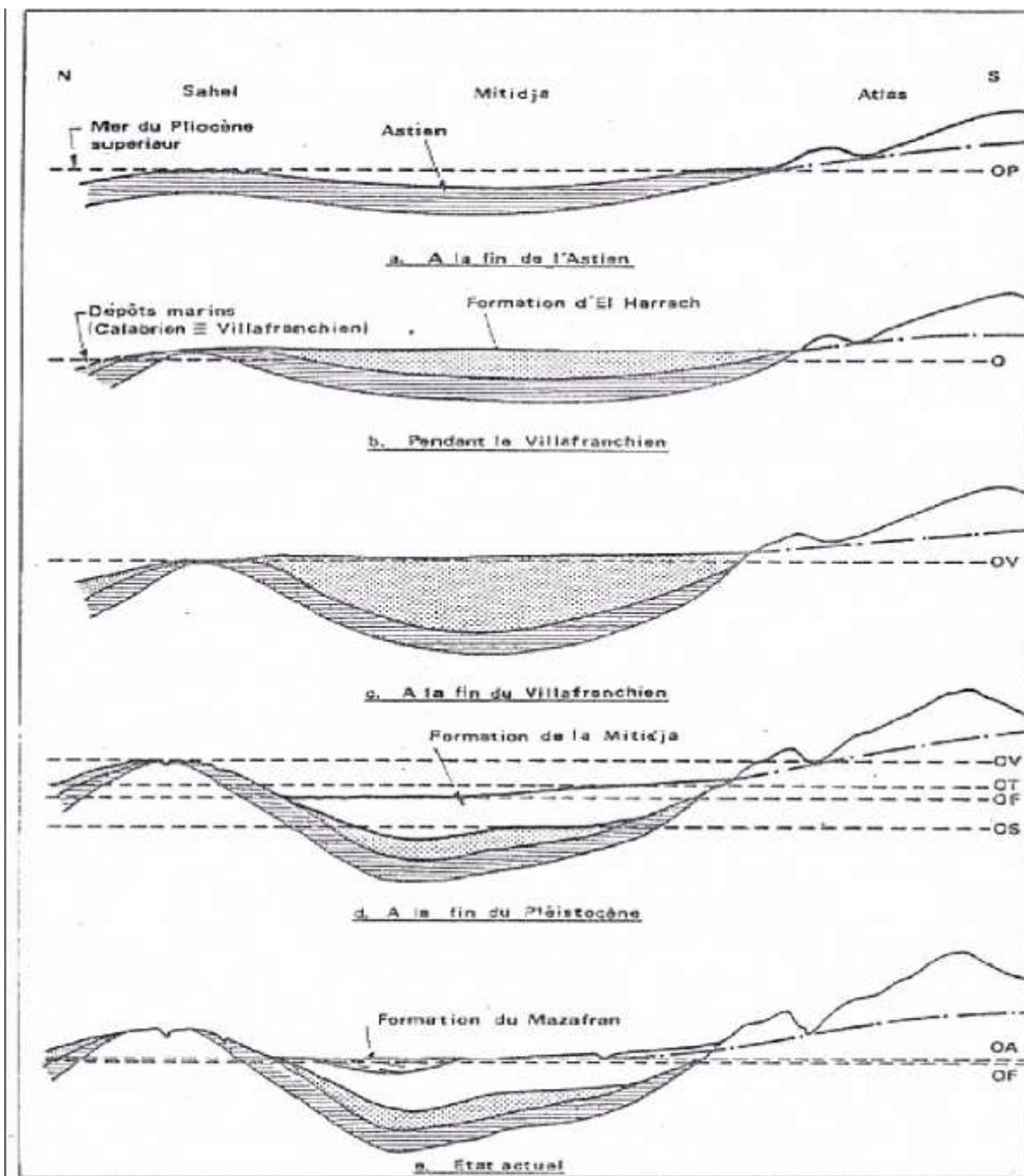


Figure 6 : Evolution de Sahel et de la Plaine de Mitidja (Quaternaire et Pliocène), [20]

II.1.4.4 Conclusion:

La plaine de Mitidja est une zone subsidence continue (GLANGEAUD, 1932) cette subsidence a donné naissance à une sédimentation active dont les éléments proviennent essentiellement des reliefs de l'Atlas Blidéen. En relation avec le développement géologique et géomorphologique de la Mitidja pendant le Pliocène et le Quaternaire se forment deux réservoirs aquifères principaux, celui de l'astien et celui de la Mitidja (nappe alluviale). La formation la plus élevée est celle des limons du Mazafran, relativement imperméable et ne se rencontre que par endroits. [23]

II.1.5 Etude géophysique :

Les méthodes géophysiques consistent à effectuer depuis la surface du sol, des mesures des paramètres physiques dont l'interprétation permet d'imaginer la nature, sur la plaine de la Mitidja la compagnie générale de géophysique (CGG) en 1967 a effectuée une prospection générale qui a permis de connaître des principaux aquifères la structure et les caractéristiques du sous sol :

- L'épaisseur et la nature du recouvrement
- la présence et la nature des zones fissurées
- l'existence des fractures
- la profondeur du substratum
- la localisation et les caractéristiques de l'aquifère [24]

II.1.5.1 Résultats principaux de l'étude géophysique :

Cette étude géophysique a permis à travers des profils de décrire la composition lithologique du sous sol (**fig.8**)

Le profil électrique (Z) traverse la zone d'étude en direction Nord-sud, ont exploité dans le but de voir les différents terrains traversés par le futur forage. Sur cette coupe **fig. 8** , on constate le biseautage du miocène au sud, ce dernier est surmonté par un substratum marneux du plaisancien présente de résistivité de 03 Ω m, le substratum est surmonté par l'astien gréseux avec des résistivité de l'ordre de 70 -100 Ω m profil(Z) l'ensemble tertiaire est surmonté par un niveau quaternaire d'alluvion grossier argileux peu perméable dans la résistances sont comprise entre 10-18 Ω m avec l'intercalation d'alluvions grossiers perméable présentant une résistivité de 10-40 Ω m. Alors que, le recouvrement alluvionnaire présente des variations de faciès d'où la corrélation entre les divers horizons s'avère très difficile. La sédimentation étant très hétérogène et les niveaux de sables et graviers étant souvent répartis irrégulièrement dans un ensemble généralement très argileux. [24]

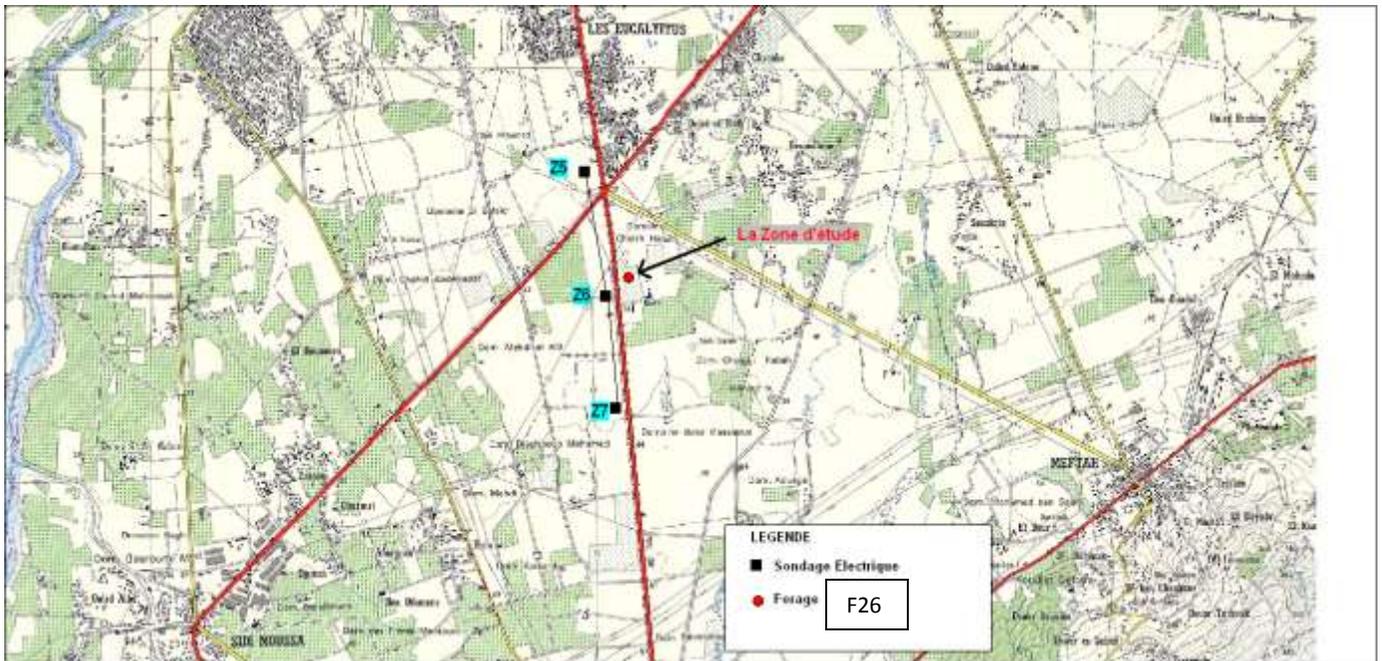


Figure 7 : Carte de situation des sondage électrique (CGG),source ANRH

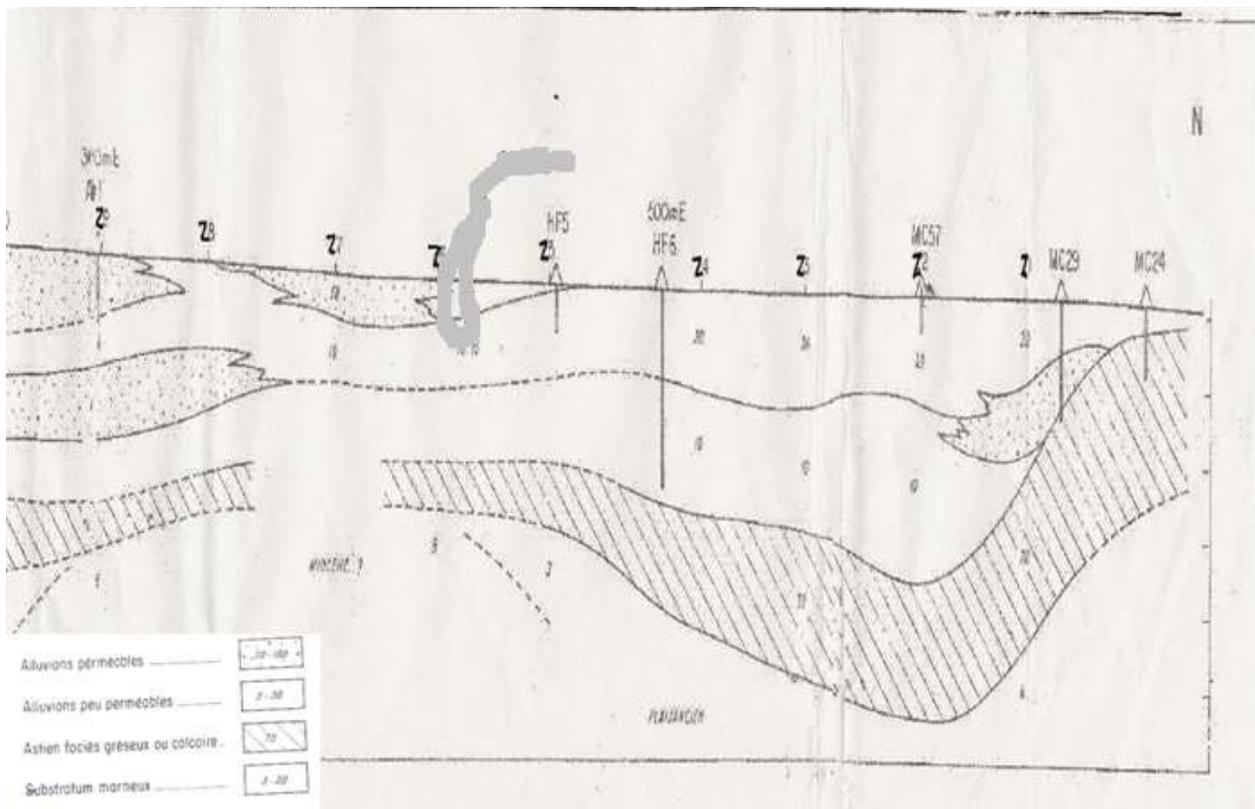


Figure 8 : coupe géo-électrique (Z), source DRE Blida

| Etage | Nature | Résistivité (Ωm) |
|-------------|---|----------------------------------|
| Quaternaire | Alluvions perméables | 10-18 |
| Pliocène | Astien gréseux Substratum du plaisancien | 70-100 3 |
| Miocène | - | - |
| Crétacé.inf | - | -- |

Tableau .2. Les résistivités des couches traversées

A l'échelle de la plaine de la Mitidja, deux principaux aquifères ont été identifié :

- L'aquifère superficielle (profondeur de 100 a 200m) compose d'alluvion et sable argileux, quaternaire
- Aquifère profonde (profondeur 200 a 400m) composé de sable grasseux : l'astien

II.1.6.Conclusion

L'étude géologique et géophysique met en évidence deux réservoir aquifères principaux.

Les alluvions grossiers du quaternaire constituent la nappe alluvial de la Mitidja qui sont peu profond car le substratum est Constituée d'argile jaunes du Villafranchien, alors que la deuxième nappe astienne constitué par les Grés de l'Astien ou elle est profonde (Profondeur moyenne entre 300 à 400m). [24]

II .2.Aperçu Hydrogéologique

II.2.1 Introduction :

La lithologie et les paramètres hydrodynamiques permettent d'individualiser 2 unités aquifères principales :

- L'astien gréseux ou grésocalcaire
- Les Alluvions du quaternaire

Ces deux aquifères sont séparés de manière plus ou moins continue par les marnes d'El Harrach.

[21]

Inventaire des points d'eau :

Les travaux que nous avons réalisés sur la région étudiée se résument à un inventaire des forages existants dans la zone étudiée, ces derniers ne dépassent pas les 200mètres de profondeur, comme le montre le tableau ci-dessous :

| Forages | Cordonnées | | Prof | Débit (l/s) | NS(m) | ND(m) |
|---------|------------|---------|------|----------------|-------|-------|
| | X | Y | | | | |
| F1 | 542.688 | 368.477 | 200 | 17 | 40 | 70 |
| F2 | 542.872 | 368.244 | 200 | 18 | 51 | 82 |
| F3 | 543.088 | 368.028 | 200 | 20 | 37 | 76 |
| F4 | 543.252 | 367.982 | 200 | 20 | 48 | 79 |
| F22 | 540.944 | 366.286 | 180 | 08 | 61 | 92 |

Tableau .3. Caractéristiques des forages de la zone de larbaa

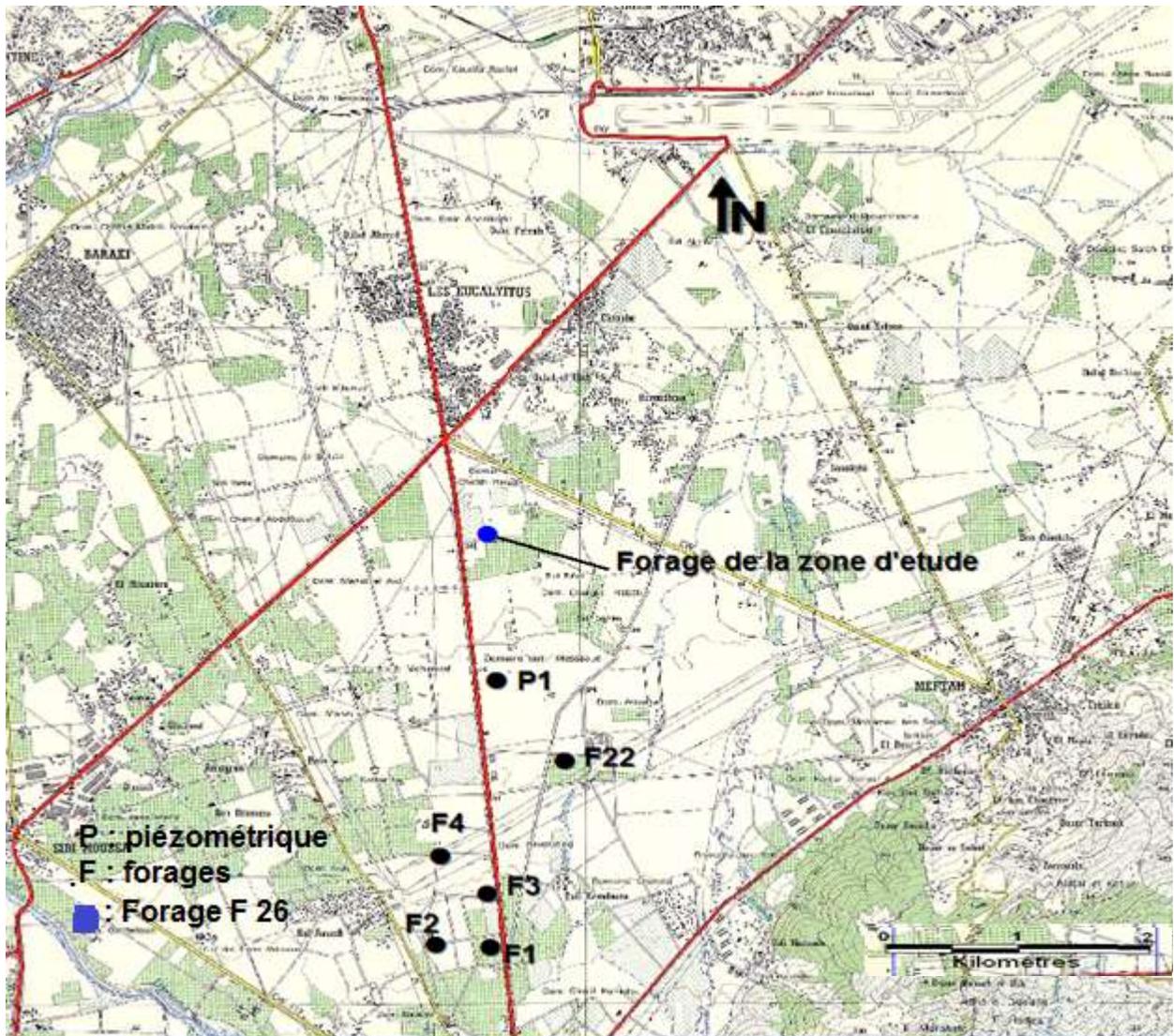


Figure 9 : Carte de situation des points d'eau

II.2.2 Identification des aquifères :

II.2.2.1 L'aquifère de l'Astien :

Cet aquifère est constitué par des grès appelés grès Astien et qui reposent sur les marnes bleues du Plaisancien. Ils affleurent largement dans le Sahel notamment sur les collines comprises entre Birtouta, Birkhadem, El Biar en passant par Birmandreis. Les grès plongent ensuite vers le sud-est sous les alluvions du Quaternaire.

L'aquifère Astien est très peu sollicité, sauf dans les zones où les alluvions du Quaternaire sont absentes, ou représentées uniquement par d'importantes couches argileuses.

La profondeur des forages captant l'Astien est comprise en 200 et 300 m, et les débits sont peu importants (entre 15 l/s à 20 l/s en moyenne).

Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 100 m, mais à l'est notamment vers Reghaia et Dergana, il n'est que de 40 mètres. D'ailleurs, dans ces régions la nappe alluviale est inexistante et l'Astien qui a tendance à se redresser constitue la seule nappe en exploitation.

La nappe de l'Astien se loge dans des formations de grés fins consolidés, elle est généralement captive mais non artésienne. Elle devient libre au niveau de zones d'affleurement situées dans le Sahel.

Au cours des dernières décennies très peu de forages ont été réalisés dans la partie où la nappe Est captive (forage profond). [21]

II.2.2.2 L'aquifère des alluvions du quaternaire :

L'aquifère des alluvions Quaternaire de la Mitidja occupe la totalité de la plaine. Il se loge dans les formations du quaternaire (gravier, sable, galets et des argiles). Il repose principalement sur les marnes d'El Harrach.

L'aquifère a pour limite supérieur la surface du sol et inférieure la formation d'El Harrach.

Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 100 à 130m

Dans la partie orientale de la plaine, Hamiz et Rouiba l'aquifère se trouve en contact direct avec l'Astien. l'absence du substratum dans cette partie de la plaine est due à l'activité érosive qui a eu lieu au cours du pléistocène.

Dans la partie occidentale : bas-Mazafran et Lac Halloula, l'aquifère se continue au dessous de la formation orgilo limoneuse. Cette formation de très faible perméabilité, rend l'aquifère captif dans cette partie de la plaine. [21]

II .2.3. Mécanismes d'alimentation et d'écoulement des eaux souterraines :

II .2.3.1 L'aquifère de l'astien :

L'alimentation de ce dernier se fait principalement par l'infiltration des pluies sur le Sahel et le piémont de l'Atlas où il affleure. Il est également alimenté par les nappes alluviales sus-jacentes, par drainante à travers la formation d'El Harrach (présence de passés de sable et de graviers). [22]

II .2.3.2 Alimentation de la nappe alluviale de quaternaire

L'aquifère alluvial est alimenté essentiellement par:

- L'infiltration des précipitations.
- L'infiltration à travers des cours d'eau.
- Les écoulements souterrains de l'Astien vers la nappe alluviale à travers la formation d'El Harrach le long du Sahel. [22]

Harrach le long du Sahel. [22]

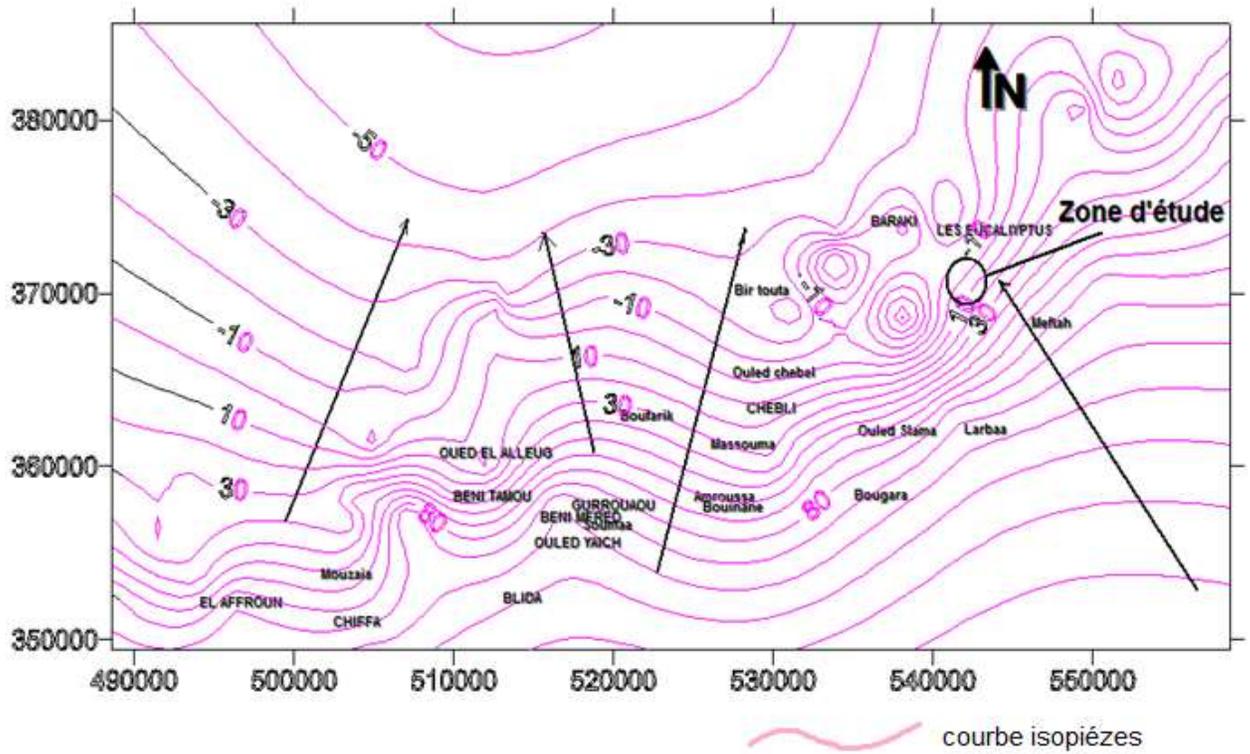


Figure 10 : carte piézométrique de pleine de mitidja (source DRE période 2019)

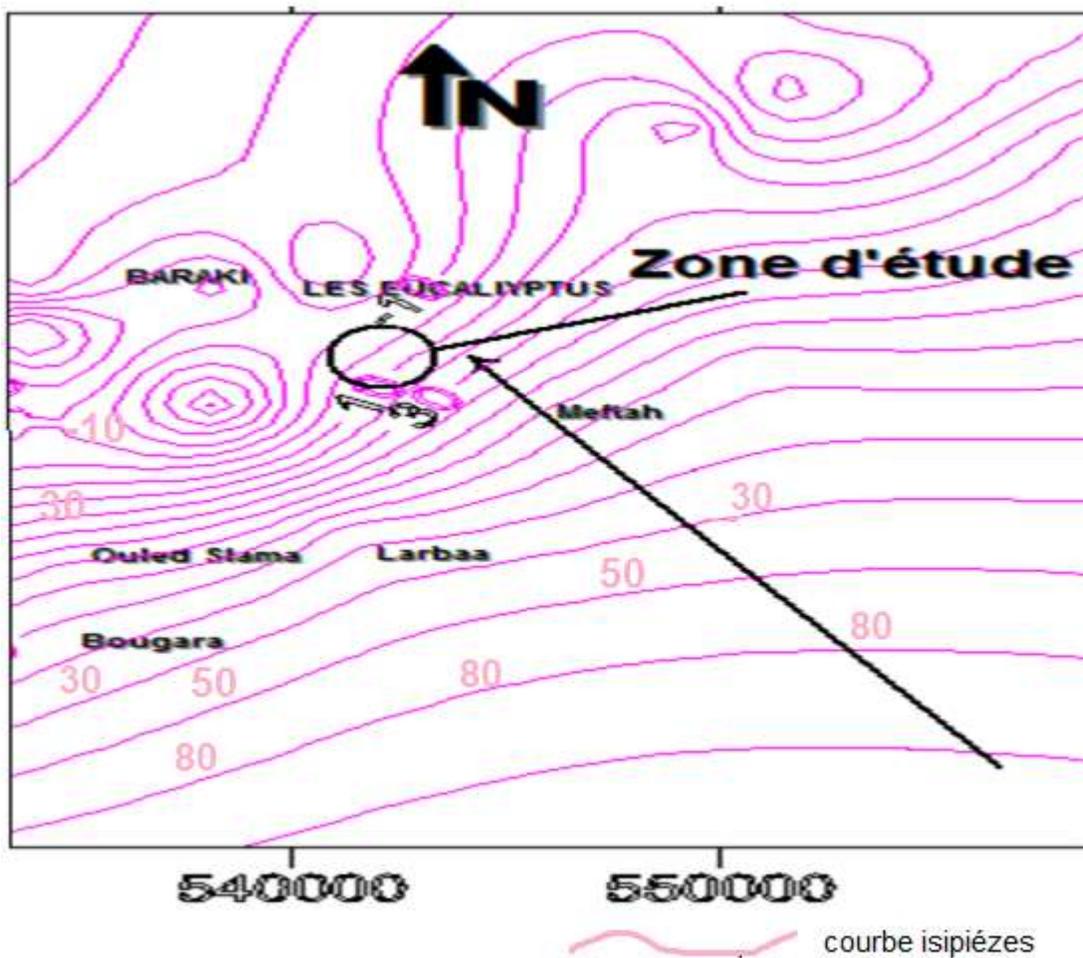


Figure11: carte piézométrique de la zone d'étude (source DRE période 2019)

III-1 Introduction

Dans ce chapitre on va citer les différentes techniques et étapes de réalisation de forage de l'arbaa, ainsi que le matériel utilisé pour cette opération

III-2 Les méthodes de forage :

Ils existent différents modes de fonçage des forages, parmi ces méthodes on a deux catégories et les plus utilisées en Algérie sont classées comme suit :

- ✓ Forage par mouvement alternatif (battage ou percussion)
- ✓ Forage par rotation (rotary)

III-2-1 Technique de Battage (à percussion) :

La plus ancienne technique de forage Le système pendulaire de l'outil de forage ne permet que la réalisation de trous verticaux. Ce sont les Chinois qui auraient inventé cette méthode de forage de puits au IIIe siècle avant JC en utilisant un trépan au bout de tiges de bambou. Cette méthode de forage est très lente variant suivant la nature et la dureté de la roche rencontrée ainsi que le diamètre du trou, soit en moyenne de 1 à 5 m par jour [9]

Principe :

Dans la technique de forage par battage, un lourd trépan (ou cuiller) attaché à une corde ou un câble, est descendu dans le trou de forage ou à l'intérieur du pré-tubage. Un trépied (ou chèvre) est en général utilisé pour suspendre ces outils. En actionnant la corde ou le câble de haut en bas, le trépan ameublie et fragmente le sol ou la roche consolidée dans le trou de forage, dont les débris sont ensuite extraits grâce à la cuiller.

Comme pour le forage à la tarière, un pré-tubage en métal ou PVC peut être utilisé pour éviter l'effondrement du trou. Une fois le tubage définitif (tuyaux et crépines en PVC) installé, le pré-tubage doit être enlevé.

Le forage à percussion est généralement utilisé jusqu'à une profondeur de 25 mètres [10].

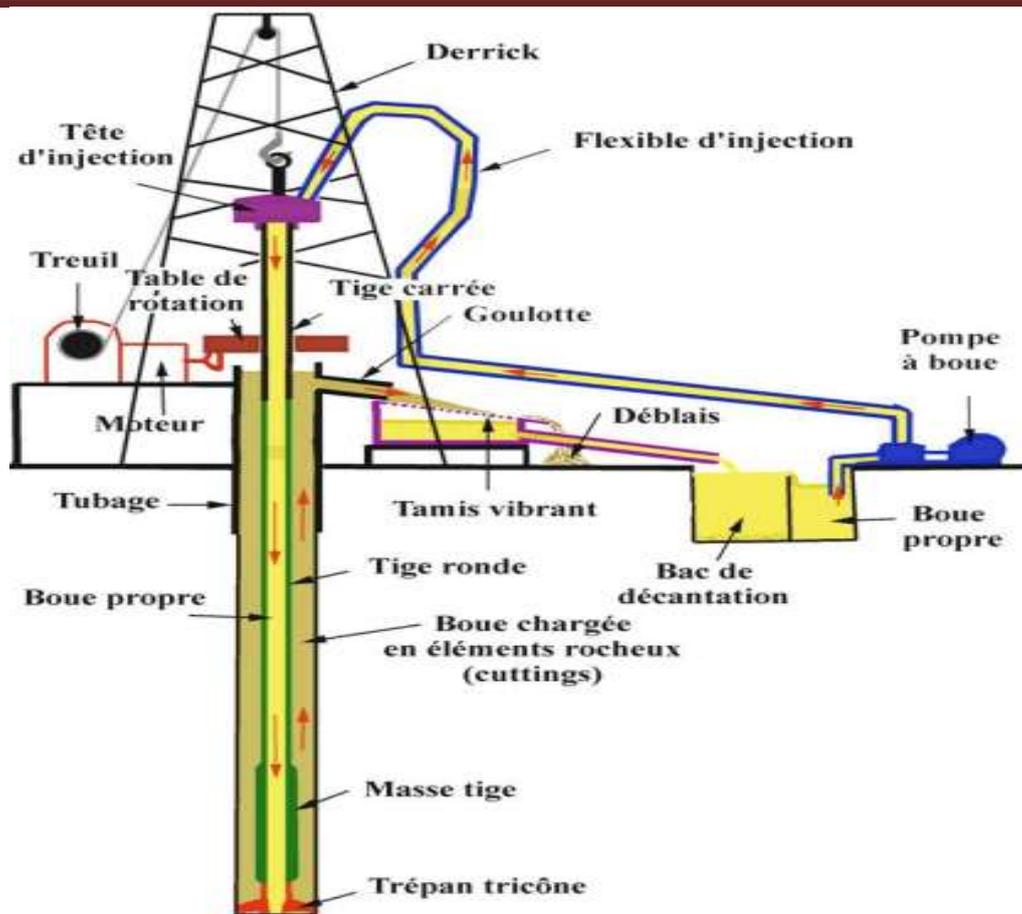


Figure 12 : Schéma d'une installation de forage au battage au câble [9]

III-2-2 Technique de Rotary :

Cette technique de forage utilisée pour la prospection et l'exploitation pétrolière et de l'eau, mais également en géothermie Forage au rotary Le forage au rotary permet d'atteindre de grandes profondeurs dépassant parfois les 5 000 m. Cette méthode peut être utilisée pour des forages obliques et même horizontaux [9].

Le 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 (pétroliers) [25].

Principe : Un outil appelé trépan (tricône) est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements). Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au dessus de l'outil. La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel,

en circuit fermé sans interruption. La boue tapisse les parois non encore tubées et les maintiens momentanément en attendant la pose de tubage [25].

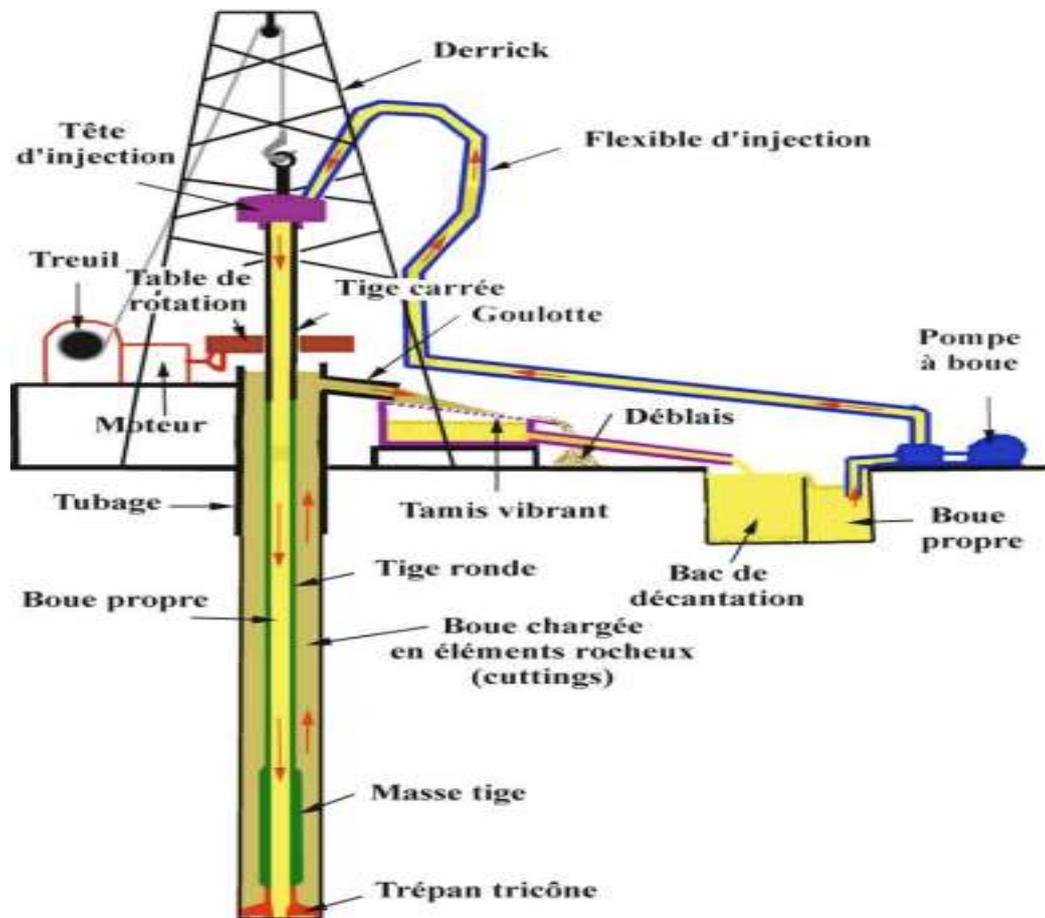


Figure 13: Schéma simplifié d'une installation de forage rotary [9]

Avantage :

- ✓ 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 tenders.
- ✓ Consommation économique de l'énergie [5].

Inconvénients :

- ✓ 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 des eaux des formations traversées
- ✓ Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite). [5]

III-3 Description de la machine de forage rotary :

Dans le domaine du forage de rotary Il existe deux types de procédés :

1-Foreuse à table de rotation.

2-Foreuse à tête de rotation.

III-1 Foreuse à table de rotation

L'appareil de forage rotatif à entraînement à table de rotation applique le mouvement rotatif au trépan à travers une table de rotation fixe située au pied du mat conjointement avec barre de commande qui s'appelle (KELLY) ou (tige carré)

III-2 Foreuse à tête de rotation

L'appareil de forage à tête rotative fournit de rotation par une tête rotative qui monte et descend le mât.

III-4 Les composants d'un appareil de forage rotary :**III-4-1 le mât**

Le mât permet la manœuvre de remontée et de descente du train de sonde, stockages des tiges après la remontée de l'outil si le mât est muni d'une passerelle d'accrochage, il permet aussi la descente de la colonne de tubage, les dimensions d'un mat dépendent de la profondeur à atteindre de la capacité maximale au crochet, de la capacité de stockages des tiges et sa résistances aux vents. L'axe de symétrie du mat doit être toujours dans le prolongement de l'axe du puits, pour les forages hydrauliques, on utilise des mats télescopiques à vérins hydraulique pour faciliter le déménagement, le mât peut être haubané avec des câbles pour augmenter sa stabilité contre les vents.



Photo 1 : Le mat de l'appareil forage (forage de larbàa)

III-4-2 Mouflage :

Mouflage est l'enroulement du câble de forage entre les poulies des moufles fixe et mobile en plusieurs brins (jusqu'à 14 brins). Le mouflage permet de démultiplier le poids de la garniture de forage et diminuer la vitesse de son déplacement.

En négligeant les frottements, la charge au crochet est divisée par le nombre de brin [28].

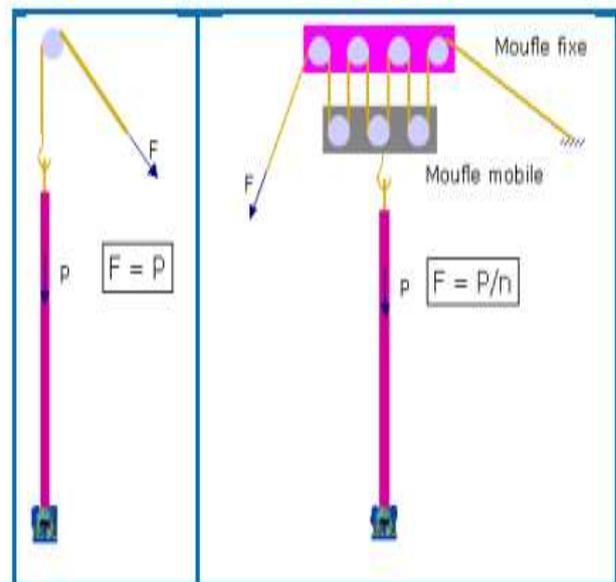


Figure : Principe de mouflage [27].

A) Moufle fixe :

Moufle fixe ou appeler (**crown block**), formé d'un certain nombre de poulies et placé au sommet du mât, il possède une poulie de plus que le moufle mobile [28].

B) Moufle mobile

Moufle mobile Ou (**traveling block**), formé également d'un certain nombre de poulies par lesquelles passe le câble de forage, il se déplace sur une certaine hauteur entre le plancher de travail et le moufle fixe.

Il comporte à sa partie inférieure un crochet [**hook**] qui sert à la suspension de la garniture pendant le forage. Des bras sont accrochés de part et d'autre de ce crochet servent à supporter l'élévateur, utilisé pour la manœuvre de la garniture [28].

III-4-3 Tête d'injection [swivell]:

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

- De palier de roulement à l'ensemble du train de tige pendant le forage.
- Elle assure le passage de la boue de forage venant d'une conduite fixe (Flexible d'injection) dans une conduite animée d'un mouvement de rotation (train de sonde).
- Une tête d'injection comprend une partie mobile reposant par l'intermédiaire d'un roulement à bille principal sur une partie fixe L'étanchéité dans ce point est assurée par une garniture spéciale.

Il est prévu aussi sur la partie inférieure de la tête d'injection et pour empêcher l'huile de s'échapper des presse-étoupes [28].

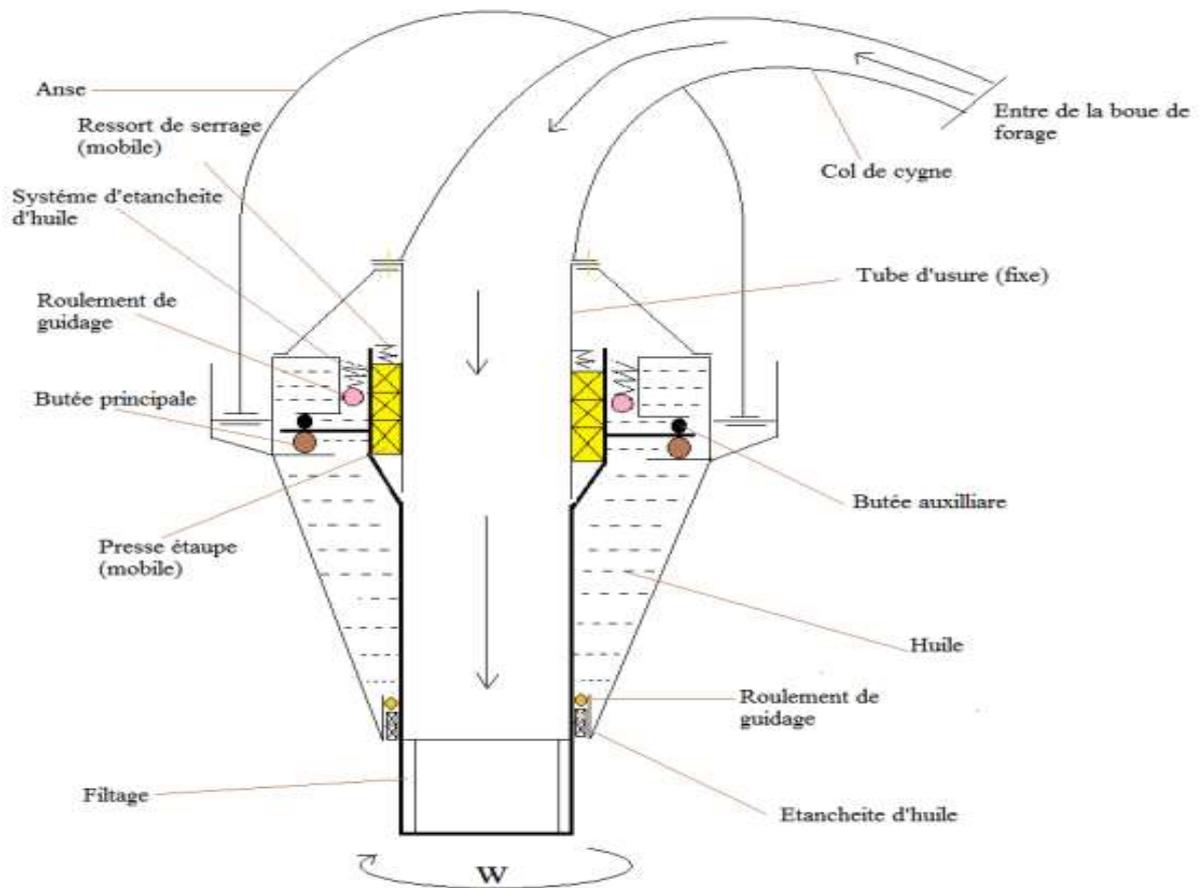


Photo 2 : Tête d'injection [28]

III-4-4 Table de rotation :

Pour faire tourner l'outil, on visse au sommet des tiges, de forme cylindrique, une autre de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement [Kelly], et on l'introduit dans un moyeu appelé table de rotation [rotary table]. Sur cette table est placé un carré d'entraînement, qui comporte des rouleaux épousant la forme de la tige d'entraînement. Ce carré est entraîné par la table de rotation.

Il permet de transmettre le mouvement de rotation de la table à la tige d'entraînement, ainsi que sa translation sans risquer de se frotter sur les côtés et s'user. Cette table sert aussi au calage de la garniture de forage lors de sa manœuvre dans le puits [26].



Photo 3 : Table de rotation (forage de larbàa)

III-4-5 Tige d'entraînement(Kelly)

La tige d'entraînement elle assure la liaison entre la garniture de forage et la tête d'injection et communique le mouvement de rotation de la table à la garniture de forage par l'intermédiaire du carré d'entraînement [27].



Photo 4 : Tige d'entraînement (forage de larbàa)

III-4-6 Les tiges

Les tiges de forage permettent la transmission de la rotation de la table à l'outil et le passage du fluide de forage jusqu'à ce dernier [27].



Photo 5 : tiges (forage de larbàa)

III-4-7 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 [5].



Photo 6 : Masse-tiges [5].

III-4-8 Treuil

Le treuil de forage est l'organe principal de la sonde; par sa capacité il caractérise le rig (sonde de forage) en indiquant la profondeur de forage que peut atteindre l'appareil de forage.

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

- Les manœuvres de remontée et de descente (levage) du train de sonde à des vitesses rapides et en toute sécurité, ce qui constitue sa principale utilisation.
- L'entraînement de la table de rotation quand celle-ci n'est pas entraînée par un moteur indépendant.
- Les vissages et dévissages du train de sonde ainsi que les opérations de curage.

III-4-9 Outil de forage :

Les outils de forage ont évolué au cours du temps pour répondre aux problèmes techniques du forage qui deviennent de plus en plus complexes. 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.

Les outils se classent en trois catégories :

- Les outils à lames : Ces outils travaillent comme une fraise dans le métal, ils font des copeaux dans les terrains, ils sont employés dans les terrains sédimentaires à structures fines, peu dure. Ils ya trois types des outils : outil à deux lames (queue de poisson), outil à trois lames et outil à plusieurs lames (plusieurs étages de diamètres différents).
- Les outils à molettes : ils sont constitués de trois cônes tournant de façon indépendante et montés sur trois bras réunis entre eux par soudure constituant le corps de l'outil. Plusieurs types de roulements sont utilisés (rouleaux avec ou sans étanchéité, paliers de friction, système de lubrification, etc.). Ces outils travaillent principalement en compression.
- Les outils à diamant (outils à éléments de coupe fixes) ils ne possèdent pas de pièces tournantes ; ce sont des outils monobloc. Des diamants naturels et de synthèse sont utilisés pour leur fabrication. Les outils à diamant naturel travaillent à la façon d'une lime tandis que les outils à diamants synthétiques travaillent à la façon d'un rabot [26].



Photo 7 : Outil de forage (Hassi messaoud)

- Les **aléseurs** ne sont pas à proprement dit des outils de tête, puisqu'ils peuvent être montés en complément de l'outil principal. Le but des aléseurs est d'agrandir un trou, ou simplement d'en racler les bords et parfois de compacter le fond du forage. On distingue donc les aléseurs compacteurs, en forme de pointe, ouverts à lames ou cylindriques, étagés, etc [26].



Photo 8: Outil de forage (forage de l'arbaa)

III-4-10 Pompes à boue :

Organe qui aspire et refoule sous pression et à l'intérieur de la garniture, la contenu dans les bassins.

Ces pompes peuvent fournir des débits importants ($>300\text{l/mn}$) et à des pressions ($>300\text{Kg/cm}^2$)

C'est des pompes volumétriques alternatives à simple ou double effet (single ou double acting) et à plusieurs pistons [1].



Photo 9 : Pompe à boue (forage de l'arbaa)

Caractéristique de pompe à boue :

- 1) puissance
- 2) Ouverture maximale de la chemise en pouce
- 3) Course (stocke) du piston en pouce
- 4) Débit
- 5) Pression maximale de service
- 6) Nombre de pistons [1].

III-5 Matériel utilisé pour le fonçage du forage

III-5-1 Les moyens humains :

Chef de chantier, Chef de poste, Sondeur, Accrocheur, Ouvrier de plancher, Mécanicien, Chauffeur, Cuisinier

III-5-2 Les moyens matériels :

Les moyens matériels mis à la disposition du chantier comprennent :

- ✓ La foreuse
- ✓ Les accessoires (tiges, masses tiges outils, clés à chaînes, clés huit cent, porte outil, raccord etc....)
- ✓ L'équipement de test (tube d'eau et tube d'air, flexible et vanne)
- ✓ Citerne d'eau.

III-5-3 Stocks des matériaux :

Bentonite, Ciment, Gravier, Eau.



Photo 10 : Stock de bentonite et gravier sur le chantier

III-5-4 Préparation du chantier

Le chef du chantier doit veiller à la disponibilité de tous les moyens indispensables à l'exécution du forage qui doivent être compatibles avec le

programme prévisionnel donné par l'hydrogéologue (Capacité de la machine).

La mise en place du chantier est entamée par la stabilisation de l'appareil de forage sur une plateforme conçue avec béton.

Ensuite, le foreur installe la machine selon les caractéristiques déterminées : emplacement du forage, degré d'inclinaison [8]

III-3-5 Installation de chantier de forage :

L'organisation de chantier de forage hydraulique soit faite d'une manière qui permet au foreur d'intervenir rapidement en cas de problème. Les précautions à prendre doivent conduire à déterminer:

- ✓ un périmètre de sécurité autour du chantier.
- ✓ un accès pour les véhicules.
- ✓ un approvisionnement en eau (citernes)
- ✓ un accès facile pour le remplissage des fosses
- ✓ un endroit sec pour la rédaction
- ✓ L'emplacement de l'appareil de forage et pompe à bous [8]

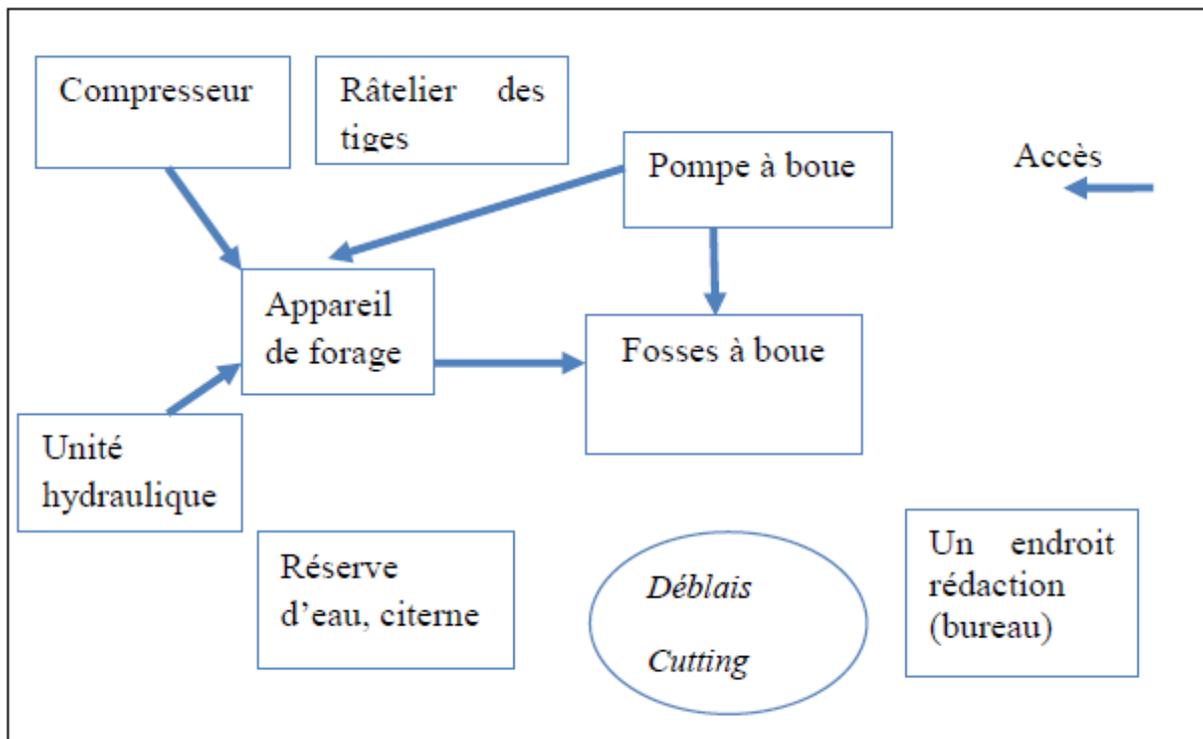


Figure 14 : Zone de travail bien délimitée éventuellement avec une clôture [13]

III-6 travaux à suivre pour réaliser le forage

III-6-1 Boue de forage

Les Boues de forage sont des suspensions d'argiles dans l'eau, auxquelles on peut ajouter des substances en poudre et des produits chimiques liquides (c'est un mélange colloïdal et non une solution). L'argile est broyée, criblée, puis mélangée à l'eau avec un batteur mécanique. On peut aider à l'homogénéisation à l'aide de la pompe de la foreuse. On laisse la suspension s'hydrater plusieurs jours, puis on la dilue à la demande.

Toutes les argiles ne conviennent pas également à la confection des boues. Les argiles courantes, qui sont des mélanges kaolino-illitiques, sont utilisables, mais il y a intérêt à y ajouter du carbonate ou du phosphate de soude. Elles risquent en effet d'être calciques à l'état naturel, et leur gonflement dans l'eau, ainsi que leur dispersion, est meilleur en milieu sodique. Quand le pourcentage en kaolinite devient grand, les cakes formés sur les parois sont trop épais [12].

a) préparation de la boue et densité :

Le dosage varie entre **03** et **08%** de bentonite, soit **30** à **80kg** pour **01m³** d'eau. En général on dose à 50/60 kg, ce qui donne une densité d'environ 1,1.

La densité dépend de la concentration de la suspension. Elle est choisie normalement aux environs de **1,1 à 1,2**.

Le mélange s'opère dans les bacs ou la fosse à boue et la bentonite y est introduite par un mixer. La boue est reprise par une pompe qui la refoule dans le bac à travers une lance (mitrailleuse à boue) dont le jet puissant brasse énergiquement le mélange et disperse les grumeaux.

S'il faut maintenir un trou de forage dans un terrain très friable ou combattre l'intrusion d'une nappe dont la pression hydrostatique est forte, on peut chercher à élever la densité en augmentant la concentration. Mais on est limité dans cette voie, parce que les boues trop épaisses ne peuvent pas être pompées.

Il faudra donc les charger en leur ajoutant des produits lourds. Suivant les possibilités d'approvisionnement régional, on peut choisir entre plusieurs composées métalliques (**hématite, pyrite, sidérite, galène ou barytine**) [12].

b) La viscosité :

C'est la propriété essentielle de la boue, lui permettant d'évacuer les déblais et de consolider le trou du forage. La viscosité moyenne est de 40 à 45 secondes MARSH.

Elle doit être suffisante pour que les petites particules à évacuer soient maintenues en suspension et pour que la boue puisse rester appliquée aux parois.

Mais, une viscosité trop forte empêcherait ensuite l'épuration par décantation des particules à la surface du sol, avant la reprise par la pompe.

D'autre part, la viscosité augmente les pertes de charge. Pour maintenir la viscosité de la boue, on peut lui incorporer **des phosphates et des tanins**. Les **tanins** sont extraits d'écorces d'arbres (**mimosa....etc.**) [12].

c) La teneur en eau libre (filtrat et cake) :

C'est l'eau pouvant être **absorbée par le terrain**. L'absorption d'eau laisse un enduit argileux cuirassant les parois du forage, appelé **Cake**.

Il doit être assez mince pour laisser passer l'outil et suffisamment résistant pour remplir son rôle (maintenir les parois) [12].

d) La thixotropie :

C'est la **propriété des suspensions argileuses de se prendre en masse**, quand elles ne sont pas agitées.

C'est une propriété très appréciée pour les boues de forage, puisque le gel, qui se forme à chaque interruption de l'avancement, empêche les sédiments en cours de remontée de retomber au fond en bloquant l'outil.

Mais la thixotropie ne doit pas être trop forte, pour permettre la reprise de la circulation de la boue dès la remise en marche.

La thixotropie est liée à la viscosité et peut être amélioré avec les adjuvants (exp l'amidon) [12].

III-6-1-1 Rôle de la boue :

Les fonctions de la boue sont les suivantes :

- Nettoyage du puits
- Maintien des déblais en suspension
- Sédimentation des déblais fins en Surface
- Refroidissement et lubrification de l'outil et train de sonde
- Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits
- Dépôt d'un cake imperméable
- Augmentation de la vitesse d'avancement
- Entraînement de l'outil
- Diminution du poids des colonnes
- Apport de renseignements sur le sondage
- Contamination des formations productrices
- Corrosion et usure du matériel
- Toxicité et sécurité [11].

III-6-1-2 Pertes de boue dans les forages d'eau :

Une perte de boue au cours du forage indique :

- Que le forage a recoupé une formation aquifère ou absorbante (si pertes partielles)
- Que le forage a recoupé une zone de fissurations importantes contenant de l'eau ou parfois sèches (pertes totales).

Ce n'est qu'après s'être assuré que le forage est sec, et avec l'autorisation du spécialiste qu'une éventuelle opération de colmatage pourra être tentée, ou même une cimentation.

a) Pertes faibles et constantes

- **Cause** = Boue trop fluide, filtrat trop important (cake insuffisant)
- **Remèdes** = Augmenter la viscosité, réduire le filtrat (augmenter l'épaisseur du cake)

b) Pertes faibles et intermittentes

- **Causes** = Terrain fissuré irrégulièrement
- **Remèdes** = Réduire la densité, employer des colmatant à faible dose (5 à 20g/litre). Produits à introduire par les tiges nues, outil démonté.

c) Pertes importantes (quelques m³ / h)

- **Causes** = terrain largement fissuré ou faiblement karstique

- **Remèdes** = Mêmes procédés que précédemment, mais à dose plus forte de colmatants (20 à 100 g / l). Si les pertes subsistent, forer prudemment à l'eau claire, en circulation perdue.

d) Pertes totales

- **Causes** = Terrain fortement karstique, vastes cavernes.

- **Remèdes** = Si l'on désire poursuivre le forage, il faudra prévoir soit :

- La consolidation des terrains supérieurs par un tubage provisoire ou définitif et poursuite du forage en utilisant une boue très légère.
- La cimentation avec un ciment à prise rapide (à introduit au fond, rapidement par les tiges nues). Mélanger au mixer 100 kg de ciment à prise rapide et 85 litres d'eau. Ajouter 08kg de bentonite. Attendre 03 à 06 heures avant de reprendre le forage.
- On peut aussi, tenter prudemment de forer à l'eau claire en circulation perdue et au carottier de préférence, pour réduire le volume et la grosseur des cuttings.

Rappelons au foreur, à qui il arrive parfois d'avoir à traverser une zone aquifère en perte totale, à l'eau claire, qu'il doit toujours dans ce cas, s'assurer une réserve de boue lourde, afin de pouvoir dégager son outil en cas d'éventuel coincement [12].

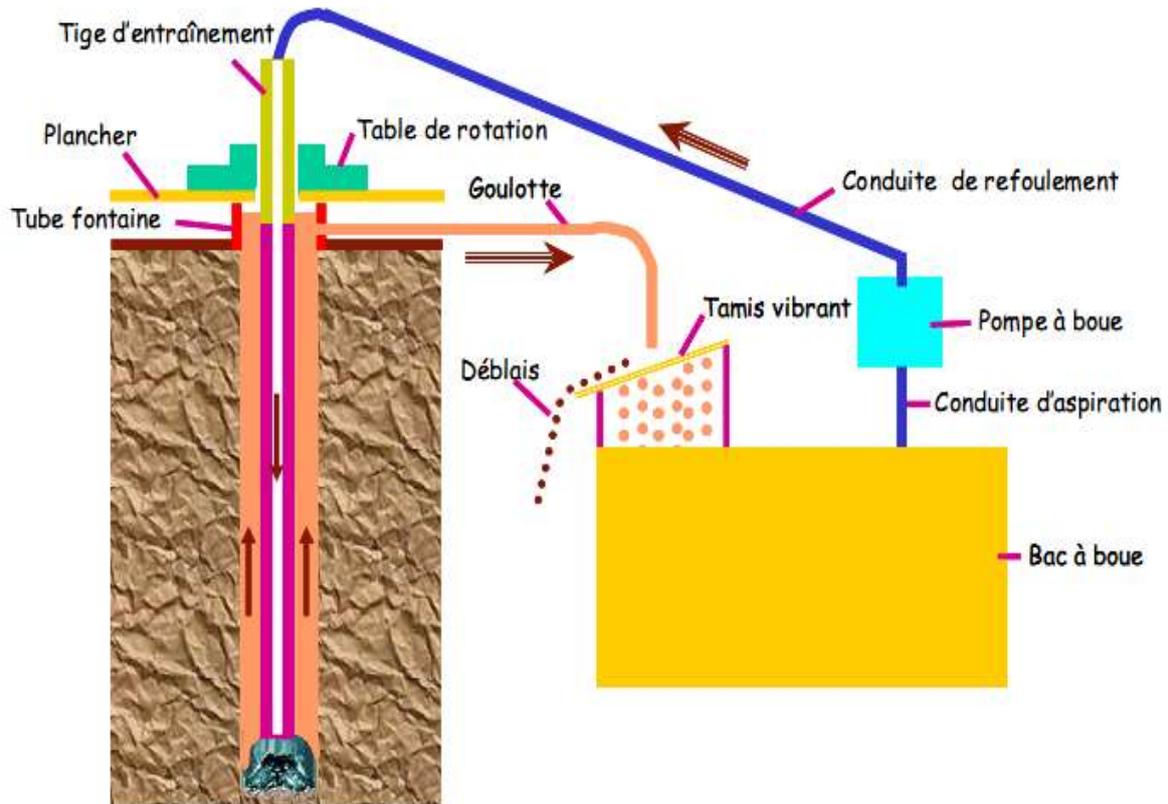


Figure 15 : Cycle de la boue de forage [12]

III-6-1-3 Préparation des bassins à boue :

Bassins à boue constituent une réserve de fluide de forage et permettent son recyclage par décantation. Elles se forment d'un bassin de décantation, d'un bassin de pompage et de canaux.

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

Les fosses et les canaux sont régulièrement curés et nettoyés des sédiments déposés en cours de forage [1].



Photo 11 : Bassins à boue (décantation, pompage), forage de l'arbaa

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

Une méthode approximative de dimensionnement est avancée par E. Drouart et J.M: Le volume total des fosses = 3 x volume du forage.

1) Le premier bassin : (bassin de décantation)

Il facilite la sédimentation amorcée dans le canal. Son volume est de 10 m^3 . (2.5 x 2 x 2 m).

Le second canal doit être décalé de l'axe du premier afin de former une chicane qui ralentit le flux et favorise la décantation.

2) Le second bassin : (bassin d'aspiration)

C'est une réserve où est pompée la boue pour être injectée dans le train de tige. Son volume est environ de 10 m^3 . Les bassins sont régulièrement curés et nettoyés des sédiments déposés en cours de forage [11].



Photo 12: Le mixeur et pompe à boue (forage de l'arbaa)

III-6-2 Creusement:

III-6-2-1 Mise en place du tube guide :

Est dans presque tous les cas nécessaire et peut être défini comme le tube qui isole tout le puits des terrains encaissants et qui durant les opérations contient le fluide de forage.

➤ **Cimentation:**

Cimenter une colonne de tubage consiste à mettre en place un laitier de ciment dans tout ou partie de l'espace annulaire entre le tubage et le trou foré.

Objectifs de la cimentation:

- Ancrer la colonne au sol
- Prévenir le dévissage des tubes pendant le forage
- Canaliser en surface les fluides exploités
- Eviter la pollution des nappes phréatiques
- Réaliser la séparation entre les différentes couches productrices pouvant contenir des fluides différents à des pressions différentes
- Fermer les couches à haute pression pour éliminer les risques d'éruption
- Protéger les colonnes contre les agents chimiques et la corrosion électrochimique [5].

III-6-2-2 Forage de reconnaissance :

Les forages de reconnaissances sont des puits de petit diamètre de l'ordre de (8^{1/2} ou 12^{1/4}); dont leur réalisation et équipement est similaires à ceux des forages d'exploitation.

Les forages de reconnaissance permettent de vérifier les hypothèses émises et apportent des informations indispensables (investigation, mesures et essais, prélèvement d'échantillons d'eau et de sol, observations périodiques) comme ils permettent d'effectuer des diagraphies et des essais de pompage. (Dr Mehdi METAICHE, Université de Bouira Octobre 2013)

III-6-2-3 Prélèvement des échantillons :

La circulation de la boue permet de fournir des échantillons broyés à la surface. Au moment de la description, il faudra tenir compte que ces échantillons contiennent une forte proportion de la boue de circulation ; il est toujours préférable de prendre plusieurs d'échantillons (3à 4).

Pour cela, il faut :

- Prendre un échantillon dès que l'on rencontre une formation aquifère
- Prendre un échantillon chaque fois qu'apparaît un changement de terrain.
- Dans les autres cas, prendre un échantillon tous les 2 mètres environ.

Les cuttings (échantillon) prisent 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 [5].



Photo 13 : Exemple des Cuttings prélevées

III-6-2-4 Enregistrement et interprétation des diagraphies

La diagraphie est une technique géophysique mise en œuvre à l'intérieur d'un forage de faible diamètre. Elle sert à mesurer en place les paramètres physiques du terrain, avec la meilleure résolution verticale possible (résistivité, radioactivité, vitesse de son) ou des paramètres géométrique tels que le diamètre intérieur du trou et l'épaisseur des dépôts de la boue (cake). Elle consiste à descendre une sonde électrique à l'intérieur du forage avec un enregistrement en surface par l'intermédiaire d'un appareillage bien spécifique.

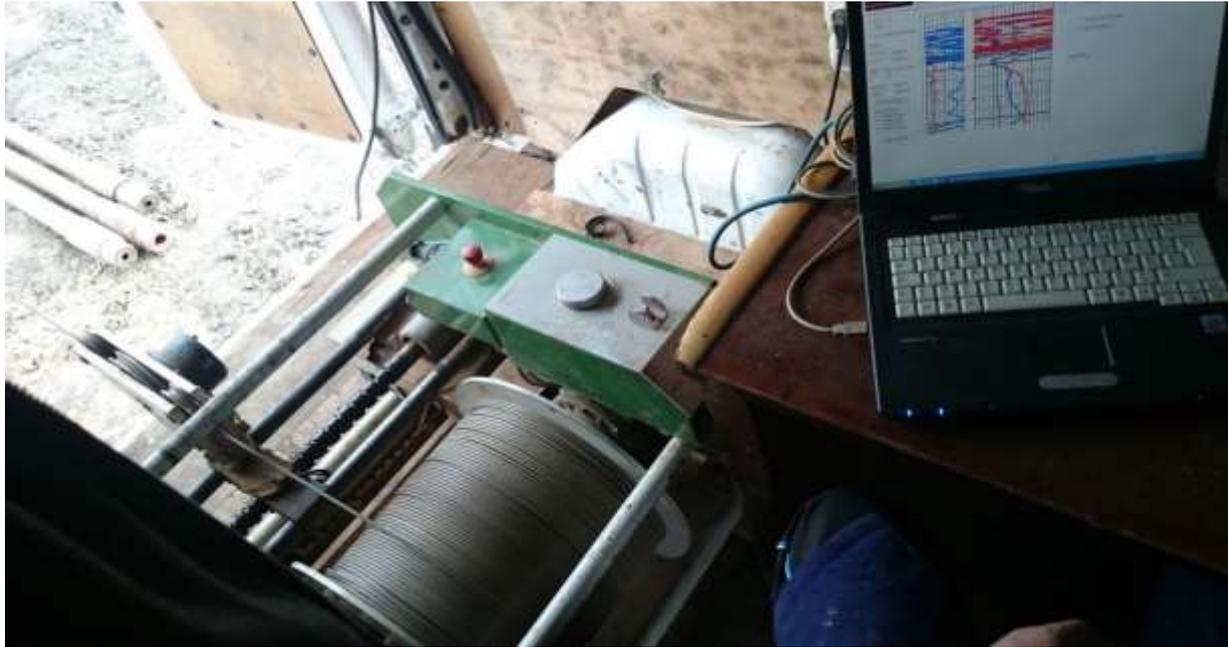


Photo 14 : Appareil de la diagraphie utilisé [1].

Les enregistrements effectués dans notre forage de l'arbàa sont :

- ✓ Polarization spontanée
- ✓ Les Résistivités électriques : PN 16" - GN 64"
- ✓ Diameter (Caliper)
- ✓ Gamma-ray

L'interprétation de ces enregistrements, joints en **annexe**, a permis de distinguer des niveaux perméables et des niveaux imperméables. Cette distinction a été possible suite à l'examen de l'allure des courbes de gamma-ray et de la PS qui ont permis de situer les niveaux argileux. L'enregistrement des résistivités permet d'apprécier la qualité lithologique des niveaux aquifères

III-6-2-5 Alésage et réalésage

Cette opération intervient après l'interprétation du film de la diagraphie et dépouillement des cuttings prélevés.

L'alésage est le réalésage du puits de reconnaissance en gros diamètre, cet élargissement du trou s'effectuera à l'aide :

- Des outils spéciaux appelés outil pilote ou aléseurs accouplés à un outil guide.
- Des outils de gros diamètres [1].

III-6-3 La mise en place des équipements de forage

Le choix correct de l'équipement de forage (tubage, crépine et gravier additionnel...) est considéré comme l'un des facteurs les plus importants pour la réussite de forage, et pour assurer une meilleure exploitation de forage.

La nappe captée doit être isolée des pollutions superficielles pouvant s'infiltrer le long du tubage (rôle de l'aménagement de surface et du bouchon de ciment) [11].

III-6-3-1 Mise en place du tubage

Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépines) est établi en fonction de la coupe géologique du forage ou sont notées les différentes "couches" de terrain et les venues d'eau, ainsi qu'en observant de visu la coupe géologique grâce aux échantillons. Des essais de diagraphie (résistivité électrique) 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 [1].

Remarque :

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) [5]



Photo 15 : Mise en place du tubage (forage de l'arbaa)

A) Plan de tubage:

Le plan de tubage 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 [5].

Sabot :

Le sabot est vissé sur le premier tube à descendre dans le puits. Il permet de guider la colonne pendant sa descente et joue un rôle pendant la cimentation.

Centreurs :

Les centreurs sont destinés à empêcher tout contact de tubage avec la paroi du trou et avoir un espace annulaire uniforme [5].

L'installation des centreurs dans notre forage est tout les **50** mètres lors de la maison place de la colonne de captage à partir du bas



Photo 16 : réduction (forage de l'arbaa)



Photo 17 : centreur de tubage (google)

B) Diamètre du tubage:

Le diamètre intérieur du tubage doit être suffisamment dimensionné pour pouvoir permettre la pose d'une pompe (en fonction du débit) et des colonnes montantes.

- L'espace nécessaire pour cette installation doit être de 1 pouce de jeu entre pompe et tubage pour limiter les pertes de charge (surtout pour les débits importants) et pour le refroidissement de la pompe.
- Pour le diamètre extérieur, il doit être plus de 2 pouces au moins que celui du trou nu afin de permettre un espace annulaire assez large pour la mise en place du massif filtrant [8].

C) Le choix de tubes pleins :

Ils doivent être conçus pour résister mécaniquement aux pressions qui lui seront appliquées une fois mis en place dans le forage (efforts de traction, efforts d'écrasement, efforts d'éclatement et efforts de flambage).

Son diamètre est plutôt fonction du débit d'exploitation (diamètre de la pompe), et son épaisseur est en fonction de la profondeur d'installation et de la méthode de cimentation le cas échéant.

La nature des tubes est principalement fonction de la qualité des eaux captées.

A partir d'une analyse chimique représentative, il est possible d'optimiser la qualité des matériaux utilisés.

D'autres paramètres peuvent intervenir dans le choix des équipements, comme le délai d'approvisionnement ou le coût.

La qualité de l'étanchéité de ces colonnes de tube cimentées est souvent recherchée pour la protection des nappes captées. Il est important dans ce cas de prévoir des matériaux adaptés. Si des tubes en inox sont utilisés, la qualité de ces derniers devra donc être optimisée.

Dans ce cas, deux points importants devront être abordés :

- Les zones thermiquement affectées par les soudures ont une résistance face à la corrosion détériorée.
- Il est possible de recréer la couche de protection par un traitement de décapage passivation ; pour limiter les effets négatifs des soudures réalisées sur chantier (pour les opérations d'assemblage) la mise en œuvre de soudures avec les gaz inerte est indispensable [11].

III-6-3-2 Colonne de captage:

A) Crépines :

Schématiquement la crépine est un tube ajouré laissant le passage à l'eau tout en maintenant la formation.

En tant qu'interface avec la ressource elle constitue l'élément principal de l'équipement d'un ouvrage d'exploitation d'eau.

Sa longueur, son type, sa nature sont directement fonction de l'épaisseur de la formation capter, du niveau de rabattement maximal, et de la nature de l'aquifère.

Les crépines doivent :

- ✓ Maintenir le puits ouvert.
- ✓ Stabiliser la formation.
- ✓ Retenir le sable.
- ✓ Réduire les pertes de charge.

La crépine est placée dans les parties ayant les meilleures caractéristiques hydrauliques.

Les éléments nécessaires servant à positionner les crépines sont :

- Diagraphie
- Analyse des échantillons [12].

B) Différents types de crépines

Les différents types de crépines sont :

- ✓ **Les crépines de JOHNSON** : Leur principe de construction est sur une armature de génératrices verticales en fils ronds ou triangulaires est bobiné, en hélice, un fil enveloppe profilé. Le profile de ce fil correspond à une section voisine du triangle avec angles arrondis. Ce triangle est soudé par un sommet à chacune des génératrices, de telle sorte que la base du triangle se trouve à la surface extérieure. Chaque point de contact entre le fil et la génératrice est électriquement soudé sur la machine qui effectue le bobinage. Comme se sont les plus utilisées et les plus répondues, elles sont utilisées partout : forages d'eau, forages pétroliers, forages à gaz, forages géothermiques...etc. Elles sont caractérisées par : des caractéristiques mécaniques élevées (résistances) pour un poids minimum, par un plus grand coefficient d'ouverture. Elles existent en deux séries : crépines télescopiques et crépines série pipe. Les ouvertures de fentes se situent entre 0,15 et 6,4 mm.
- ✓ **Les crépines à persiennes** : Les slots sont perpendiculaires aux génératrices du tube, ce qui leur donne une bonne résistance mécanique. Les lèvres de fentes sont souvent irrégulières, ce qui implique que ces crépines doivent être placées dans un massif de gravier ou un terrain grossier. Elles sont réalisées par emboutissage à froid de plaques de métal qui sont ensuite roulées et soudées.
- ✓ **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 nervures repoussées** : Avec des perforations rectangulaires horizontales, formant au vent, de bonne résistance mécanique, mais de faible pourcentage de perforation.
- ✓ **Crépine lanternée (tubages slottés)** :
 - L'ouverture selon l'épaisseur (10 à 4 mm)

- Pourcentage de vide de 3 à 5 mm
- Ce type de crépine est plus utilisé en raison de leur cout, mais il nous donne une mauvaise filtration et risque de colmatage de puits [11].

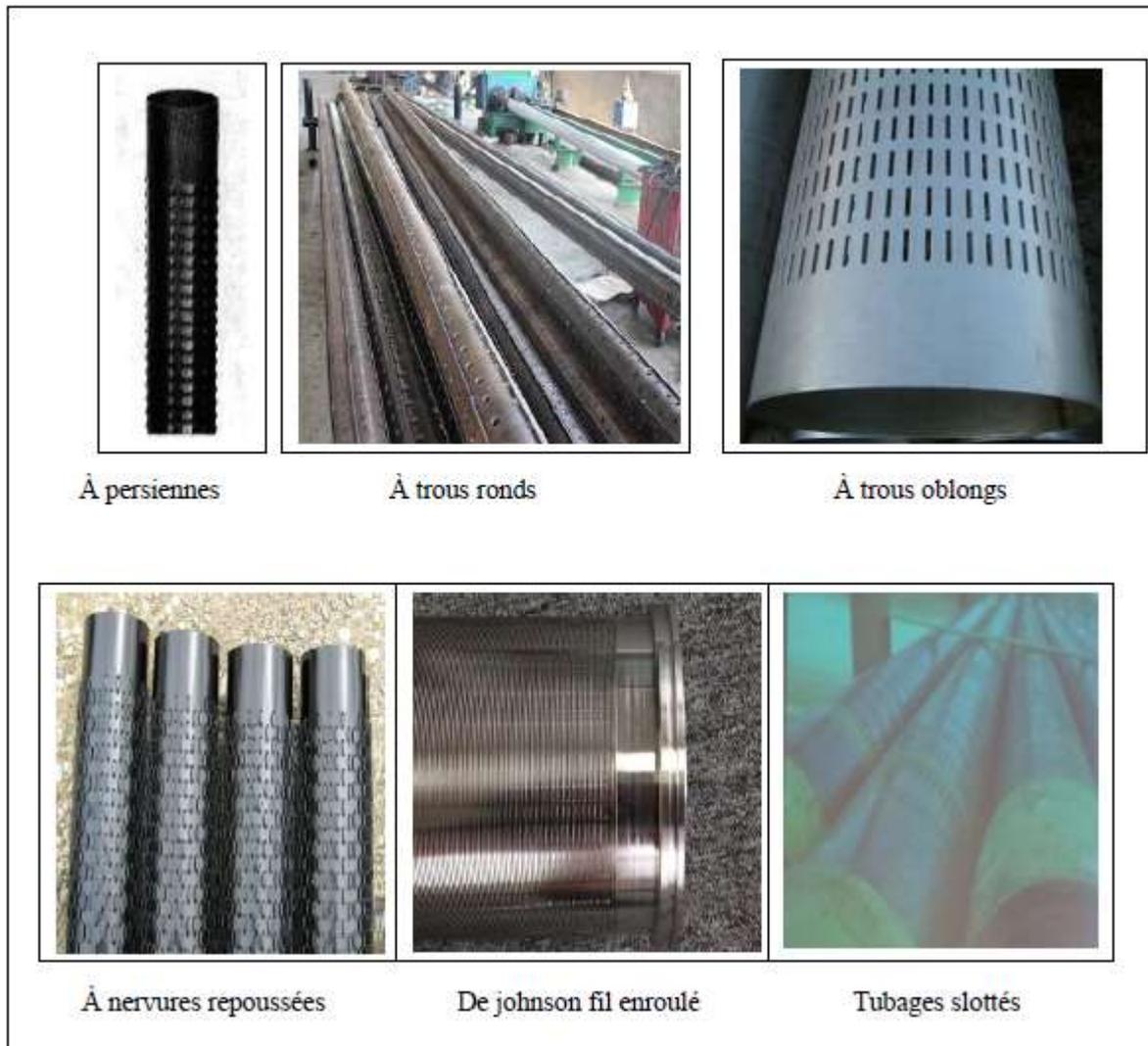


Photo 18 : Différent type de crépine [11].

C) Ouverture des fentes de crépines :

Elle doit être en principe, inférieure à la plus fine granulométrie du gravier de filtre. Sa détermination est en fonction de la courbe granulométrique de la formation. La forme et la répartition des ouvertures de crépines sont plus ou moins aussi importantes que la détermination de l'ouverture elle-même, puisqu'elles conduisent à un coefficient d'ouverture le plus élevé que possible pour obtenir le meilleur rendement d'exploitation du forage [26].

III-6-3-3 Massif filtrant (gravier additionnel, massif de gravier) :**A) Définition et rôle :**

Le rôle du gravier additionnel est d'augmenter les débits d'exploitation, de diminuer les vitesses d'écoulement, et d'éviter le risque d'érosion en évitant l'entée des sables fins. Dans la pratique, le gravier additionnel est défini par la granulométrie de la formation et par l'ouverture de la crépine. Il doit être uniforme, propre, calibré et siliceux de préférence. Le gravier descend dans l'espace annulaire le long du tubage. Une remontée de boue par le tube de forage indique une descente correcte du gravier. Lorsque le niveau du gravier atteint le haut des crépines, la boue ne remonte pas par le tube mais par l'espace annulaire : le massif de gravier doit alors dépasser le haut des crépines sur quelques mètres.

Dans la pratique, le gravier additionnel est défini par la granulométrie de la formation et par l'ouverture de la crépine.

Le rôle du gravier additionnel est :

- Augmenter les débits d'exploitation (la filtration)
- Diminuer les vitesses d'écoulement (Metaiche ,2013)
- Empêcher l'érosion souterraine, ainsi que l'entrée des sables fins
- Prévenir le colmatage

Les conditions pour réussir le gravillonnage sont (Bart, 2011) :

- Un gravier propre et siliceux au moins à 90% pour limiter les risques de dissolution (chimiquement stable)
- Les grains doivent être arrondis pour diminuer les pertes de charge (circulation libre entre les grains) et augmentent le pouvoir de filtration
- Un déversement du gravier depuis la surface est fortement déconseillé (problème de création de ponts et classement des grains)
- La mise en place doit être effectuée au travers de cannes d'injection (descendues au moins jusqu'au sommet de l'aquifère), ou sous pression en circulation inverse pour les forages plus profonds
- Une réserve de gravier est indispensable au dessus des crépines
- L'espace annulaire doit être au moins de 2 pouce à 4 pouce en fonction des caractéristiques de l'aquifère [26].



Photo 19: Massif de gravier (forage de l'arbaa)

B) Volume de gravier :

Le volume nécessaire du gravier peut être défini théoriquement (volume du trou moins volume de tubage) ou de la manière empirique suivante selon E .Drouart :

$$V = H * 0,8 * (D^2 - d^2)$$

Où

V : le volume de gravier m³.

H : hauteur du massif de gravier en m.

D : diamètre du forage en pouces.

d : diamètre du tubage en pouces.

0.8 est un coefficient empirique sous lieu avec l'ouverture de la crépine.

L'estimation du volume de gravier à installer est une fonction du volume théorique de l'annulaire auquel il convient d'ajouter 20 % (ou plus) de ce volume théorique correspondant au délavage de certains horizons (cavage) [12].

III-6-3-4 Développement du forage :

Développement du forage est nécessaire pour maximiser la productivité du forage et optimiser la capacité de filtration du massif filtrant. On y parvient en enlevant les particules fines et les additifs de fluide de forage, et en compactant le massif filtrant (**Van Der Wal ,2018**)

1) Objectif de développement :

Le développement est fait pour :

- corriger toute perturbation ou colmatage qui auraient pu être provoqués dans la formation durant le forage.
- augmenter la porosité et la perméabilité de la formation au voisinage du forage donc (augmente le débit de l'ouvrage).
- stabiliser la formation sableuse autour de la crépine de telle sorte que le forage débite une eau limpide (exempte de matière solide en suspension).

Pour diminuer le pourcentage des particules fines, on met en place du gravier filtre calibré.

De cette manière, on enveloppe la crépine d'une gaine filtrante naturelle, dont la finesse des constituants augmente régulièrement vers la périphérie.

Les grains de sable sont en effet d'autant plus difficiles à déplacer qu'ils se trouvent plus éloignés de sa paroi [11].

2) Les différentes méthodes de développement :

Il existe plusieurs méthodes de développement de puits, les plus utilisés sont :

A) Le développement par pompage et sur pompage :

Consiste à placer une pompe dans le forage, aussitôt après la mise à l'eau claire, et à pomper à un débit croissant, jusqu'à obtention d'un débit maximal sans venues de sable. Cette méthode est surtout employée par des foreurs à qui est demandé un certain débit minimal et pour cette raison, se contentent de tirer un débit supérieur à celui demandé. En fait, un ouvrage ne donne jamais le maximum qu'il pourrait donner réellement que s'il est bien développé. (Voir ci-après développement par émulseur [11].

B) Le développement par pistonnage :

Développement par pistonnage il est parfois préférable aux autres procédés, d'abord par son efficacité très grande sur le forage et aussi son très faible prix de revient. Il est en effet, très facile à fabriquer un piston de développement :

- Un tool-joint de tige de forage usagé.
- Un élément de tubes de diamètre de 04 à 05 pouces
- Un clapet et un siège de clapet, usagés, de pompe à boue
- Des rondelles de caoutchouc, découpées dans des pneus usagés ou des bandes transporteuses.
- Un crochet en fer rond qui peut être tiré d'une vieille tige de pompe.

Le pistonnage consiste à descendre à des profondeurs (fonction de la puissance du moteur et du treuil) le piston dont les garnitures de caoutchouc ont 01 à 02mm de moins que le diamètre intérieur du tubage et de le remonter le plus rapidement possible. Au cours de cette remontée rapide, le piston évacue la quantité d'eau au-dessus des garnitures et provoque ainsi une dépression brutale dans le forage, qui a pour effet d'aspirer l'eau et les éléments fins du massif de gravier et de l'aquifère. Un pistonnage bien mené provoque un mouvement de va et vient d'eau (injection vers la nappe et appel vers le trou de forage), permet d'extraire les éléments nuisibles et d'obtenir la classification des éléments du massif filtrant autour de la crépine. De même, il permet de décoincer un massif de gravier bloqué au cours de son injection [11].

C) Le développement par Lavage aux jets à grande vitesse :

Cette méthode est considérée comme la méthode la plus efficace. Elle comporte les avantages suivants :

- L'énergie est concentrée sur une petite surface avec le maximum d'efficacité.
- Chaque point de la crépine peut être traité séparément.
- La forme en V des crépines dirige le jet à l'extérieur dans la formation aquifère.
- Elle est relativement facile à appliquer et ne doit pas engendrer de risques en cas d'utilisation trop poussée.
- Un simple outil à jet avec une pompe à haute pression et la tuyauterie rigide ou flexible constituent l'essentiel de l'équipement.
- La puissance des jets à haute vitesse agite et classe les éléments de la formation meuble tout autour de la crépine [12].

D) Développement à l'air lift (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, et de travailler à l'intérieur des crépines. Elle permet de combiner l'action de flux et de reflux provoquée par un grand volume d'air introduit dans l'ouvrage, la source d'énergie d'un air lift est l'air comprimé. Cet air vient généralement d'un compresseur d'air.

Le procédé nécessite quelques précautions, car il peut entraîner un ébranlement du tubage en place, une détérioration de la cimentation et des éboulements dans la zone de production. Les opérations à réaliser sont les suivant :

- Manœuvre le robinet 3 voies pour envoyer l'air dans la crépine, le robinet de la décharge étant ouvert.
- Laisser couler, comme la méthode à forage ouvert, jusqu'à ce que l'eau éjectée sorte claire.
- Laisser l'eau remonter à son niveau statique dans le forage, ce qu'on peut vérifier en écoutant l'air sortir par le robinet de décharge.
- Fermer le robinet de décharge et manœuvre le robinet 3 voies pour envoyer l'air, par le tube supportant le robinet de décharge, à l'intérieur du forage, sous le couvercle du casing. L'eau sera refoulée, hors du tube d'eau, au niveau du sol, ainsi que, à travers la crépine, dans la formation adjacente, en brisant les ponts de sable ou de gravier.
- Lorsque le niveau de l'eau dans le forage aura été rabattu jusqu'à sabot du tube d'eau, l'air sortira, par tube, à la surface. A ce moment, ouvrir le robinet de décharge et laisser l'eau remonter à son niveau statique, le robinet d'air étant fermé.
- Manoeuvrer le robinet 3 voies et provoquer à nouveau, par air-lift, le pompage du forage.
- Répéter ces opérations jusqu'à ce que le forage ne produise plus de sable.
- Il est alors rarement nécessaire de nettoyer le forage, car la grande vitesse de l'eau provoque généralement l'expulsion des sables fins [1].

3) Traitement à l'hexamétaphosphate :

L'hexamétaphosphate de soude est le plus couramment utilisé. Livré en sacs de 25 kg (on le trouve aussi sous le nom de Giltex en France ou de Calgon aux USA), c'est un polyphosphate qui a montré sa capacité à défloculer les argiles (c'est-à-dire désolidariser les particules d'argile, casser la boue) et sa faculté d'entraînement des oxydes métalliques.

Méthode de traitement

Cette solution sera injectée au moyen d'un tube face à la zone à traiter, on peut utiliser également le JETTING, en particulier lorsque l'on se trouve en présence d'incrustation dans la crépine.

Conclusion

La solution de l'hexamétaphosphate est laissée au contact entre 12 et 24 heures avec une mise au mouvement toute les 3 ou 4 heures en circuit fermé à faible débit au moyen d'une pompe ou air lift. On fait, le développement jusqu'à ce que l'eau extraite sera claire [1].

IV-1 Introduction :

La nature lithologique du site du forage de l'arbaa est composée de graviers, sable, d'argile nécessite l'utilisation de la technique de forage au rotary

IV-2 Travaux de Forage :

Photo 20 : Appareil de forage felling 1500 (forage de l'arbaa)

A) Tube guide :

Le trou a été foré avec un outil de 26" de 0 à 15m de profondeur, puis un tube TNRS de diamètre de 20" est introduit sur une profondeur de 15m,

La fixation de ce dernier a été effectuée avec un béton dosé à 250 kg/m³, dans l'espace annulaire entre le tube et le trou sur une profondeur de 15 m.

B) Forage de reconnaissance :

Forage de reconnaissance a été réalisé par un outil de 12", et réalisé par l'entreprise FOREMHYD SPA, par l'appareil type felling T1500.

C) Opération de diagraphie :**C) 1. Interprétation des diagraphies :**

la diagraphie consiste à descendre une sonde électrique à l'intérieur du forage avec un enregistrement en surface par l'intermédiaire d'un appareillage bien spécifique. Enregistrement diagraphique (mesure de la résistivité et de la polarisation spontanée en fonction de la profondeur et représentée sur la figure on annexe. interprétation de cet enregistrement a permis d'établir le tableau suivant :

| Profondeur (m) | Perméabilité | La Résistivité (Ohm. m) | |
|-------------------|----------------------|----------------------------|---------|
| | | 16 N | 64 N |
| 0-15 | | | |
| 15-18 | Perméable | 68 | 92 |
| 18-23 | Imperméable | 22 | 35 |
| 23-26 | Perméable | 64 | 65 |
| 26-29 | Imperméable | 24 | 50 |
| 29-39 | Perméable | 72 | 70 |
| 39-50 | Imperméable | 19 | 33 |
| 50-54 | Perméable | 43 | 45 |
| 54-59 | Imperméable | 15 | 33 |
| 59-62 | Perméable | 40 | 41 |
| 62-69 | Imperméable | 17 | 25 |
| 69-74 | Perméable | 45 | 43 |
| 74-83 | Imperméable | 15 | 24 |
| 83-86 | Perméable | 44 | 38 |
| 86-93 | Imperméable | 14 | 22 |
| 93-101 | Semi-perméable | 46 | 34 |
| 101-104 | Imperméable | 16 | 39 |
| 104-113 | Perméable | 52 | 47 |
| 113-145 | Imperméable | 14 | 19 |
| 145-150 | Semi-perméable | 41 | 32 |
| 150-166 | Imperméable | 13 | 17 |
| 166-173 | Perméable | 43 | 36 |
| 173-196 | Imperméable | 14 | 16 |
| 196-201 | Semi-perméable | 46 | 36 |
| 201-204 | Semi- Imperméable | 13 | 25 |
| 204-207 | Semi-perméable | 44 | 33 |
| 207-227 | Imperméable | 10 | 16 |
| 227-233 | Perméable | 52 | 44 |
| 233-262 | Imperméable | 11 | 15 |
| 262-266 | Perméable | 51 | 34 |
| 266-271 | Imperméable | 12 | 16 |
| 271-276 | Semi-perméable | 50 | 31 |
| 276-300 | Imperméable | 07 | 10 |
| 300-305 | Semi-perméable | 36 | 20 |
| 305-312 | Imperméable | 09 | 14 |
| 312-316 | Semi-perméable | 51 | 23 |
| 316-331 | Imperméable | 06 | 07 |
| 331-337 | Semi-perméable | 65 | 17 |

Tableau 4 : Interprétation de l'enregistrement des diagraphies (Résistivité et PS)

D) Examen des cuttings :

Les cuttings (échantillon) pris mètre par mètre, nettoyer et séchés, et mis dans des petites sachés étiquetés selon leur profondeur de prélèvement, puis acheminés vers l'ingénieur hydrogéologue de l'administration.

La description des cuttings a permis d'établir la coupe ou log lithologique du forage présentée par la figure 16

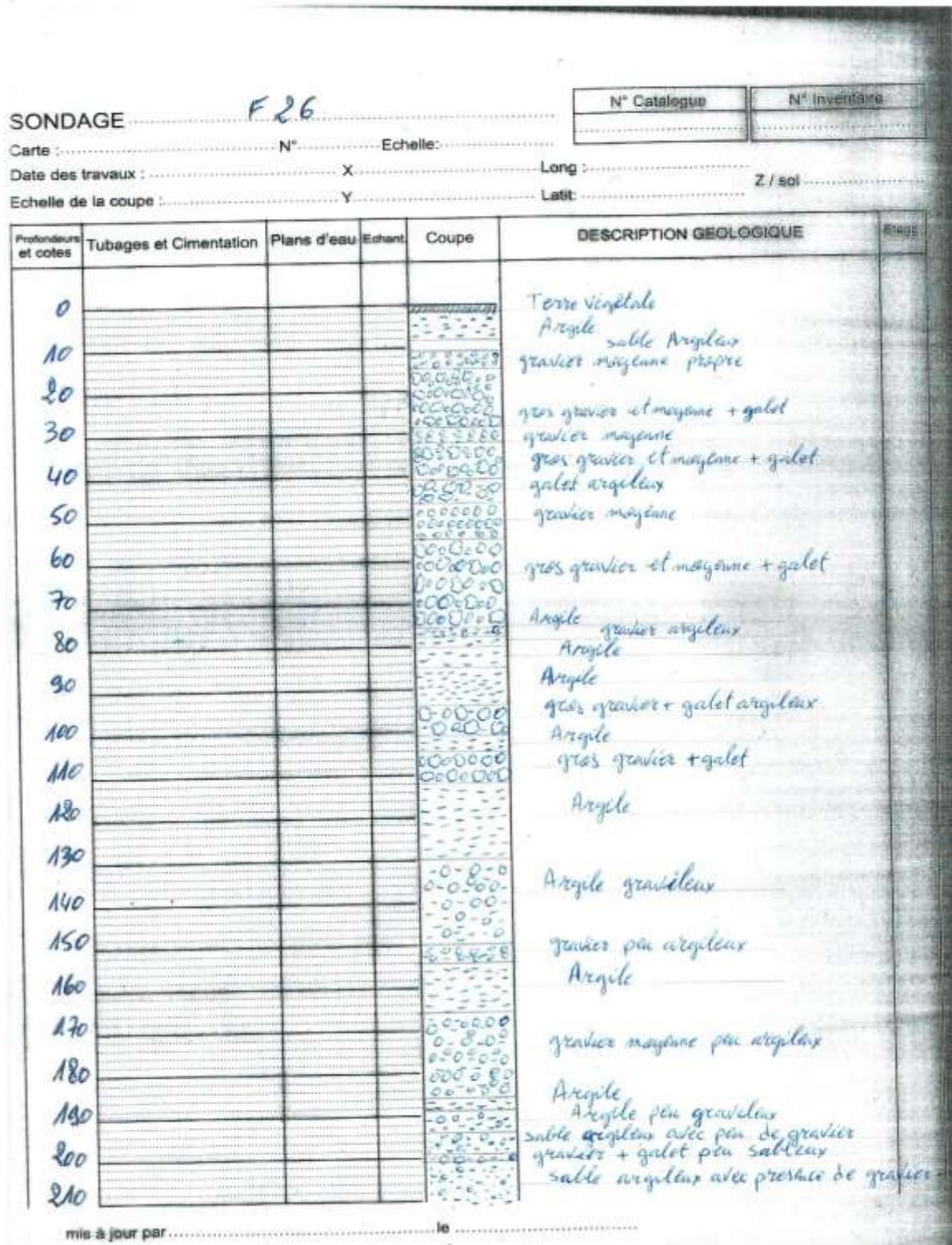


Figure 16: Coupe lithologique du forage de l'arbaa

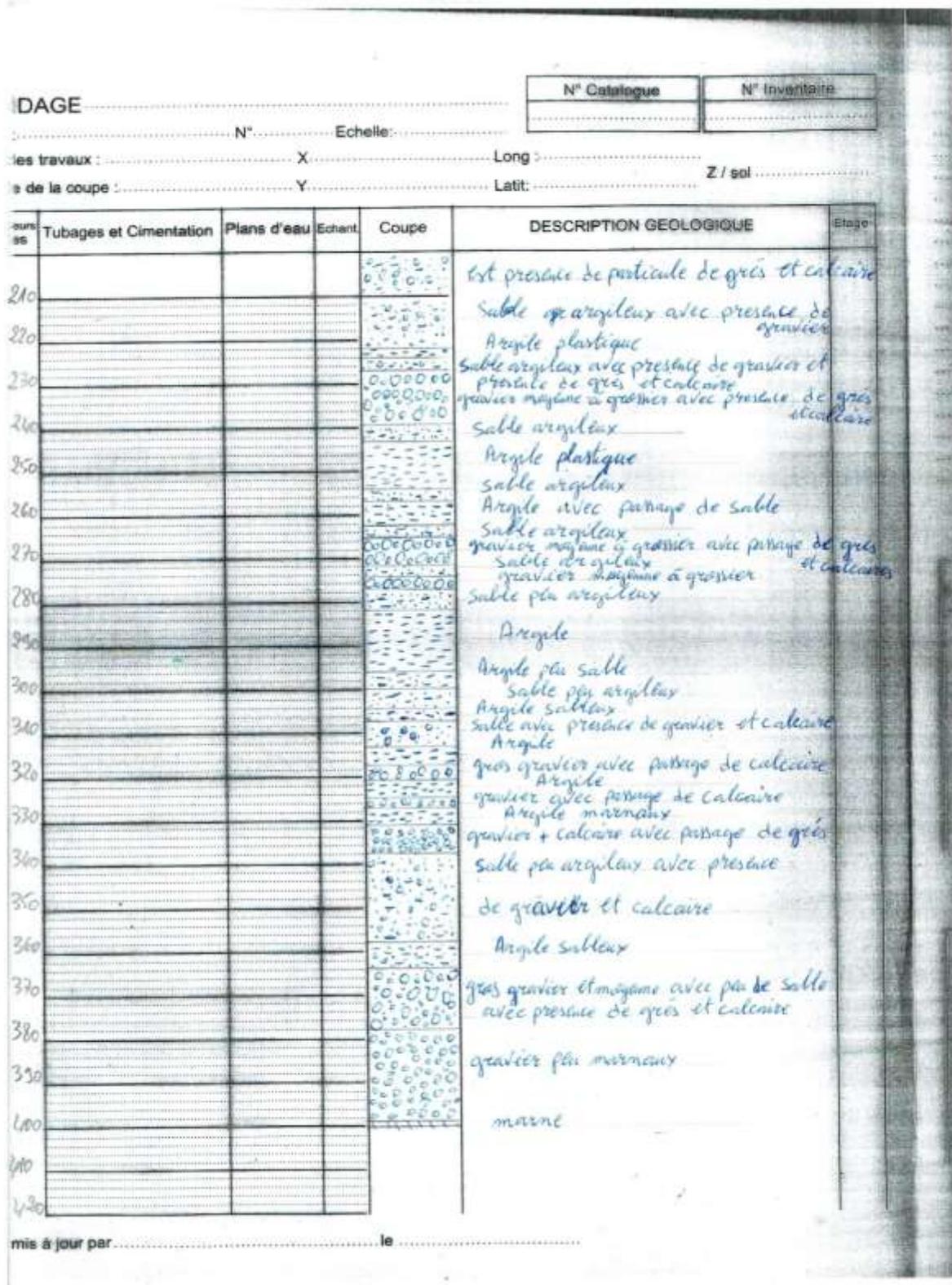


Figure: 16: Coupe lithologique du forage de l'arbaa

E) Opération d'élargissage :

L'analyse des cuttings aussi que l'interprétation des enregistrements de diagraphie du forage de reconnaissance de 402m de profondeur, nous a permis de constater que le toit du substratum marneux du plaisancien atteint à la cote 402m.

Suit à ces résultats nous recommandons ce qui suit :

- ✓ Elargissage du forage en 17" ¹/₂ jusqu'au 392m.
- ✓ Rélargissage en 19" jusqu'à la cote 248m.

IV-3 Programme d'équipement :**Introduction :**

L'examen de l'enregistrement diagraphie et des cuttings à permis d'établir un programme d'équipement du forage

IV-3-1 Plan du tubage :

Le Plan de tubage du forage de l'arbaa et mise en place par deux colonnes de captage en **inox** de 12³/₄" et 9⁵/₈", avec une réduction entre les deux tubages du 248m à 249m.

➤ Type de crépine utilisé :

Les crépines utilisé et de type Johnson à ouverture horizontale continue sur toute la longueur de la crépine **slot 20**, obtenue par enroulement en hélice d'un « fil enveloppe profile » soudé sur des génératrices métallique verticales.



Photo 22 : Crépines de Johnson (forage de l'arbaa)

Le programme proposé et exécuté par la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Blida a été réalisé comme suit :

| | |
|--|---|
| 00 à 80 m tube plein 12 ^{3/4} | 260 à 278 m tube crépine 9 ^{5/8} |
| 80 à 86 m tube crépine 12 ^{3/4} | 278 à 284 m tube plein 9 ^{5/8} |
| 86 à 92 m tube plein 12 ^{3/4} | 284 à 290 m tube crépine 9 ^{5/8} |
| 92 à 98 m tube crépine 12 ^{3/4} | 290 à 296 m tube plein 9 ^{5/8} |
| 98 à 104 m tube plein 12 ^{3/4} | 296 à 320 m tube crépine 9 ^{5/8} |
| 104 à 116 m tube crépine 12 ^{3/4} | 320 à 332 m tube plein 9 ^{5/8} |
| 116 à 134 m tube plein 12 ^{3/4} | 332 à 350 m tube crépine 9 ^{5/8} |
| 134 à 152 m tube crépine 12 ^{3/4} | 350 à 356 m tube plein 9 ^{5/8} |
| 152 à 164 m tube plein 12 ^{3/4} | 356 à 368 m tube crépine 9 ^{5/8} |
| 164 à 182 m tube crépine 12 ^{3/4} | 368 à 374 m tube plein 9 ^{5/8} |
| 182 à 188 m tube plein 12 ^{3/4} | 374 à 386 m tube crépine 9 ^{5/8} |
| 188 à 206 m tube crépine 12 ^{3/4} | 386 à 392m tube plein avec sabot de décantation |
| 206 à 212 m tube plein 12 ^{3/4} | |
| 212 à 218 m tube crépine 12 ^{3/4} | |
| 218 à 224 m tube plein 12 ^{3/4} | |
| 224 à 242 m tube crépine 12 ^{3/4} | |
| 242 à 260 m tube plein (242à248 12 ^{3/4}) avec réduction à 9 ^{5/8} à partir de la cote 248 à 249m | |

Remarque :

L'installation des centreurs tout les 50 mètres lors de la mise en place de la colonne de captage à partir du bas.



Photo 23: Mise en place du tubage (forage de l'arbaa)

IV-3-2 Massif filtrant :

Le Massif filtrant injecté dans l'espace annulaire entre le trou du forage et le tubage est un gravier traditionnel d'une taille de **2 à 4mm** la nature de ce gravier est arrondi, siliceux calibre tamisé et bien lavé.

Calculer le volume de gravier :

$$V=V1+V2+V3+V4=0.8* \{ [(0,3048)^2*10]+[(0,4445)^2-(0,244475)^2]*248+[(0,4826)^2-(0,32385)^2]*143+[(0,6604)^2-(0,508)^2*15] \} = 44,88 \text{ m}^3.$$

Avec:

V1 : Volume du trou au dessous du sabot.

V2 : Volume de l'annulaire entre le trou réalisé $17''^{1/2}$ et (Crépine +Tube plein) $9''^{5/8}$.

V3 : Volume de l'annulaire entre le trou réalisé $19''$ et (Crépine +Tube plein) $12''^{3/4}$.

V4 : Volume de l'annulaire entre $26''$ et tubage $20''$.

Avec :

Pour 1 pouce = 0,0254m.

D= 26'' de $\varnothing = 0,6604\text{m} = 660,4 \text{ mm}$

D= 19'' de $\varnothing = 0,4826\text{m} = 482,6 \text{ mm}$

D= 17^{1/2}'' de $\varnothing = 0,4445\text{m} = 444,5 \text{ mm}$

D= 12'' de $\varnothing = 0,3048\text{m} = 304,8\text{mm}$

d= 20'' de $\varnothing = 0,508\text{m} = 508 \text{ mm}$

d= 12^{3/4}'' de $\varnothing = 0,32385\text{m} = 323,85 \text{ mm}$

d= 9^{5/8}'' de $\varnothing = 0,244475\text{m} = 244,475 \text{ mm}$

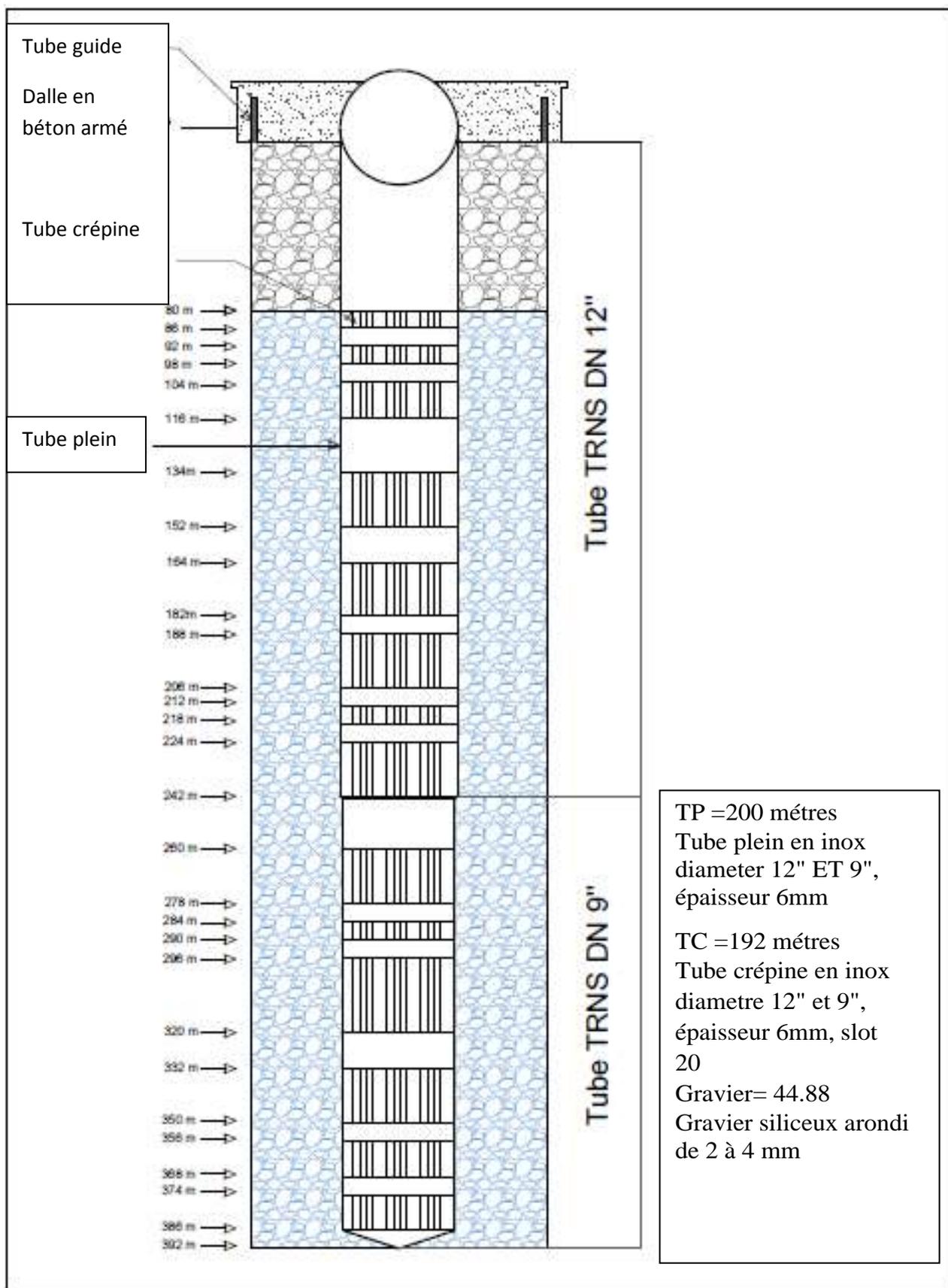


Figure 17 : coup technique de forage de l'arbaa

IV-3-3 Opération de développement du forage de l'arbaa :**Introduction :**

Le développement a été effectuée à l'air lift avec un compresseur d'air de 24 Bar, et exécuté suivant les cinq paliers suivants du haut vers le bas :

1^{er}Palier :

Tube d'eau : 117 m.

Tube d'air : 113 m

2^{eme}Palier :

Tube d'eau : 183 m.

Tube d'air : 180 m

3^{eme}Palier :

Tube d'eau : 243 m.

Tube d'air : 240 m

4^{eme}Palier :

Tube d'eau : 321 m.

Tube d'air : 318 m

5^{eme}Palier :

Tube d'eau : 387 m.

Tube d'air : 383 m

La procédure de cette opération s'est effectuée suivant les étapes suivantes :

- ✓ Nettoyage du trou à l'air lift pendant **40 h**.
- ✓ Injection de **400 kg** de l'hexamétaphosphate en deux phases, avec une attente effet de **24 heures** et poursuite du pompage à l'air pendant **8 h** et injectez la quantité de la deuxième phase avec une attente effet de **24 h** et poursuite du pompage à l'air jusqu'à l'obtention d'une eau claire.

Cette opération s'est faite aussi en alterna des phases de pompage et de gonflage (**barbotage**).



Photos 24 : Développement à l'air lift (forage de l'arbaa)



Photo 25 : Compresseur d'air (forage de l'arbaa)

IV .1. Les essais de pompage :

Introduction

L'essai de pompage permet de déterminer les caractéristiques Hydrodynamique de laquifaire. 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 sur le forage et l'évolution dans le temps de la surface piézométrique(le rabattement en fonction du temps)

IV.1.1. Essai par palier :

Concrètement un essai par paliers permet d'évaluer la performance d'un ouvrage de captage. Il est mené suivant plusieurs débits croissants (habituellement quatre), pendant de très courtes périodes (appelées les paliers). La durée des paliers est si courte que le rabattement provoqué par les pompages successifs reste très influencé par les caractéristiques de l'ouvrage comme par exemple son massif de graviers ou les fractures développées tout autour. Si le pompage était plus long comme pour un essai de longue durée, le rayon d'exploration aurait le temps de s'étendre dans la nappe. [14]

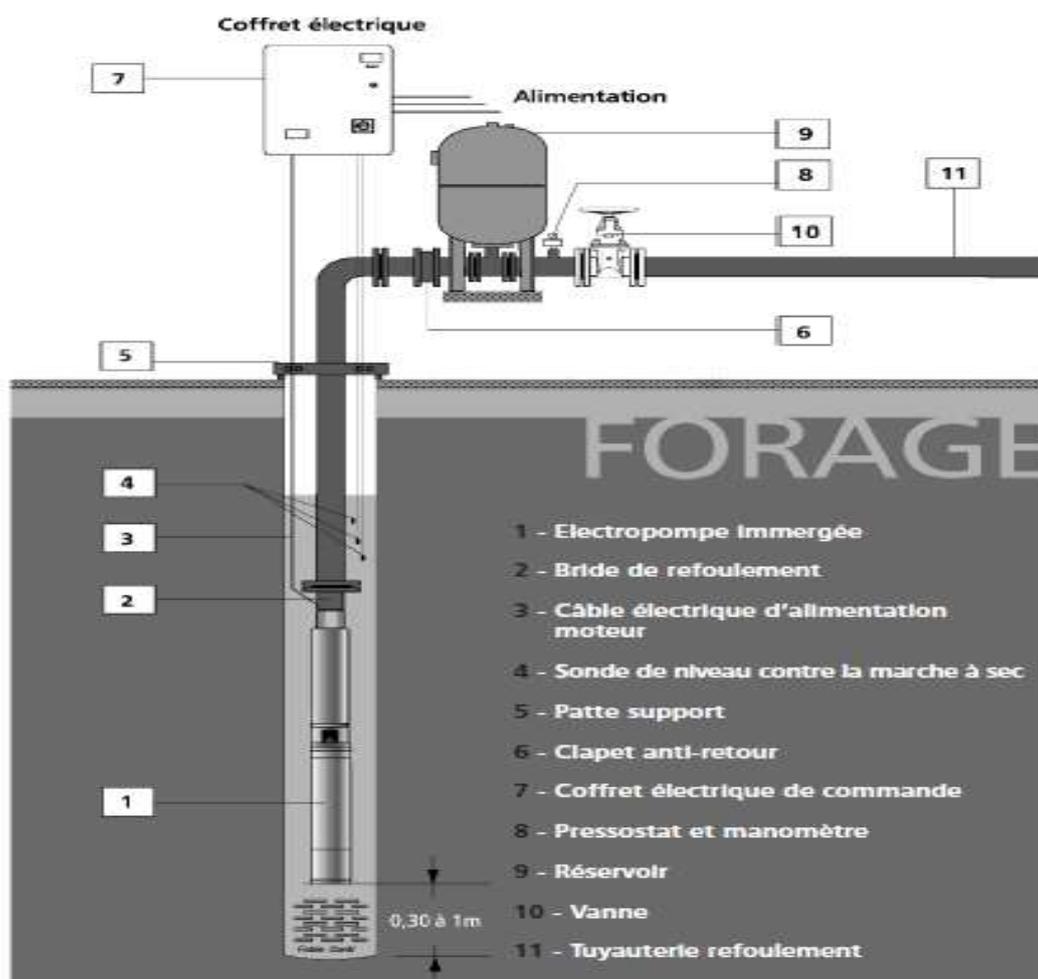


Figure 18 : schéma installation pour pompe forage

Résultats de l'essai de pompage :

Un essai de pompage a été réalisé par l'entreprise de réalisation du forage, les résultats obtenus sont reports sur le tableau 5

| Palier | Débits (m ³ /h) | ND(m) | Rabattement Δ (m) | NS (m) | Débits spécifiques Q/ Δ (m ³ /h/m) | Rabattement spécifiques Δ /Q (m/m ³ /h) |
|--------|----------------------------|-------|--------------------------|--------|--|---|
| 01 | 20 | 57 | 12 | 45 | 3 | 0.33 |
| 02 | 25 | 84 | 30 | 45 | 1.08 | 0.55 |
| 03 | 35 | 99 | 54 | 45 | 1.48 | 0.67 |

Tableau.5. : Essai de débit par paliers

IV.1.2. Essais de longue durée :

Il s'agit d'un pompage à débit constant réalisé généralement sur 48 heures avec un débit constant de 35l/s. Mais pouvant atteindre des durée bien plus importantes, la durée de pompage peut être plusieurs mois continu, l'objectif du pompage de longue durée (essais de nappe) est pour déterminer les caractéristiques hydraulique de l'aquifère, Telle que la transmissivité. [1]

IV.1.3. Calcul des paramètres hydrodynamiques :

IV.1.3.1. Le tracé de la courbe de descente du forage d'eau:

Les résultats obtenus par l'expérimentation du pompage sont :

- Niveau statique : 45 m
- Niveau dynamique final : 99 m
- Rabattement final : 54 m
- Rayon du puits de pompage : 0,200 m
- Temps de pompage : 48 heures

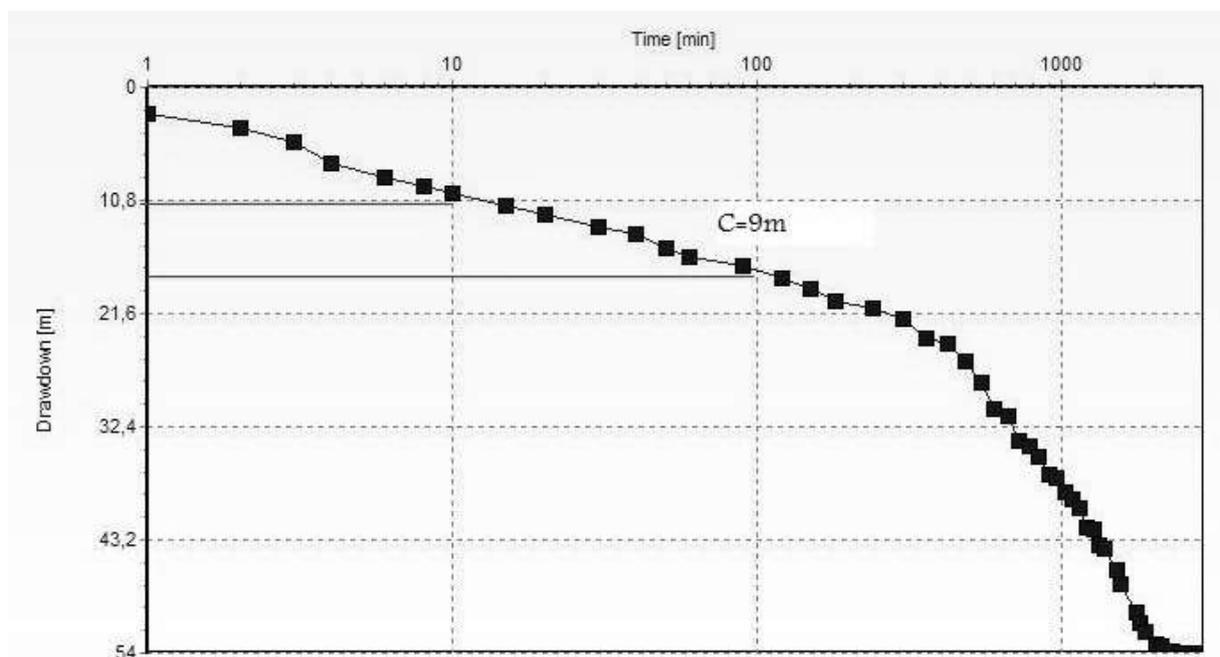


Figure 19 : Courbe descente de forage l'arbaa

IV.1.3.2 Transmissivité :

Ce deuxième point que nous allons analyser, c'est un facteur très important pour la gestion de la ressource. Le pompage d'essai de longue durée, est exécuté par un seul palier à débit constant de 35 l/s, durant 48 heures

L'interprétation de l'essai de pompage a été établie par l'application de la méthode de **C.E. Jacob**. Cette méthode découle de l'équation de **THEIS**, qui se réduit à la formule d'approximation logarithmique de Jacob, quand le temps de pompage croît et devient assez grand (u inférieur ou égal à 0,01).

L'équation de JACOB s'écrit:

$$S = c = 0.183 * Q / T \log 2.25Tt / x^2 s'$$

S = rabattement théorique en m

s' = coefficient d'emmagasinement

Q = débit de pompage
constant en m³/s

T = transmissivité en
m²/s

t = temps écoulé depuis le début de pompage en s.

x = distance du piézomètre d'observation à l'axe du puits de pompage en m.

La valeur de transmissivité est : $T = \frac{0.183Q}{C}$

Et « C » est :

$$C = \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{\text{Log}t_2 - \text{Log}t_1} = \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{\text{Cycle logarithmique}}$$

C=9

Avec :

Q : débit en m³/s et T : transmissivité m²/s ΔC : la pente de rabattement (m) : 9 m

$$T = 0.183 * 35 * 10^{-3} / 9 = 0.71 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Dans l'absence d'un piézomètre, le coefficient d'emmagasinement n'a pas été évalué, et le seul paramètre apprécié est la transmissivité.

Données du pompage d'essai de longue durée de la descente et Remontée (Voir tableau, annexe)

IV.1.3.3 Essais de Remontée :

Consiste à observer la remontée des niveaux d'eau après l'arrêt du pompage à la fin d'un essai à débit constant il est utile pour vérifier les caractéristiques de l'aquifère. Mais n'est valide que si une valve anti-retour est placée sur la colonne de refoulement.

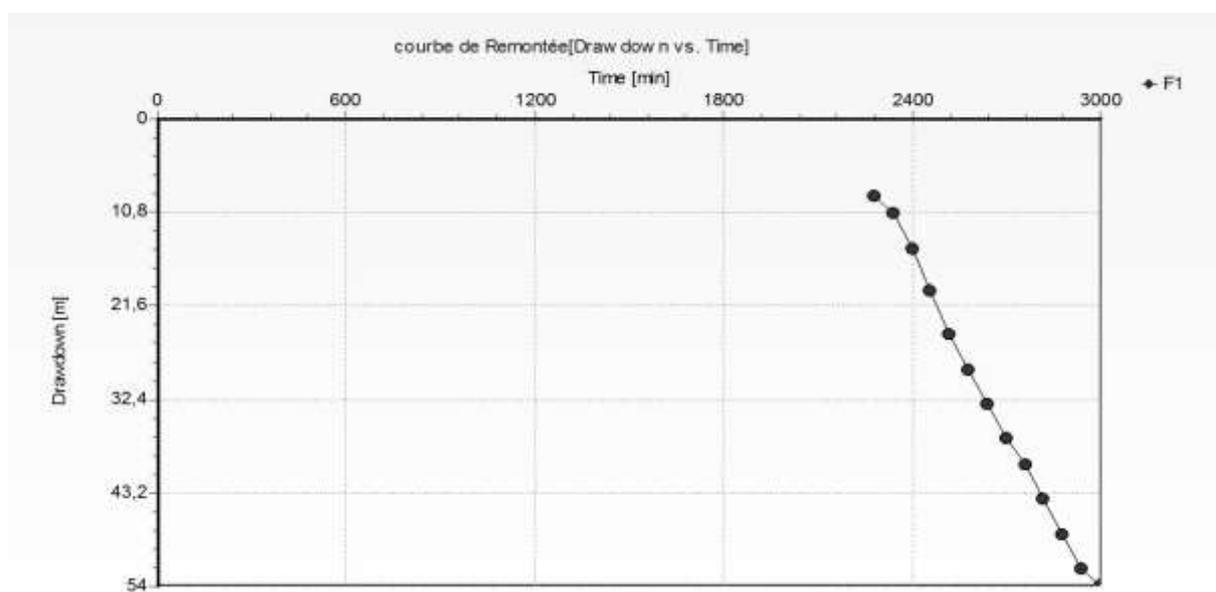


Figure 20 : Courbe de remontée forage de l'arbaa

Conclusion :

Les essais de puits exécutés 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. [13]

Conclusion générale

La région étudiée fait partie du sous bassin de l'oued El Harrach qui se trouve dans le grand bassin de la Mitidja.

L'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire a permis de préciser les points suivants :

Sur le plan géologique la région de l'arbaa fait partie de l'ensemble de la plaine de la Mitidja

Qui est un bassin de subsidence rempli de matériel quaternaire. il est limité au sud par les formations tertiaire de l'atlas Blideén et au nord par les formations des monts du sahel.

Sur le plan hydrogéologique, le forage étudié est implante sur la nappe du quaternaire de la Mitidja dont l'écoulement se fait de sud vers le nord.

Le forage réalisé a été fait selon les prescriptions techniques suivantes : au début c'est Avant trou après Tube guide diamètre 20 pouces, Forage reconnaissance diamètre 12 pouces en suite Opération de diagraphie : a permis de préciser les niveaux productifs et Examen de Cuttings a permis d'établir la coupe ou log lithologique du forage après il ya Etablissement d'un plan d'équipements du forage et le nombre de tube plein et crépine : on a TP =200 mètres et Tube plein en inox diamètre 12" et 9" et épaisseur 6mm et TC =192 mètres ,Tube crépine en inox diamètre 12" et 9", épaisseur 6mm, slot 20 en suite il ya Opération de descente du tubage, après Opération de gravillonnage : massif du gravier (Volume = 44.88) et Développement a lait lift avec un compresseur d'air de 24 Bar a la fin Les essais de puits exécuté sur le forage nous ont permis de déterminer ces caractéristiques hydrauliques, qui sont le débit d'exploitation 35l/s avec un niveau statique de 45 m, un niveau dynamique de 99 m c'est-à-dire un rabattement de 54 m, la transmisivité déterminée a partir de l'essai de pompage et de $0.71 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Références bibliographiques

- [1] **MOHAMED Ali** « Le suivi de la réalisation de cinq forages pour l'alimentation en eau potable de la nouvelle de Blida (Bouinane) »,2016
- [2]**BOUKAKA Mouloud** « DIAGNOSTIC DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE LARBAA (W BLIDA) », mémoire fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, 2003 Blida
- [3]**LOUATI Brahim** « étude de dépollution industrielle du bassin versant du l'Oued El-Harrach », mémoire de fin d'étude Présenté en vue de l'obtention du diplôme de magister ,2015
- [4]**MOUSSELMAL Mohammed** « CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RECHARGE DES NAPPES PAR PROCEDES ARTIFICIELLES »,mémoire de master pour l'obtention du diplôme de master en hydraulique ,2015
- [5]**Moulay Omar Younes et Seddiki Yousef** « Suivi d'un forage d'eau dans la région de Bouhraoua (Wilaya de Ghardaïa) », mémoire de master en hydraulique, 2017
- [6]**METAICHE Mehdi**, FORAGE TECHNIQUES ET PROCEDES.
- [7] **Novembre 1995** : Note technique n° 2, Les techniques de forage utilisées en eau minérale, pdf <https://fr.scribd.com/doc/27961660/Techniques-de-Forage-d-Eau>
- [8]**BICHARA Abdelmalik et BELKACEM Youcef Tahar** « Etude hydrogéologique pour l'implantation d'un forage d'eau dans la plaine de Mitidja (région de Mauzaia) et suivi des travaux de sa réalisation », mémoire pour l'obtention du diplôme de master
- [9]**Les méthodes de forage, par GillesBresson** :
<http://avg85.fr/wpcontent/uploads/2016/04/Les-Forages.pdf>
- [10] **Brouillon Final** « Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines appliquées aux forages manuels » Avril 2009
- [11] **ZIRIOUH Oussama et MOULLA Nabil**, « Réalisation de puits TIMAROUALINE 02 », Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur spécialisé en hydraulique , institut algérien du pétrole ,juin 2017
- [12] **MODULE DE L'HYDROGEOLOGIE** : Z.MEZIZENE
- [14] **fr .wikiversity** : https://fr.wikiversity.org/wiki/Essai_de_pompage
Essais_par_paliers
- [15]**abdelkader lele aissa** : structure et evolution d'un bassin offshore

Références bibliographiques

- [16] **LARIBI Mohamed** « impact de imperméabilisations artificielle des Terre sur la perte de la ressource naturelle dans la plaine du mitidja »
- [17] **Fr org/wiki/atlas blidéen**
- [18] **KHBOUB Brahim**, « le suivi hydrogeologique des travaux de forage d'eau pour l'alimentation en eau potable de la nouvelle ville de blida »
- [19] **MEHDI Nawel**, « etude de l'évolution de la qualité des eaux souterrains de la plaine de mitidja »
- [20] **DRE, 2003**, « rapports interne presentatifs de sur la plaine de la mitidja et ses nappes souterraines »
- [21] **Cours hydrogeologique** : mémoire D.E.U.A université de blida
- [22] **Mohamed B**, « synthèse hydrogéologique pour l'implantation d'un forage, mémoire D.E.U.A » ,2007
- [23] **BOCHARA Abdelmalek**, « etude hydrogeologique pour l'implantation d'un forage d'eau dans la plaine de la mitidja »
- [24] **Compagnie générale de géophysique 1967** « prospection geophysique dans la plaine de mitidja » rapport de synthèse
- [25] Forage Rotary, « La boue de forage », Edition Technip 1972
- [26] **A. Salimani**, "Forage pour non foreurs", 2003, division forage, département formation Sonatrach, Septembre.
- [27] **Bouhamida Hayat, Hazedj Hafsa**, « Techniques de forage et étude des caractéristiques de la boue dans les différentes phases à Hassi Messaoud (ONK 243) et à Gassi Touil (NZ26) », Universite Abderahmane Mira – BEJAIA-
- [28] **CHERIFI Mahfoud** , « etude et maintenance de treuil de forage OIL WELL 840E »
- [29] **BENMEDDAH KHADIDJA**, «Etablissement de carte de ressources en eaux souterraines de la willaya de Tipaza» mémoire pour l'obtention du diplôme de master, université Djilali bounaama Khmis Miliana,2018

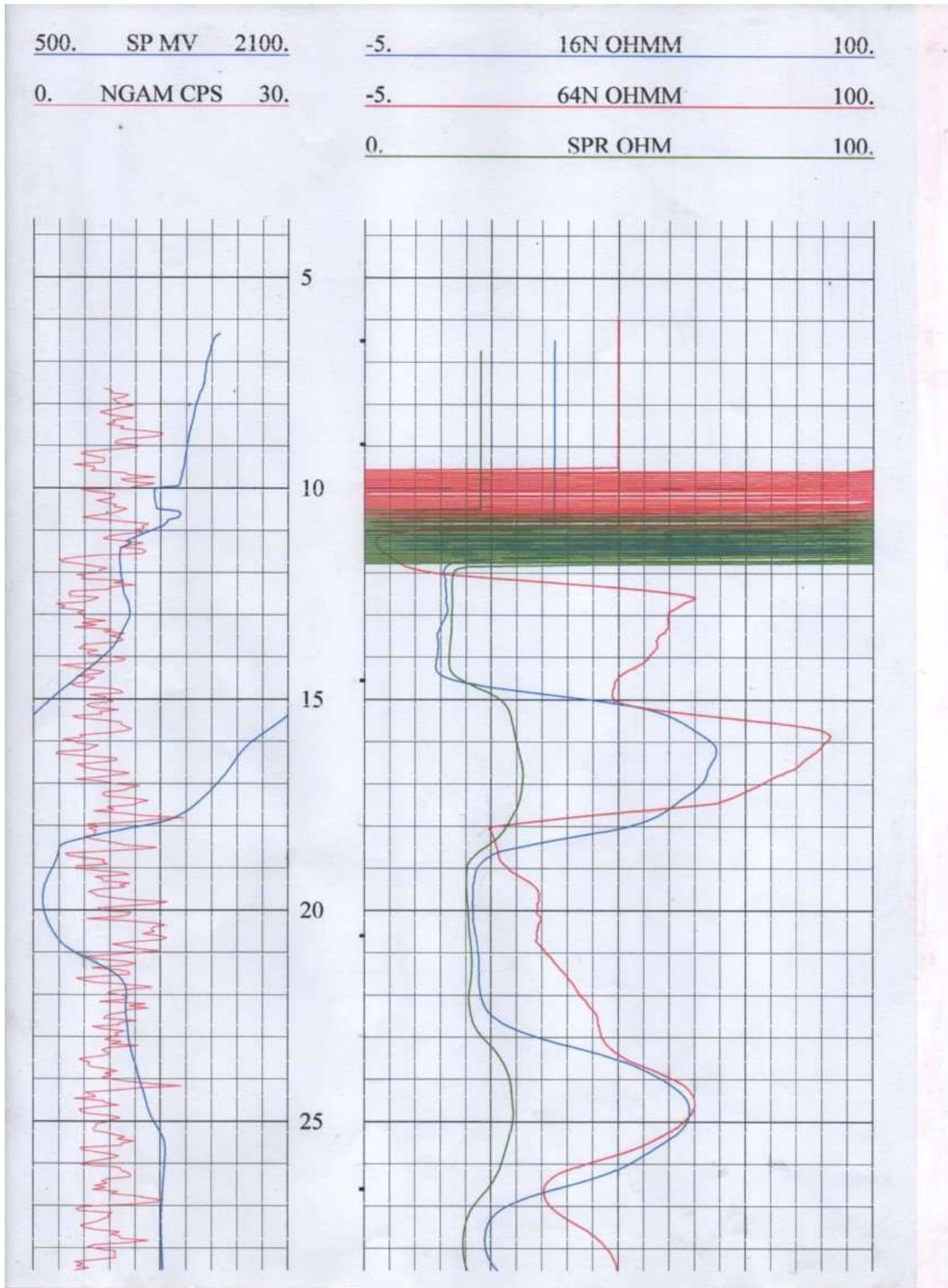
Annexe

Fiche technique de forage larbaa :

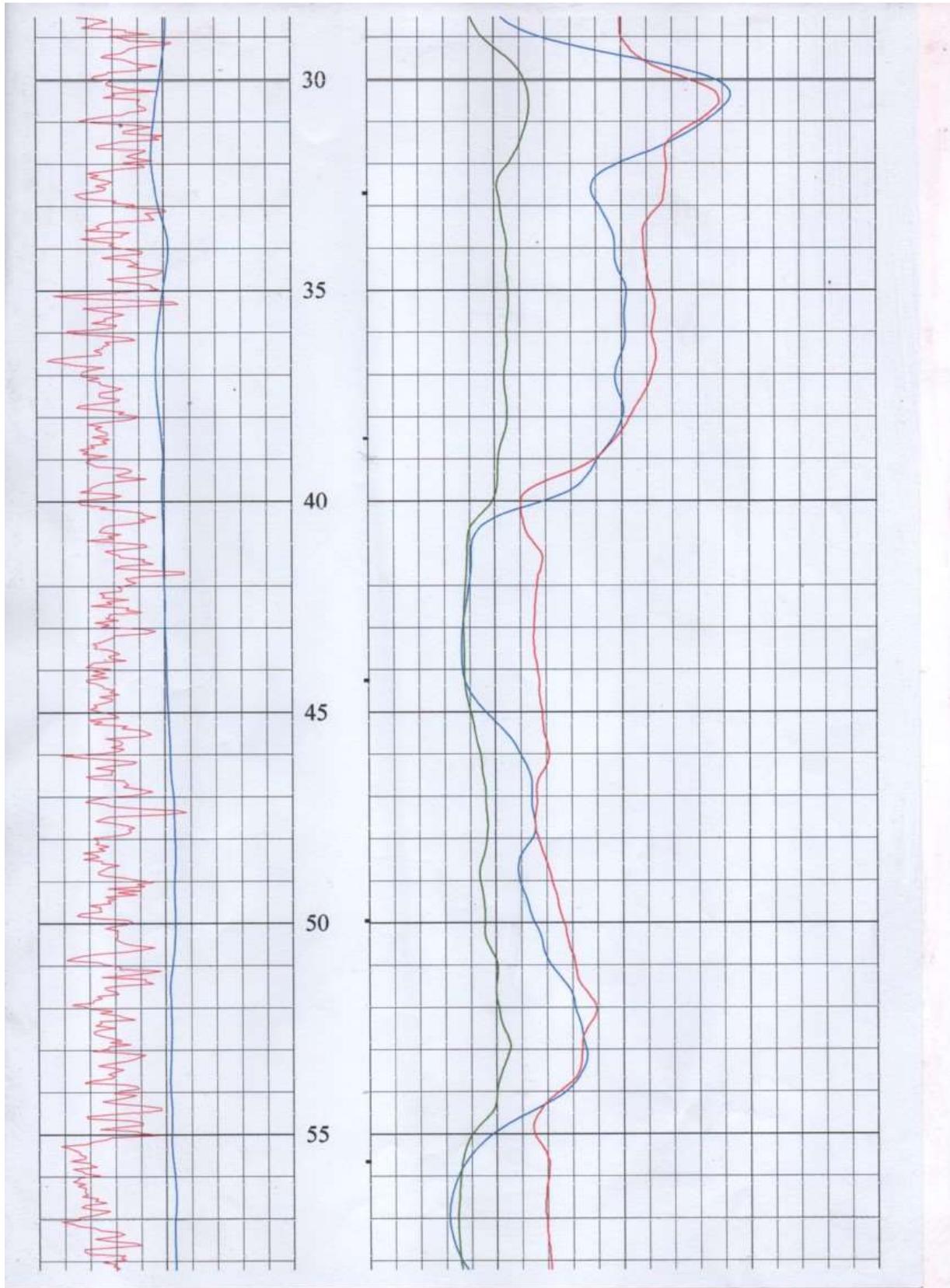
| | |
|--|--|
|  | <p>Maître de l'œuvre : DREW BLIDA Service : Division Mesures et Contrôle Nom du forage : F 26</p> |
| <p>Date de l'opération : 24/09/2018 Service : UNITE LOG 1 Opérateur : AMRANE Hydrogéologue : BACHIR Hydrogéologue : BELAIDI -M Nom du chef chantier : BENKREIRA</p> | <p>Code analytique du forage : 93 111 900 18 Intitulé du Marché : Réalisation d'un profond Forages à L'ARBAA</p> |
| <p>Profondeur du forage : 400 m Diamètre du forage : 12"¼ Diamètre du tube guide : 20" Longueur du tube guide:15m Type d'appareil : GATOR T1500 Echelle de profondeur : 1/ 500</p> | |
| <p><u>REPUBLIQUE ALGERIEN DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE</u> SOCIETE DE GESTION DES PARTICIPATION DE L'ETAT ETUDE ET REALISATION DES GRANDS TRAVEAUX HYDRAULIQUE SGP / ERGTHY //SPA FOREMHYD SPA RUE DU GENIE BP 144 DAR EL BAIDA</p> | |

Annexe

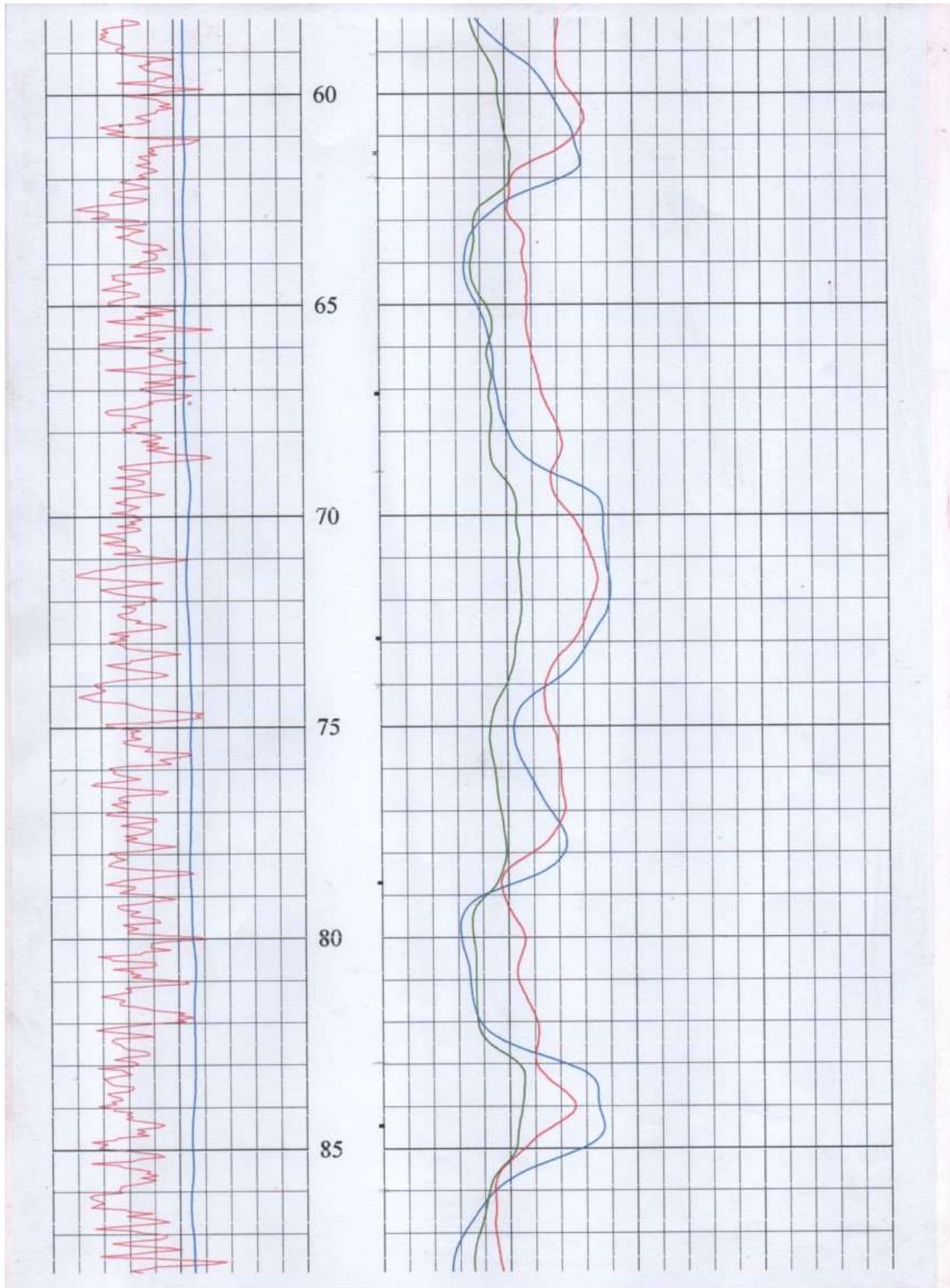
Diagraphie :



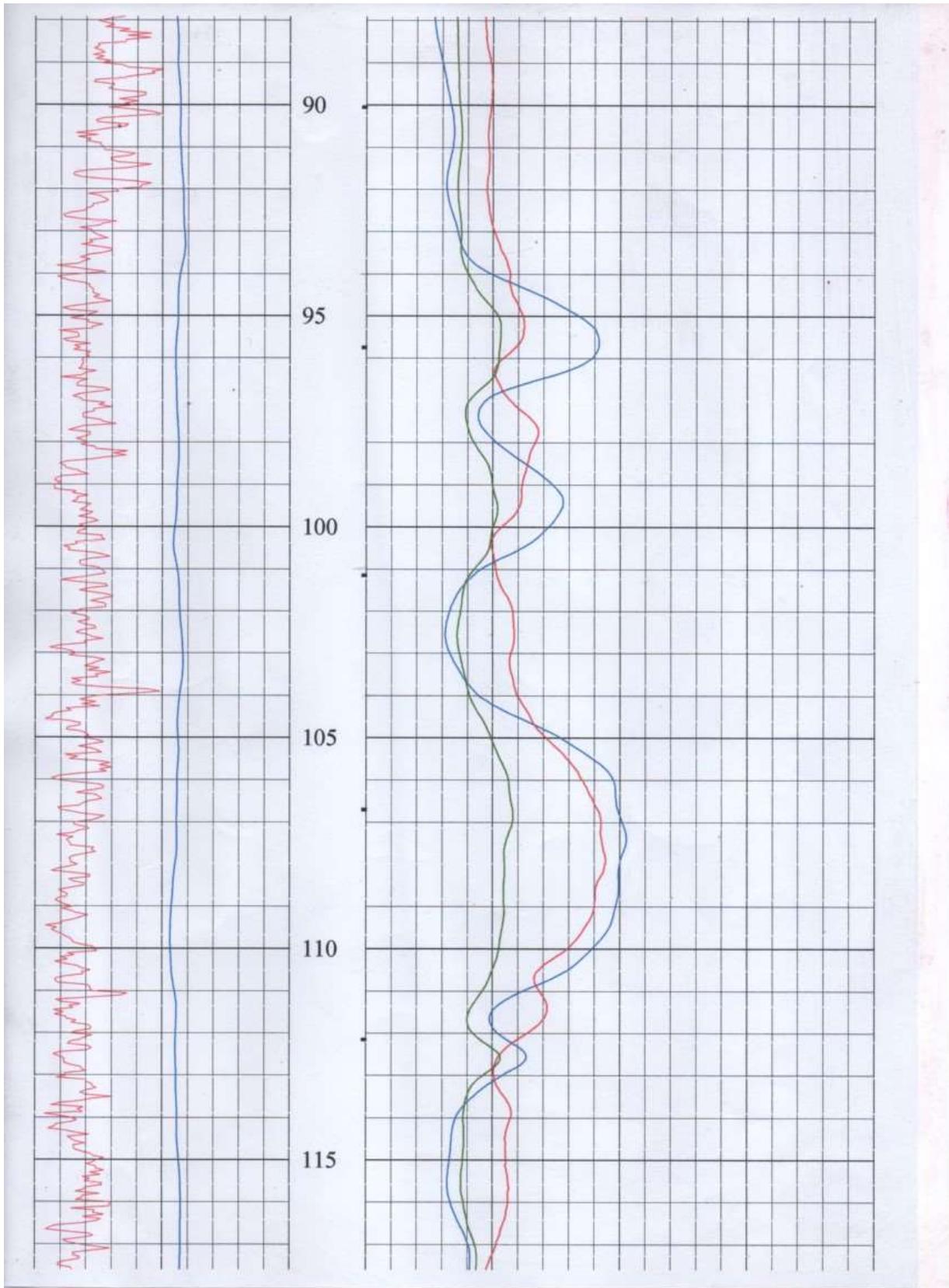
Annexe



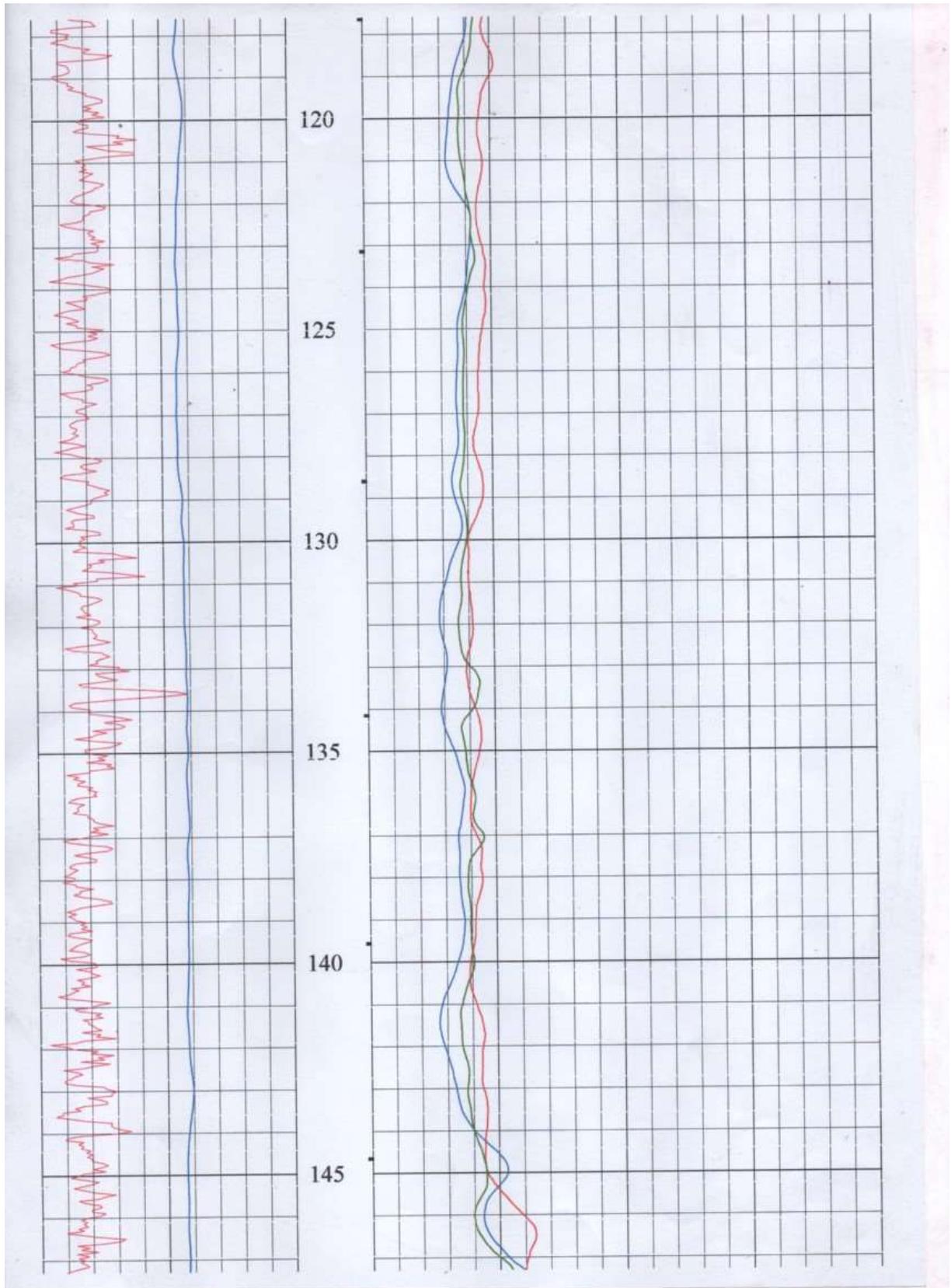
Annexe



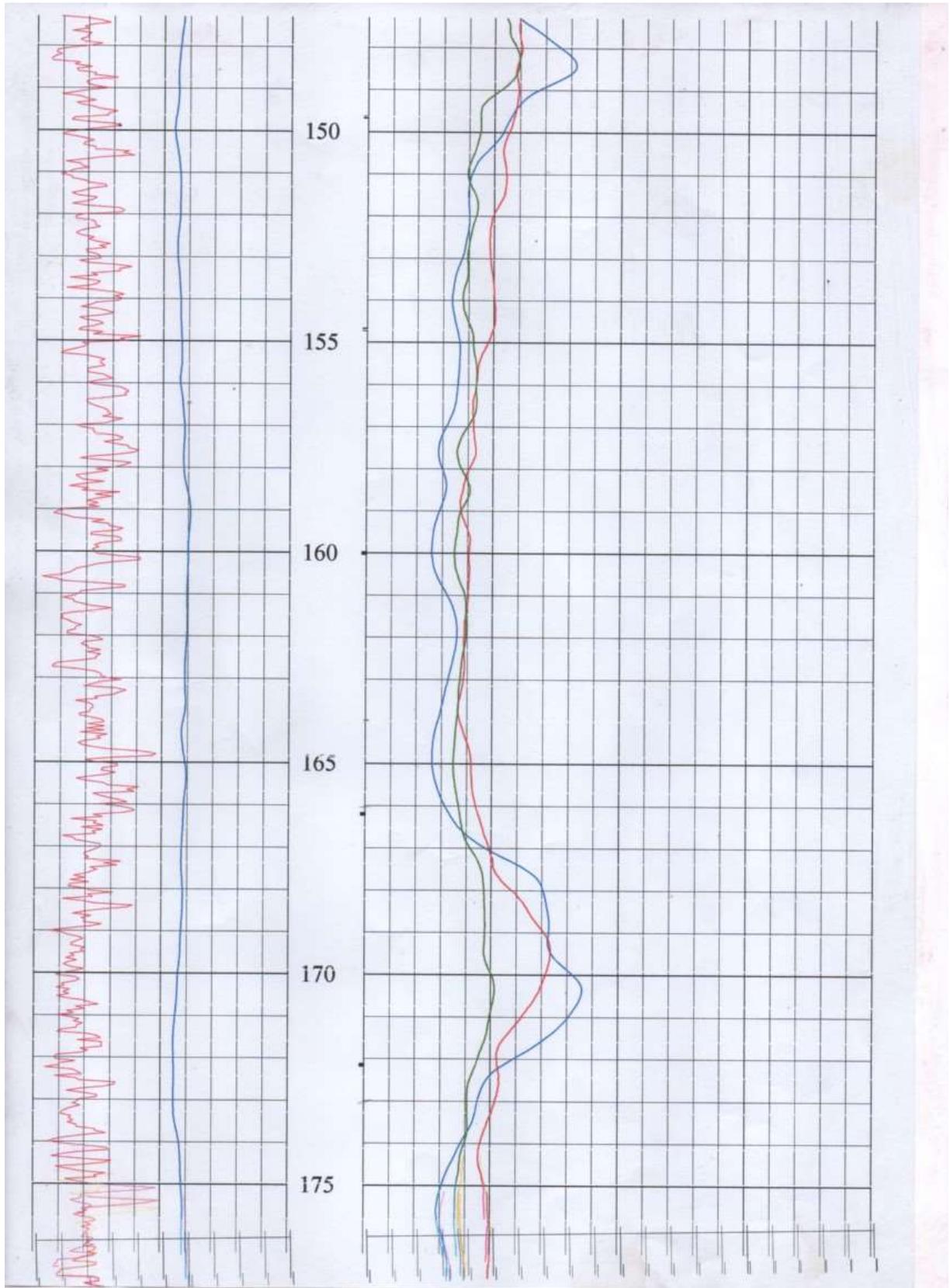
Annexe



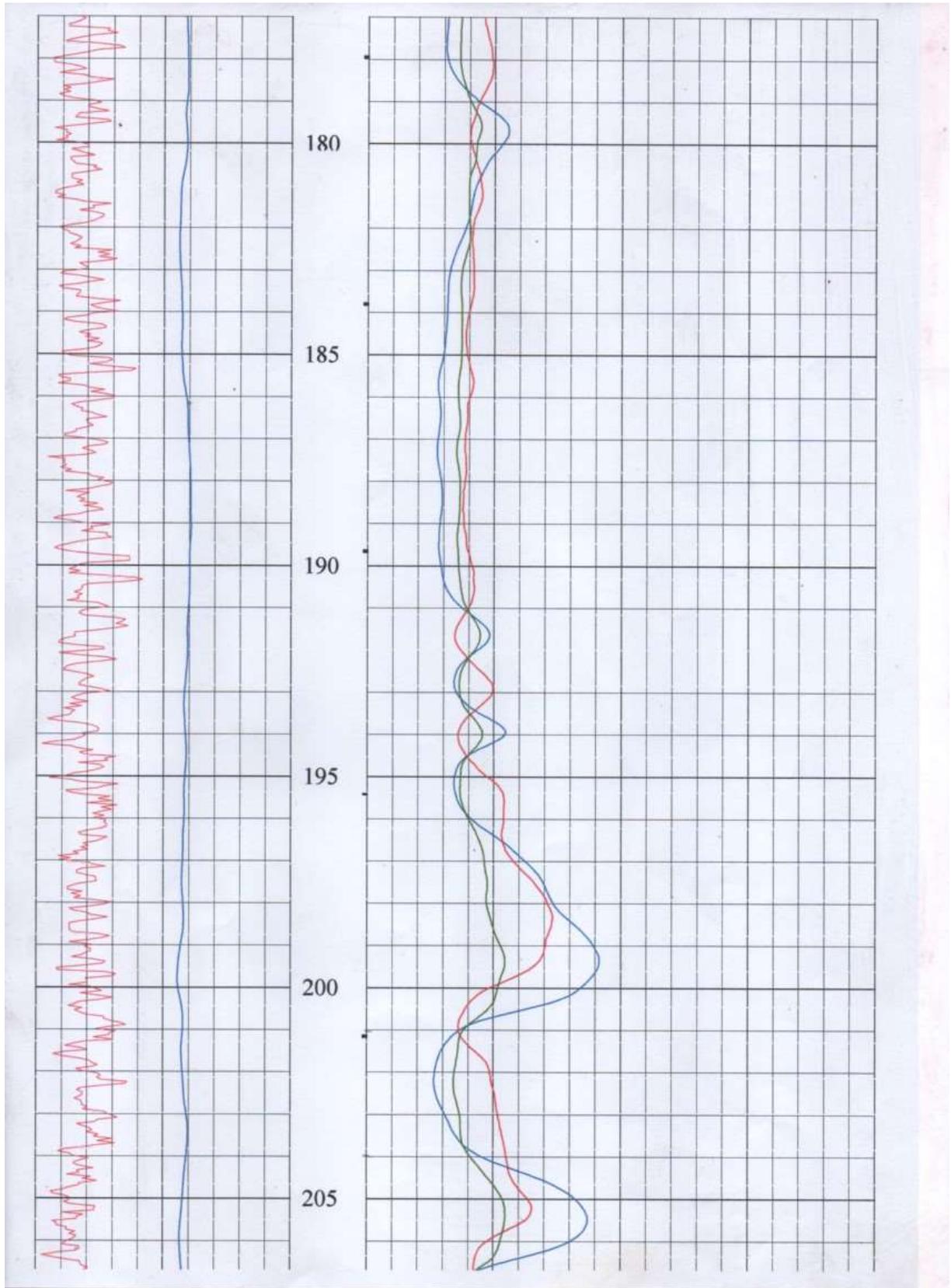
Annexe



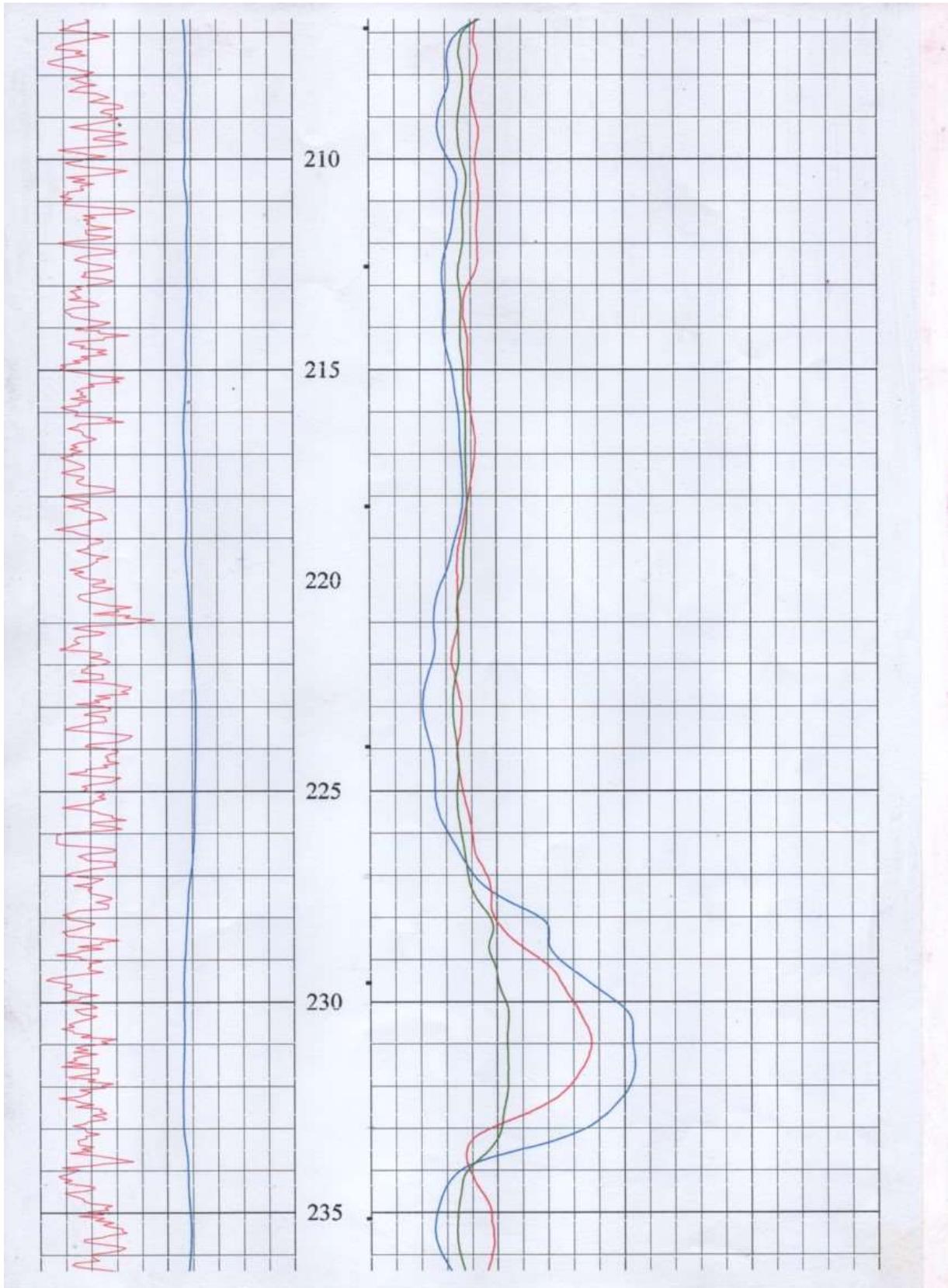
Annexe



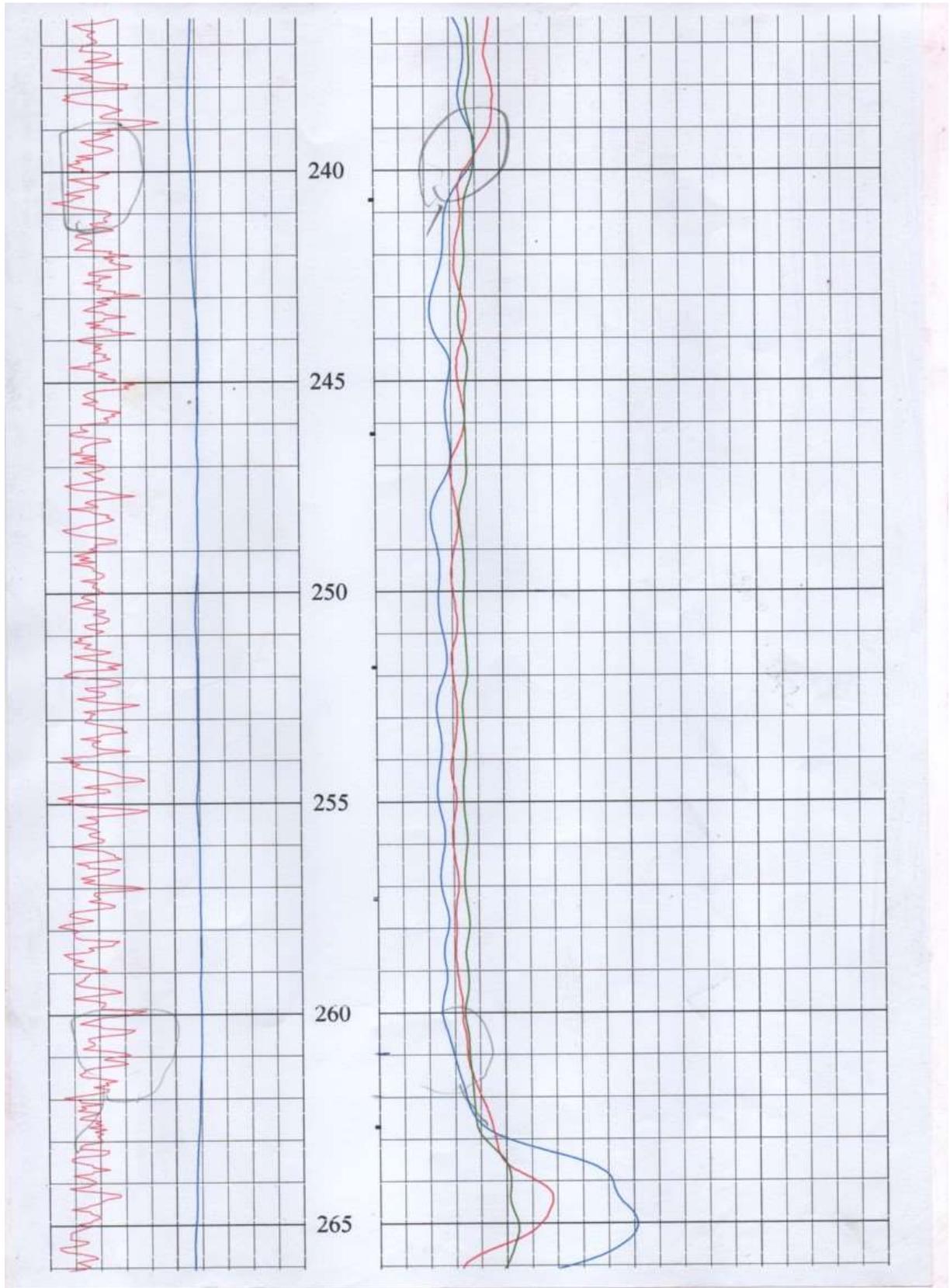
Annexe



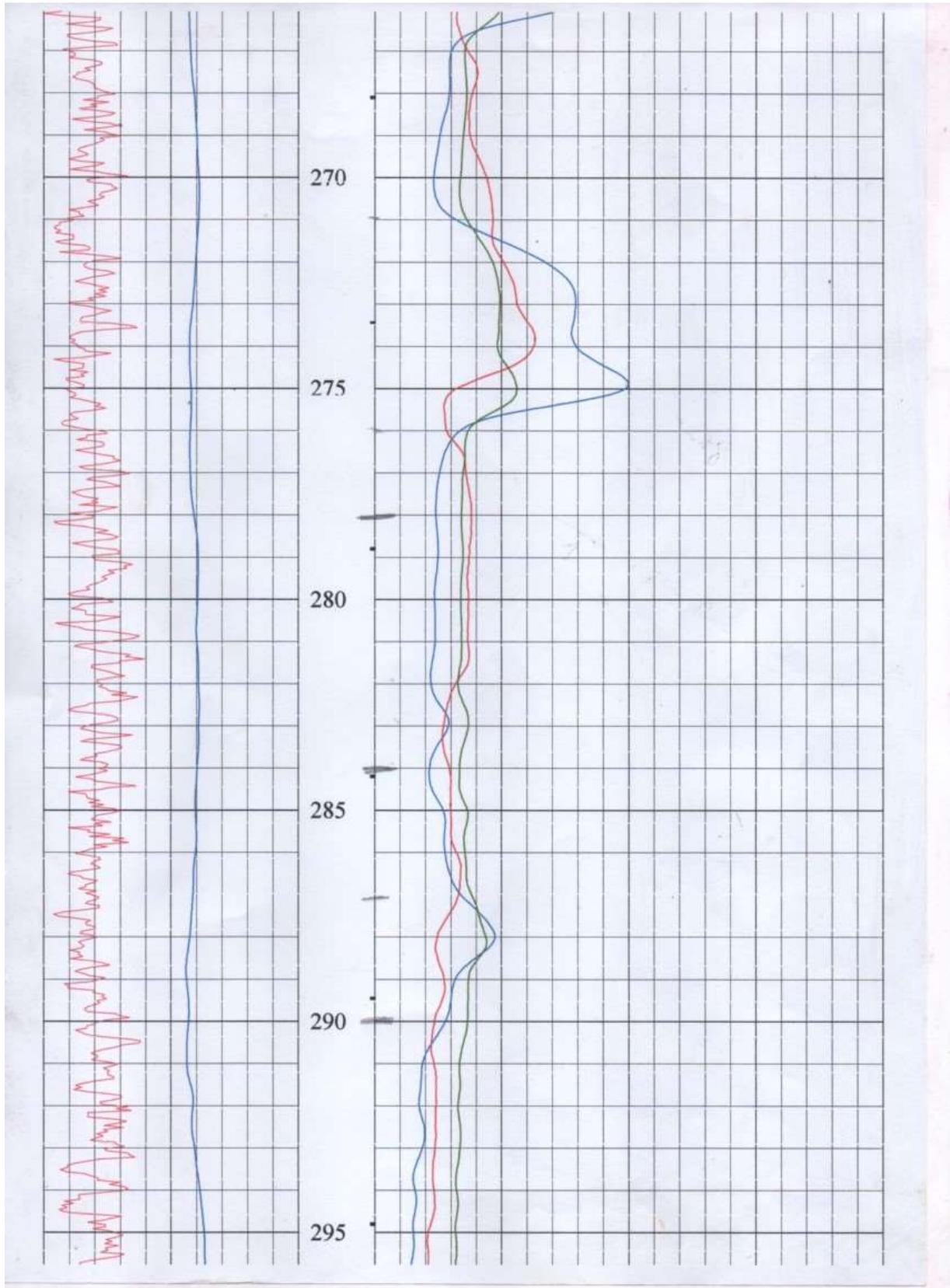
Annexe



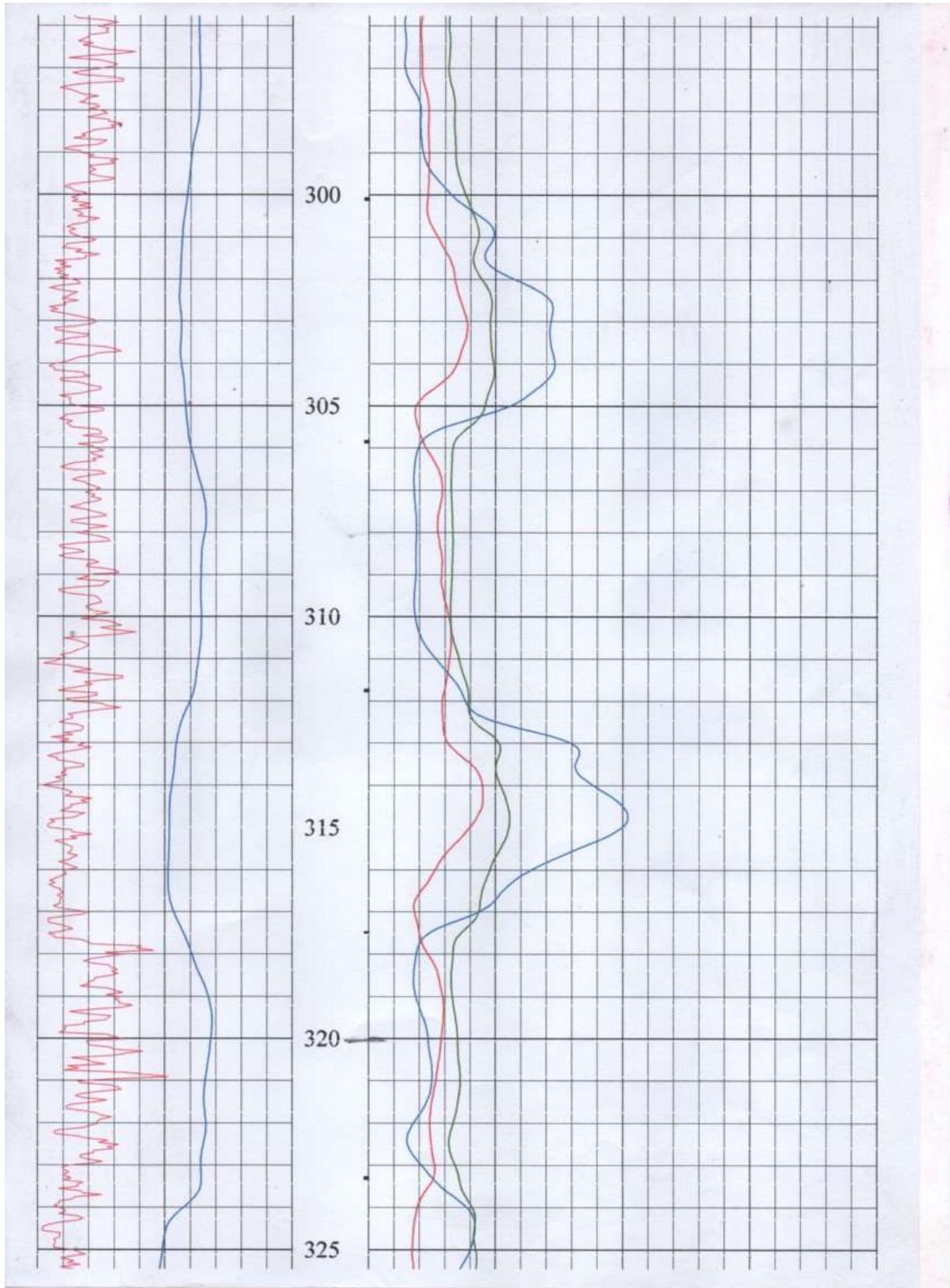
Annexe



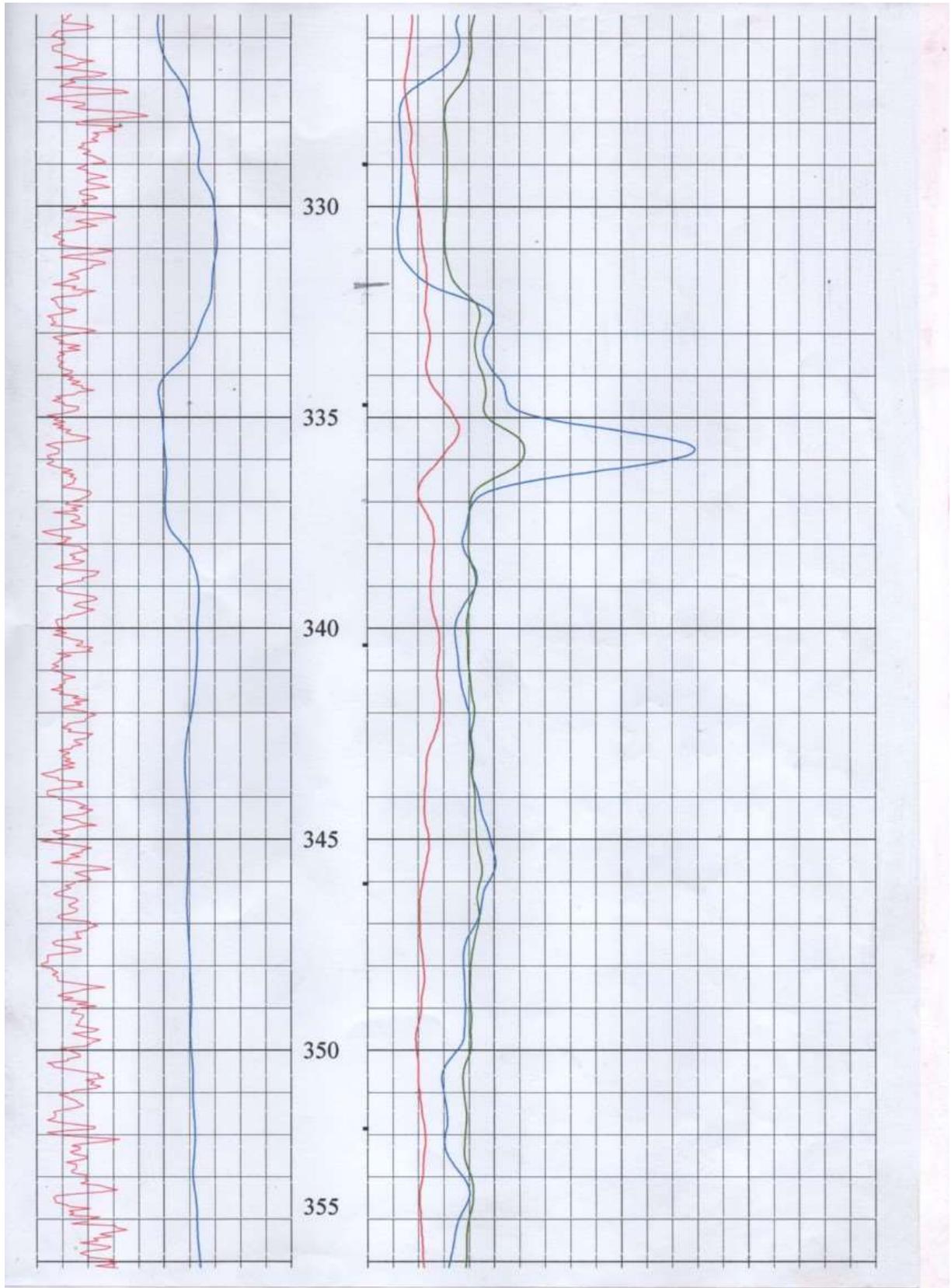
Annexe



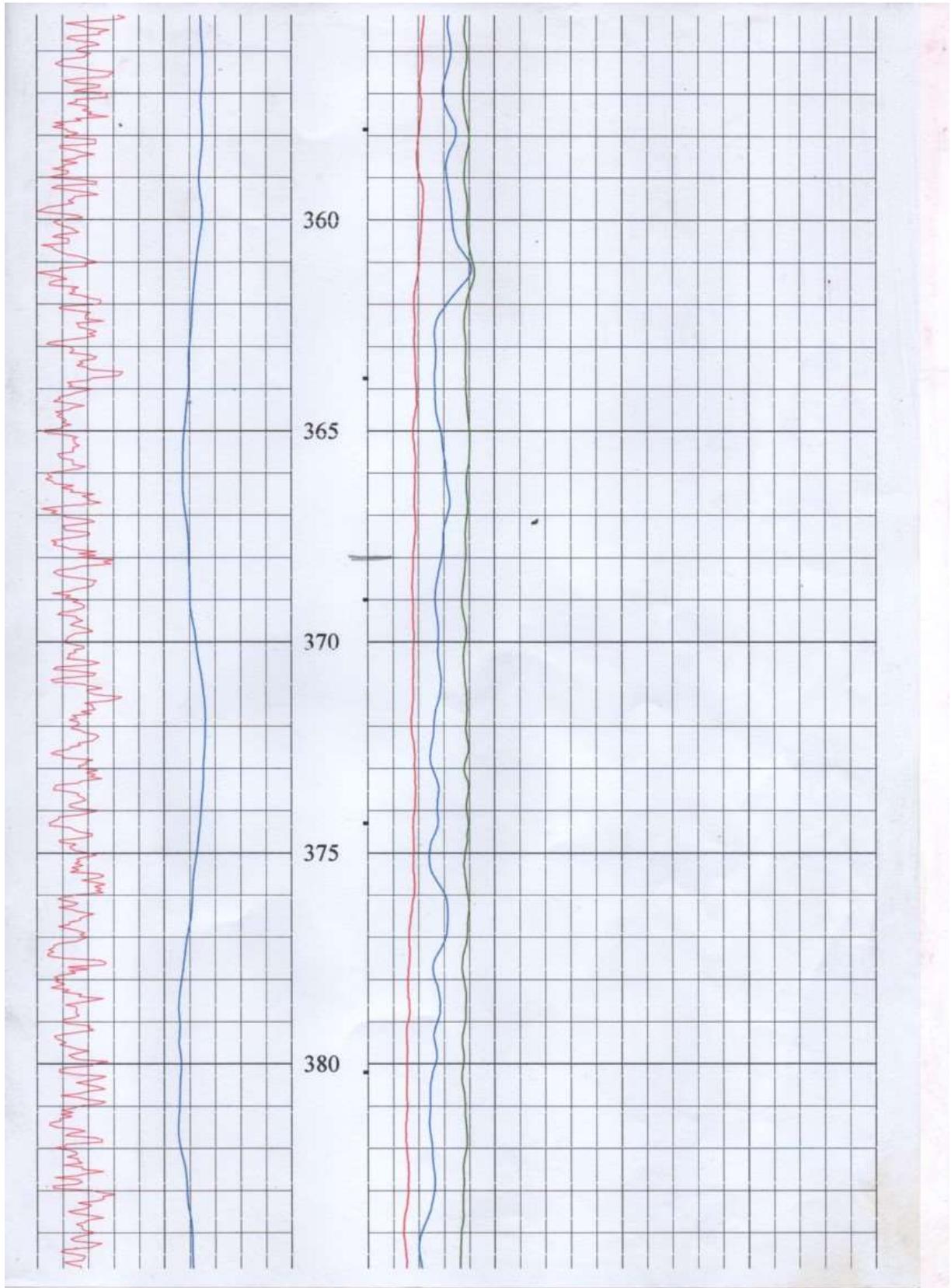
Annexe



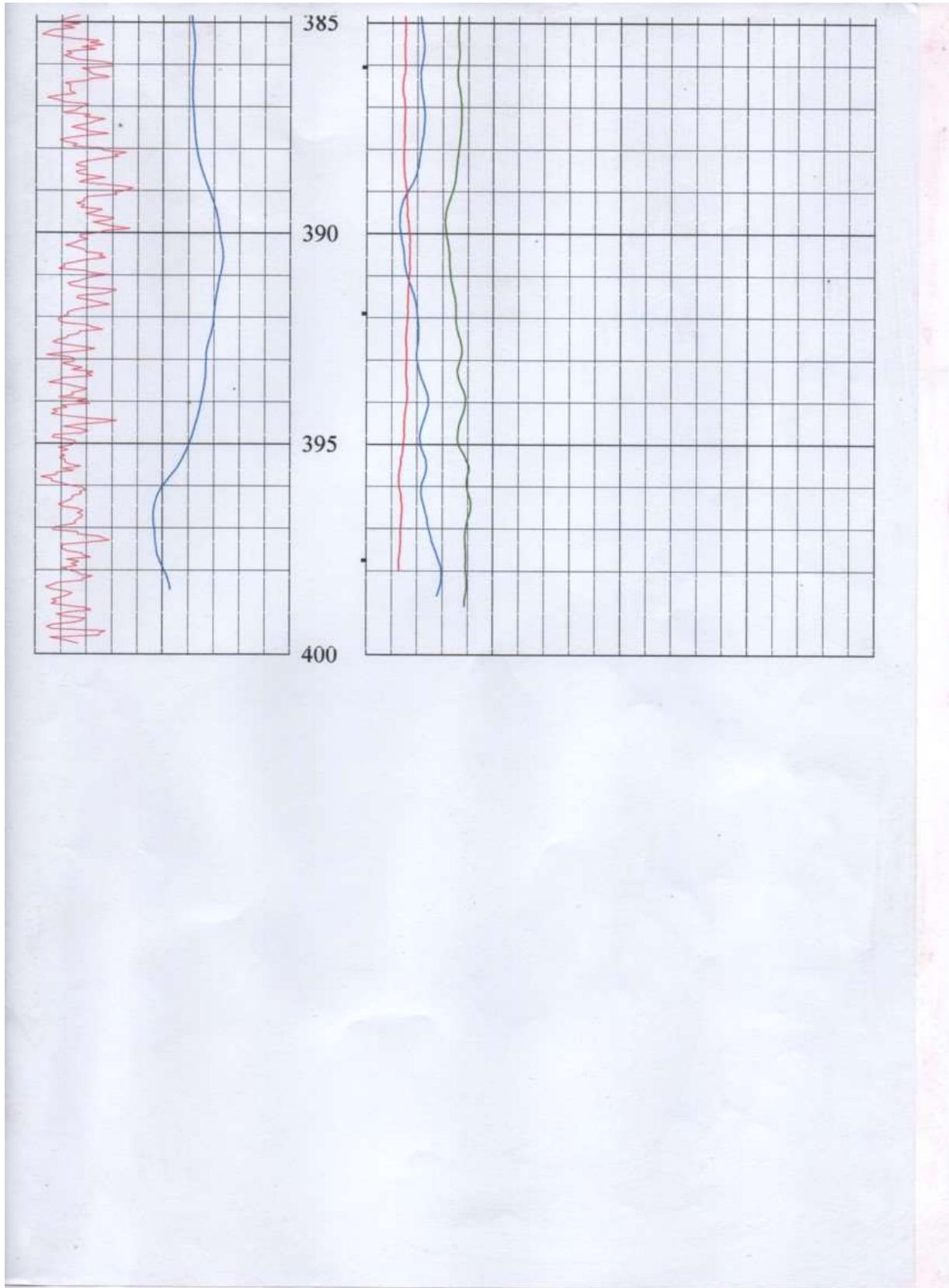
Annexe



Annexe



Annexe



Annexe

Données de la descente obtenues par l'expérimentation de pompage du forage de larbaa . Débit constant : 35 l/s. D.R.E Blida

| T(h) | t (min) | ND(m) | Δ (m) | t(h) | T(min) | ND(m) | Δ (m) |
|------|---------|-------|-------|-------------------------|--------|-------|-------|
| 08 | 00 | 45 | 00 | 19 | 00 | 98.64 | 53,64 |
| | 01 | 49.10 | 4.1 | 20 | 00 | 98.70 | 53,70 |
| | 02 | 54.40 | 9.4 | 21 | 00 | 98.76 | 53,76 |
| | 03 | 57.20 | 12.2 | 22 | 00 | 98.85 | 53.85 |
| | 04 | 61,20 | 16,20 | 23 | 00 | 98,92 | 53,92 |
| | 05 | 65,10 | 20,10 | 24 | 00 | 98,97 | 53,97 |
| | 10 | 68,20 | 23,20 | 01 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| | 15 | 72.30 | 27,30 | 02 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| | 20 | 76.80 | 31,80 | 03 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| | 30 | 79.10 | 34,10 | 04 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| | 45 | 82.50 | 37,50 | 05 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| 09 | 00 | 84.40 | 39,40 | 06 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| | 15 | 86.60 | 41,60 | 07 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| | 30 | 89.20 | 44.20 | 08 | 00 | 99,00 | 54,00 |
| | 45 | 91.10 | 46,10 | La remontée de la nappe | | | |
| 10 | 00 | 91.70 | 46,70 | 08 | 05 | 91,10 | 37,10 |
| | 30 | 92.30 | 47,30 | | 10 | 83,40 | 29,40 |
| 11 | 00 | 93,00 | 48,00 | | 15 | 75,20 | 21,20 |
| | 30 | 93,70 | 48,70 | | 30 | 65,30 | 11,30 |
| 12 | 00 | 94.10 | 49,10 | | 45 | 62,40 | 8,40 |
| 13 | 00 | 95,00 | 50,00 | 09 | 00 | 60,20 | 6,20 |
| 14 | 00 | 95.50 | 50,50 | | 30 | 58,30 | 4,30 |
| 15 | 00 | 96.40 | 51,40 | 10 | 00 | 57,35 | 3,35 |
| 16 | 00 | 97.20 | 52,20 | 11 | 00 | 56.10 | 2,10 |
| 17 | 00 | 98,00 | 53,00 | | 30 | 55,00 | 01.00 |
| 18 | 00 | 98,40 | 53,40 | 12 | 00 | 54,40 | 0.40 |
| 19 | 00 | 98,60 | 53,60 | | 20 | 54,00 | 00 |

Annexe
