

REPUBLIQUE ALGERIENNE DIMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB –BLIDA 1



MEMOIRE DE MASTER

Filière : Hydraulique

Spécialité : Ressources Hydrauliques

Thème :

**suivi technique de la réalisation du forage F2 (prise d'eau El Harrach) :
programme du soutien pour l'AEP d'Alger**

Présenté par :

IKHLEF ESCHOUF Louiza

ALIOUA Kathia

Devant le jury composé de :

M.M BESSENASSE	Professeur .U.de BLIDA	Président
M.N MESSAOUD NACER	MCA .U.de BLIDA	Examineur
M.M BELAIDI	C.D.ANRH.DRC.Soumaa	Co-Promoteur
M.A GUENDOZ	Professeur .U.de BLIDA	Promoteur

2020-2021

Remerciement :

Nous commençons par remercier dieu le plus puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promoteur GUENDOUZ Abed Hamid, pour nous avoir proposé ce sujet, pour nous avoir encadrés, et pour avoir été à notre disposition tout au long de notre travail.

Nous tenons également à exprimer nos plus profonds respects et remerciements à Mr M.BESSENASSE qui a accepté de présider notre soutenance et Mr.M.N.MESSAOUD NACER qui a accepté d'examiner notre travail

Nos plus sincères remerciements vont à Mr BELAIDI Mouloud Chef de département de l'hydrogéologie ANRH et son équipe M. MAHLEB Mohamed Tahar et Mme KARI Radia (ingénieurs ANRH) pour leur disponibilité, conseils et aide.

Enfin, nous tenons à remercier tous les enseignants du département des sciences de l'eau et de l'environnement pour les connaissances qu'ils nous ont transmises par leurs efforts et leur travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma très chère mère qui m'a toujours donné son amour et son affection.

Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et soutenu dans mon travail.

Mon frère et mes sœurs

Ma chère binôme louiza

Mon promoteur M. GUENDOUZ.

ALIOUA Kathia

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes parents qui m'ont toujours apportés leurs amours, leurs affections et leurs encouragements, que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Mon frère et mes sœurs.

Ma chère binôme Kathia.

Mon promoteur M.GUENDOUZ.

Toute la famille IKHLEF ESCHOUF et SI AMMAR.

IKHLEF ESCHOUF Louiza

ملخص

هذا العمل هو جزء من برنامج رئيسي لتنفيذ أكثر من 200 بئر على الجانب الكامل من ميتجة أطلقتها وزارة الموارد المائية لدعم إمدادات مياه الشرب لمدينة الجزائر العاصمة. في هذا الإطار ، F2 تم تضمين بئر الحراش لسحب المياه مما مكننا من إجراء المراقبة الفنية لجميع عمليات البناء: أنبوب التوجيه ، الحفر الاستكشافي ، التسجيل ، برنامج المعدات ، التطوير ، اختبارات الضخ وعملية الحفر النتائج التي تم الحصول عليها مشجعة للغاية حيث أن تدفق التشغيل بعد اختبارات الضخ هو 20 لتر / ثانية مما يساهم بشكل إيجابي في برنامج AEP لمدينة الجزائر العاصمة

الكلمات الدالة

الهيدروجيولوجيا - الحفر - سهل متيجة-موارد مائية

Résumé

Ce travail s'intègre dans le cadre d'un grand programme de réalisation de plus de 200 forage sur la plaine de la Mitidja lancé par le ministère des ressource en eau pour le soutien de l'AEP de la ville d'Alger.

Le forage F2 prise d'eau El Harrach a été inscrit dans ce cadre ce qui nous a permet de faire le suivi technique de toutes les opérations de réalisation : tube guide, forage de reconnaissance, enregistrement diagraphique, programme d'équipement, développement, essais de pompage et exploitation du forage

Les résultats obtenus sont très encourageants puisque le débit d'exploitation après les essais de pompage est de 20l/s ce qui contribue positivement au programme de l'AEP de la ville d'Alger

Mots clés :

Hydrogéologie - forage -plaine de la Mitidja- ressource en eau

Abstract

This work fits in the frame of a major realization program of more than 200 boreholes on the full of mitidja launched by the ministry of water resources for the support of the AEP of the city of Algiers

The El Harrach water intake F2 borehole was included in this framework, which enabled us to carry out the technical monitoring of all construction operations: guide tube, reconnaissance drilling, logging, equipment program, development, tests pumping and drilling operation

The results obtained are very encouraging since the operating flow after the pumping tests is 20l / s which contributes positively to the AEP program of the city of Algiers

Keywords

Hydrogeology-Drilling-plain of mitidja -water resources

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviation

Introduction général

Chapitre 01 : Généralités sur les techniques de reconnaissance et de forage

1.1. Technique de reconnaissance ; géophysique appliquée.....	03
1.1.1. Introduction.....	03
1.1.2. Principe de la méthode par prospection électrique.....	03
1.1.3. Propriété physique des roches.....	04
1.1.4. La résistivité électrique des roches.....	04
1.1.4.1. Définition	04
1.1.4.2. La salinité.....	05
1.1.4.3. La loi d'Archi	05
1.1.4.4. La saturation	06
1.1.5. Les méthodes électriques.....	07
1.1.5.1. Les filets de courant et les équipotentiels.....	07
1.1.5.1.1. Le principe	07
1.1.5.1.2. Méthode d'un terrain homogène.....	08
1.1.5.1.3. Notion de sondage électrique verticale	09
1.1.5.1.3.1. Mise en œuvre	10
1.1.5.1.3.2. Dispositifs de mesure.....	11
1.2. Généralité sur les techniques de forage	12

1.2.1. Introduction.....	12
1.2.2. Forage par battage	12
1.2.3. Forage par marteau fond de trou.....	13
1.2.4. Forage rotary.....	13
1.2.4.1. Principe de la méthode de rotary.....	14
1.2.4.2. Boue de forage	14
1.2.4.3. Description de la machine.....	14
1.2.4.3.1. Foreuse à table de rotation	14
1.2.4.3.2. Foreuse à tête de rotation.....	14
1.2.4.4. Les organes de la machine	15
1.2.4.4.1. Le Mât	15
1.2.4.4.2. Moule fixe	15
1.2.4.4.3. Moufle mobile.....	16
1.2.4.4.4. Tête d'injection	16
1.2.4.4.5. Table de rotation	17
1.2.4.4.6. Pompe à boue	17
1.2.4.4.7. Treuil.....	18
1.2.4.4.8. Mouflage	18
1.2.4.4.9. Câble du forage	18
1.2.4.5. Train de sondes	18
1.2.4.5.1. La tige d'entraînement (Kelly)	18
1.2.4.5.2. Les tiges (drill pipes).....	19
1.2.4.5.3. Les masses tiges (drill collars).....	19
1.2.4.6. Les outils de forage.....	20

Chapitre 02 : présentation de la zone d'étude

2. Situation géographique et présentation de la pleine de la Mitidja.....	22
2.1. Introduction.....	22
2.1.1. Le sahel	22
2.1.2. La pleine de la Mitidja	22
2.1.3. L'atlas Blidéen.....	23
2.2. Aperçu géomorphologique.....	23
2.2.1. Le bassin de l'oued El Harrach	23

2.2.2. Relief de la Mitidja	24
2.3. Situation géographique de la zone d'étude	25
2.3.1. Présentation	25
2.3.2. La localisation de la zone d'étude.....	26
2.4. Aperçu hydro-climatique	26
2.4.1. Introduction	26
2.4.2. Précipitation	26
2.4.2.1. Précipitation moyennes mensuelle	28
2.4.2.2. Précipitation moyennes.....	29
2.4.3. Température.....	30
2.5. Conclusion	31

Chapitre 03: contexte géologique et hydrogéologique

3.1. Contexte géologique	33
3.1.1. Introduction	33
3.1.2. Cadre géologique générale	33
3.1.2.1. La formation superficielle de quaternaire formé par	33
3.1.2.2. Les formations de plio-Miocène composé	33
3.1.3. La litho-stratigraphie.....	35
3.1.3.1. Le quaternaire.....	35
3.1.3.1.1. Le Rharibien	35
3.1.3.1.2. Le Tyrrhénien.....	35
3.1.3.1.3. Villafranchien.....	35
3.1.3.2. Le tertiaire.....	36
3.1.3.2.1. Le pliocène supérieur.....	36
3.1.3.2.2. Le pliocène inférieure	36
3.2. Contexte hydrogéologique	36
3.2.1. Introduction	36
3.2.2. Présentation des aquifères de la Mitidja.....	37
3.2.3. Mécanismes d'alimentation et d'écoulement des eaux souterrain	38
3.3. Conclusion	39

Chapitre 04: opérations de forage et suivi du site

4.	Introduction	41
4.1.	description et reconnaissance du site.....	41
4.2.	Opération de forage	45
4.2.1.	Installation du chantier.....	45
4.2.1.1.	Installation de la machine	45
4.2.1.2.	Mise en place des bassins	46
4.3.	Opération de foration :.....	47
4.3.1.	Mise en place d'un tube guide	47
4.3.2.	Opérations de reconnaissance	48
4.3.2.1.	Forage de reconnaissance	48
4.3.2.2.	Prélèvements des échantillons	48
4.4.	Reconnaissance géophysique par diagraphie.....	49
4.4.1	Présentation des enregistrements	49
4.4.2.	l'interprétation de l'enregistrement diagraphique	53
4.4.3.	Plan du tubage.....	54
4.5.	Alésage.....	57
4.6.	Opération descente du tubage	58
4.7.	Le massif filtrant.....	59
4.7.1.	Rôle du massif filtrant.....	60
4.8.	Développement.....	61
4.9.	Les essais de pompage	63
4.9.1.	Introduction.....	63
4.9.2.	Observation des débits de pompage	64
4.9.3.	Interprétation de pompage par pallier	65
4.9.4.	Calcul des pertes de charge	66
4.9.5.	Interprétation des données à long durée.....	68
4.9.6.	Conclusion.....	70

Conclusion général

Conclusion général	71
Bibliographie.....	73

Liste des tableaux

Tableau 01 : composition et résistivité	21
Tableau 02 : caractéristique des stations pluviométrique	27
Tableau 03 : résultat du SEV réalisé	42
Tableau 04: les résultats du modèle d'interprétation du SEV.....	43
Tableau 05 : profil de la conductivité	54
Tableau 06 : programme du tubage.....	54
Tableau 07 : différentes diamètres des utilisés.....	57
Tableau 08 : caractéristique brute de pompage par palier de l'ouvrage de production.....	65
Tableau 09 : résultats des rabattements spécifique.....	66
Tableau 10 : rabattements –débit	67

Liste des figures

Fig.01 : représentation d'une roche.....	04
Fig.02 : représentation des équipotentiels et des filets de courant	08
Fig.03 : répartition du courant électrique	08
Fig.04 : représentation d'un SEV.....	09
Fig.05 : matériel d'acquisitions multi-électrode	09
Fig.06 : mise en œuvre d'un sondage électrique	10
Fig.07 : différentes configurations pour la méthode électrique.....	11
Fig.08 : dispositif de Schlumberger et Wenner	12
Fig.09 : machine rotative	13
Fig.10 ; le mat	15
Fig.11 : moule fixe	16
Fig.12 : moufle mobile.....	16
Fig.13 : tête d'injection	16
Fig.14 : table de rotation	17
Fig.15 : pompe à boue	17
Fig.16 : le treuil.....	18
Fig.17 : la tige d'entraînement.....	18
Fig.18 : les tiges	19
Fig.19 : les masses tiges	19
Fig.20 : outils avec différents diamètres	20
Fig.21 : présentation de la pleine de la Mitidja	22

Fig.22 : le bassin versant oued El Harrach	23
Fig.23 : carte de la situation géographique de la Mitidja	24
Fig.24 : localisation de la ville d'El Harrach	25
Fig.25 : localisation des 2 forages	26
Fig.26 : carte de la répartition des stations pluviométriques	27
Fig.27 : histogramme des précipitations moyennes mensuelle période (2000-2018).....	28
Fig.28 : histogramme des précipitations moyennes annuelle période (2000-2018).....	29
Fig.29 : histogramme de la variation de température à la station de dar el Beida 1985- 2018)	30
Fig.30 : carte géologique de la Mitidja	34
Fig.31 : coupe géologique au niveau de la Mitidja	34
Fig.32 : coupe transversal de la Mitidja	37
Fig.33 :carte piézométrique de la nappe de la Mitidja.....	38
Fig.34 : matériel d'un SEV.....	41
Fig.35 : courbe de résistivité apparente en fonction de la distance AB/2.....	43
Fig.36: carte géophysique.....	44
Fig.37 : coupe géo électrique réalisé par la CGG 1967.....	44
Fig.38 : installation de la machine rotary	45
Fig.39 : bassin à boue	46
Fig.40 : sac de la bentonite	47
Fig.41 : le ciment HTS	48
Fig.42 : tube guide	48
Fig.43 : photos des cuttings dans des sachets étanche	48

Fig.44 : illustration des équipements employés pour réaliser la diagraphie	49
Fig.45 : enregistrement diagraphie F2 prise d'eau	53
Fig.46 : coupe lithologique F2 prise d'eau	56
Fig.47 : différent diamètre des outils de foration	57
Fig.48 : tube décanteur avec sabot	58
Fig.49 : tube crépine.....	59
Fig.50 : cône de réduction.....	59
Fig.51 : mise en place d'un massif filtrant	60
Fig.52 : compresseur 40 bar	61
Fig.53 : nettoyage de la boue	62
Fig. 54: développement à l'air lift (compresseur 40 bar)	63
Fig.55 : sonde manuelle.....	64
Fig.56 : un débitmètre.....	64
Fig.57 : compteur analogique.....	64
Fig.58 : rabattement spécifique en fonction du débit	66
Fig.59 : courbe caractéristique des pertes de charge.....	67
Fig.60 : courbe de rabattement en fonction du LOG T.....	69

Liste d'abréviation

SEV : sondage électrique vertical

ANRH : agence national des ressources hydrique

SEAAL : société des eaux et de l'assainissement d'Alger

AEP : alimentation en eau potable

HTS : Haute teneur en silice

TNRS : Tôle noir roulé soudé en acier

Introduction générale

Les ressources en eau souterraine sont de plus en plus sollicitées pour couvrir les besoins en eau toujours croissants dans différents domaines (alimentation, irrigation, industrie, etc.).

Avec le développement socio-économique d'une part et la forte pression démographique et urbaine d'autre part, la demande en eau est en constante augmentation.

Dans le cadre de l'alimentation en eau potable de la ville d'Alger, dont les besoins en eau potable sont de plus en plus croissants, le ministère des ressources en eau de la wilaya d'Alger à lancer un programme d'implantation de plusieurs forages (plus de 200 forages) au niveau de la plaine de la Mitidja ces deux dernier mois pour le soutien de l'AEP de la ville d'Alger.

Le forage F2 situé au niveau de la prise d'eau d'El Harrach entre dans le cadre de ce programme et fera l'objet de cette étude.

L'objectif de ce travail est de faire le suivi technique de toute les opérations de réalisation de ce forage F2, depuis l'installation du chantier jusqu'à la dernière opération des essais de pompage.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

- Chapitre 01 : expose les généralités sur les techniques de reconnaissance des forages.
- chapitre 02 : est réservé à la présentation de la zone d'étude.
- Chapitre03 : présente le contexte géologique et hydrogéologique.
- Chapitre04 : présente le suivi technique de toutes les opérations de ce Forage de la prise d'eau d'El-Harrach

CHAPITRE 01 :

***Généralités sur les techniques
de reconnaissance et de forages.***

1.1. Technique de reconnaissance :

Géophysique appliquée :

1.1.1 Introduction :

La géophysique consiste à étudier la structure des terrains avec les moyens de la physique. Elle permet l'analyse et la reconnaissance d'un terrain avant même la mise en place d'un ouvrage hydraulique. Les méthodes géophysiques mesurent les variations spatiales et temporelles des propriétés physiques du sous-sol. En fait, le géophysicien mesure certains paramètres physiques du sous-sol afin d'en obtenir une image qu'il essaie ensuite de traduire en terme géologique.[2]

Les quatre principaux paramètres physiques sont la résistivité électrique, la densité, la vitesse de propagation des ondes élastiques et la susceptibilité magnétique. Chacun de ces paramètres détermine une méthode fondamentale de prospection géophysique:

- Prospection électrique.
- prospection gravimétrique.
- prospection sismique
- prospection magnétique.

Dans le cadre de ce mémoire on développera beaucoup plus la méthode géophysique par prospection électrique.

1.1.2 Principe de la méthode par prospection électrique

La méthode par prospection électrique repose sur le principe de l'injection d'un courant dans le sous-sol (exemple : résistivité électrique et polarisation provoquée) et des méthodes passives mesurant, par exemple, le champ électrique résultant de l'existence de courants électriques naturels présents dans le sous-sol (potentiel spontané).[6]

1.1.3 Propriété physique des roches :

Pour un géophysicien une roche est constituée de:

La matrice

Partie solide constituée par les minéraux possédant chacun leurs propriétés physiques propres : densité, vitesse, résistivité, susceptibilité, etc...

+

LA POROSITE

La porosité traduit la faculté d'une roche à stocker un fluide (air, eau) dans ses interstices, également appelés pores, volume des vides en %

+

LES FLUIDES

Ce qui remplit plus ou moins des vides : eau plus ou moins salée, hydrocarbures, gaz, air, des polluants, etc. [11]

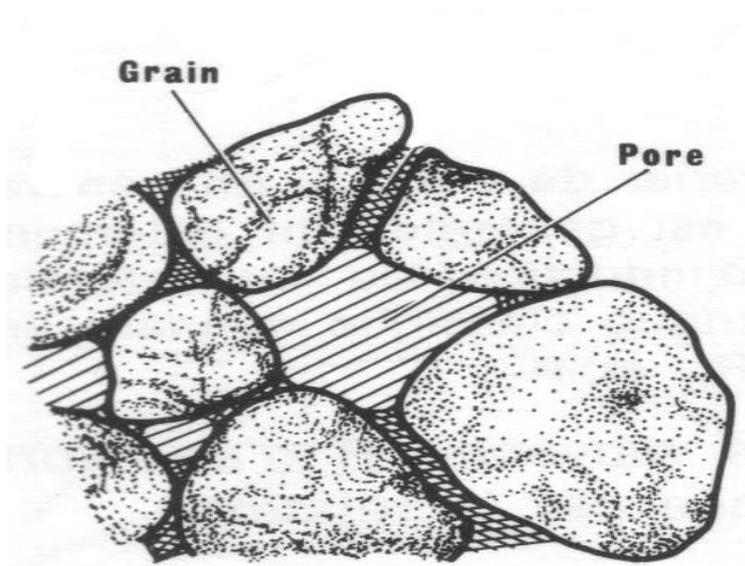


Figure 01 : représentation d'une roche [11]

1.1.4 LA RESISTIVITE ELECTRIQUE DES ROCHES

1.1.4.1 Définition :

La résistivité ρ d'un milieu est la propriété physique qui détermine la capacité de ce milieu à laisser passer le courant électrique [11].

La résistivité est la résistance ohmique d'un cylindre de section et de longueur unitaire

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Avec : R = résistance (ohms) et ρ = résistivité (ohms*m)

Calcul de la résistivité :

Après avoir mesuré ΔV et I , il ne nous reste qu'à calculer la résistivité. Dans un milieu homogène de résistivité ρ avec deux pôles **A** et **B**, l'action conjuguée de **A** et **B** donnera :

Potentiel en **M**

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right)$$

Potentiel en **N**

$$V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right)$$

ΔV entre M et N

$$V_M - V_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

Et $\rho = \frac{KdV}{I}$ avec $K = \pi \frac{AM \cdot AN}{MN}$

$$\rho_a = K \frac{\Delta V_{MN}}{I_{AB}}$$

1.1.4.2 La salinité :

Une eau avec la même concentration en poids de sels dissous aura une résistivité différente selon les ions en présence. [11]

1.1.4.3 La loi d'Archie :

Cas d'une roche saturée Dans le cas d'une roche saturée, « ARCHIE » a Etabli une relation expérimentale liant la résistivité de la roche à la porosité et à la résistivité de l'eau d'imbibition. [11]

Avec
$$\rho_r = \rho_w a \phi^{-m}$$

ρ_w = résistivité de l'eau d'imbibition

ϕ = porosité

a = facteur qui dépend de la lithologie et qui varie entre 0.6 et 2

m = facteur de cimentation

On a l'habitude de regrouper sous le terme de facteur de formation :

$$F = a \phi^{-m}$$

Dans la pratique on admet pour les formations meubles, sables et grés, la formule de « HUMBLE » :

$$F = 0,62 \cdot \theta^{-2,15}$$

Et pour les roches bien cimentées :

$$F = 1 \cdot \theta^{-2}$$

En définitive nous obtenons pour la loi d'Archie :

$$\rho_r = F \rho_w$$

1.1.4.4 La saturation :

La loi d'Archie a été Etablie pour des roches saturées en eau, il faut maintenant tenir compte d'un nouveau paramètre ; la saturation. [11]

La loi d'Archie devient alors

$$\rho_r = F \rho_w S_w^{-n}$$

On peut aussi écrire :

$$S_w = \sqrt[n]{\frac{F \rho_w}{\rho_r}}$$

Avec : $F \cdot \rho_w =$ résistivité de la roche saturée en eau ;

$\rho_r =$ résistivité de la roche désaturée en eau ;

$n \approx 2$.

- Les roches très conductrices (porosité grande, perméabilité faible) sont inexploitable du point de vue hydrogéologie. Exemples : les argiles.
- Les roches très résistantes (porosité faible) contiennent insuffisamment d'eau libre pour être intéressantes [11]

Tableau 01 : Composition et résistivité [11]

Roches	Porosité totale (%)	Perméabilité (cm/s)	Résistivité (ohms*m)
Argilite	35	10⁻⁸ – 10⁻⁹	70 à 200
Marnes	27	10⁻⁷ - 10⁻⁹	20 à100

Grès	3 à 35	$10^{-3} - 10^{-6}$	30 à 800
Dolomite	1 à 12	$10^{-5} - 10^{-7}$	200-10000
Calcaires	3	$10^{-10} - 10^{-12}$	200-10000

1.1.5. LES METHODES ELECTRIQUES :

La résistivité variée

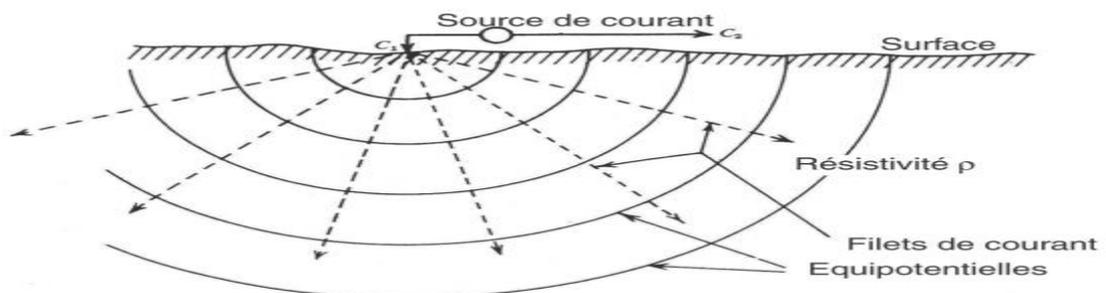
- de 1 à quelques dizaines d'ohms.m pour les argiles et les marnes.
- d'une dizaine à quelques centaines d'ohms.m pour les sables et les grès marneux.
- d'une centaine à plusieurs milliers d'ohms.m pour les calcaires et les roches Eruptives. [11]

La correspondance entre la résistivité et le faciès géologique est une notion d'une grande importance pratique. Parfois, certains faciès, des argiles par exemple, gardent pratiquement la même résistivité sur des centaines de kilomètres ; en général, la résistivité d'une formation est moins constante et peut Evoluer progressivement le long d'une même formation spécialement dans les dépotés quaternaires. [11]

1.1.5.1. Les filets de courant et les Equipotentielles :

1.1.5.1.1. Le principe :

Soit un terrain homogène et isotrope de résistivité ρ limité par une surface plane du côté **b** de l'air. Envoyons un courant continu **I** à l'aide d'une Electrode ponctuelle A. L'Écoulement du courant se fera par filets rectilignes rayonnant autour de A et produira des variations de potentiel dans le sol à cause de la résistance ohmique de celui-ci. La répartition du potentiel peut être représentée par des demi-sphères centrées sur A (Figure02). [11]



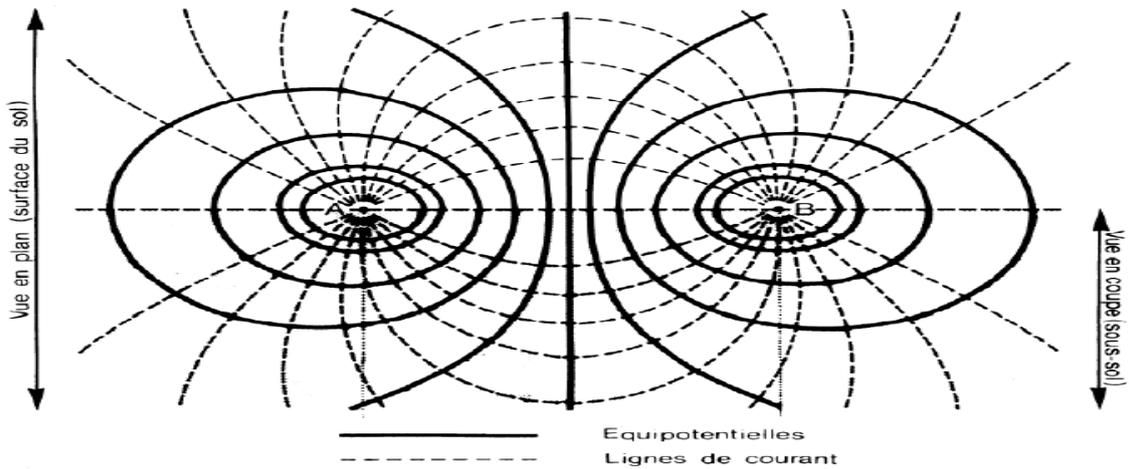


Figure 02 : Représentation des Equipotentiels et des filets de courant (professeur D.CHAPELLIER)

1.1.5.1.2. Modèle d'un terrain homogène

Exemple géologique : banc de grès homogène $\rho = 120 \Omega.m$

La répartition du courant Electrique se fait de manière homogène dans le sous-sol entre les Electrodes A et B. [11]

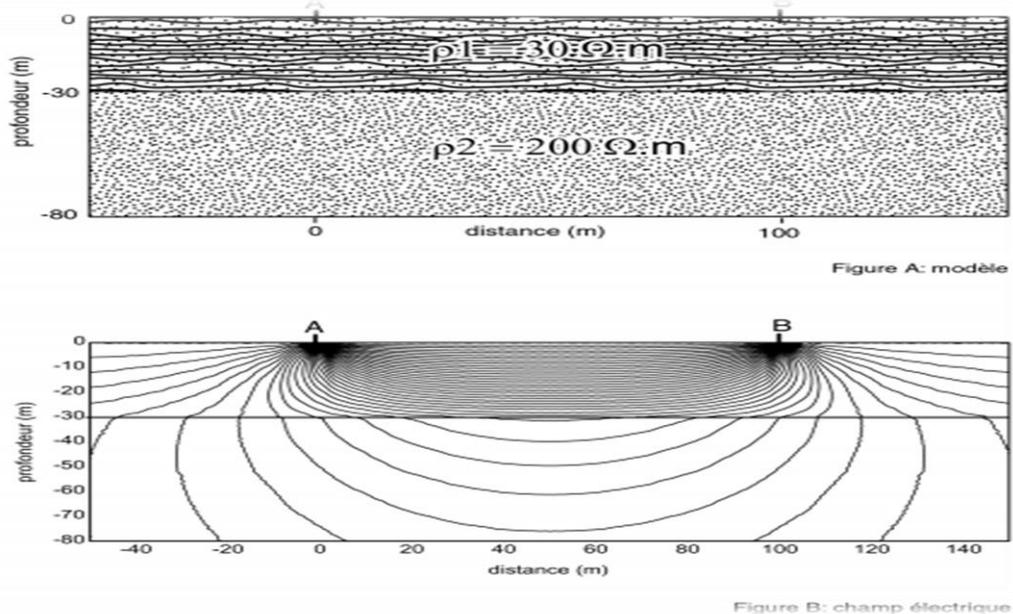


Figure 03 : répartition du courant Electrique

Sous le terme résistivités ou prospection électrique en courant continu ou très basse fréquence, nous pouvons utiliser :

- Les cartes de potentiel

- La mise à la masse
- Le traîné électrique
- Le sondage électrique

1.1.5.1.3. Notion de sondage électrique verticale :

On cherche en un point comment varie la résistivité du sous-sol à la verticale, pour cela on exécute en un même endroit une succession de mesure en augmentant à chaque fois les dimensions du dispositif et de ce fait de la profondeur d'investigation

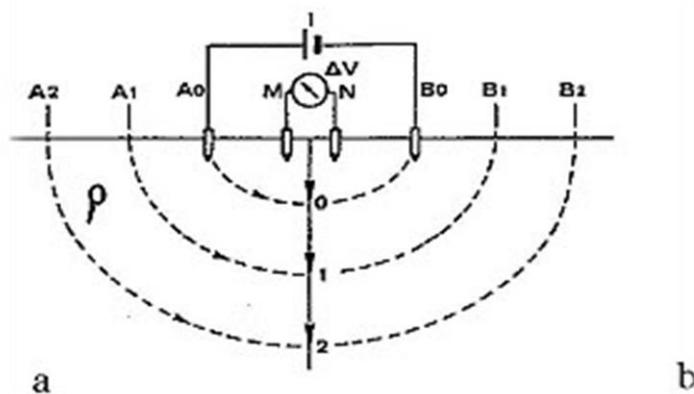


Figure 04 : représentation d'un SEV

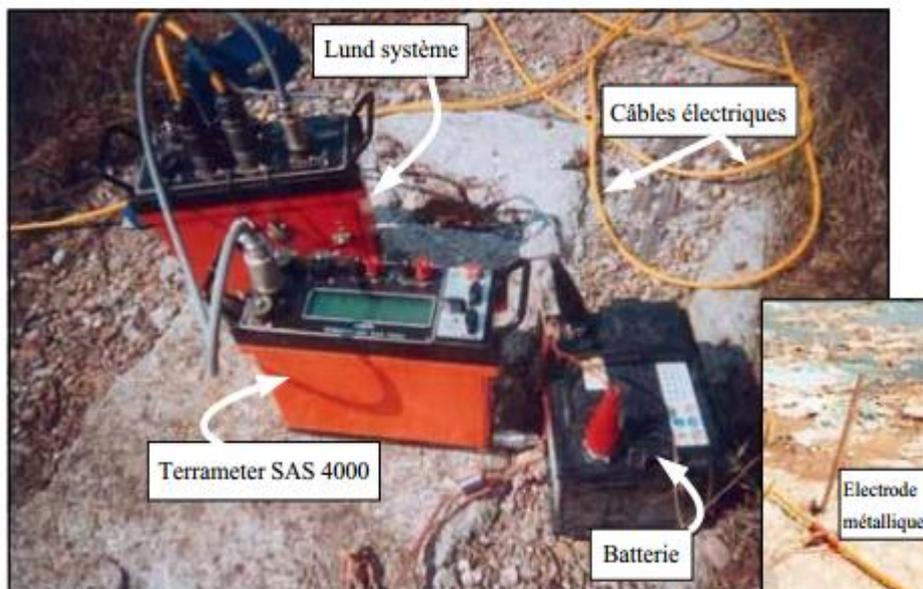


Figure 05 : Matériel d'acquisition multi-électrodes

1.1.5.1.3.1. Mise en œuvre :

Pour faire un sondage :

- On utilise un dispositif à 4 électrodes (soit Wenner, soit Schlumberger),
- En gardant le même point milieu du dispositif, on augmente les écartements, souvent en multipliant les dimensions du dispositif d'un même facteur,
- Pour le dispositif de Schlumberger, $AB \gg MN$
- Ceci donne les variations en profondeur de résistivité apparente au point milieu du dispositif. [7]

$$\rho_a = K \frac{\Delta V_{MN}}{I_{AB}}$$

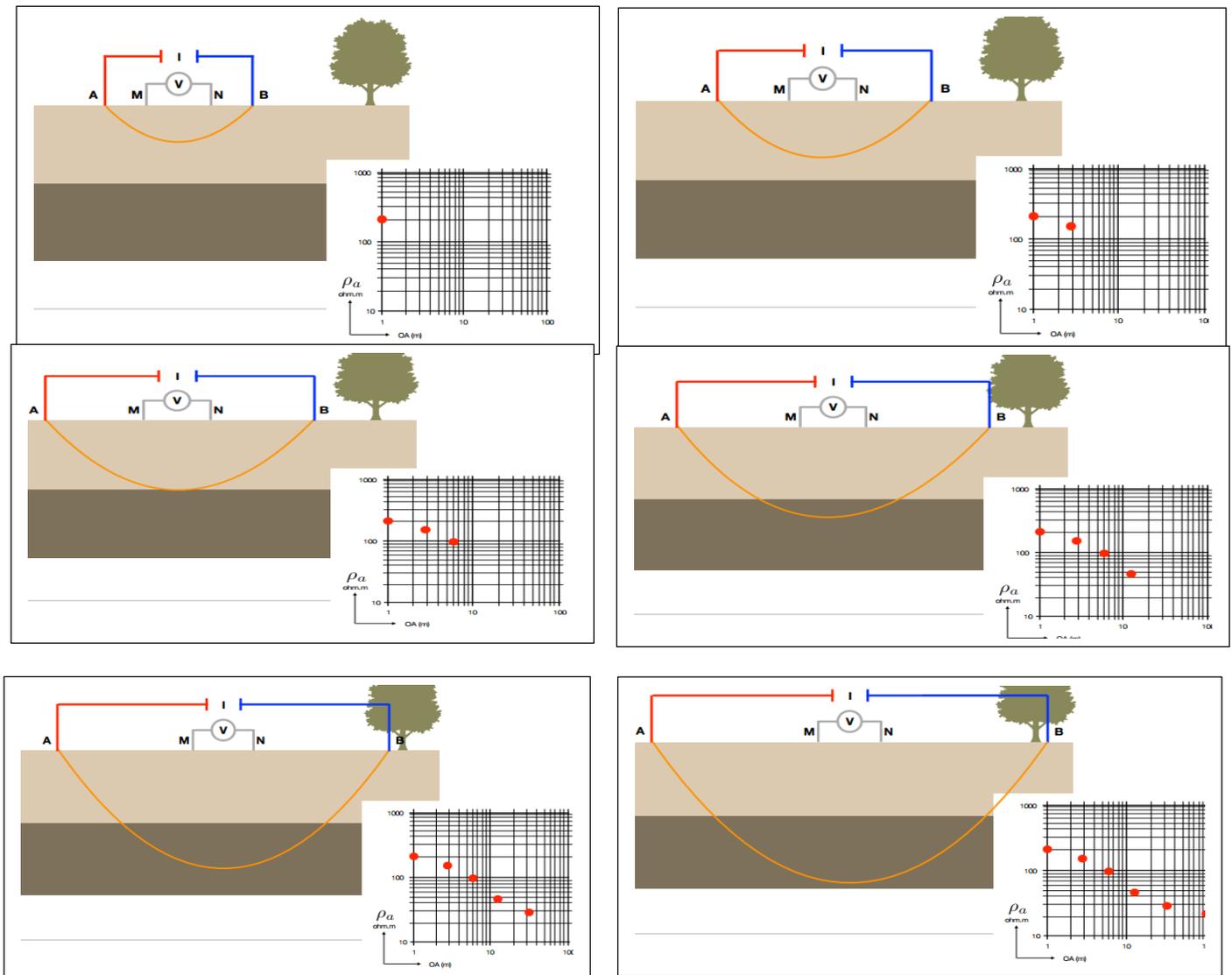


Figure 06 : mise en œuvre d'un sondage électrique

Les sondages électriques:

- donnent la variation en profondeur de la résistivité électrique,
- sont sensibles aux hétérogénéités à proximité des électrodes,
- sont historiquement interprétés par des abaques, mais aujourd'hui on utilise l'inversion,
- plusieurs modèles peuvent expliquer les données selon les principes d'équivalence et de similitude. [7]

1.1.5.1.3.2. Dispositifs de mesure :

Plusieurs dispositifs sont disponibles pour déterminer la répartition des résistivités dans le sous-sol. La figure 07 illustre les configurations des électrodes les plus utilisées pour la prospection électrique ; le coefficient géométrique est également donné. [5]

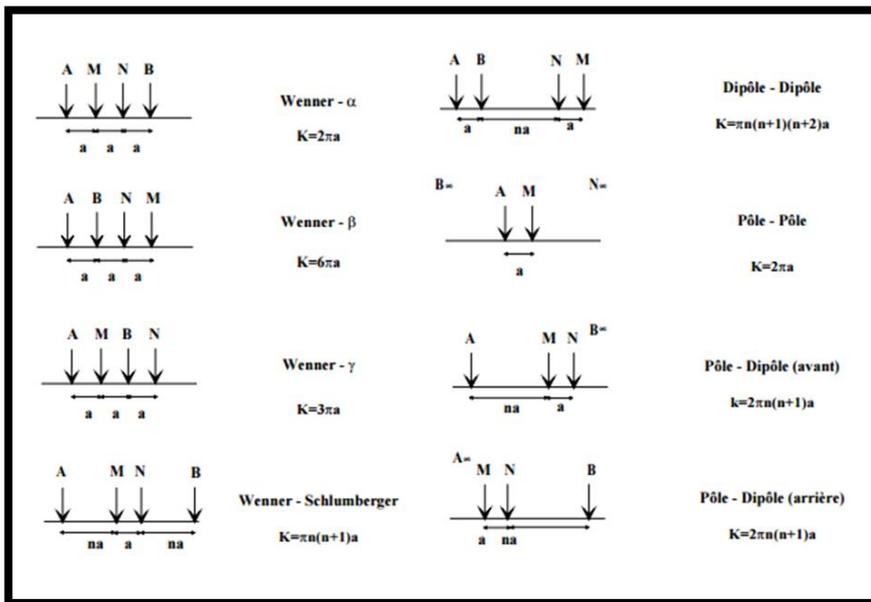


Figure 07 : Différentes configurations pour la méthode électrique,

Ainsi que le coefficient géométrique K

La résistivité apparente est donnée par:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V_{MN}}{I_{AB}}$$

Le facteur géométrique dépend de la configuration des électrodes. Les sondages sont la plupart du temps effectués avec le dispositif de Schlumberger ou de Wenner :

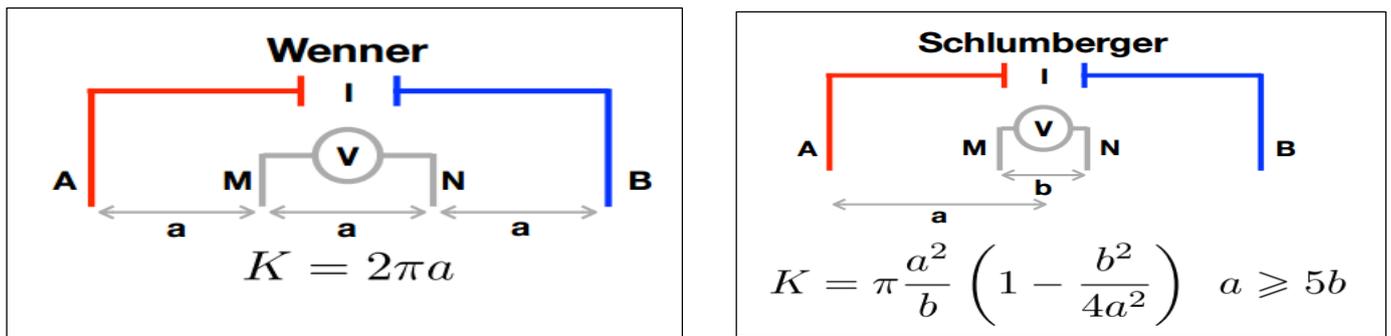


Figure 08 : Dispositif de Schlumberger et Wenner

1.2. Généralité sur les techniques de forage :

1.2.1. Introduction :

Le forage est un ensemble d'opérations qui permettent, par le biais d'un procédé mécanique, de creuser un trou de diamètre centi à décimétrique, généralement vertical et utilisé à des fins scientifiques et ou économiques. Ce procédé mécanique correspond à tout un assemblage du matériel ; monté sur camion ou bien inclut dans un atelier ; destiné à réaliser l'objectif du projet bien sûr en pénétrant le sous-sol, il existe plusieurs techniques de forage :

- Forage par battage
- Forage par marteau fond de trou
- Forage par rotary

Dans le cadre de ce mémoire nous exposons uniquement la technique par rotary.

1.2.2. Par battage :

C'est une technique très ancienne, consiste à briser la roche à l'aide d'un câble muni à sa base d'un outil appelé trépan de diamètre variant entre 300 à 1200 mm [8]

❖ Avantages de battages :

- Simple avec un investissement peu coûteux
- Il ne demande pas beaucoup d'énergie
- Absence de la boue et d'eau dans le forage ce qu'il évite le risque de perte de circulations et de pollution de la nappe.
- Faciliter de récupérer les cuttings
- Nécessité moins d'eau
- Facilité de mise en œuvre le tripons sur le chantier [1]

❖ Inconvénient de battage :

- Lente dans les formations dures et équipements onéreux.
- Difficultés de contrôler les venues d'eau artésiennes jaillissantes.
- Un forage lent dans sa mise en œuvre (installation et retrait) surtout s'il est placée dans une argile collante. [1]

1.2.3. Par marteau fond de trou :

C'est un procédé très efficace dans les terrains durs et homogènes, il fonctionne à l'air comprimé il est monté au bout d'une ligne de sonde est mis en rotation depuis la surface et pénètre dans le terrain par percussion sous l'effet du poids de la garniture ou d'une poussée hydraulique. [1]

1.2.4. Par rotary :

Le rotary est une méthode qui applique la rotation et le broyage. Les déblais sont entraînés vers la surface par la circulation d'un fluide de forage, en général de la boue benthonique dont le but de rechercher et exploiter l'eau en profondeur, Actuellement ce cas est plus utilisé pour la réalisation des forages hydrauliques et qui a donné des résultats appréciables du point de vue qualité de l'ouvrage. [9]

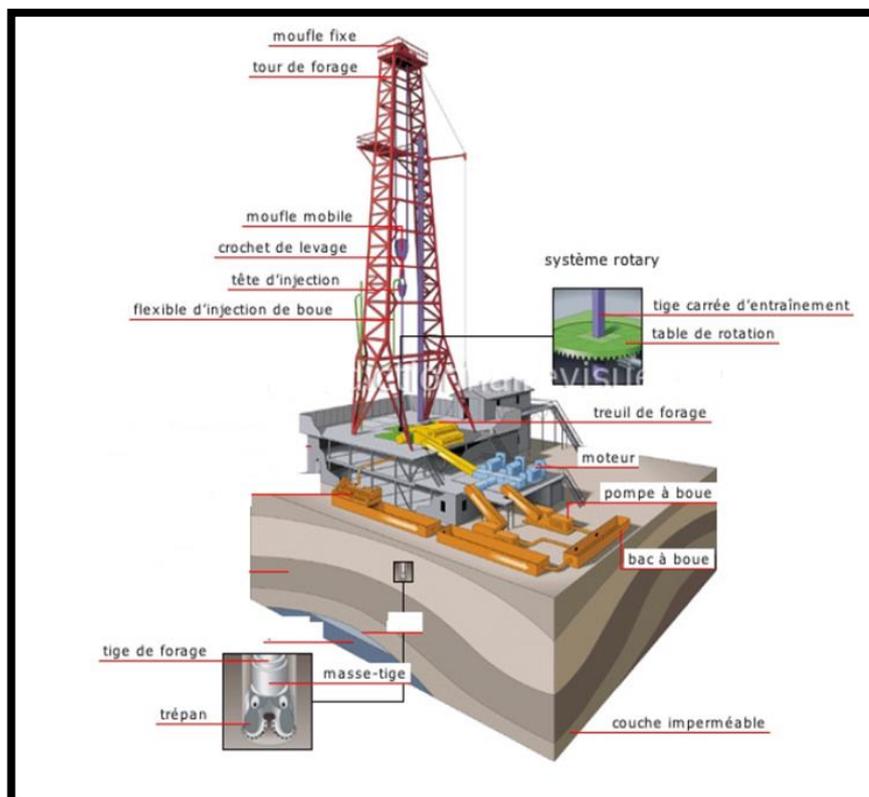


Figure 09 : Machine Rotary.

1.2.4.1. Principe de la méthode de rotary :

Un train de tiges terminé par un outil tricône est actionné par une table de rotation grâce à une tige carrée coulissante.

La pression sur l'outil est exercée par le poids du train de tiges et celle d'une masse - tige placée au dessus de l'outil.

Une pompe envoie sous pression la boue de forage à travers le train de tiges. [12]

1.2.4.2. Boue de forage :

La méthode rotary utilise un liquide de circulation s'appelle la bentonite

La bentonite : c'est une argile en poudre qu'il faut doser entre 15 et 30kg par m³ d'eau

- Le rôle de la bentonite est multiple :
 - ✓ Remonter en surface les déblais depuis le fond du trou
 - ✓ Refroidir l'outil de forage (tricône)
 - ✓ Faciliter le travail de l'outil sur la roche
 - ✓ Maintenir la stabilité des parois du forage avec la formation d'une couche protectrice, le « cake » - Alléger le poids du train de tiges (poussée d'Archimède). [12]

1.2.4.3. Description de la machine :

Il existe deux types de procédés de forage rotary :

1-Foreuse à table de rotation.

2-Foreuse à tête de rotation.

1.2.4.3.1. 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 la barre de commande qui s'appelle (KELLY) ou (tige carré) [9]

1.2.4.3.2. Foreuse à tête de rotation :

L'appareil de forage à tête rotative fournit une rotation par une tête rotative qui monte et descend le mât. [9]

1.2.4.4. Les organes de la machine :

1.2.4.4.1. Le mât :

Permet la manœuvre de remontée et de descente du train de sonde, les 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.[9]



Figure 10: le mât

1.2.4.4.2. Moufle fixe :

Ou crown block, composé d'une série de poulies montées généralement sur un même axe, ces tournent librement et indépendamment autour de cet axe, leur nombre est supérieur d'une unité à la moitié du nombre de brins du mouflage maximal, le moufle fixe est monté sur un bâti qui est lui-même posé et fixé sur la petite base. [9]



Figure 11 : moufle fixe

1.2.4.4.3. Moufle mobile :

Ou traveling block, composé d'une série de poulies montées sur un même axe. Ces tournent librement autour de cet axe, leur nombre est égale à la moitié du nombre de brins du mouflage maximal, l'ensemble des poulies est enformé dans un carter de tôle rigide. Des fenêtres faites dans ce carter permettent le passage des brins de mouflage et empêchent le câble de sortir hors des poulies. [9]



Figure 12 : moufle mobile

1.2.4.4.4. Tête d'injection :

Support le train de sonde, permet l'injection de la boue à travers ce dernier soit en rotation ou non et joue le rôle de palier entre le train de sonde et le moufle mobil.[9]



Figure 13 : tête d'injection

1.2.4.4.5. Table de rotation :

C'est l'organe qui entraîne par rotation par un moteur et fait tourner l'outil au fond du trou par l'intermédiaire de la garniture de forage. Le carré d'entraînement et la tige d'entraînement.

Pendant les manœuvres la table de rotation supporte la garniture par les cales. La table de rotation comporte trois parties principales :

- ✓ Le corps ou bâti
- ✓ La partie tournante
- ✓ L'arbre d'entraînement [9]



Figure 14 : table de rotation

1.2.4.4.6. Pompes à boue :

C'est organe qui aspire et refoule la boue sous pression à l'intérieur de trou de forage, le contenu dans les bassins. Ces pompes peuvent fournir des débits importants (>300l/mn) et à des pressions (>300Kgf/cm²). [9]



Figure 15 : pompe à boue

1.2.4.4.7. Treuil :

C'est organe assurant la transmission de la puissance adéquate à partir des moteurs pour permettre le levage à des vitesses différentes. [9]



Figure 16 : le treuil

1.2.4.4.8. Mouflage :

C'est le moyen de démultiplication le plus répandu et le plus simple pour lever de lourdes charges. [9]

1.2.4.4.9. Câble du forage :

Utilisé dans les manœuvres du train de sonde et le soutien des charges. L'élément de basse est le fil d'acier à haute résistance, plusieurs fils torsadés et assemblés en tresse forment un toron. Plusieurs torons (en générale 06) enroulés en hélice autour d'une âme centrale forment un câble. [9]

1.2.4.5. Train de sondes :

1.2.4.5.1. La tige d'entraînement(Kelly) :

La tige d'entraînement est insérée en haut du train de sonde entre les tiges de forages et la tête d'injection. [9]



Figure 17 : la tige d'entraînement

1.2.4.5.2. Les tiges (drill pipes) :

Elles s'insèrent entre les masses tiges et la tige d'entraînement et elles assurent la transmission du mouvement de rotation et le passage du fluide d'injection. [9]



Figure 18: la tige d'entraînement

1.2.4.5.3. Les masses tiges (drill collars) : Elles sont utilisées pour :

- ✓ Mettre du poids sur outil
- ✓ Eviter aux tiges de travailler en compression pendant le forage
- ✓ Meilleur guidage du trépan et la limitation de sa tendance à dévier [9]



Figure 19 : les masses tiges

1.2.4.6. Les outils de forage :

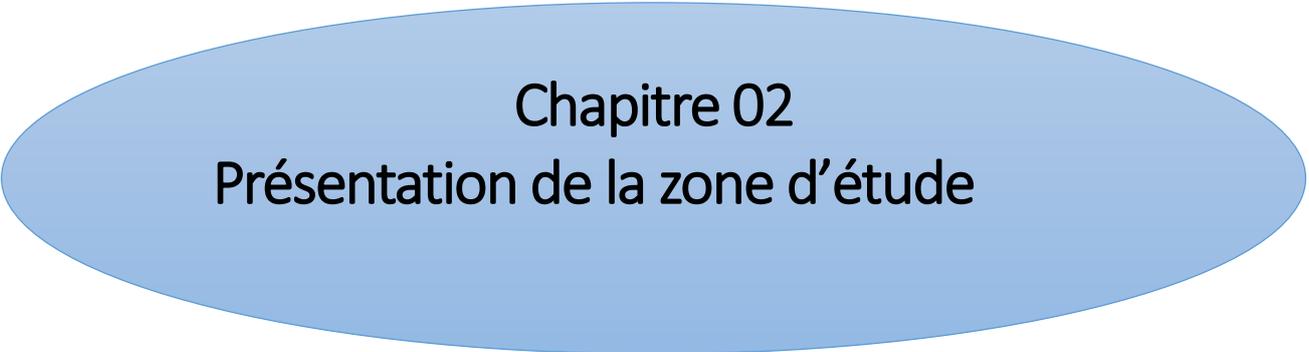
L'outil qui se trouve au bout des tiges qui forent le sol est une des clés de son activité. L'outil doit être choisi dans un catalogue aussi varié que peut être la lithologie rencontrée. [9]

Selon son diamètre, l'outil peut peser de quelques kilogrammes à plusieurs centaines de kilogrammes. On distingue différents types d'outils de forage :

- **Couronnes** : qui sont des tiges, améliorées ou non, munies de dents ou de picots renforcés.
- **Tricônes** : outils montés par trois cônes rotatifs ou molettes (libres) munis de picots pour les terrains durs.
- **Trilames** : outils montés par trois "lames" en chevron pour les terrains les plus argileux et en gradin ou escalier pour les terrains plus durs.[9]



Figure 20: outils avec différentes diamètres.



Chapitre 02
Présentation de la zone d'étude

2. Situation géographique et présentation de la plaine de la Mitidja :

2.2. Introduction :

La plaine de la Mitidja est l'une des plaines les plus riches d'Algérie par ses ressources en eau souterraine, elle est alluvial avec une superficie de 1300km² avec une longueur de 100 Km et de 8 à 18 km de largeur

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.[9]

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

2.2.1. Le Sahel

Il correspond à un ensemble de collines, formant la limite Nord de la plaine de la Mitidja où l'altitude moyenne est de 200 m.[9]

2.2.2. 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 m. La pente au niveau de la plaine tend vers zéro ce qui favorise l'infiltration des eaux, là où les conditions géologiques le permettent [9]

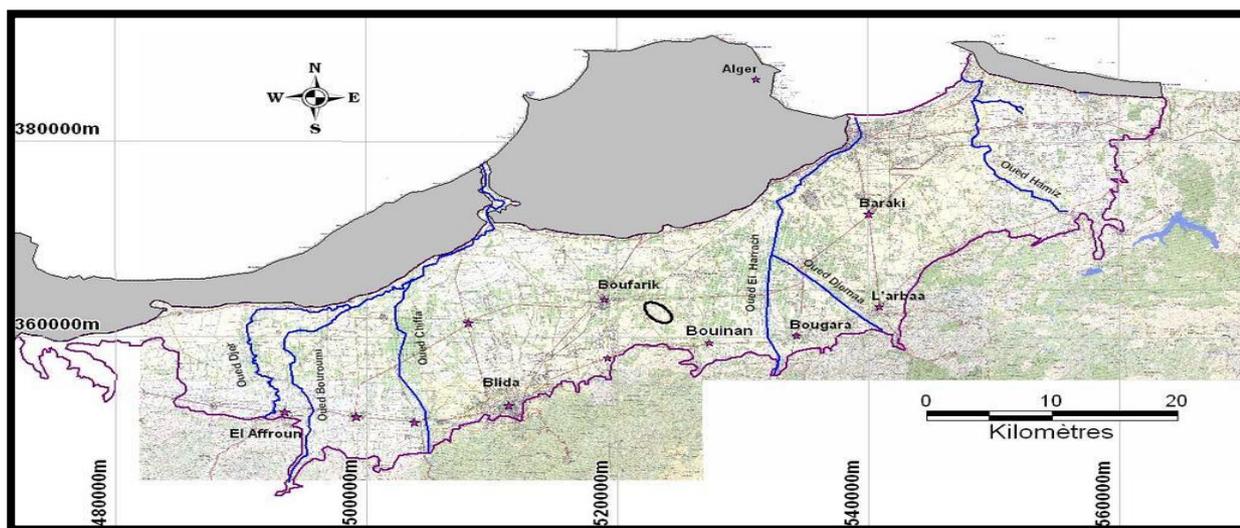


Figure 21 : présentation de la plaine de la Mitidja.

2.2.3. L'atlas Blidéen

Au sud de la plaine de la Mitidja se développe un massif montagneux de haut sommet accusant une direction NE-SW, il se relève rapidement de la bordure de la plaine pour atteindre une altitude 1200 à 1600 m. [9]

2.3. Aperçu géomorphologique :

La zone étudiée est se situe dans le sous bassin de l'oued El Harrach qui fait partir d'un grand bassin.

2.3.1. Le bassin d'Oued El Harrach :

s'étale sur une superficie de 1260km², qui représente l'un des principaux oueds qui sillonnent la Mitidja, prend sa source au Nord de l'Atlas Blidéen et se jette en mer Méditerranée après un parcours de 67km environ.[9]

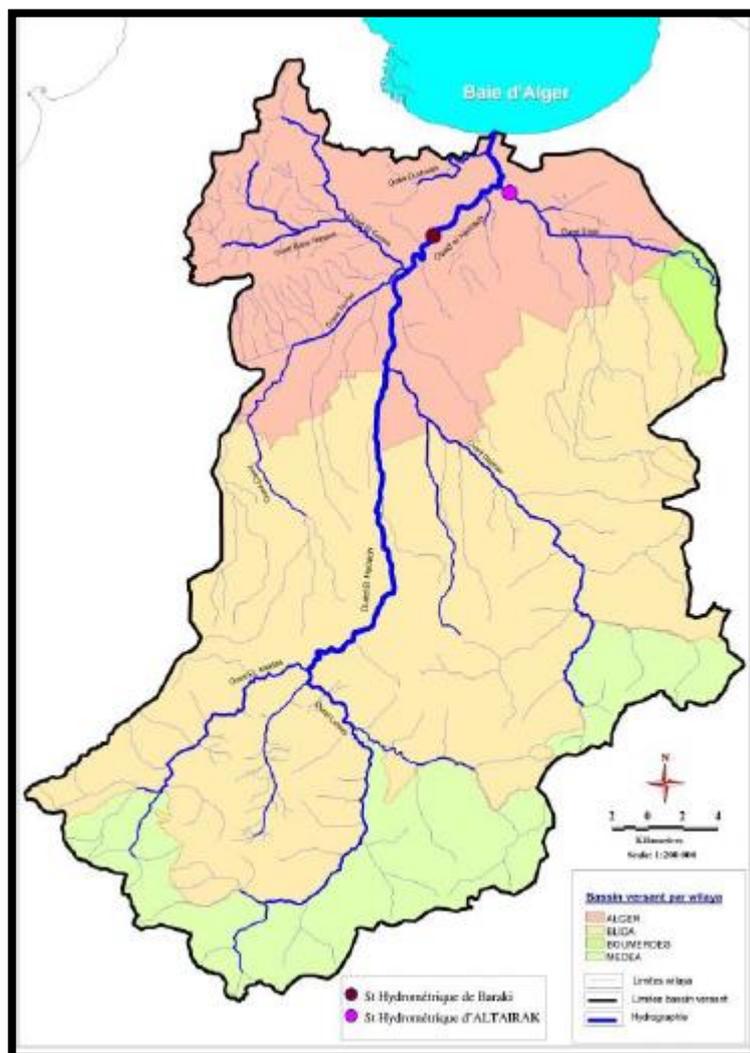


Figure 22 : Le bassin versant Oued El Harrach

2.3.2. Relief de la Mitidja :

Avec une superficie totale de 1400 km² et une superficie agricole de 120.000 ha à 130.000 ha, la plaine de la Mitidja englobe les wilayas d'Alger, Blida, partiellement celles de Tipaza et Boumerdes. Cette plaine est une dépression longue d'environ 100 km sur 15 à 20 km de large resserrée entre l'Atlas Blidéen au sud, et le sahel au Nord, elle est largement ouverte sur la mer, sur une trentaine de kilomètres. Dans sa partie ouest, les collines du sahel entrent au contact du massif montagneux de Chenoua (905 m) et rejoignent, au plateau de Fadjana, les premières hauteurs de l'Atlas (djebel Thebarrarine au sud, 853 m).[09]

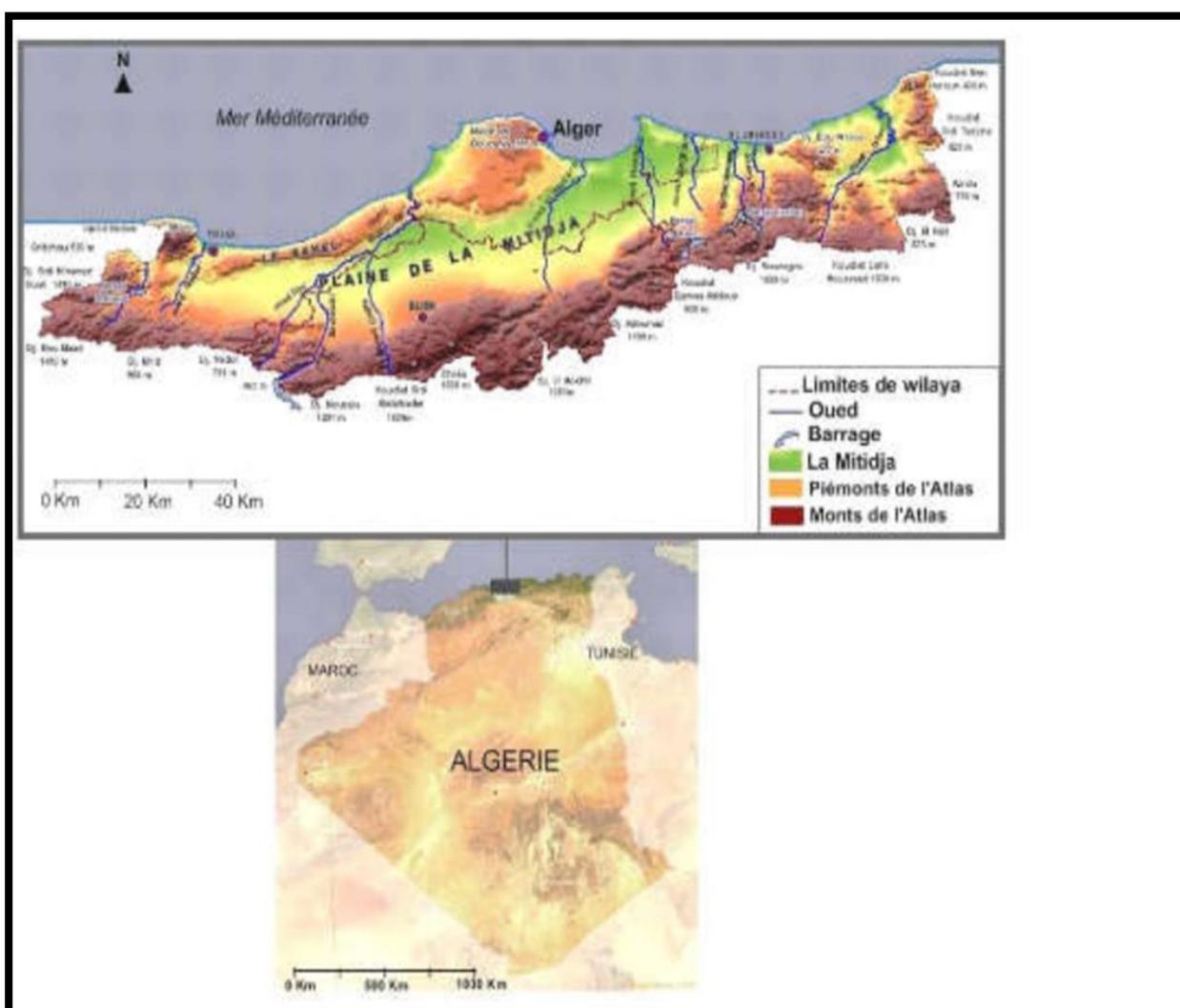


Figure 23 : Carte de la situation géographique générale de la plaine de la Mitidja (Source : Programme d'aménagement côtier (PAC), 2006).

2.4. Situation géographique de la zone d'étude

2.4.1. Présentation

La commune d'El Harrach fait partie de la wilaya d'Alger, elle se situe à environ 14 km à l'est d'Alger, Elle s'élève sur une altitude de 50m au-dessus de la mer. Ses limites administratives sont :

- ✓ Au nord la ville de Mohammadia
- ✓ Au sud les eucalyptus
- ✓ A l'est la ville Oued smar
- ✓ A l'ouest la ville de Bechdjerrah

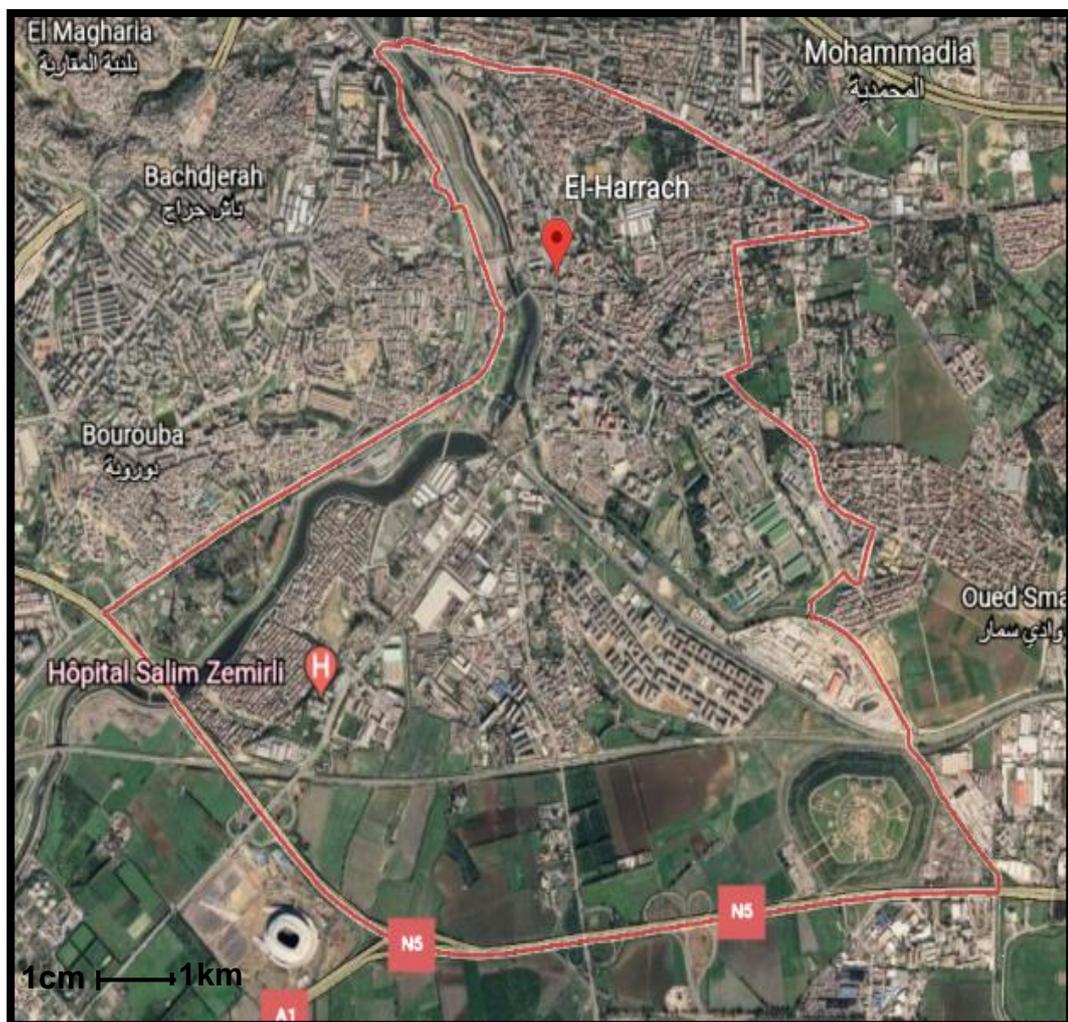


Figure 24 : localisation de la ville d'EL Harrach (source Google Earth)

2.4.2. La localisation de la zone d'étude :

Le forage qui fait l'objet de cette étude entre dans le cadre du programme du renforcement de l'AEP de la ville d'Alger, il se situe à proximité de oued el Harrach à une distance de moins de 500 m. en fait il existe deux forages en voie de réalisation sur la même zone :le forage F1 a été déjà réaliser et toutes les opération a été finalisées forage, F2 qui fait l'objet de notre étude à pour coordonnées (GPS) sont (F2) : $36^{\circ} 42'28.991''N$. $3^{\circ}06'53.3''E$ et le forage F1 : $36^{\circ} 42'26.760''N$. $3^{\circ} 06'46.710''E$

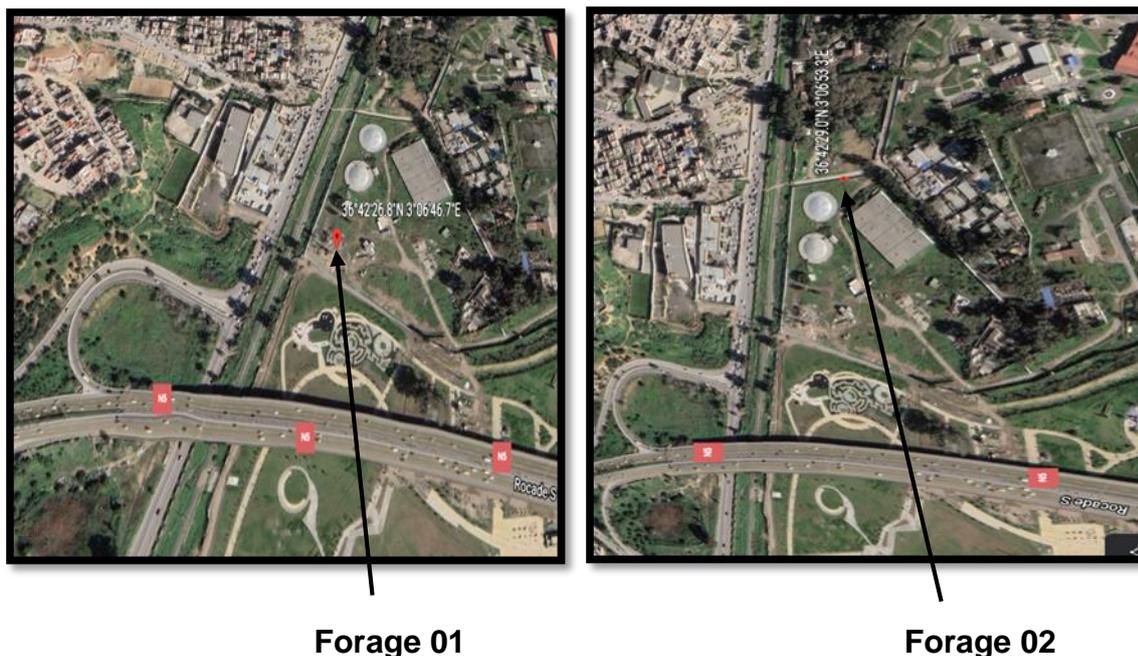


Figure 25 : Localisation des 2 forages (F1 et F2 de la prise d'eau El Harrach)
(source Google Earth)

2.5. Aperçu hydro-climatique :

2.5.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude des paramètres climatologiques (précipitation, température, évaporation) qui interviennent dans l'établissement du bilan hydrologique sur la période considérée de **2000 à 2018 (18 ans)**.

Les données traitées ont été recueillie à l'agence nationale des ressources hydrauliques(ANRH).

2.5.2. Précipitation :

Dans cette partie pour mieux caractériser le régime climatique dans la région d'étude, les données pluviométriques sont recueillies au niveau de trois stations

pluviométriques réparties de façon plus au moins homogènes sur le sous bassin versant d'oued El-Harrach.

Les stations de Réghaia, Dar el Beida et Hamiz Bge ont été choisies afin de calculer les précipitations moyennes mensuelles et annuelles durant une période de **18 ans (2000_2018) (figure 26)**.

Les différentes caractéristiques relatives à ces stations sont regroupées dans le tableau suivant (**tableau 02**)

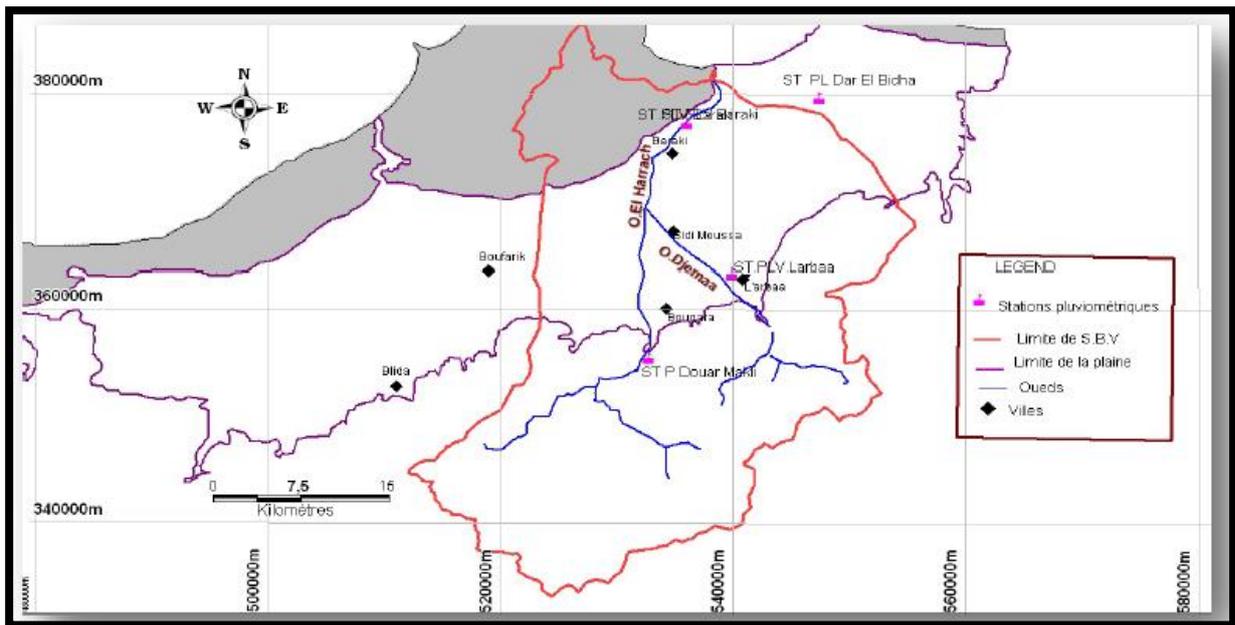


Figure 26 : Carte de la répartition des stations pluviométrique (source : ANRH Blida)

Tableau 02 : Caractéristiques des stations pluviométriques [13]

Station	Code ANRH	Cordonnées Lambert		Altitude (m)
		X	Y	
Dar El Beida	020611	547,400	379,600	25
Réghaia	020632	557820	382230	20
Hamiz Bge	020602	558,550	367,400	130

2.5.2.1. Précipitations moyennes mensuelles :

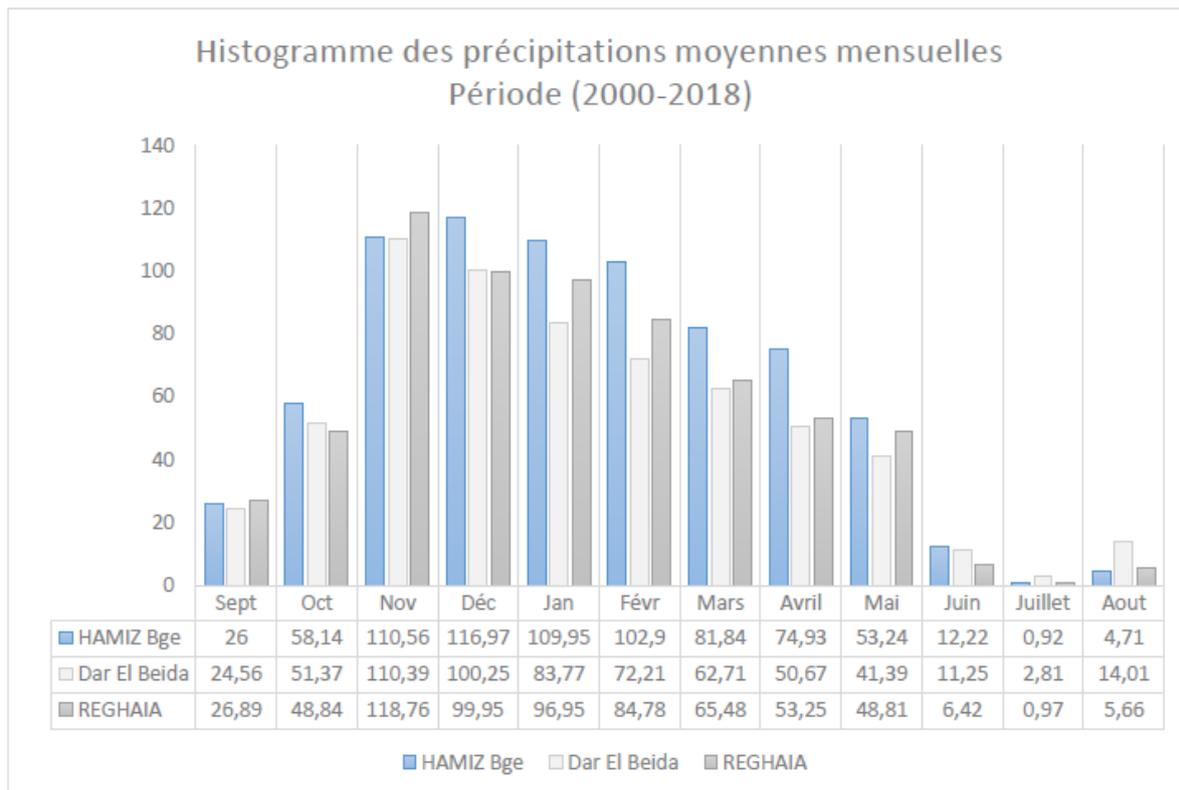


Figure 27 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles période (2000-2018)[12]

Sur la période considérée **2000-2018** :

- Une série pluvieuse qui s'étend du mois de novembre à avril, avec une valeur maximale de l'ordre de **118,76 mm** enregistré au mois de novembre au niveau de la station de Réghaia.
- Une saison sèche qui d'étend du mois de mai à octobre avec une valeur minimale de l'ordre de **0.92 mm** en enregistré au mois de juillet au niveau de la station de Hamiz Barrage.
- Le mois le plus pluvieux à la station de Réghaia est novembre avec une valeur maximale de l'ordre de 118.76 mm, janvier pour la station de Hamiz Barrage avec **116.97 mm**.
- Les précipitations sont très irrégulières d'une année à l'autre, leur répartition au cours de l'année n'est pas homogène. Elles dépendent de plusieurs facteurs qui sont la latitude et la continentalité.[12]

2.5.2.2. Précipitations moyennes annuelles :

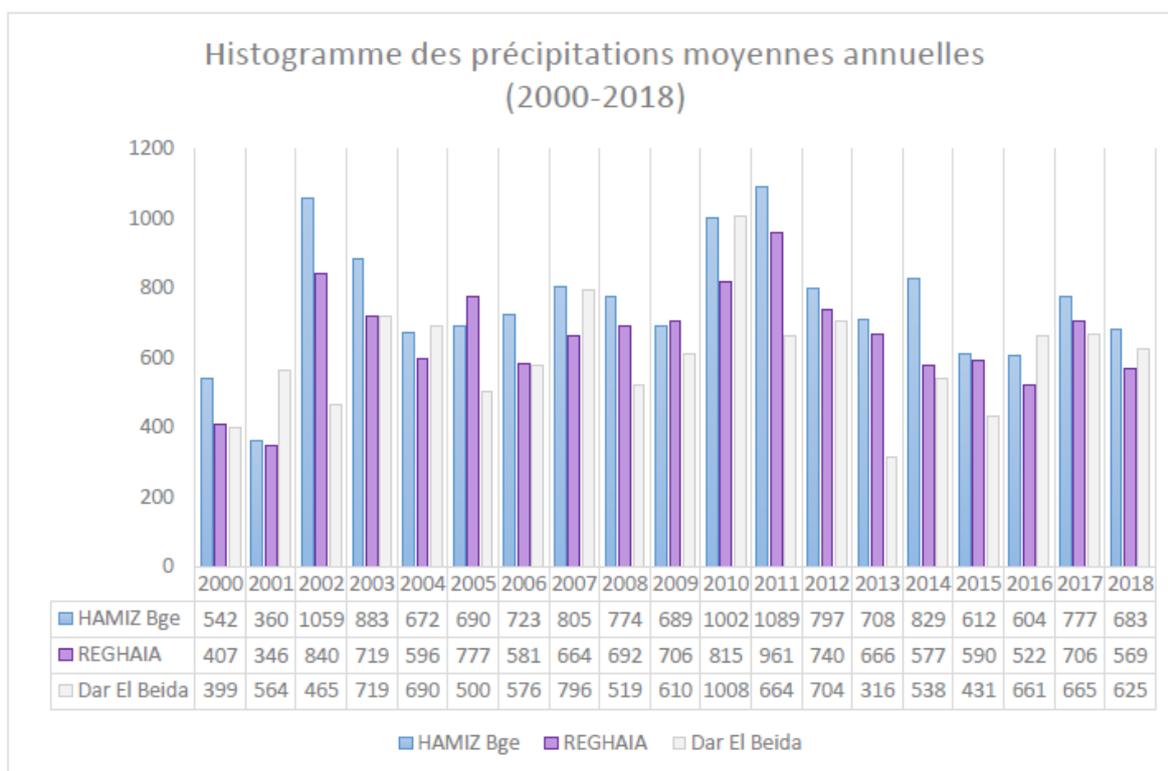


Figure 28 : Histogramme des précipitations moyennes annuelles (2000-2018)[12]

Sur la période considérée (2000 – 2018) :

- La pluviosité moyenne annuelle aux différentes stations est de **670 mm**, avec une valeur minimale de **316 mm** enregistrée en **2013** à la station de Dar El Beida et un maximum de **1089 mm** en **2011** dans la station de Hamiz Barrage.
- La pluviométrie annuelle calculée varie dans le temps et dans l'espace. Cette pluviosité varie de **316** à **1089 mm** durant la période de (2000 – 2018). À cette irrégularité annuelle, s'ajoute une irrégularité interannuelle, les années humides pouvant être deux fois plus arrosées que les années sèches.[12]

2.5.3. Températures :

La température joue un rôle très important dans l'évaluation du bilan hydrologique et la connaissance des caractéristiques climatiques d'une région et plus particulièrement dans l'estimation de l'évapotranspiration potentiel.[12]

Pour calculer la température mensuelle de notre région sur une période de **33 ans (1985 - 2018) (figure 28)**, le choix de la station des relevés des températures s'est fait sur la station de Dar El Beida, vu que cette station possède des données sur une période assez importante. [12]

Notons aussi que les autres stations considérées pour les précipitations (Réghaia et Dar El Beida) ne disposent pas de mesures de température.

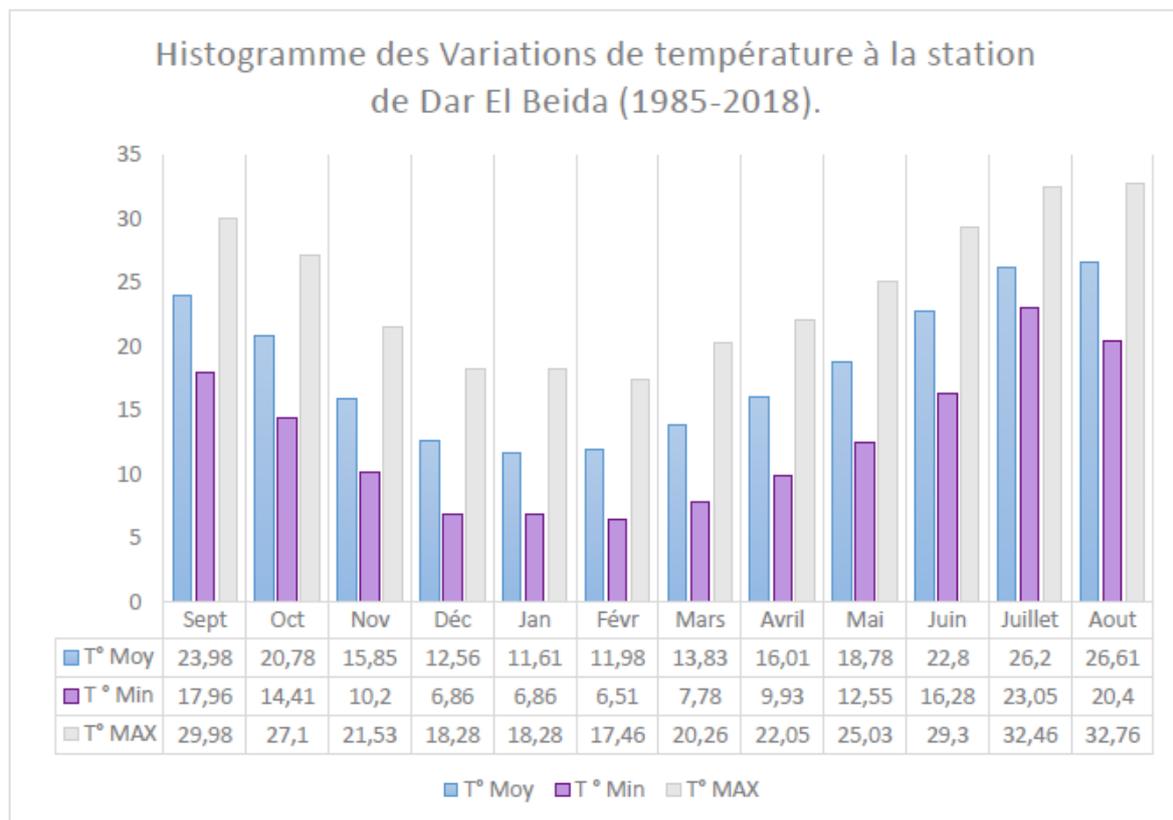


Figure 29 : Histogramme de variations de température à la station de Dar El Beida (1985-2018).[12]

L'analyse des valeurs mensuelles moyennes enregistrées au niveau de la station Dar EL Beida pendant **33 ans de (1985 - 2018)**. (**Figure 28**), montrent :

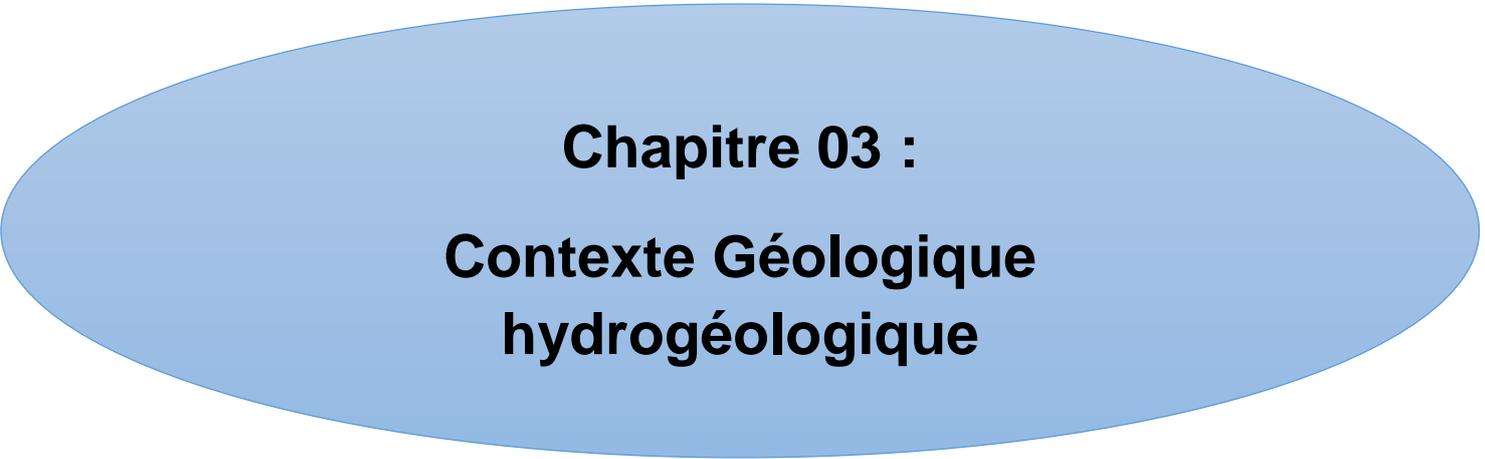
- Une température maximale mensuelle de l'ordre de **32.76 °C** en août et une température minimale mensuelle de **6.51 °C** enregistrée au mois de février (**Figure 28**)
- La saison hydrologique est subdivisée en deux périodes :

- Une période froide (saison humide) qui débute au mois de Novembre jusqu'au mois de mai .La température moyenne la plus basse enregistrée dans cette saison est de **11.61 °C** en mois de janvier.
- Une période chaude (saison sèche) débute en mois de juin jusqu'au mois d'octobre. La température moyenne la plus élevée enregistrée dans cette saison est de **26.61 °C** en mois d'Août.[12]

2.6. Conclusion :

La zone d'étude à pour les caractéristiques géographique et climatologiques suivantes :

- La région étudiée est située dans la partie centrale de la Mitidja. L'étude hydro climatologique montre que la zone de la prise d'eau, El Harrach est caractérisé par un climat régional Méditerranéen très froid en hivers, et chaud en été.



Chapitre 03 :
Contexte Géologique
hydrogéologique

3.1. Contexte géologique :

3.1.1. Introduction :

La Mitidja est une vaste plaine dont la superficie est estimée à environ 1300Km². Elle a une forme allongée et s'étend au sud d'Alger, entre Hadjout à l'Ouest et Réghaia à l'Est.

Elle est délimitée par deux régions surélevées :

- ✓ Au Nord le bombement du Sahel d'altitude n'excédant pas 280m, et des pentes faible.
- ✓ Au sud l'atlas Blidéen formé par une succession de massifs montagneux dont l'altitude maximale est de 1629 m et les pentes sont généralement forte.[8]

3.1.2. Cadre géologique générale :

Les principales formations géologiques rencontrées sur la plein de la Mitidja sont :

3.1.2.1. La formation superficielle de quaternaire formé par :

Sables, argiles sableuses, argiles graveleuses, graviers, galets, galets gréseux souvent argileux ou limoneux.

3.1.2.2. Les formations de plio-Miocène composé :

Des grès et des sables de l'astien et des marnes et d'argile du Plaisancien.

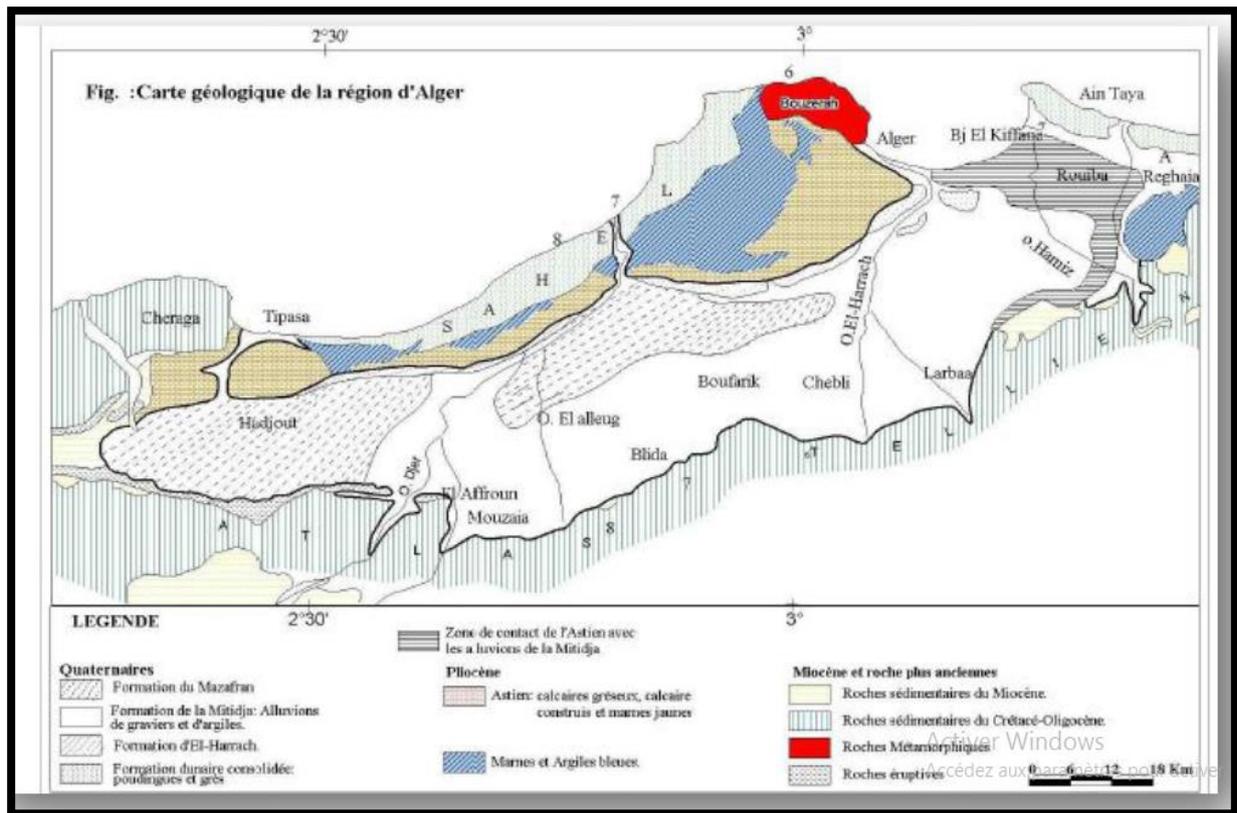


Figure 30 : Carte géologique de la Mitidja (ANRH Alger).

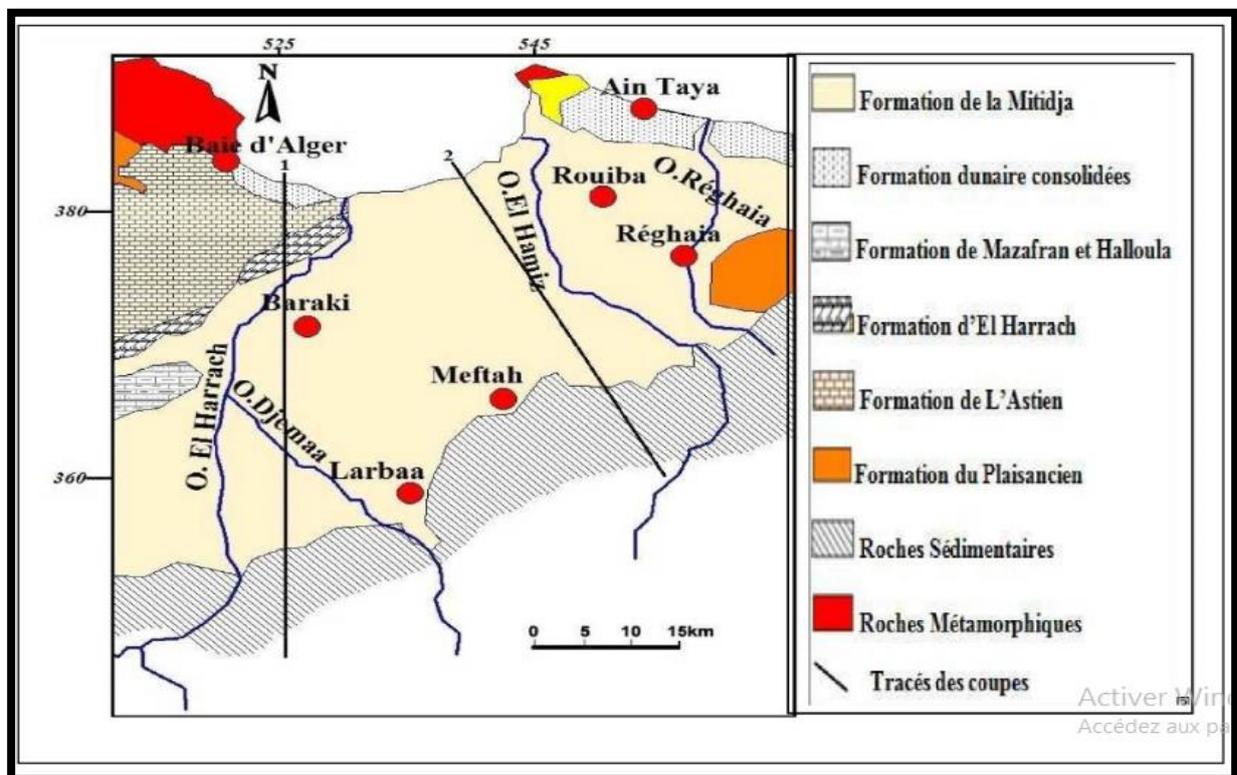


Figure 31: Coupes géologiques au niveau de la Mitidja [15]

3.1.3. La litho-stratigraphie :

3.1.3.1. Le Quaternaire :

3.1.3.1.1. Le Rharibien :

Cette formation comprend :

La formation dunaire constituée de sables dunaires, graviers et grés le tout plus au moins consolidé, a une épaisseur qui varie de 20 à 40 m et de la formation de Mazafran composée par 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 60 m [9]

3.1.3.1.2. Le Tyrrhénien (La formations de la Mitidja) :

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.[10]

3.1.3.1.3. Villafranchien (La formation d'El Harrach) :

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.[9]

3.1.3.2. Le Tertiaire :

3.1.3.2.1. Le Pliocène supérieur (Astien)

Il est constitué d'une grande variété de lithologies associées à une sédimentation marine mais profonde.

Les plus couramment rencontrées sont les sables, les calcaires sableux, les grès calcaires molassiques et les argiles sableuses jaunes (Glangeaud and Aymé 1935).

On remarque toutefois la prédominance des faciès sableux avec des grès calcaires bien cimentés.

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

Cette série présente une épaisseur moyenne entre 100 et 130 m, est se trouve à des profondeurs allant de 250 à 300 m. On la rencontre particulièrement à l'est de Rouïba à de faibles profondeurs. [9]

3.1.3.2.2. Le Pliocène inférieure (Plais ancien)

Le Plais ancien représente le substratum immédiat de l'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 du Plais ancien 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 marnes plaisanciens est située à une cote de 100 m à 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 de plaisancien augmente en s'éloignant vers l'Ouest, où elle est de l'ordre de -500m entre Baraki et El Harrach et atteint un maximum de -543m à Oued El Alleug.[9]

3.2. Contexte Hydrogéologique :

3.1.3. Introduction :

Sur le plan hydrogéologique la plaine de la Mitidja est composée de deux principaux aquifères :

- **Aquifère des alluvions de quaternaire**
- **Aquifère de l'astien**

L'identification de ces aquifères a été faite depuis longtemps (Glangeaud 1952, CGG 967- 1973-1979-1998) .

3.1.4. Présentation des aquifères de la Mitidja :

Le système aquifère de la plaine de la Mitidja est encaissé dans un bassin de subsidence, d'âge Plio-Quaternaire, et dont la structure lithologique est très variée. Cette structure est caractérisée par une superposition de bas en haut (**Figure 31**)

- Une série marneuse formant le substratum qui peut être considéré comme imperméable ;
- Un ensemble calcaire-sablo-gréseux correspondant à l'Astien ;
- Un ensemble argileux contenant par endroit de sables et de graviers correspondant à la formation dite (formation d'El-Harrach) ;
- Un ensemble gravelo-sableux dit (Alluvion de la Mitidja).

Deux types de nappes peuvent être distingués, selon la nature des roches, et selon la nature du toit et du mur qui les limitent.

L'aquifère des alluvions du quaternaire d'épaisseur moyenne variant de 100 à 150 m, et l'aquifère contenu dans les calcaires et grès de l'Astien, reposant sur les marnes du plaisancier formant la limite étanche de presque tout le bassin. Son épaisseur moyenne de 100 à 130 m et se situe généralement à une profondeur allant de 250 à 300 m par rapport au niveau du sol.

Ces deux aquifères sont séparés par la formation semi perméable du villafranchien, appelée marne d'El-Harrach [10]

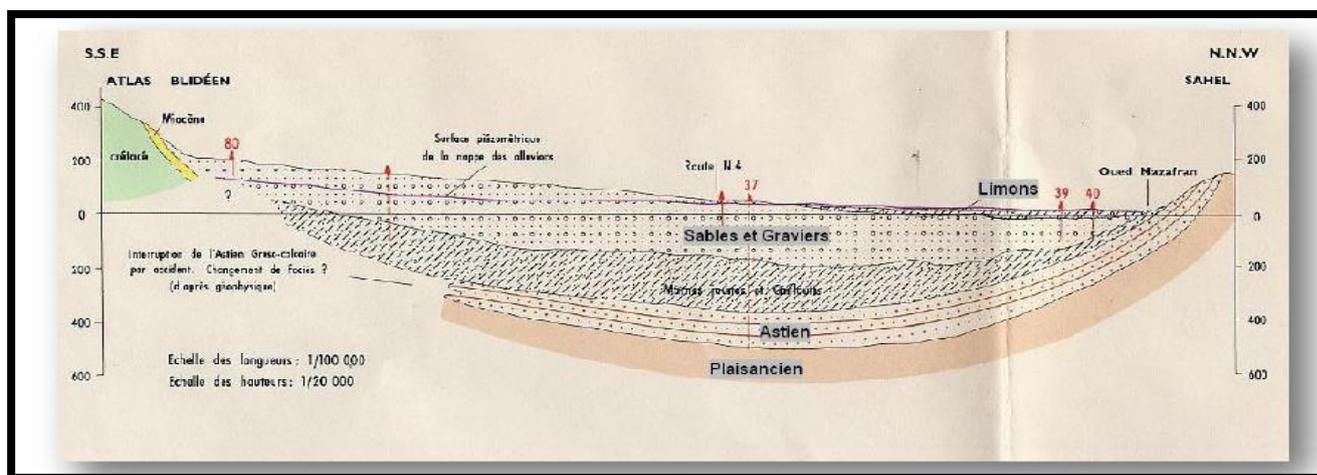


Figure 32 : coupe transversal de la Mitidja [14]

3.1.5. Mécanismes d'alimentation et d'écoulement des eaux souterraines :

- ✓ Alimentation de la nappe alluviale de Quaternaire :

Alimenté essentiellement par des eaux de ruissellement des oueds descendant de l'Atlas Blidéen, et l'ascendance verticale des eaux de l'astien à travers les argiles à cailloutis du villafranchien.[10]

- ✓ Alimentation de la nappe de l'aquifère de l'Astien :

L'alimentation de cette aquifère se fait essentiellement par les infiltrations des eaux de pluie sur le sahel ou les affleurements au sud. Il est également alimenté par la nappe alluviale sus-jacente par drainance à travers les marnes jaunes et dont la perméabilité varie de 10^{-7} à 10^{-8} m/s.

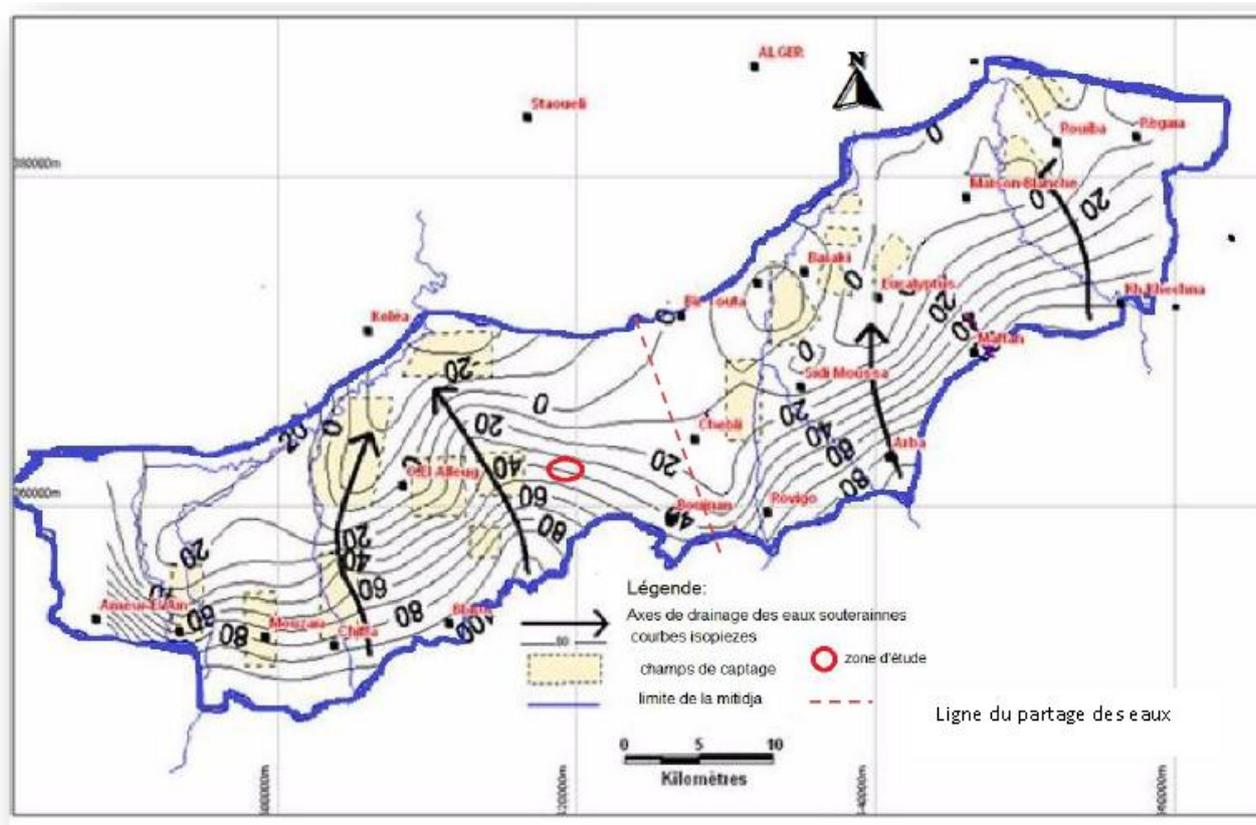


Figure 33 : Carte piézométrique de la nappe de la Mitidja [16]

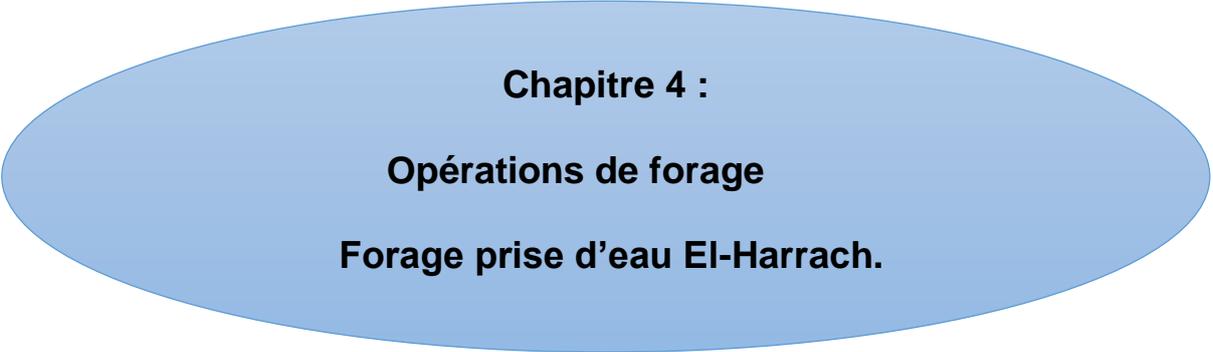
3.1. Conclusion :

La plaine de la Mitidja composé des formations géologique et hydrogéologique suivantes :

- Géologique : le quaternaire, le tertiaire
- Hydrogéologique : quaternaire (gravier, sable, argile) et astien (sable gréseux).

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

Les alluvions grossières du Quaternaire constituent la nappe alluviale 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 à des Profondeur moyennes entre 250 à 400m sauf à proximité des affleurements Nord (Attatba –Koléa).



Chapitre 4 :
Opérations de forage
Forage prise d'eau El-Harrach.

4. Introduction :

Le forage de la prise d'eau d'El Harrach entre dans le cadre du programme de soutien en AEP de la ville d'Alger .les organismes chargés de la réalisation de forage est : SEEAL et L'ANRH. Nous avons été intégré dans le programme pour le suivi des travaux de sa réalisation .nous décrivons les différentes opérations dans ce chapitre. Nous avons assisté à toutes les opérations de ce forage (installation du chantier jusqu'aux essais de pompage).

4.1. Description et reconnaissance du site : (étude géophysique)

Le forage de la station de prise d'eau d'El Harrach est implanté dans les formations argilo-graveleuses, dans le quaternaire de la Mitidja ainsi que dans la formation gréseuse de l'astien.

Afin de vérifier la nature lithologique de ces formations, nous avons effectué une prospection électrique au niveau du site du forage en voie de réalisation avec les caractéristique suivante : $AB/2 = 600m$, et une profondeur d'investigation de 300m

Appareil utilisé un Résistivimètre ABEM SAS 1000



Photo 34 : matériel d'un SEV

Un dispositif de SCHLUMBERGER avec une longueur d'émission du courant entre les électrodes A et B de 1000m de façon à obtenir des profondeurs d'investigation de 250-300m. L'appareillage utilisé est un Résistivimètre de type **ABEM SAS 1000** avec une gamme de courant output de **1 à 1000** Ma tension max **400 V**, puissance max **100w**

Les résultats obtenus lors de réalisation de ce SEV sont mentionnés dans le tableau ci –dessous **(tableau 03)** :

Tableau 03 : résultats du SEV réalisé

AB/2	MN/2	Résistivité apparente $\Omega \cdot m$
10	5	19.09
20	5	12.19
30	5	10.85
40	5	8.65
50	5	6.21
60	5	7.80
70	5	2.07
80	5/30	3.32 / 10.21
100	30	10.26
125	30	6
145	30	6.5
150	30	20
200	30	35
250	30	40
300	30/100	45
350	100	55
400	100	65
450	100	70
500	100	75
600	100	20

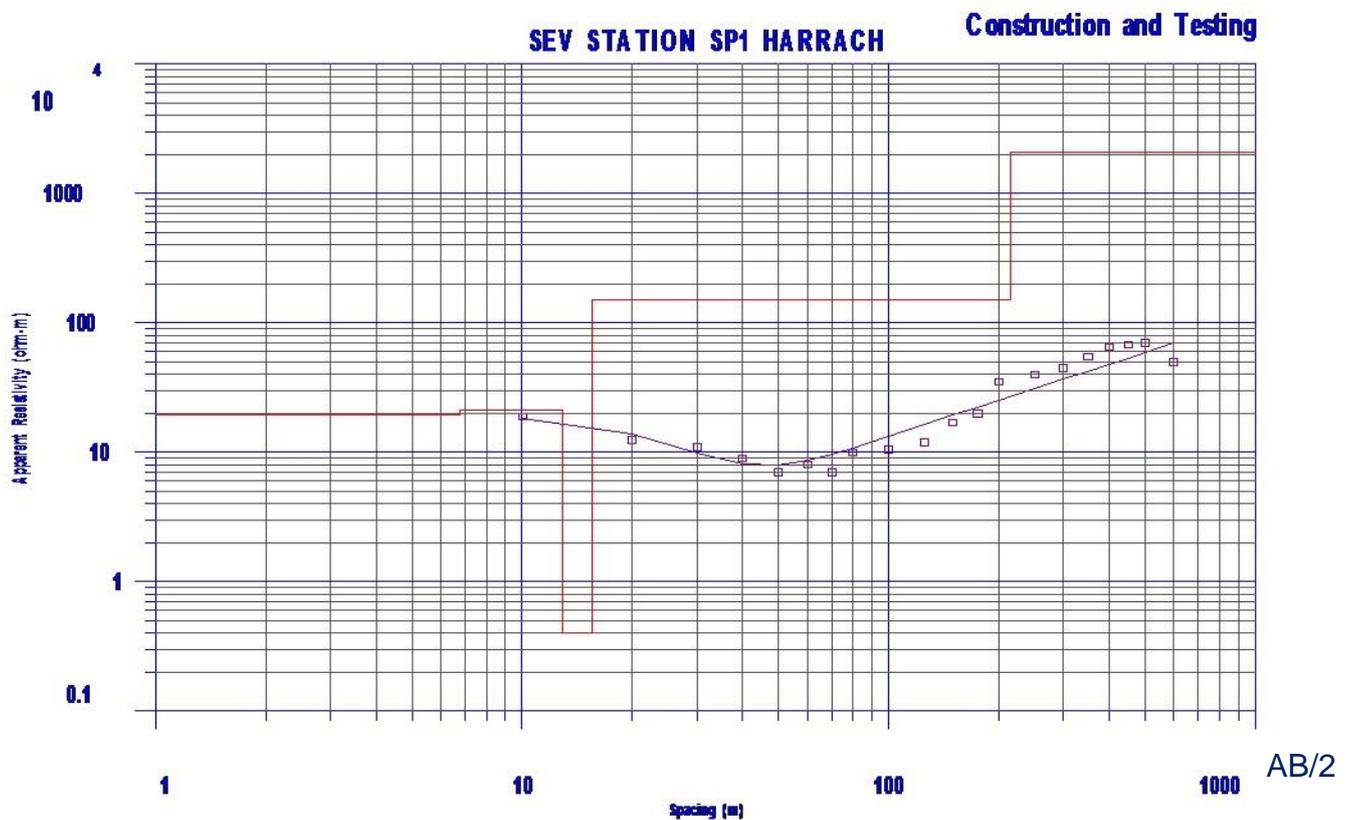


Figure 35: courbe de résistivité apparente en fonction de la distance AB/2

Les résultats DU SEV ont été interprétés par le logiciel (IXD), la modélisation des points expérimentaux à permet d'établir les épaisseurs, le nombre de couche et leurs lithologie [tableau 04]

Tableau 04 : les résultats du modèle d'interprétation du SEV

AB/2	Résistivité	EPAISSEURS	NATURE LITHOLOGIQUE
200	10 Ω .m	80m	Quaternaire argileux graveleuse
600	75 Ω . m	150m	Astien grés sableux

Le SEV confirme la présence des formations géologiques aquifère cité dans le contexte hydrogéologique de la Mitidja (zone d'El Oued El Harrach).

Les résultats de SEV que nous avons réalisé sont conforme aux données géophysique (coupe géo-électrique) réalisé aux environ de l'oued El Harrach près de notre zone d'étude (figure 36).

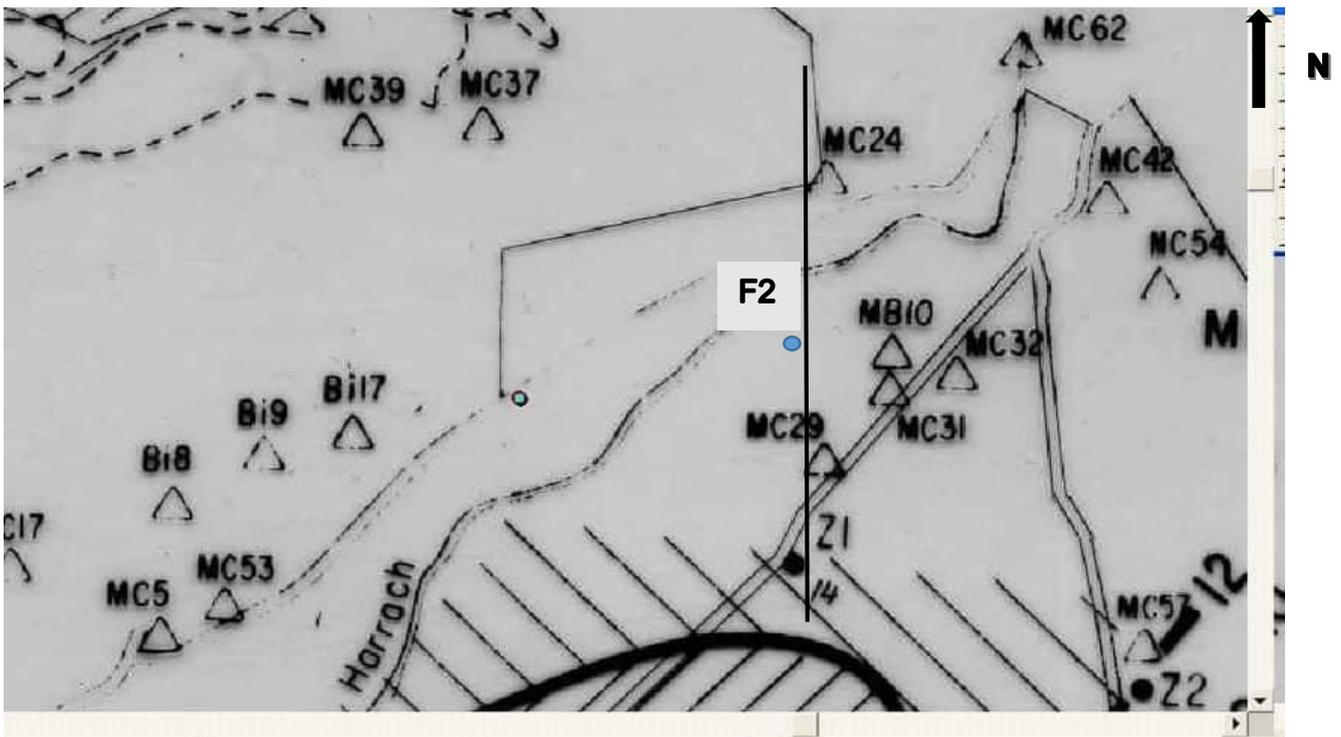


Figure 36 : Carte géophysique

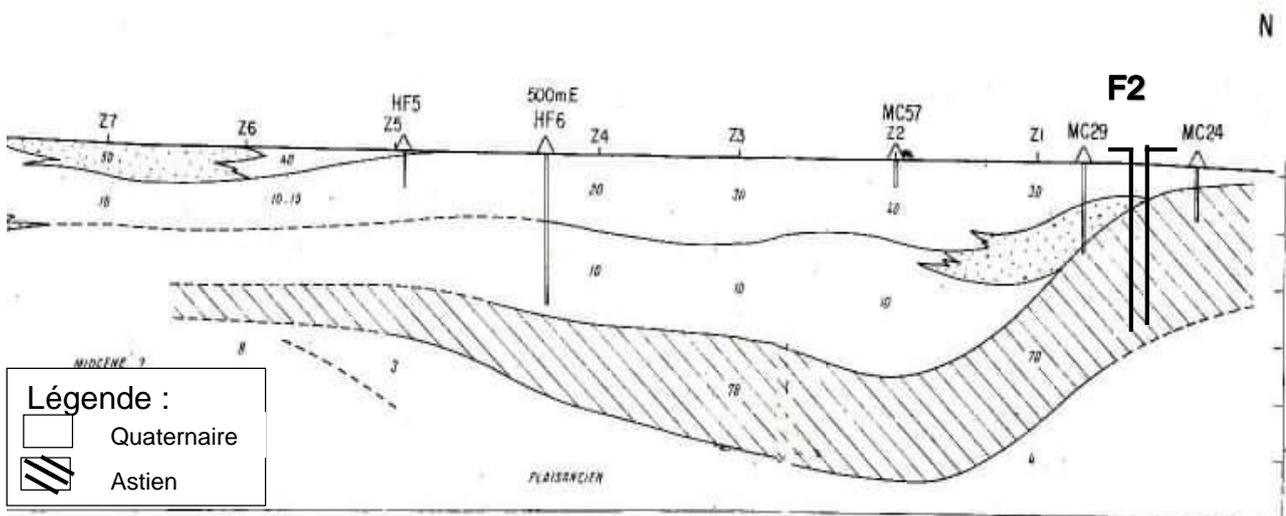


Figure 37 : Coupe géo électrique réalisé par la CGG 1967

4.2. Opérations de forage :

4.2.1. Installation du chantier :

La première phase avant l'installation de la sondeuse sur le site consiste à terrasser l'endroit pour la stabilité de la sondeuse.

4.2.1.1. installation de la machine :

L'installation du chantier et de la machine ont été faite le 10 mars 2021 au niveau de la prise d'eau d'El Harrach

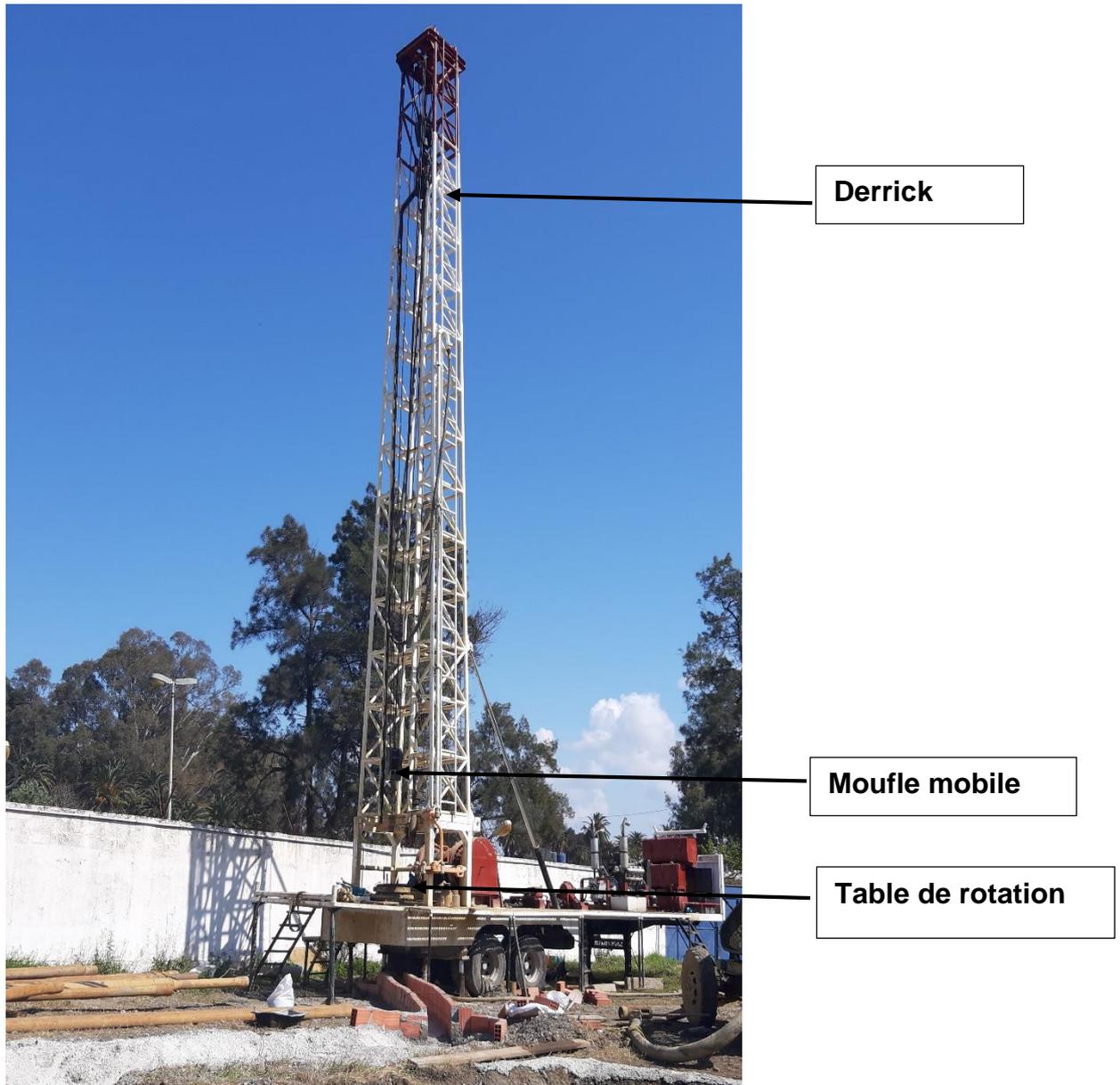


Photo 38: installation de la machine rotary

4.2.1.2. Mise en place des bassins :

Les bassins à boue constituent une réserve de fluide de forage, et permettent le recyclage de la boue par décantation. Deux bassins ont été creusés selon les dimensions suivantes

- Le premier bassin dit bassin de décantation qui reçoit la boue évacuée par la machine lors de la foration pour permettre la décantation de la boue.

Largeur = racine cubique (volume du forage en m³ x 2/ (2.125 x 7.5)) = 1.3m

Longueur = 2.5 x largeurs = 3.25 m

Profondeur = 0.85 x largeurs = 1.10m

Ainsi, **le Volume de la fosse de décantation** est : largeur * longueur * profondeur = 4.6m³

Volume de forage= $(\pi * D^2 * H)/4 = [3.14 * [(12'' * 2.54 * 10^{-2})^2] * 250]/4$
= 18.24m³.

- Le second dit bassin de pompage est prévu pour recevoir la boue décantée pour être pompée dans la machine (injectée dans le train de tige)

Largeur = racine cubique (volume du forage en m³ x 2/ (2.125 x 7.5)) = 1.3m

Longueur = 1.25 x largeurs = 1.62m

Profondeur = 0.85 x largeurs = 1.10m

Ainsi, **le volume de la fosse de pompage est égal à 2.31m³**



photo 39: bassin à boue

➤ **la boue du forage :**

La boue utilisé est composé d'argile en poudre appelé la bentonite dosé entre 15 à 30kg par m³ d'eau de densité 2.6.



Photo 40: sac de la bentonite

4.3. Opération de foration :

4.3.1. Mise en place d'un tube guide :

L'opération de la mise en place de tube guide a été faite selon les étapes suivantes :

- ✓ **la 1^{ère} étape :** le forage a été exécuté avec un outil de diamètre de 26" et de profondeur 40m
- ✓ **la 2^{ème} étape :** mise en place d'un tube en TNRS de diamètre de 24" sur une profondeur de 40m
- ✓ **la 3^{ème} étape :** une cimentation de 40 m afin d'éviter les problèmes d'infiltration latérale avec un ciment HTS qui peut résister à l'agressivité du sol et des eaux usées puisque nous sommes proches de l'oued EL Harrach environ 500m



Figure 41: le ciment HTS utilisé sans la cimentation



Figure 42 : tube guide

4.3.2. Opération de reconnaissance :

4.3.2.1. Forage de reconnaissance :

Le forage de reconnaissance a été exécuté à l'aide d'un outil de 12", jusqu'à 250 m pour obtenir une précision dans l'enregistrement de diagraphie.

L'entreprise de réalisation a effectué cette opération en respectant les étapes suivantes :

- Prélèvement des cuttings tous les 1 m de profondeurs
- Mesure et contrôle des paramètres physiques du fluide (densité, viscosité) et des paramètres du forage (la vitesse de rotation et le débit d'injection)

4.3.2.2. Prélèvements des échantillons :

La circulation de la boue permet de fournir des échantillons broyés à la surface (les cuttings).

L'échantillon final est rincé puis placé dans des sachets en plastique avec étiquettes portant la mention de la cote de prélèvements.



Figure 43: photos des cuttings dans des sachets étanches

Les cuttings ont subi un examen détaillé qui a permis avec l'enregistrement diagraphique d'établir la coupe lithologique.

4.4. Reconnaissance géophysique par diagraphie :

L'opération de l'enregistrement diagraphique permet de localiser avec grande précision les zones productrices d'eau et donc définir la position optimale des crépines,

La diagraphie mesure verticalement la résistivité des différentes couches du sol directement dans le trou de forage.



Figure 44: illustration des équipements employés pour réaliser la diagraphie.

4.4.1. Présentation des enregistrements :

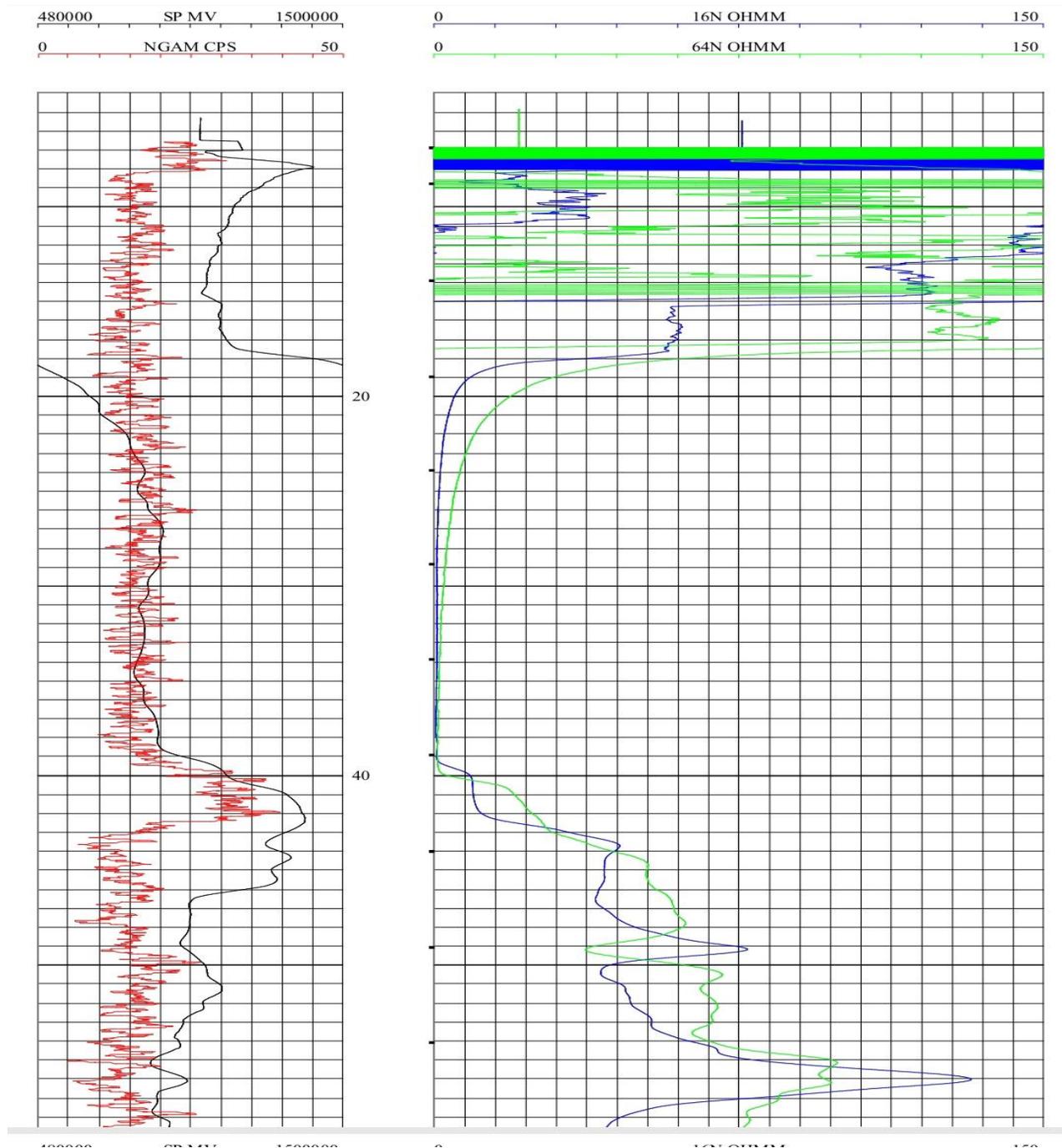
Le principe de cette opération consiste à la mesure de deux grandeurs principales : le potentiel et la résistivité électrique des terrains traversés par le forage de reconnaissance.

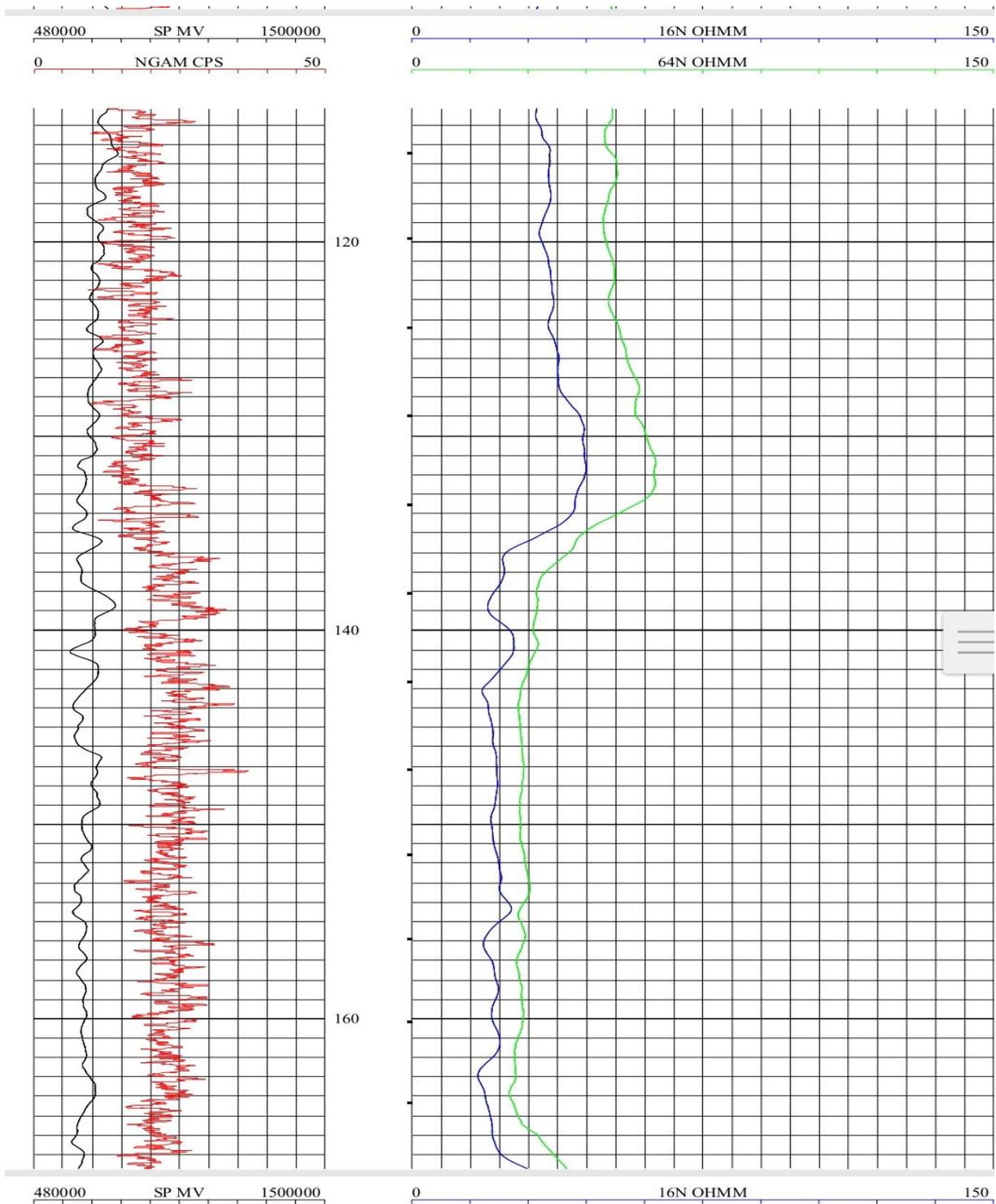
La couche de potentiel donnera une idée de la nature géologique des couches et fixera, grâce à l'échelle verticale, leur position dans le forage.

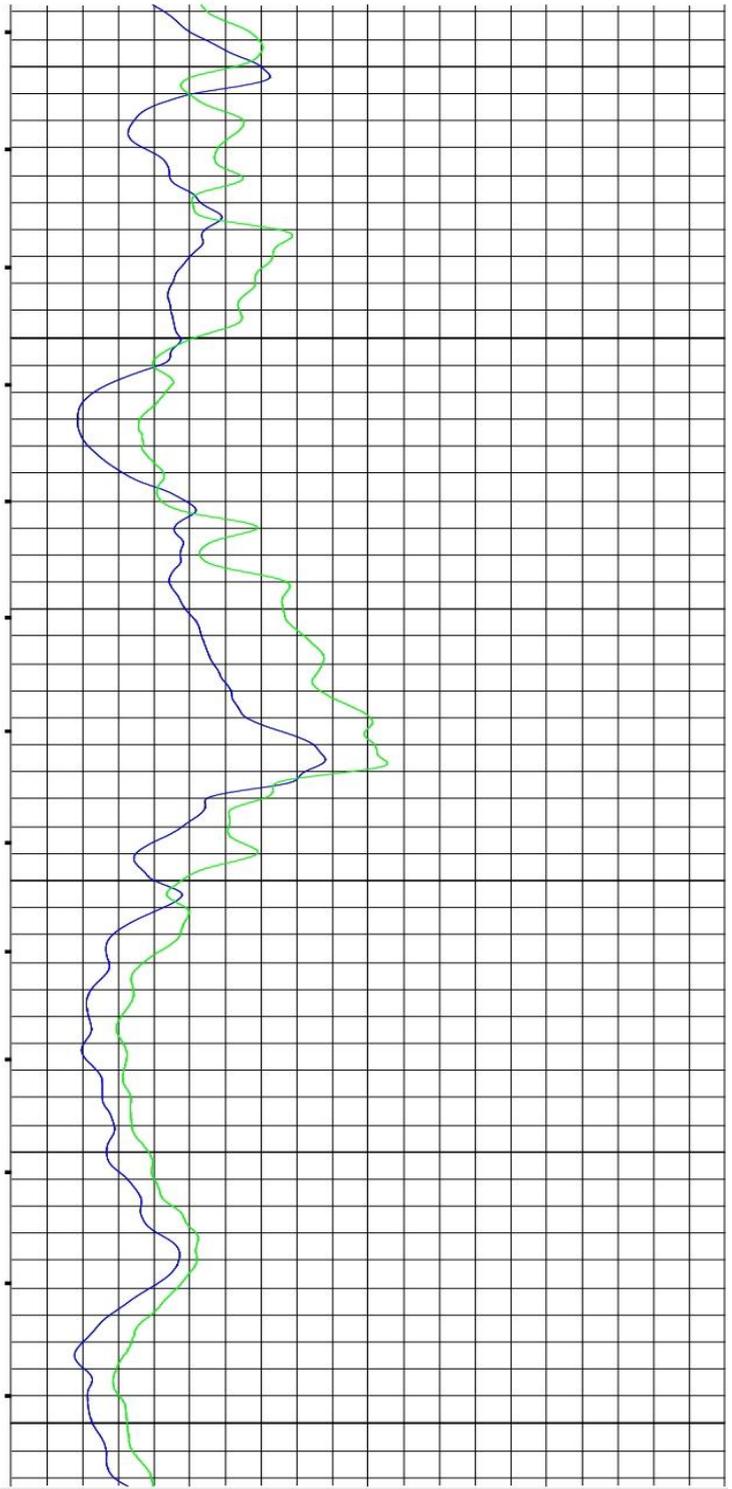
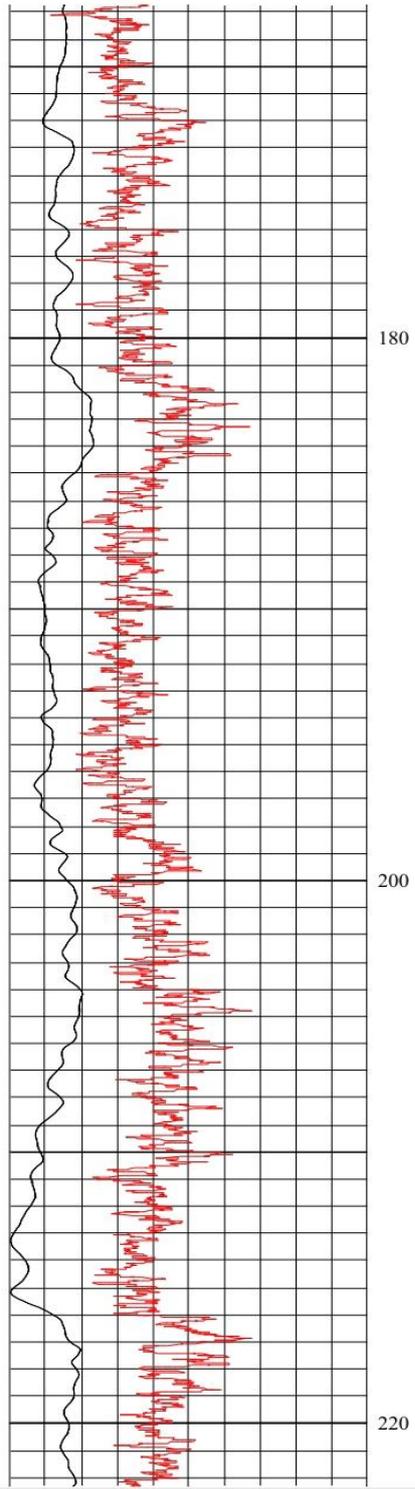
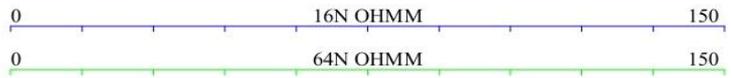
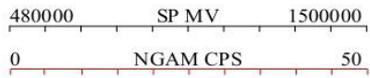
La courbe de résistivité nous renseignera sur la teneur en eau de ces couches, sachant que les formations argileuses ont une faible résistivité et que les formations aquifères douces (sable, grès, graviers ou calcaire) ont une résistivité relativement plus importantes.

Les résultats de l'enregistrement effectué sur notre forage sont présentés sur les figures suivantes (**figure 45**)

- polarisation spontané
- Les résistivités électriques 16N OHMM – 64N OMMM
- GAMMA-RAY







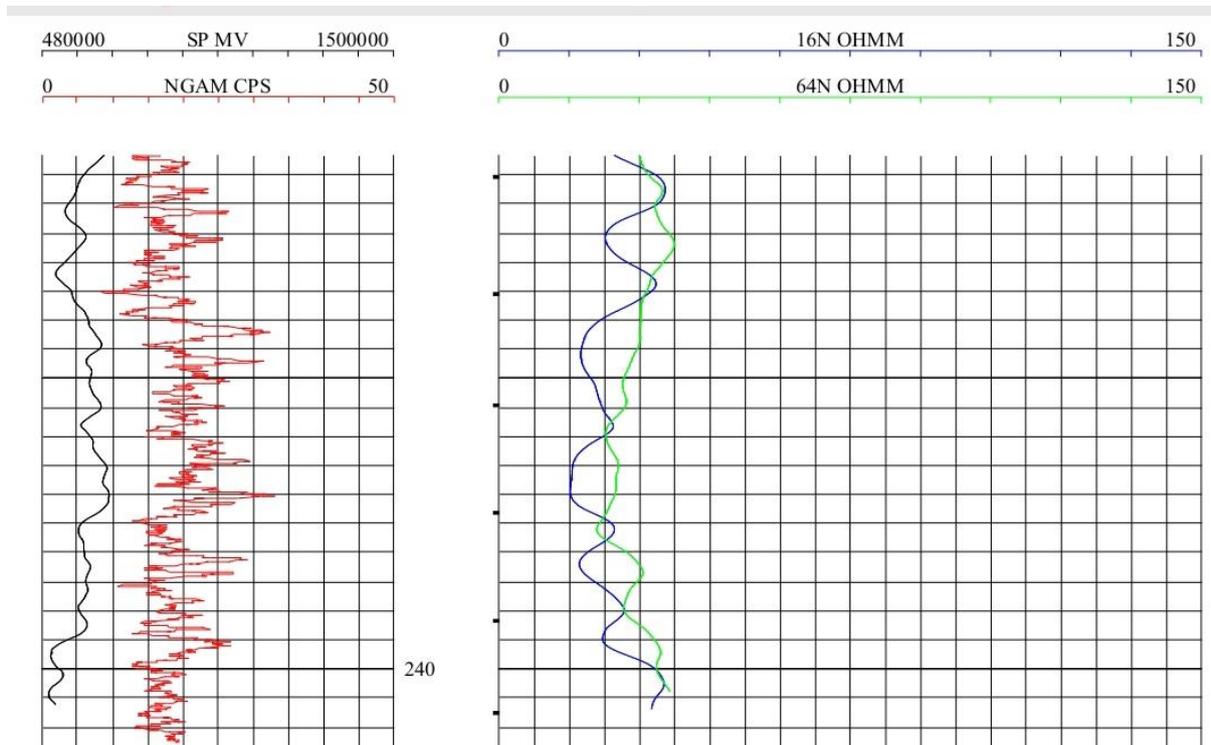


Figure 45 : enregistrement diagraphie.

4.4.2. Interprétation de l'enregistrement diagraphique

L'examen et l'interprétation de l'enregistrement diagraphique à permet d'identifier et déterminer les différents niveaux aquifère sur toute la profondeur de forage.

Ces niveaux sont matérialisés dans la coupe lithologique et équipements de forage

La profondeur du forage est de 250m, l'enregistrement de la diagraphie s'était arrêter à 240m à cause de la décantation de la boue.

- mis en place d'un tube plein jusqu'à 118m pour donner une pression ascendante afin que le rabattement diminue ainsi que le cône de dépression pour éviter d'appeler l'eau de l'oued qui se trouve à côté.
- Selon le profil de conductivité [tab : 05] qui est déjà réalisé au niveau du forage F1 juste à côté de F2 nous montre que la conductivité est très faible (astien une eau de bonne qualité).

- Et suite à l'analyse des cuttings ainsi que l'interprétation des enregistrements des diagraphies du forage de reconnaissance, nous avons établi un programme du tubage et la coupe lithologique présenté dans la figure ci-dessous (figure 45).

Tableau 05: profil de la conductivité

Profondeur [m]	Transmissivité [m ² /s]	Conductivité [s.m ⁻¹]
0	22.4	793
10	22.9	797
50	23.2	825
70	23.8	828
100	25.1	768
150	26.8	719

4.4.3. Plan du tubage proposé pour l'équipement du forage

Le programme d'équipement de la colonne de captage sera comme suit :

- **Colonne en INOX ; diamètre 13''^{3/8} de 0.70 m à 201 m**
- **Cône de réduction 13''^{3/8} / 8''^{5/8} de 201 m à 202 m**
- **Colonne en INOX ; diamètre 8''^{5/8} de 202 m à 250 m**
- **Ouvertures des crépines Slot 10.**

Approvisionnement du chantier en massif de gravier de **3-8 mm** à éléments roulés siliceux.

Tableau06 : programme du tubage

Profondeurs (m)	tube
+0.7 - 118	plein
118 – 136	Crépiné
136-148	plein
148-154	crépiné
154-160	plein
160-178	crépiné
178-184	plein
184-196	crépiné
196-202	Plein avec cône de réduction
202-208	plein
208-214	Crépiné

214-220	plein
220-226	crépiné
226-232	plein
232-244	crépiné
244-250	De décantation avec sabot

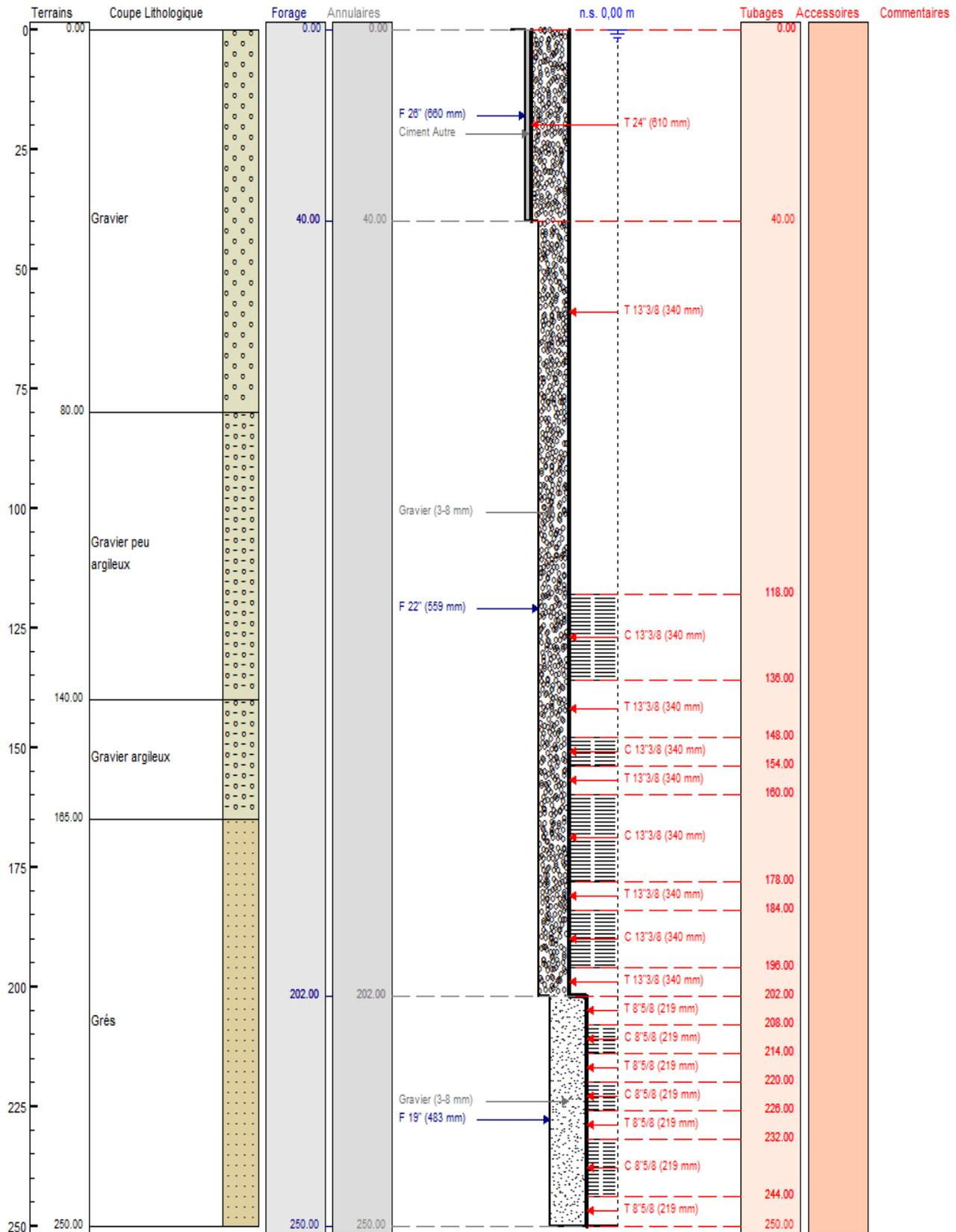


Figure 46 : Coupe lithologique : F2 Prise d'eau

4.5. Alésage :

Cette opération intervient après l'interprétation de l'enregistrement de la diagraphie et le prélèvement des cuttings.

A l'aide des outils de gros diamètres se fait le réalésage du puits de reconnaissance en gros diamètre.

L'élargissement successif du forage en :

17''^{1/2} 19'' et en 22 '' jusqu'à **202 mètres**.

17''^{1/2} 19'' jusqu'à **250 mètres**.

Tableau 07 : différentes diamètres des outils utilisés.

Diamètre Alésage	12''^{1/4}	19''	22''
Diamètre approprié	8''	8''^{5/8}	13''^{3/8}



Figure 47: Diffèrent diamètres des outils de foration

4.6. Opération descente du tubage :

La descente tubage a été faite selon les phases représentées comme suit :

- ✓ **1^{er} phase** : descente du tube de décantation avec sabot qui est utilisés pour positionner les tubes.



photo 48 : tube décanteur avec sabot

- ✓ **2^{ème} phase** : descentes des tubes du tubage de métiers **INOX** crépine d'ouverture **slot 10** et des tubes plein de diamètre $8^{5/8}$.



Figure 49: tube crépine

✓ 3^{ème} phase : fixation d'un cône de réduction 13^{3/8} / 8^{5/8}.



Figure 50: cône de réduction

✓ 4^{ème} phase : descente des tubes en INOX crépiné d'ouverture slot 10 et des tubes plein de diamètre 13^{3/8}.

4.7. Le massif filtrant (gravier additionnel) :

Le massif filtrant est un gravier ou sable (terme générique : "Gravel pack") mis en place entre la crépine et le terrain dans le but d'empêcher le passage des éléments les plus fins de l'aquifère capté. Utilisation d'un massif gravier de 3-8 mm à éléments roulé siliceux

4.7.1. Rôle du massif filtrant :

Le gravier déposé dans l'espace annulaire entre la crépine et les parois du puits pour empêcher l'érosion souterraine et prévenir le colmatage et la réduction conséquente de l'efficacité de puits. Par ailleurs, il faut savoir qu'un massif filtrant de granulométrie surdimensionnée dans une formation sableuse fine, peut provoquer un ensablement de l'ouvrage. Par contre, un massif filtrant de granulométrie trop fine peut conduire à une exploitation partielle de la nappe et rendre difficile l'élimination de la boue de forage.

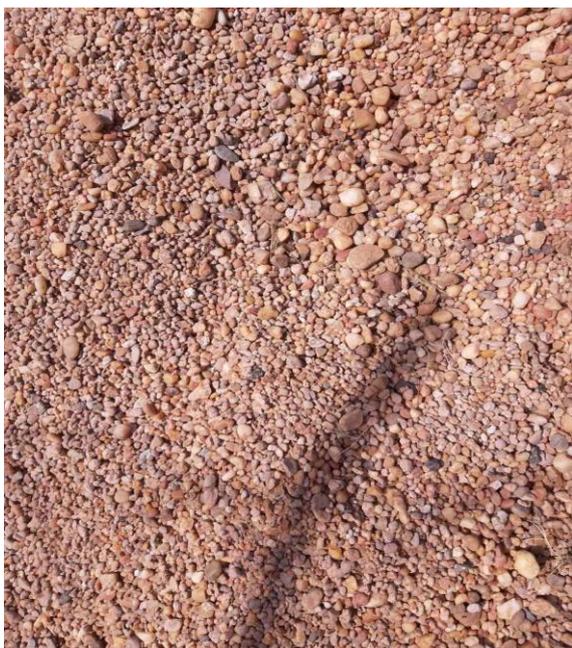


Figure 51: mise en place du massif filtrant

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

4.8. Développement :

Le développement a été fait à l'aide d'un compresseur de 40bar, c'est une étape très importante qui permet d'éliminer la plupart des particules fines du terrain et du gravier filtre qui pourraient pénétrer dans le forage ainsi que le reste du cake de boue et d'arranger le terrain autour de la crépine afin d'en augmenter la perméabilité.

- Cette opération permet d'augmenter de façon significative le débit du forage initialement estimé.
- La nappe est en effet progressivement mise en production, l'aquifère est libéré de ses fines particule, le débit instantané augment.

Le but de l'opération du développement est :

- D'améliorer la capacité spécifique de l'aquifère
- D'éliminer de la zone critique les éléments fins indésirables et de stabiliser la formation.
- D'éliminer le « cake » déposé par la boue sur les parois.



Figure 52 : Compresseur 40 bars

- ✓ **1^{er} phase** : consiste à nettoyer le forage pendant ce temps, il faut descendre le tube d'air à environ 0.30m au-dessous du sabot de tube d'eau, soit 0.60m plus bas que précédemment et à 0.30m du fond de crépine.
- Ouvrir brusquement le robinet d'air. L'eau sera violemment projetée en dehors par le tube d'eau et par le casing, mais pendant un temps très court.

- Remonter ensuite le tube d'air à sa première position ce qui provoque un violent renversement du flux dans le tube d'eau et une grande turbulence dans la formation au tour de la crépine, l'eau éjectée par l'air lift s'écoule très trouble par le tube d'eau.



Figure 53: nettoyage de la boue.

- ✓ **2^{ème} phase** : Quand elle deviendra claire, on remonter le tube d'eau de 0.60m à 1m et on recommence l'opération précédente pour traiter la formation au niveau du tube d'eau et ainsi de suite sur toute la hauteur de la crépine.
- Il sera alors nécessaire de redescendre le tube d'eau à sa première position afin de sortir par air –lift le sable que s'est déposé tout au fond de la crépine.
- Lorsque l'eau extraite à ce dernier stade sort claire sans sable, on peut considérer que le développement est terminée.



Figure 54: développement à l'air lift (pneumatique), compresseur 40bar.

4.9. Les essais de pompage :

4.9.1. Introduction

Les tests de pompage interviennent après les opérations de nettoyage et développement du forage afin de déterminer les différents paramètres hydrodynamiques de l'aquifère et les conditions optimales d'exploitation.

- **Préparation de l'essai de pompage :**

Les deux paramètres qui doivent être mesurés lors de tout essai de pompage sont le niveau d'eau dans le forage et le débit d'extraction de l'eau.

- **observation de niveau d'eau :**

l'équipement de base nécessaire pour observer ces deux paramètres est la sonde piézométrique manuelle est le moyen le plus pratique, robuste et accessible d'observer les niveaux d'eau dans les forages.

La sonde piézométrique est descendue dans le forage, et lorsqu'elle atteint la surface de l'eau, un circuit électrique est activé et émet un « bip » et le niveau d'eau peut alors être lu sur un ruban gradué .



Figure 55 : Sonde manuelle

4.9.2. Observation des débits de pompage :

- **Débitmètre** : Son principe repose sur l'utilisation des pistons à ressort qui sont défléchis par le flux d'eau, et le débit est lu sur l'échelle graduée.



Figure 56 : un débitmètre

- **Compteur d'eau** : Il Permet de faire des relevés à des heures précises et de calculer le débit.



Figure 57 : compteur analogique

L'opération des essais de débits débutant après le développement complet du forage
Des essais a plusieurs paliers et un essai de longue durée ont été effectués ce forage.

Essai par palier (courte durée) :

Il est réalisé en maintenant plusieurs paliers de débit constant pendant une courte durée toute en mesurant le débit et le rabattement en fin de chaque palier. Chaque palier est suivi par un arrêt d'une durée permettant la remonté de niveau d'eau.

Essai de longue durée :

Il s'effectue avec un pompage de longue durée à débit constant réalisé généralement pendant 72h afin de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (la Transmissivité (T), la perméabilité (K), le coefficient d'emmagasinement(S) et le rayons d'action(R).

4.9.3. Interprétation de pompage par palier :

• **Résultat expérimentaux :**

- ✓ Niveau statique = 0 (Artésien)
- ✓ On a trois palier de 3h.

Les résultats des essais de pompage par palier (courte durée) sont présentés dans le tableau ci-dessous (**tableau 08**)

Tableau 08: Caractéristiques brutes de pompage par paliers de l'ouvrage de production F2 prise d'eau.

Débits (m ³ /s)	Δ(m)
0.02	24.22
0.025	28.1
0.03	37.1

• **courbe caractéristique du forage (débit critique) :**

On calcule le rabattement spécifique pour chaque palier :

Rabattement spécifique (m/m³/s) = Rabattements (m) / Débits (m³/s)

Tableau 09 : résultats des rabattements spécifiques

Rabattements (m)	Débits (m ³ /s)	rabattements spécifiques (m/m ³ /s)
24.22	0.02	1211
28.1	0.025	1124
37.1	0.03	1236

On trace le graphe rabattements spécifiques en fonction des débits :

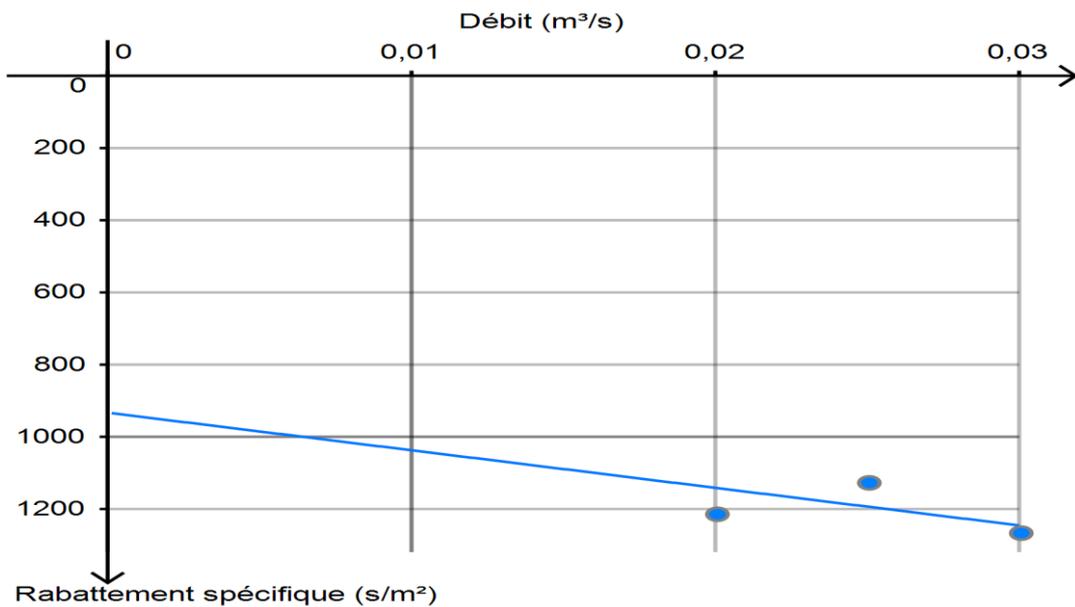


Figure 58 : rabattements spécifiques en fonction des débits

4.9.4. Calcule des pertes de charge :

Le rabattement **S** mesuré dans l'ouvrage à un instant donné, est la somme de deux composantes nommées pertes de charge caractéristiques du complexe aquifère-ouvrage :

- Jacob propose d'exprimer le rabattement dans le forage par l'équation suivante :

$$S = B. Q + C. Q^2$$

En termes de rabattement spécifique l'équation devienne :

$$\frac{S}{Q} = B + C. Q$$

S : rabattement total (m)

Q : débit de pompage (l/s)

B et C : coefficient de perte de charge linéaire et quadratique respectivement

BQ : représente les pertes de charges linéaire, provoquée par l'écoulement linéaire dans l'aquifère au voisinage du puits.

CQ² : représente les pertes de charges quadratiques, provoquée par l'écoulement turbulent dans l'ouvrage, les crépines et le tubage.

Les essais à permet de tracer la courbe **S/Q=f(Q)** qui est représenté par un droite de pente C qui égale à **10400 s/m⁵** et d'ordonnée B qui est égale à **933 s/m²**, donc :

$$S = 933Q + 10400Q^2$$

Tableau 10 : rabattement- débit

Débits (m ³ /s)	Δ(m)	Rabattement Linéaire calculé (m)	Rabattement quadratique calculé (m)
0.02	24.22	19	4.2
0.025	28.1	23	6.5
0.03	37.1	28	9.4

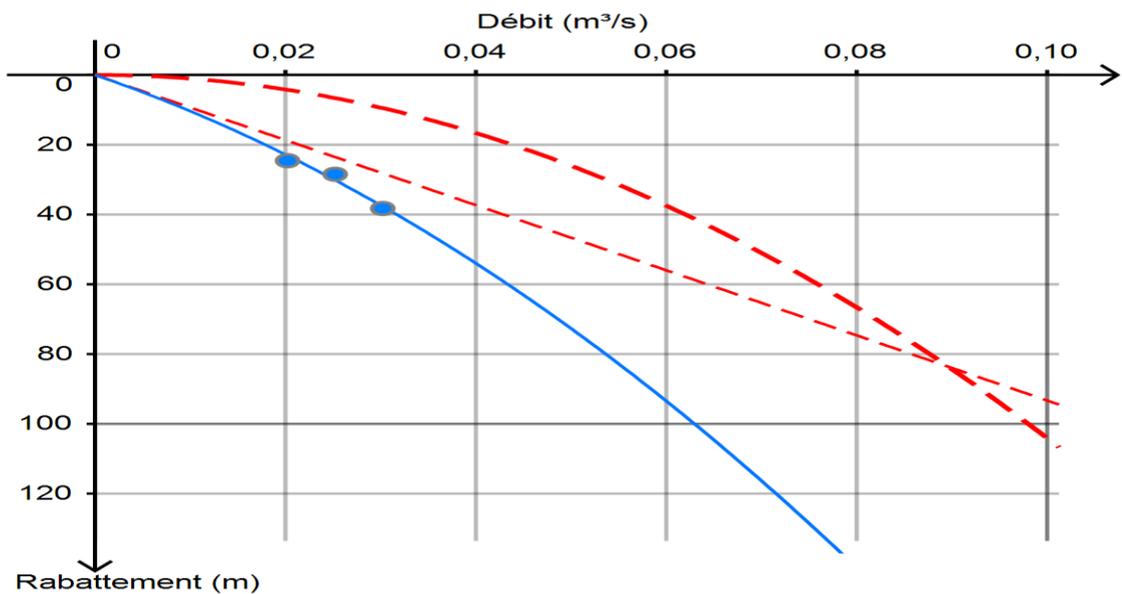


Figure 59: courbe caractéristique des pertes de charges

- Les deux courbes **Fig58** et **Fig. 59** ont été réalisé à la base des essais par palier (tableau débit rabattement)

- Interprétation de ces résultats nous a permis de déterminer un débit critique du forage F2 de 18-20l/s

4.9.5. Interprétation des données à longue durée :

Un essai de longue durée a été réalisé par le service d'ANRH, SEEAL .

L'équation de Jacob s'écrit :

$$S = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{x^2 S'}$$

S : rabattement théorique en **m**

S' : coefficient d'emménagement

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 de piézomètre d'observation à l'axe du puits de pompage en **m**

Les données de pompages sont reportées sur un papier graphique semi-logarithmique, le rabattement **S** en fonction du logarithme du temps **t**, on obtient une ligne droite qui est représenté par l'équation suivante :

$$S = 0.183 \frac{Q}{T} \log \left(\frac{2.25Tt_0}{S'.x^2} \right)$$

$$S = 0.183 \frac{Q}{T} (\log \left(\frac{2.25Tt_0}{S'.x^2} \right) + \log t_0)$$

C'est une fonction de la forme $y = a + bx$

Dans ce cas $y = a(\log b + \log x)$

La constante **a** est déterminé par la pente de la droite représentative, d'où

$$a = 0.183 \frac{Q}{T} = \text{tanga} = \frac{dy}{dx} = \frac{\delta(s)}{\delta(\log t)}$$

La valeur $\delta(s)$ et $\delta(\log t)$ sont données par l'accroissement du rabattement dans un cycle logarithmique donc :

$$\delta(s) = C = \frac{0.183Q}{T} \quad \text{D'où} \quad T = 0.183 \frac{Q}{C}$$

Calcul des propriétés hydrodynamiques : Ces types de calculs se base sur la courbe de descente et de remonté, d'après la courbe de descente qui est représenté dans un papier semi-logarithmique (**figure 60**) on calcule les paramètres suivantes :

La Transmissivité : la descente :

$$T = \frac{0.183Q}{i} = \frac{0.183 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{0.6} = 6.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Coefficient d'emmagasinement :

$$\text{Nous avons : } t_0 = \frac{r^2 \cdot s}{(2.25 \cdot T)}$$

Dont t_0 : le prolongement de la droite vers les abscisses.

$$s = \frac{2.25 \cdot T \cdot t_0}{r^2} = \frac{2.25 \cdot 6.1 \cdot 10^{-3} \cdot 0.6 \cdot 60}{(24 \cdot 2.54)^2} = 1.32 \cdot 10^{-4}$$

Le rayon d'action

$$R = \sqrt{\frac{2.25 T t}{s}} = 1.5 \sqrt{\frac{T t}{s}} = 111.70 \text{ m}$$

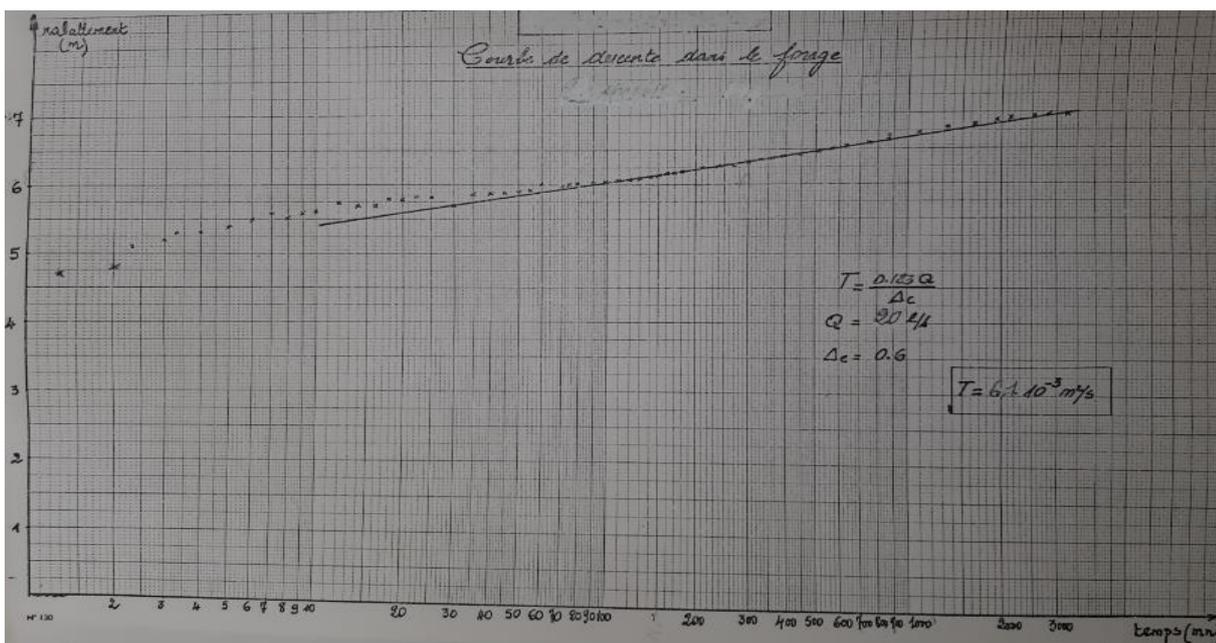


Figure 60: rabattement en fonction du LOG T

- Courbe de descente tracer à la base des données de l'essai permette de calculer une pente de la droite qui permet la détermination des paramètres hydrodynamiques T et S et R.

4.9.6. Conclusion :

Les essais de pompage réalisés au niveau du forage F2 prise d'eau El Harrach ont permis de déterminer les caractéristiques hydrauliques suivantes :

- le niveau statique, le niveau dynamique, le débit d'exploitation, le débit et le rabattement spécifique.
- les caractéristique de l'aquifère: la Transmissivité, coefficient d'emmagasinement et rayon d'action

Conclusion Général

La région étudiée est située dans la partie centrale de la Mitidja. L'étude hydro climatologique montre que la zone de la prise d'eau, El Harrach est caractérisée par un climat régional Méditerranéen très froid en hiver, et chaud en été.

L'étude géologique montre que la plaine correspond à un bassin de subsidence continue renfermant le remplissage Plioquaternaire, le massif de l'atlas Blidéen composé d'un socle métamorphique d'âge crétacé, le massif d'Alger entouré par des dépôts sédimentaires d'âge Plioquaternaire et le Sahel. Ces deux constituants sont limités en leur partie méridionale par le bassin de la Mitidja. Plus au Sud les reliefs de l'Atlas Blidéen, limitent la Mitidja.

L'étude géophysique réalisée par la CGG (1967) a permis d'illustrer la géométrie des aquifères (les alluvions du quaternaire et l'astien gréseux) les marnes et les argiles bleue du miocène et du Plaisancien jouent le rôle de substratum, confirmé par un SEV réalisé sur le site du forage F2 prise d'eau.

Par ailleurs, La plaine de la Mitidja a un potentiel très important de ressources en eaux, elle est constituée de deux aquifères séparés par des formations marneuses imperméables dites les marnes d'El-Harrach L'aquifère Astien est présenté un faciès gréseux. L'aquifère du Quaternaire, qui a une surface libre, est formé par des alluvions récentes et anciennes. C'est l'aquifère le plus exploité.

Les opérations de réalisation techniques du forage F2 ont été menées selon les normes et peuvent être résumés comme suit :

- Le site d'implantation du forage a été confirmé par l'étude géophysique
- La proximité du forage sur oued El Harrach qui posait des problèmes au départ de la relation oued nappe et qu'il fallait prendre en compte
- Le forage a été réalisé en reconnaissance :
 - La mise en place d'un tube guide (exécution avec un outil de diamètre de 26'' et de profondeur 40m, mise en place d'un tube en TNRS de diamètre de 24''sur une profondeur de 40m, une cimentation de 40 m afin d'éviter les problèmes d'infiltration latérale avec un ciment HTS.

- Forage de reconnaissance : a été exécuté à l'aide d'un outil de 12'' (250m) et prélèvements des cuttings tous les 1m
- Reconnaissance géophysique par diagraphie (12'')
- Etablissements d'un programme d'équipement (tube en INOX ouvertures des crépines slot 10, L'élargissage successif du forage en : 17''^{1/2} 19'' et en 22 '' jusqu'à **202 mètres**, 17''^{1/2} 19'' jusqu'à **250 mètres**.
- Descente du tubage (descente d'un tube de décantation avec sabot, des tubes du tubage en INOX crépine d'ouverture slot 10 et des tubes plein de diamètre 8''^{5/8}, fixation d'un cône de réduction 13''^{3/8}/8''^{5/8}, descente des tubes en inox crépiné d'ouverture slot 10 et des tubes pleins de diamètre 13''^{3/8}.
- Massif filtrant : Utilisation d'un massif gravier de 3-8 mm à éléments roulé siliceux
- Développement : a été fait à l'aide d'un compresseur de 40bar,
- Les essais de pompage : la détermination des paramètres hydrodynamiques T, S et R

Un forage positif qui va contribuer au soutien et la sécurisation de l'AEP de la ville d'Alger

Bibliographie

[1] : **BLKBIR Yassin 2015** : Approche Géophysique de l'impact des changements climatiques sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines (cas de la Mitidja): mémoire master ENSH.

[2] : **Richard LAGABRIELLE** : Article de référence | Réf : C224 v4, publiée le 10 mai 2007.

[3] : **MAHAMMAD DJILALI Morad, 2012** : utilisation des dispositifs de géophysique électrique non classique pour l'étude des couches géologiques profondes : thèse doctorat université d'Oran

[4] : **Véronique Naudt** : Les méthodes de résistivité électrique et de potentiel spontané appliquées aux sites contaminés publié le 16 novembre 2004

[5] : **M. Konstantinos CHALIKAKIS 2007** : application de méthodes géophysiques pour la reconnaissance : thèse doctorat université paris 6

[6] : **Gabriel Fabien-Ouellet** : cours géophysique appliquée

[7] : **pdf** guide technique de réalisation, de protection, de gestion et d'abandon des forages d'eau 2015

[8] : **MOHAMED ALI Bachir, KAHBOUB Brahim 2017** : Le suivi hydrogéologique des travaux de forages d'eau pour l'alimentation en eau potable de la nouvelle ville de Blida (dans la plaine de la Mitidja, Bouinane,) : mémoire de fin d'étude Université Djillali Bounaama de Khemis-Miliana.

[9] : **TAHIR Khadîdja et FLITA Sihem 2019** : mémoire de master suivi de la réalisation d'un forage d'eau potable pour la réalimentation en eau potable de ville de Larbâa.

[10] : **D. Chapelier 2000** : cours online géophysique, université de Lausanne. Institut français du pétrole.

[11] : **Gilles Bresson** : les méthodes de forage

[12] : ZINET Hichem et BECHERAIR Nassima : Etude de l'intrusion marine par le profil de conductivité (cas de la baie d'Alger) : mémoire de fin d'étude université Saad Dahleb Blida.

[13] : OUDAI Hiba 2020 : suivi de la réalisation d'un forage d'eau potable pour la réalimentation en eau potable de la localité de Chiffa : mémoire de fin d'étude université Saad Dahleb Blida.

[14] : Centre hydrogéologique de la Mitidja ANRH 1971

[15] : Bennie and partners 1983

[16] : Compagne, avril 2015

Web graphie

Fr.m.wikipedia.org

Aps.dz/ ressource en eau

Earthwise.bgs.ac.uk/ hydrogéologie d'Algérie