



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ABOU BAKR BELKAID –Tlemcen -
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers



Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Présenté pour l'obtention du **diplôme de Master**

Spécialité : Hydrogéologie

Thème :

IMPLANTATION DE FORAGE DE LA REGION SIDI MEDJAHED –TLEMCEEN-

Présenté par :

Mme CHAA Fatima Zohra

Mr BENYAHIA Mohammed Hassen

Soutenue en juin 2023, devant le jury composé de :

Président : Mr CHIKH. M

MAA Université Abou Bakr Belkaid –Tlemcen

Encadrante : Mme KERZABI YOUSFI S.

MCB Université Abou Bakr Belkaid –Tlemcen

Co-encadrant : Mr KERZABI R.

MAA Université Abou Bakr Belkaid –Tlemcen

Examineur : Mme BOUDJEMA GUETTAIA S. MCA Université Abou Bakr Belkaid –Tlemcen

Remerciements

Reconnaissant en vers dieu pour la force qui nous a apporté dans nos moments de faiblesses et de doutes on tiens a remercier toute personne qui nous a aidé , encouragé et soutenu pour atteindre ce niveau d'étude .

Nous tenons à remercier notre encadrant Mme Kerzabi pour sa patiente et sa disponibilité et le savoir qu'a partagé avec nous pour effectuer ce travail.

On désire remercier aussi Mr. KERZABI pour ses conseils, et son soutien. On désire remercier aussi les ingénieurs chargés de ce projet Mr. Rostan et Mr. Nebia pour leur aide et leurs orientations précieuses.

On tient à témoigner toute notre gratitude aux membres de jury.

*D*édicace

Je dédie Cet évènement marquant de ma vie

A mes très chers parents qui m'ont frayé un chemin vers le succès.

A mon ange, A ma source de bonheur et de joie « Ma mère »

A celui qui fut le plus brave des hommes, m'ouvrant ses bras dans les sombres

Moments et m'aidant à aller de l'avant vers le meilleur « mon père »

Aux bougies de ma vie, mes sœurs : Assia, Halima, Amina, Soumia,

Khadija, Romaiassa, Meriem, Hafssa, et Hafida.

A mon mari «ALI »

A mon petit prince « Mohamed Yacine »

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

A toutes ma famille sans exception.

Chaa Zohra.

*D*édicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents qui ont été la source de ma volonté, ma force, et la personne que je suis maintenant. Je dédie également ce travail à mes sœurs Yasmine et Amina et Mes amis Nassim, Salah, Cherif, Hakim, qui ont toujours été une source de lumière dans les moments d'obscurité.

Je le dédie aussi à mon Docteur et à toute personne qui a été une source de bonheur dans ma vie.

Benyahia Mohammed Hassen.

TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicaces

Liste des Figures et des Tableaux	
Résumé	1
Introduction générale.....	3
PARTIE I : Contexte général	5
I- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE	6
I-1. Situation géographique de la zone d'étude	6
I-2. Synthèse climatique	8
II- CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	8
II-1. Contexte géologique général	8
II-2. Description lithostratigraphique	9
Jurassique supérieur	10
Miocène	10
Pliocène (p2-a) : il s'agit de conglomérats rubéfiés, très étendus au Nord de Koudiat	
Naïma	10
Quaternaire	11
II-3. Contexte structural	14
II-4. Description hydrogéologique	14
PARTIE 2- Chapitre I : Implantation et procédé	16
I- SYNTHESE GEOLOGIQUE DU SITE.....	17
II- IMPLANTATION DU FORAGE	17
PARTIE 2- Chapitre II : Etapes de foration.....	18
I- INSTALLATION DU CHANTIER	19
I-1. Sécurité du chantier	19
II- MATERIELS UTILISES DANS LE FORAGE ROTARY.....	22

II-1. Matériels et équipement de fond	22
II-1-1. Les tiges	22
II-1-2. Les masses tiges	24
Les Tools-joints	24
Les tiges lourdes	24
Les stabilisateurs	24
II-1-3. Outil de forage	24
II-2. Equipements de surface	26
II-2-1. Matériels et équipements de puissance	26
Les sources d'énergie	26
La pompe à boue	27
Le circuit de la boue	27
Rôles de la boue	28
II-2-2. Les matériels et équipements de rotations	28
La table de rotation.....	28
Le carré d'entraînement	29
La tige d'entraînement	29
III- DIFFERENTES PHASES DE FORATION	29
III-1. Installation du tube guide.....	29
III-2. Forage de reconnaissance	30
III-3. Prélèvements des cuttings	30
III-4. Diagraphie et interprétation	32
III-4-1. Objectifs de la diagraphie	32
III-4-2. Enregistrements diagraphiques.....	32
Présentation des diagraphies prise sur le site du forage	32
Interprétation des résultats.....	32
IV- EQUIPEMENT DE FORAGE	35

IV-1. Mise en œuvre et choix de l'équipement de forage	35
IV-1-1. Tubage	35
IV-1-2. Choisir le tube plein	35
IV-1-3. Crépines	36
Types de crépines	36
<i>a-Crépines en acier</i>	37
<i>b-Crépines en PVC</i>	37
Choix de la crépine.....	37
IV-2. Massif filtrant (gravier additionnel).....	38
Calcul du volume du gravier additionnel	40
V-DEVELOPPEMENT D'OUVRAGE.....	42
V-1. Rôle et concept du développement à l'air lift	42
V-2. Différentes étapes de développement	42
V-5. Phase du développement sur le site.....	43
CONCLUSION GENERALE	45
Bibliographie	46

Liste des Figures et des Tableaux

Figure 1 Situation géographique de la commune de Sidi Medjahed.....	6
Figure 2 Position de Koudiet En Naïma sur une partie de la carte topographique de Maghnia (1/50000)	6
Figure 3 Position approximative de notre région d'étude par rapport au horst de Rhar Roubane (LUCAS 1952).....	8
Figure 4 Extrait de la carte géologique de Maghnia (ONRGM 1997, digitalisée).....	10
Figure 5 Colonne lithostratigraphique locale de la zone d'étude (d'après Benest et al. 1999) (modifiée)	13
Figure 6 Coupe montrant le sommet de Koudiet Naïma et la position du forage (ONRGM, 1997, modifiée).....	17
Figure 7 Terrain terrassé et le mas du forage installé.....	20
Figure 8 Plan du chantier vu le 11/ 05/ 2022.....	21
Figure 9 Tiges utilisées sur le site de Forage à Sidi Medjahed.....	22
Figure 10 Composants d'un forage rotary selon A. Mabillot (1971).....	23
Figure 11 Les outils à molettes.....	25
Figure 12 Outils utilisé dans le forage (Sidi Medjahed).....	26
Figure 13 Sources d'énergie sur le forage de Sidi Medjahed	26
Figure 14 Pompe à boue utilisée lors du forage sur le site de Sidi Medjahed	27
Figure 15 Le bassin de boue et les réserves de bentonites	28
Figure 16 La table de rotation (forage de Sidi Medjahed).....	29
Figure 17 Photos du tubage utilisé comme tube guide (forage de Sidi Medjahed).....	30
Figure 18 Exemple de deux cuttings pris sur le site de forage de Sidi Medjahed.....	31
Figure 19 Exemple de trois échantillons pris sur le site de Sidi Medjahed étiquetés.....	31
Figure 20 Enregistrements diagraphiques sur le site de forage de Sidi Medjahed.....	34
Figure 21 Phase d'équipement mise en place du tubage (tube plein) à Sidi Medjahed	36
Figure 22 Crépine de filtration en PVC (source DRE Tlemcen).....	37
Figure 23 Crépines utilisé dans le forage de Sidi Medjahed (source DRE de Tlemcen).....	38
Figure 24 Position du massif filtrant dans le forage	39
Figure 25 Principe du massif filtrant.....	40
Figure 26 Schéma de la colonne hydrogéologique de l'aquifère avec l'équipement de fond du forage Sidi Medjahed	41
Figure 27 Concept simplifié du développement à l'air lift.....	43
Figure 28 Photos démontrant le développement à l'air lift sur le forage de Sidi Medjahed.....	44

Liste des tableaux :

Tableau 1 Informations géographique sur la commune de Sidi Medjahed	6
Tableau 2: Diamètres de tubage en fonction des gammes de débit et/ou des diamètres extérieurs de pompes. (Bousselal.B 2017).....	35

Résumé :

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un suivi du forage de Sidi Medjahed (Ouest de Tlemcen) destiné à l'alimentation en eau potable d'une zone communale de la région. Les travaux sont dirigés par la direction des ressources en eau de Tlemcen. Nous avons assisté à la majorité des étapes et ce qui nous a permis de connaître les différentes étapes du processus de la foration de l'implantation jusqu'à l'installation et le développement.

Ce forage nommée Sidi Medjahed a donné un débit final de 10 litres par secondes. Son objectif est de satisfaire la région en eau potable.

Mots clés : Suivi des travaux de forage, Etapes, Equipements, Sidi Medjahed.

Abstract:

This work was carried out as part of a follow-up to the drilling of Sidi Medjahed (west of Tlemcen) to supply drinking water to a communal area of the region. The work is led by the Tlemcen Water Resources Branch. We attended the majority of the steps and what allowed us to know the different process of make the borehole; from the implantation to the installation and development.

This drill named Sidi Medjahed gave a final flow of 10 liters per second. Its objective is to satisfy the region with drinking water.

Keywords: Monitoring of drilling work, Steps, Equipment, Sidi Medjahed.

ملخص :

تم تنفيذ هذا العمل في إطار متابعة حفر بئر عميقة بسيدي مجاهد (غرب تلمسان) لتزويد منطوة سكنية بالمياه الصالحة للشرب. يشرف على متابعة هذه الأعمال نرع الموارد المائية في تلمسان. حضرنا معظم المراحل ومما سمح لنا بتتبع عملية الحفر من تعيين مكان الحفر إلى التركيب وتطوير البئر.

أعطت هذه البئر المسماة بسيدي مجاهد تدفقاً زهائلاً قدره 01 لترات في الثانية. هدفها هو تونير مياه الشرب لسكنة المنطقة.

الكلمات الرئيسية: مراقبة أعمال الحفر، المراحل، المعدات، بسيدي مجاهد

Introduction générale

Mettre en place un forage d'eau est toute une procédure compliquée, nécessite des études préalables approfondis et un suivi rigoureux des travaux de réalisation.

Devant la persistance crise de l'eau en Algérie, conséquence d'une longue période sans précipitations et compte tenu de la baisse des niveaux de réserves des eaux dans les barrages, les autorités algériennes locales de Tlemcen explorent tous les moyens pour résoudre le problème qui constitue désormais une priorité importante dans l'ordre de leurs préoccupations dans la perspective d'accélérer la mise en œuvre des actions contenues dans le programme d'urgence en vue de l'approvisionnement des populations en eau potable.

Dans la région de Tlemcen, les ressources en eau souterraines sont largement exploitées. Les forages sont le type de captage le plus utilisé. Chaque année, on compte en moyenne plus de 100 mètres linéaires forés. Dans le cadre du renforcement de l'alimentation en eau potable de la population de la partie ouest de la wilaya de Tlemcen, des campagnes de reconnaissance sont menées dans la région de Sidi Medjahed.

C'est ainsi que s'inscrit le projet de l'implantation de forage de Sidi Medjahed mené par la direction des ressources en eau (DRE) de la wilaya de Tlemcen. Ce projet peut répondre aux besoins hydriques qui connaîtront une croissance exponentielle, du fait de l'essor démographique et du développement socio-économique, et que les déséquilibres sont susceptibles d'être exacerbés par le changement global, le problème de la gestion de la ressource en eau se pose comme un enjeu fondamental.

Ce travail a été réalisé dans l'objectif de suivre et décrire les étapes de réalisation du forage de Sidi Medjahed qui devrait répondre aux besoins de la région en ressources en eaux, cette dernière qui niche quelques villages aux alentours et des champs d'agriculture. Ce forage peut donner cette potentialité et cette solution pour la consommation humaine comme pour l'irrigation. Surtout si la fin de cette procédure de foration atteint son objectif d'un débit d'exploitation qui fut estimé entre le 8 et 10 litres par secondes, un débit considérable et nettement acceptable. Ce dernier fut effectué sur la base d'une prospection géophysique qui a démontré que cette région est riche en eau avec une structure géologique connue et une ressource souterraine peu exploitée.

Notre travail s'articule sur la synthèse climatique, une description géologique, structurale et hydrogéologique de la région de Sidi Medjahed, ainsi le suivi des travaux de foration réalisée au cours de l'année 2022, tout en représentant l'aspect théorique des différentes étapes.

PARTIE I : Contexte général

I- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

I-1. Situation géographique de la zone d'étude :

Notre zone d'étude fait partie de la commune de Sidi Medjahed, à l'Ouest de la wilaya de Tlemcen. Son chef-lieu est situé à environ 31 km à vol d'oiseau, au Sud-Ouest de Tlemcen (fig. 1). Cette commune est limitée par d'autres communes dont la plus grande est Maghnia au Nord-Ouest, BOUHLOU la plus proche, BENI BAHDEL, BENI SNOUS, et BENI BOUSSAID.

La zone d'étude est limitée à l'Ouest par la frontière algéro-marocaine, la plaine de Maghnia au Nord, les Monts de Ghar-Roubane (partie occidentale des Monts de Tlemcen) au Sud et à l'Est.

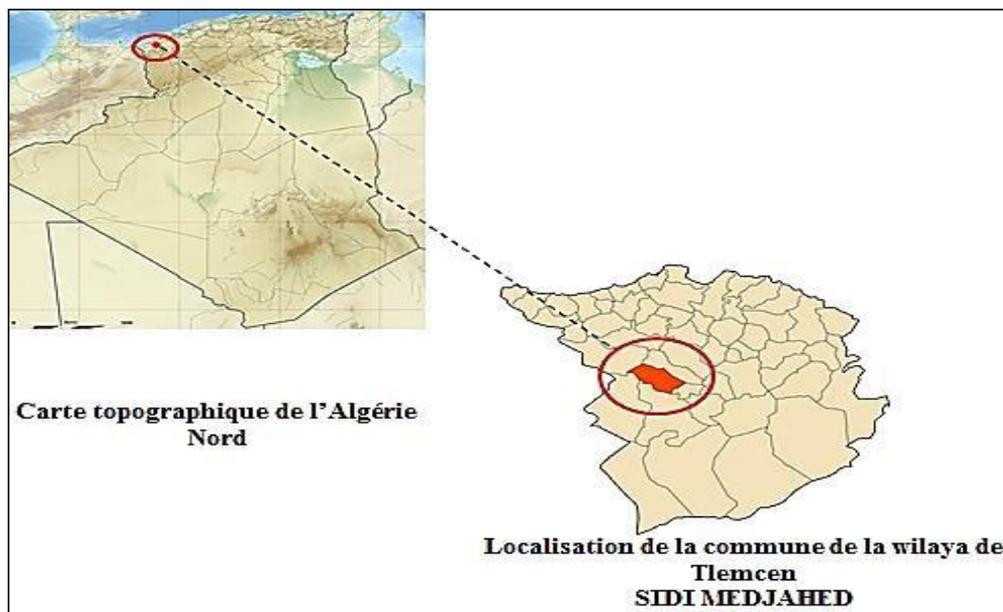


Figure 1 Situation géographique de la commune de Sidi Medjahed

Tableau 1 informations géographique sur la commune de Sidi Medjahed

Informations géographique concernant la commune de Sidi Medjahed.	
Coordonnées géographiques de Sidi Medjahed	Latitude: 34° 46' 60" Nord Longitude: 1° 37' 60" Ouest
Altitude de Sidi Medjahed	Altitude minimum : 270 m Altitude maximum : 1 491 m Altitude moyenne : 694 m

Pour notre étude, nous avons utilisé les cartes topographique et géologique à 1/50000 de Maghnia (N°299), dont nous avons digitalisé un extrait.

Le forage de Sidi Medjahed se situe sur une montagne nommée Koudiet en Naïma, (fig. 2) d'une altitude de 520 m, limité au Nord et à l'Est par Oued Tafna, au Sud par le sommet Chouf Zarfa (588m), et à l'Ouest par une colline nommée Ragueb Takhamet (545m).

Les coordonnées géographiques exactes du forage sont :

- X 35° 39' 50" Nord
- Y 0° 30' 13" Est

Les coordonnées UTM : 625323m ; 3847902m

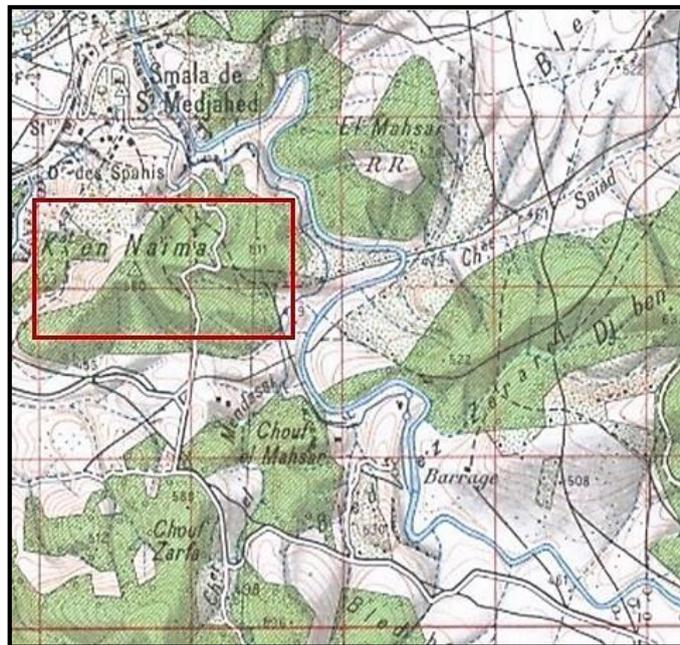


Figure 2 Position de Koudiet En Naïma sur une partie de la carte topographique de Maghnia (1/50000)

I-2. Synthèse climatique

Les conditions climatiques jouent un rôle important dans les comportements hydrologiques et hydrogéologiques. Ces paramètres climatiques principalement précipitations, températures et évapotranspirations sont en relation avec les apports des infiltrations.

L'étude climatique a pour objectif la détermination de type du climat régnant dans une région. L'indisponibilité de séries complètes de données climatiques nous a poussé de réaliser une synthèse climatique en se basant sur des études antérieures (Torchi et Berrabah, 2017 ; Boukacem et Derbal, 2019). Ces études ont été réalisées sur plusieurs périodes et de différentes stations de la région.

Il est à noter que la station de Sidi Medjahed connaît une précipitation moyenne durant la période 1987-2002 de 129mm (Torchi et Berrabah, 2017). Elle se trouve entre la station de Hammam Boughrara d'une pluviométrie de 270 mm (durant la période 2000-2016) et la station de Béni Bahdel au Sud qui connaît une pluviométrie plus importante de plus de 400 mm (1987-2016) (Boukacem et Derbal, 2019). Annuellement la température moyenne à Sidi Medjahed est de 18.5°C et les précipitations sont en moyenne de 275 mm (Darksky.net).

La zone d'étude possède donc un climat méditerranéen chaud avec un été sec selon la classification de Köppen-Geiger.

II- CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

II-1. Contexte géologique général :

La région étudiée se trouve sur le versant nord-ouest du horst de Ghar-Roubane, un relief constitué par les formations du Kimméridgien et du Portlandien (fig. 3). Ce dernier domine la plaine de Maghnia qui correspond à une zone déprimée comblée d'une épaisse couche (150 m) de graviers et galets grossiers d'âge Plio-quadernaire (Bensaoula et al. 2005).

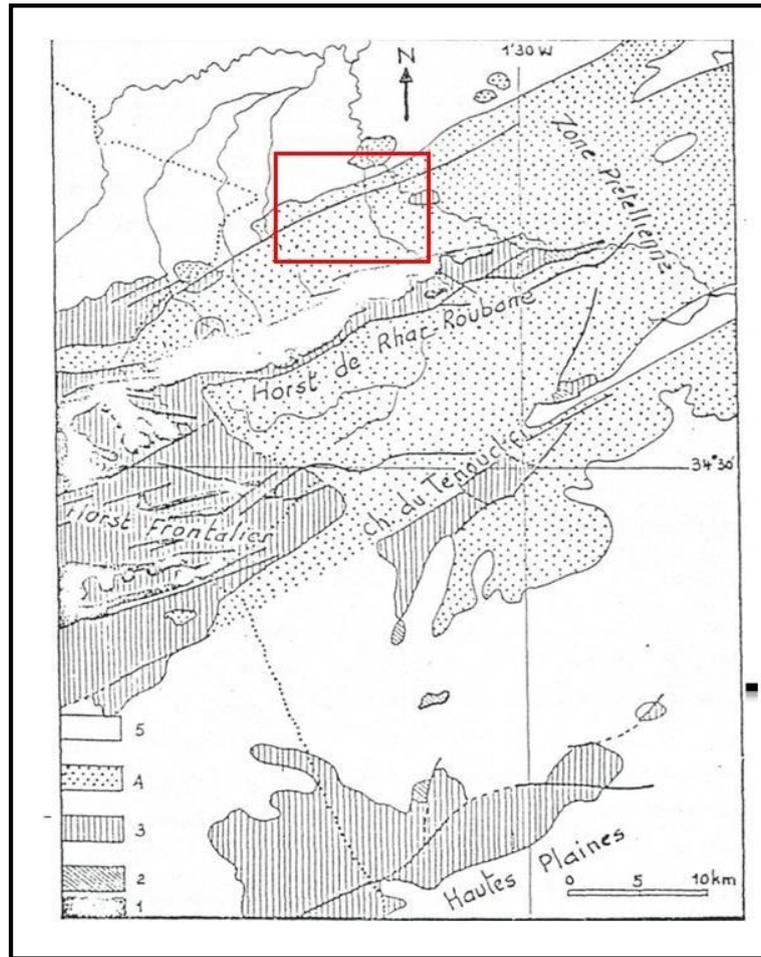


Figure 3 Position approximative de notre région d'étude par rapport au horst de Rhar Roubane (LUCAS 1952)-1 Primaire schiste quartzites grès roches éruptives, -2 Trias gypseux, -3 jurassique inférieur calcaires marnes et argile, -4 Kimméridgien calcaires dolomies

II-2. Description lithostratigraphique :

Connaitre la succession stratigraphique de la région d'étude nous permettra de décrire l'hydrogéologie de la région d'où toute la nécessité de la présenter. On se basant sur la carte géologique de Maghnia (1/50 000), nous avons digitalisé l'extrait de carte présenté dans la figure 4. Les descriptions lithostratigraphiques des formations ont été synthétisées à partir de la notice de la carte et des études antérieurs (Bensaoula et al, 2005, Bensaoula, 2006) (fig.4).

Du point de vue stratigraphique, on distingue d'une part, les formations primaires et secondaires qui constituent les reliefs et d'autre part, les terrains néogènes et quaternaires qui forment la plaine de Maghnia.

Du plus anciennes au plus récentes, les formations affleurant dans notre zone, s'étalent du Jurassique Supérieur au Quaternaire :

Jurassique supérieur :

Les argiles de Saïda (Callovo-Oxfordien) (J³₄) : Ce terme désigne un ensemble argileux et marneux parfois schisteux, à passées gréseuses. Il affleure sur la vallée de la Tafna au Nord de Koudiet Naïma et au Sud de l'extrait de carte. Cette formation peut atteindre les 500m d'épaisseur.

Les grès de Boumediène (Oxfordien supérieur au Kimmeridgien supérieur) (J₄) : Cette formation est représentée des bancs gréseux parfois ferrugineux à la surface. Ces grès, à intercalations marneuses multicolores et à ciment calcaire affleurent dans la partie sud de l'extrait de carte.

Les dolomies de Tlemcen (Kimméridgien inférieur) (J5a) : Dolomies cristallines affleurant au Sud de Koudiet Naïma, en bancs massifs dessinant une première grande falaise bien visible dans le paysage. Dans cette région, la formation présente des bancs calcaires à la base par analogie aux calcaires de Zarifet sur la carte de Tlemcen.

Les dolomies de Terni (Kimméridgien-Tithonique) (J₅₋₆) : Affleurant dans Koudiet Naïma, ce sont des dolomies massifs cristallines à cryptocristallines et calcaires, caractérisées par faible épaisseur dans la région de Sebdu (que 50m) et plus de 200m dans notre zone (fig. 6).

Miocène :

Il est représenté par des formations sédimentaires transgressives, formées par une bande plus ou moins large de grès et de marne qui s'appuient directement sur le Jurassique, au Nord et au Sud. Au centre de ce bassin, les grès sont progressivement remplacés par des horizons marneux, plus épais. On parle du Miocène moyen-supérieur (Serravallien-Tortonien) : connu par des : Grès et poudings, conglomérats de base (m4-5,1), des marnes grises avec des intercalations grés-calcaires (m4-5,2). Selon Gentil (1902), cette formation à Sidi Medjahed est formée par des poudings d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, surmontés par une grande épaisseur d'argiles marneuses grises et dures intercalée par des lits de grès friables ferrugineux d'un décimètre d'épaisseur. Cette assise a une centaine d'épaisseur.

Pliocène (p2-a) :

Il s'agit de conglomérats rubéfiés, très étendus au Nord de Koudiat Naïma.

Quaternaire :

Les formations anciennes et récentes présentées par des croûtes sur glaciis (q1-2c), des terrasses des oueds et des alluvions modernes d'âge Soltanien et Rharbien (q5-6, q-5, q6) ainsi que des travertins calcaires.

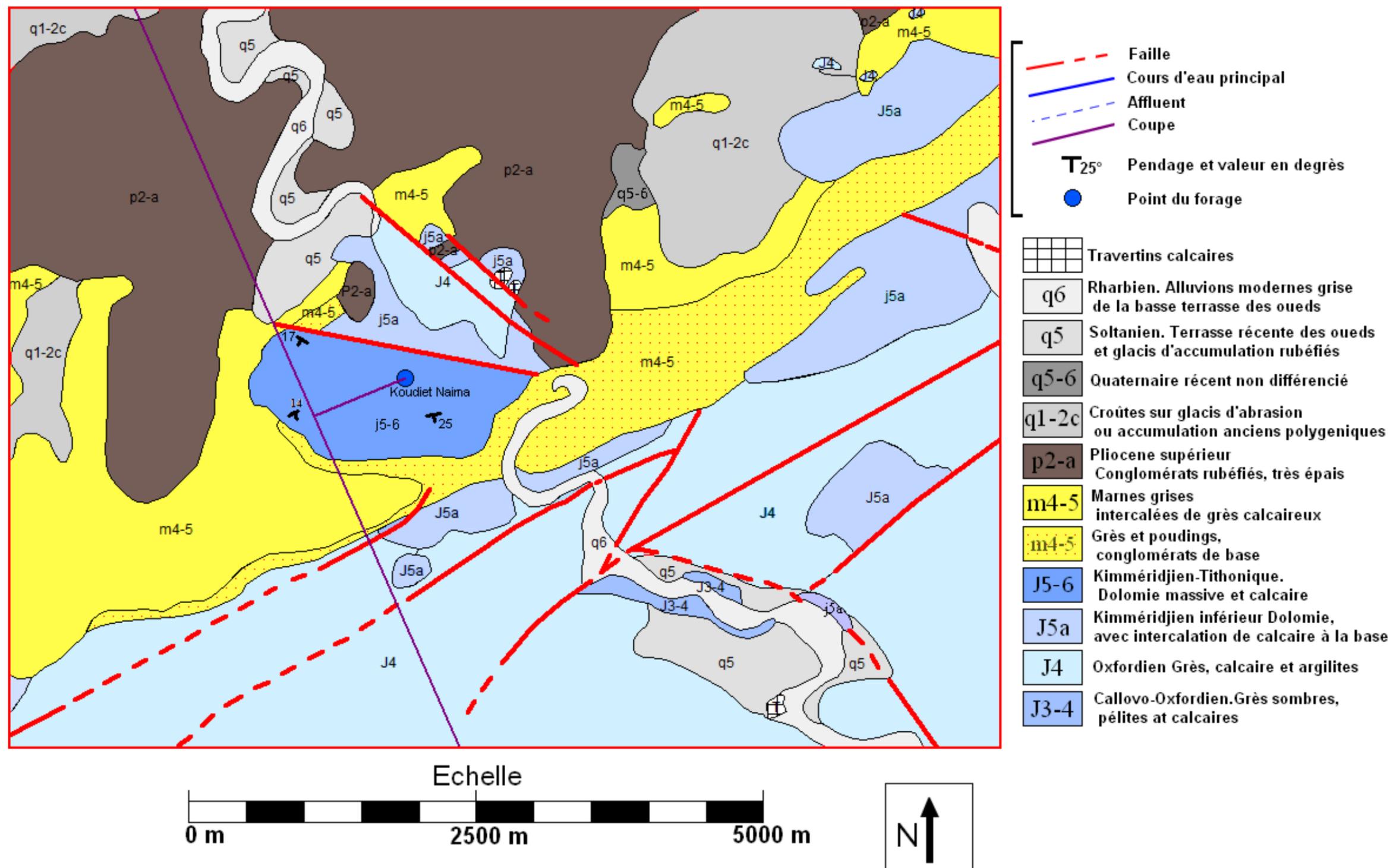


Figure 4 Extrait de la carte géologique de Maghnia (ONRGM 1997, digitalisée)

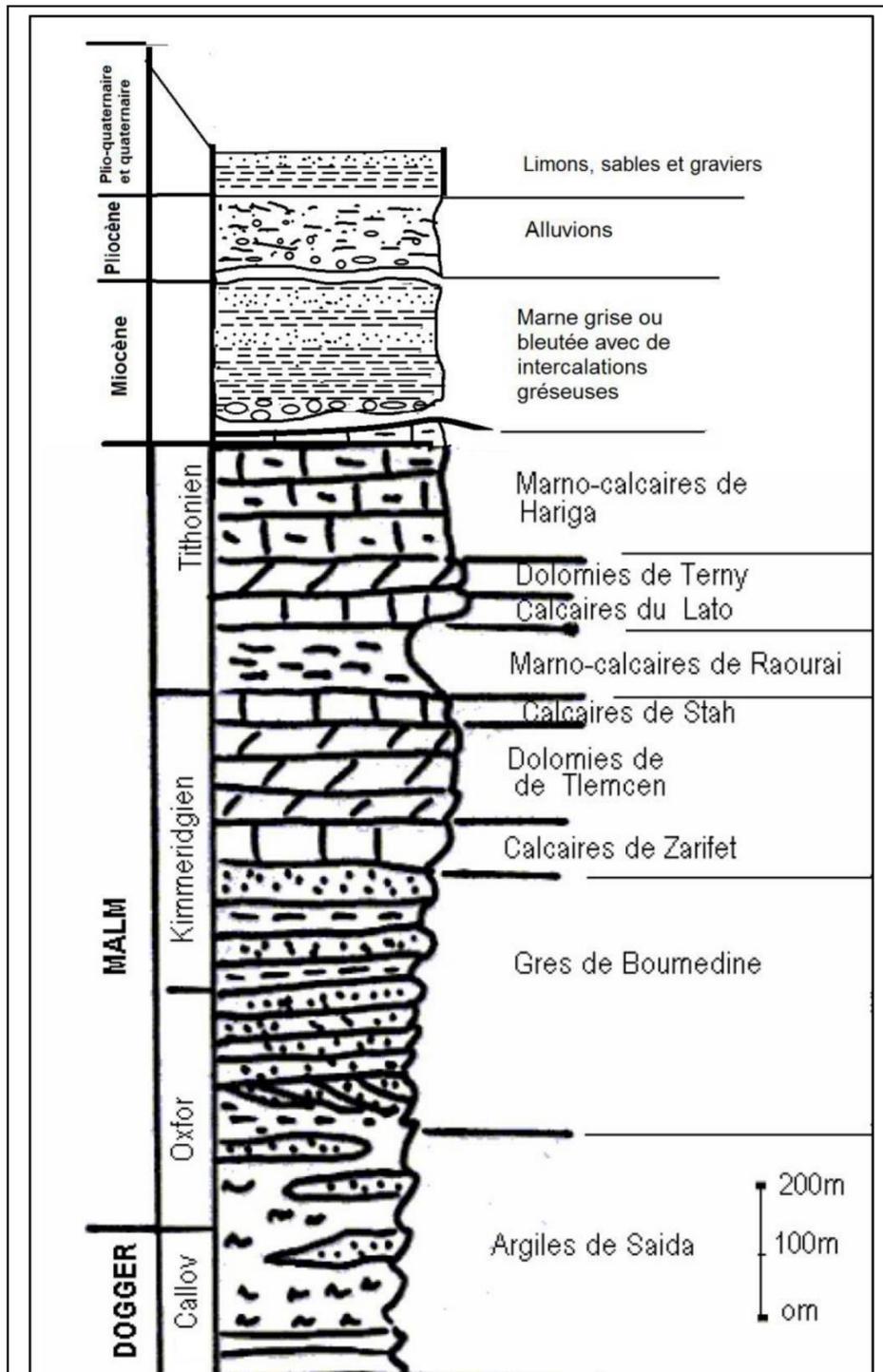


Figure 5 Colonne lithostratigraphique locale de la zone d'étude (d'après Benest et al. 1999) (modifiée)

II-3. Contexte structural :

Le style tectonique caractérisant la région est cassant, avec d'importants accidents d'une direction générale NE-SO (fig. 4), qui accidentent ou limitent les horsts frontaliers (Lucas 1942) avec des décrochements de directions presque perpendiculaires aux premières.

La zone d'étude présente plusieurs failles d'une direction NE-SO au Sud et NO-SE auprès de Koudiet Naïma, de ce qui permet de dire que cette région a connu une tectonique très semblable à celle de la région de Tlemcen (fig. 8). Cet aspect structural fait partie de structures chevauchantes et coulissantes et une phase récente soit compressif soit distensifs (BENEST, 1974).

II-4. Description hydrogéologique :

Dans les travaux de Hayane (1983) et Bensaoula (2006) les niveaux les plus intéressants sont les Dolomies de Tlemcen au sens large. Elles présentent une forte perméabilité due à la forte fissuration voire la karstification. A la lumière de ces études et à la description lithostartigraphique du titre précédent, nous avons identifié les formations aquifères qui présentent un grand intérêt hydrogéologique dans notre secteur d'étude :

a- Aquifères fortement karstiques :

Dolomies de Tlemcen : Avec à leur base les calcaires de Zarifet et à leur sommet les calcaires de Stah, occupant la plus grande partie des massifs, ces roches sont diaclasés et intensivement karstifiées, les nombreuses sources qui émergent de ce niveau témoignent de son intérêt hydrogéologique.

Dolomies de Terni : Sont moins karstifiées que les dolomies de Tlemcen plus micritique, à leur base les calcaires de Lato, présente de nombreux passés stromatolithiques qui doivent faciliter les phénomènes de dissolution, sont plus homogènes que les dolomies de Tlemcen.

b. Aquifères poreux et fissurés :

Grès du Serravalien-Tortonien (Miocène Moyen) : la base conglomératique et les niveaux gréseux se sont avérés très fissurés rarement karstifiés.

Formations Plio-quaternaires et Quaternaires : Les formations du Plio-quaternaire sont représenté par des sédiments continentaux de natures variables sous forme de très haute terrasse au-dessus des rivières actuelle ou d'éboulis de piémont plus ou moins encroutés.

Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes d'épaisseur faible ; constituant ainsi des aquifères à extension très limités recouvrant les formations miocènes.

c-Aquifères moyennement poreux parfois fissure :

Grès de Boumediene : Ces grès sont peu poreux, cela justifie que la perméabilité d'interstices est faible. Cependant les bancs marneux intercalés dans les niveaux gréseux permettent à l'ensemble de jouer un rôle d'écran étanche qui sert à maintenir le niveau aquifère du Jurassique supérieur (dolomies de Tlemcen et calcaires associés), c'est cette formation qui délimite le bassin hydrogéologique.

d-Formation non aquifères :

Lorsqu'on parle des formations géologiques imperméables, il n'existe pas de formation parfaitement imperméable mais des formations dont la perméabilité est très faible.

Argile de Saida (Callovo-Oxfordienne) : formation imperméable

Marnes du Serravalien (Miocène Moyen) : C'est une série marneuse imperméable qui peut contenir un peu ou beaucoup d'eau dans ses intercalations gréseuses.

Dépôts continentaux du Quaternaire occupant les fonds d'oued, constituant une succession de lambeaux de terrasses et de glacis de pentes (Soltanien) de nature le plus souvent limono-argileuses imperméables, de faibles extension et d'épaisseur.

Conclusion du chapitre :

Notre zone est connue pour un climat semi aride avec des précipitations moyennes de 200 mm

La région étudiée a des caractéristiques géologiques assez complexes semblables à la région de Tlemcen. Sur le plan hydrogéologique, cette région connaît un potentiel d'eau souterrain important vu l'affleurement et l'épaisseur des dolomies de Tlemcen qui surmontent les calcaires très fissurés.

PARTIE 2-Chapitre I : Implantation et procédé

I-SYNTHESE GEOLOGIQUE DU SITE

En se basant sur les documentations anciennes et les titres précédents pour connaître l'intérêt hydrogéologique du site du forage, on peut dire que les formations jurassiques grés-pélitiques de l'Oxfordien et du Callovo-Oxfordien qui parfois karstifiées sont sans grande importance hydrogéologique. Les grès de Boumediène datés de l'Oxfordien supérieur au Kimmeridgien inférieur présents en gros bancs, jusqu'à 15 m d'épaisseur séparée par des lits argileux avec des épaisseurs maximal de 550m ont une importance dérisoire hydrogéologiquement.

En revanche les formations carbonatées très fissurées voir karstifiées qui affleurent sur le site ont une grande importance point de vu hydrogéologiques.

II-IMPLANTATION DU FORAGE

En se basant sur la carte (fig. 4) et sur cette coupe (fig. 5) qui est perpendiculairement distancié du point du forage de 846 m, on remarque que :

Notre forage qui se situe entre la faille et le sommet de Koudiet Naïma traverse le J5-6 qui est d'âge Jurassique (Kimméridgien-Tithonique), qui est constituée de dolomies massives et des calcaires fissurés et karstiques. On suppose qu'il traverse également le J5a d'âge Kimmériidgien Supérieur qui est calcaireux et calcaireux marneux. Ces deux formations peuvent présenter un grand intérêt hydrogéologique d'où l'implantation de notre forage sur cette zone.

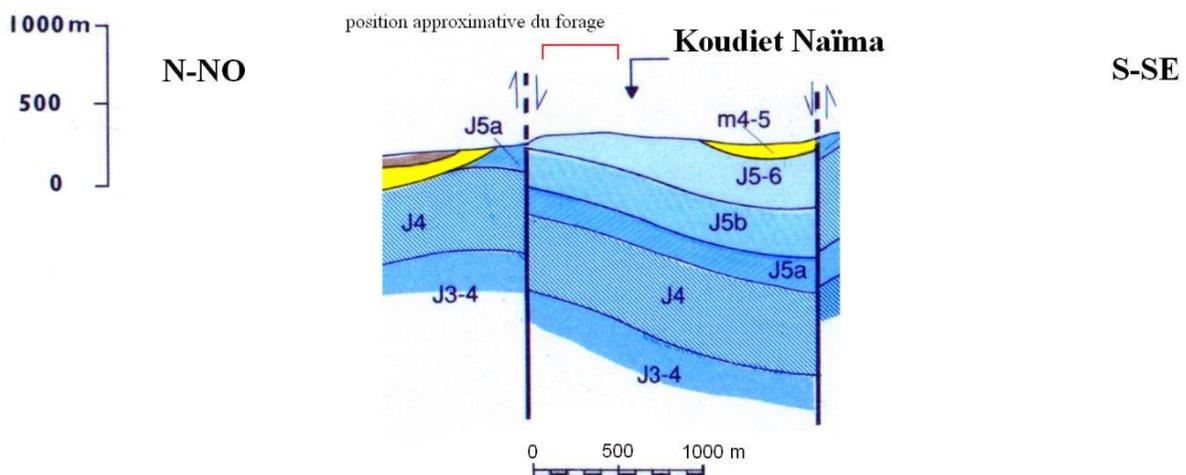


Figure 6 Coupe montrant le sommet de Koudiet Naïma et la position du forage (ONRGM, 1997, modifiée)

PARTIE 2- Chapitre II : Etapes de foration

INSTALLATION DU CHANTIER :

Mise à part tout ce qui est sécurité sismique qui se fait au préalable par un spécialiste ou un expérimenté en forage et pour éviter tout effondrement géotechnique et déséquilibre au niveau de l'aquifère exploité, l'installation du chantier doit répondre à quelques conditions ;

I-1. Sécurité du chantier :

On prévoit une installation finement étudié par une délimitation du secteur de travail car les risques sont nombreux :

- La pollution. (risques sur l'environnement, sur les captages existants (interférence avec d'autres sources d'eau souterraine et leurs usages) et futurs (biseau salé, surexploitation) (DNEPAH 2012)
- Accidents.
- Gene de respiration pour les ouvriers et ingénieurs.
- Contamination du corona pendant l'épidémie du Covid 19. (2022)

Selon BRGM, les conditions d'installation du forage sont :

- Respecter une distance de 200 m des décharges et stockages de déchets.
- 35 m des ouvrages d'assainissement, des bâtiments d'élevage.
- 35 m des stockages d'hydrocarbures, de produits chimiques.

Remarque : Si le secteur de travail est isolé (comme dans le forage de Sidi Medjahed qui se trouve dans une route communale peu empruntée), on peut réévaluer les risques et agir en conséquence.

La phase la plus importante avant l'installation de la sondeuse sur le site, est le terrassement du terrain (fig. 7) pour assurer sa solidité, d'autant plus le forage qu'on prévoit est un forage de type rotary, donc d'une envergure plutôt considérable.

Au niveau de Sidi Medjahed, on a utilisé la méthode rotary, le capot de protection est obligatoire on le voit au niveau de la table de rotation comme schématisée ci-dessous (fig. 7 et 8).

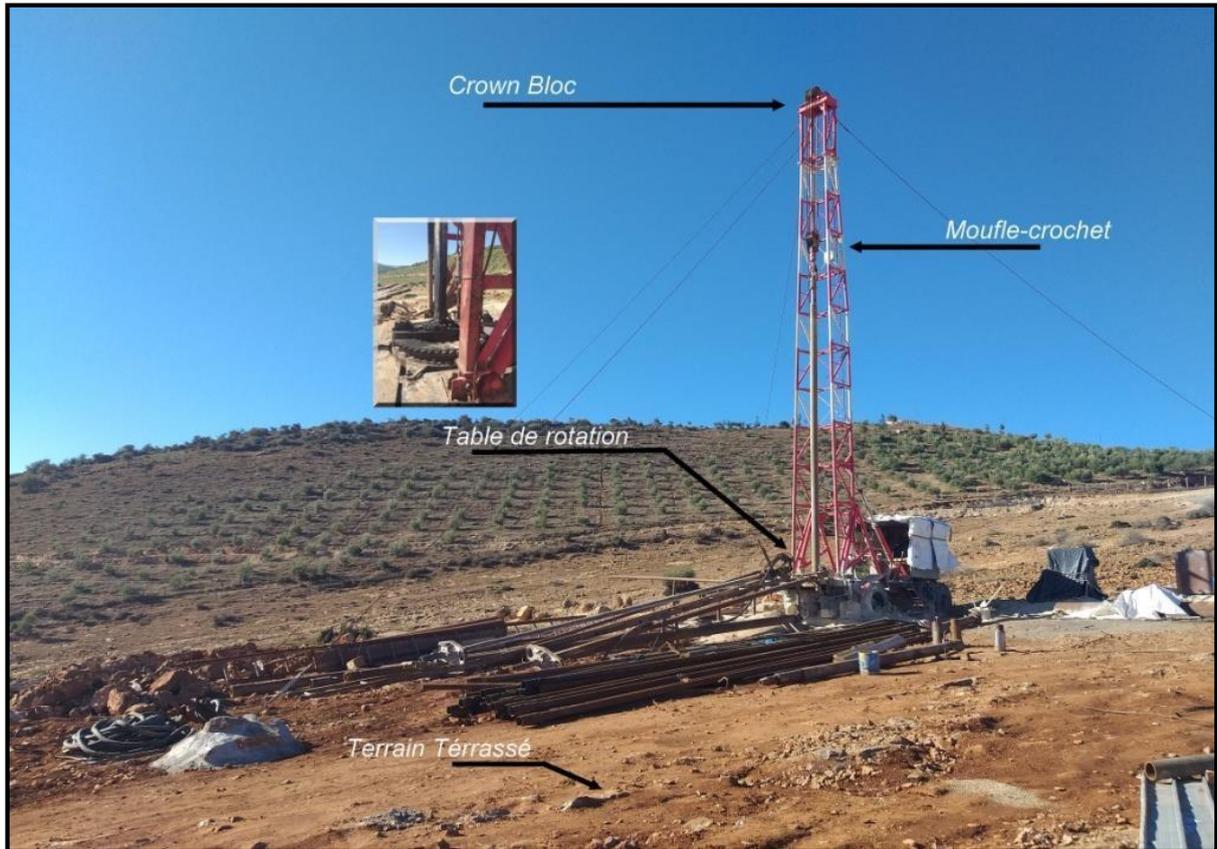


Figure 7 Terrain terrassé et le mas du forage installé

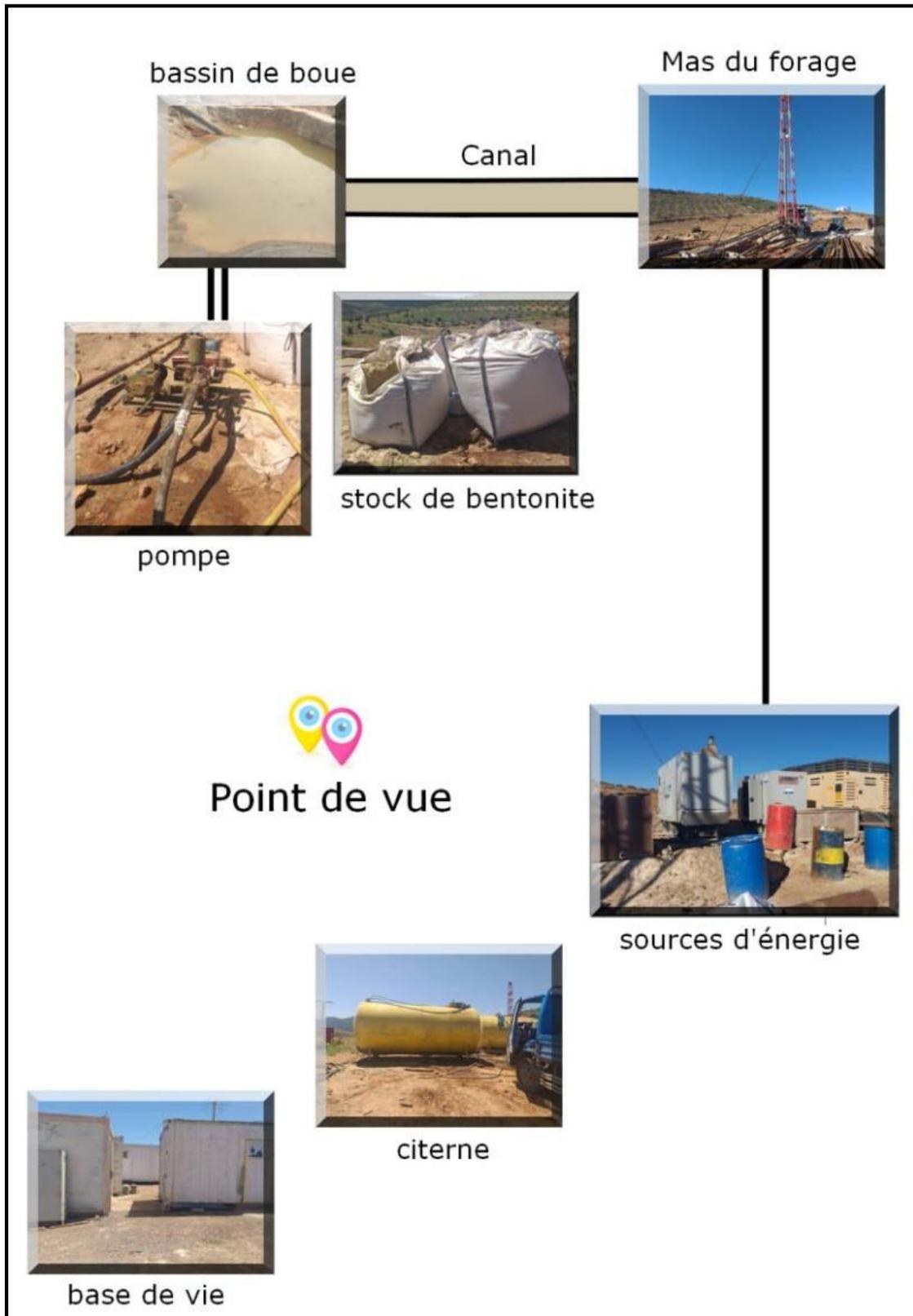


Figure 8 Plan du chantier vu le 11/ 05/ 2022

II- MATERIELS UTILISES DANS LE FORAGE ROTARY :

Dans cette partie nous allons présenter une partie des outils de forage rotary et sa garniture qui travaillent au-dessous comme au-dessus de la surface.

II-1. Matériels et équipement de fond :

La garniture de forage, constituée des tiges, des tiges lourdes et des masse-tiges, leurs principales fonctions :

- Entraîner l'outil en rotation.
- Appliquer un certain effort sur l'outil.
- Apporter l'énergie hydraulique nécessaire à l'évacuation des déblais,
- Canaliser la boue de forage jusqu'au fond de trou.

II-1-1. Les tiges :

Une tige de forage est un tube cylindrique mesurant une dizaine de mètres de longueur, d'un diamètre relativement faible fabriqué en acier sa paroi est épaisse.

Une suite de tiges est appelé un train de tiges ou bien une colonne de forage.

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.



Figure 9 Tiges utilisées sur le site de Forage à Sidi Medjahed

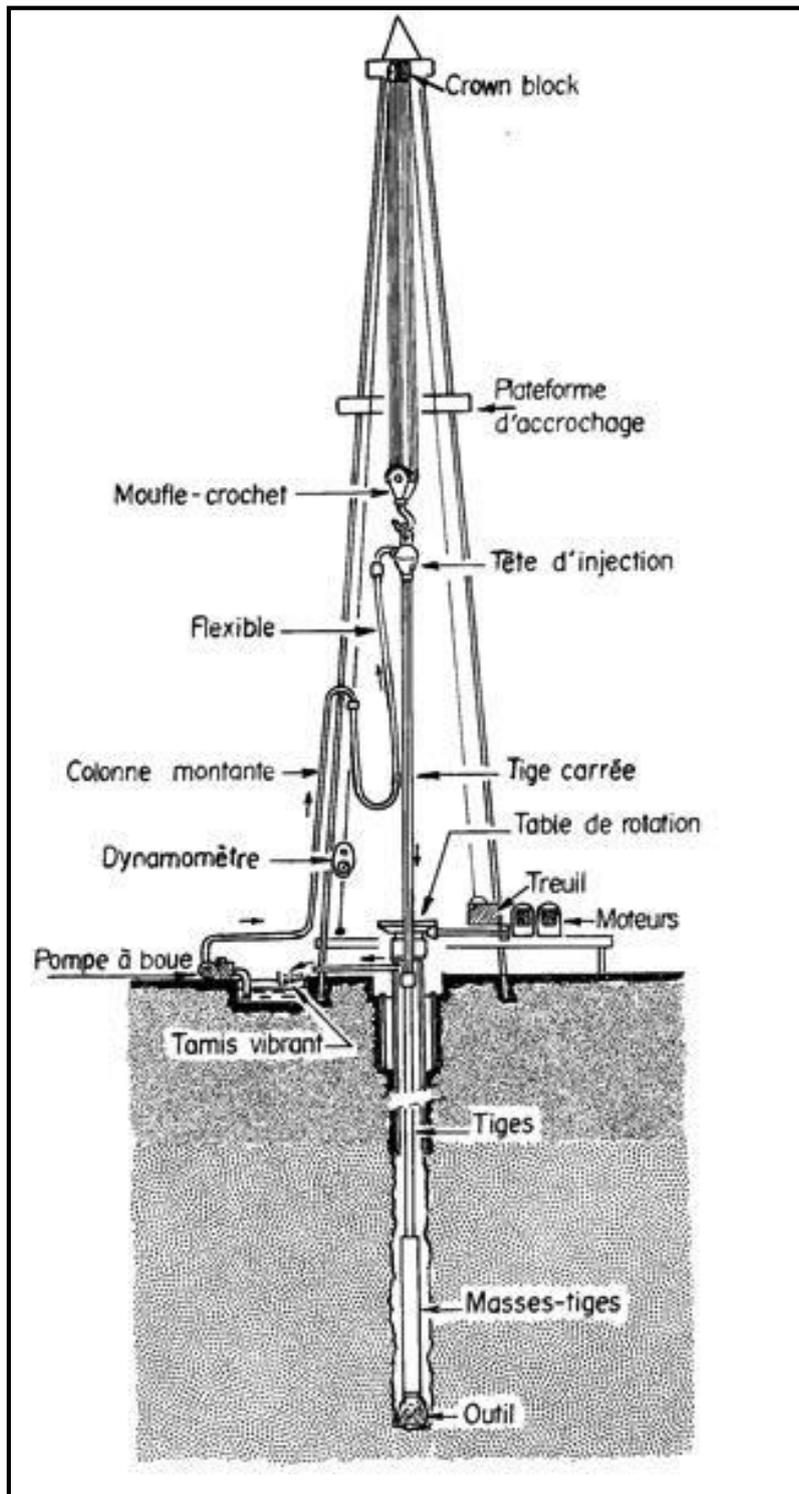


Figure 10 Composants d'un forage rotary selon A. Mabillot (1971)

II-1-2. Les masses tiges :

Une masse-tige est caractérisée par :

- Ses diamètres extérieur et intérieur,
- Le diamètre intérieur est normalisé par l'API en fonction du diamètre extérieur.
- Les Filetages ; les filetages des masse-tiges sont coniques, de plus de leurs résistance, sont faciles à visser et à dévisser.

Leurs rôles :

- Mettre du poids sur l'outil pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression.
- Jouer le rôle du plomb du fil à plomb pour forer un trou aussi droit et vertical que possible.
- Canaliser la boue de forage jusqu'au fond de trou.

Les Tools-joints :

Ce sont des joints qui lient les tiges entre elles, ils sont vissés et/ou soudés, ils sont caractérisés par un filetage et un diamètre extérieur.

Les tiges lourdes :

Les tiges lourdes sont généralement utilisées comme intermédiaires entre tiges et les masse-tiges, c'est quand le forage devient plus difficile qu'on les utilise.

Les stabilisateurs :

Pour mettre fin à la déviation et un meilleur control on ajoute des stabilisateurs, qu'on étudie leurs nombre, leur dimensionnement, et leur position pour une efficacité optimale.

II-1-3. Outil de forage :

Sans cet outil tout l'ouvrage aurait aucune crédibilité, c'est élément clé de la foration, son rôle principal est la destruction de la roche et la création d'un trou dans les délais.

Historiquement, l'outil de forage a vu une évolution considérable, pour répondre aux attentes et aux problèmes actuels qui se posent.

Ces évolutions, leurs but est d'augmenter la vitesse du processus de forage et la longévité de l'outil, et par conséquent réduire le cout de l'opération.

Il existe un catalogue vaste de sorte d'outils aussi diversifié que les différentes lithologies rencontrées au cours d'un forage. On s'intéresse ici aux outils à molettes qui ont été fréquemment utilisés lors de la foration sur le site de Sidi Medjahed.

Comme sous catégories existent :

- Outils à dents d'acier : utilisé dans les formations tendres, au début du trou, avec des grandes vitesses de rotation.
- Outils à picots : utilisé dans les formations dures.
- Plusieurs types de picots ont été élaborés pour pouvoir pratiquement forer tous les types de formations.

Utilisé depuis 1909 elles sont maintenant un outil de base dans le forage rotary, le tricône (outils à 3 molettes) est le plus utilisé. Les outils à molettes 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 (Grondin 2004).

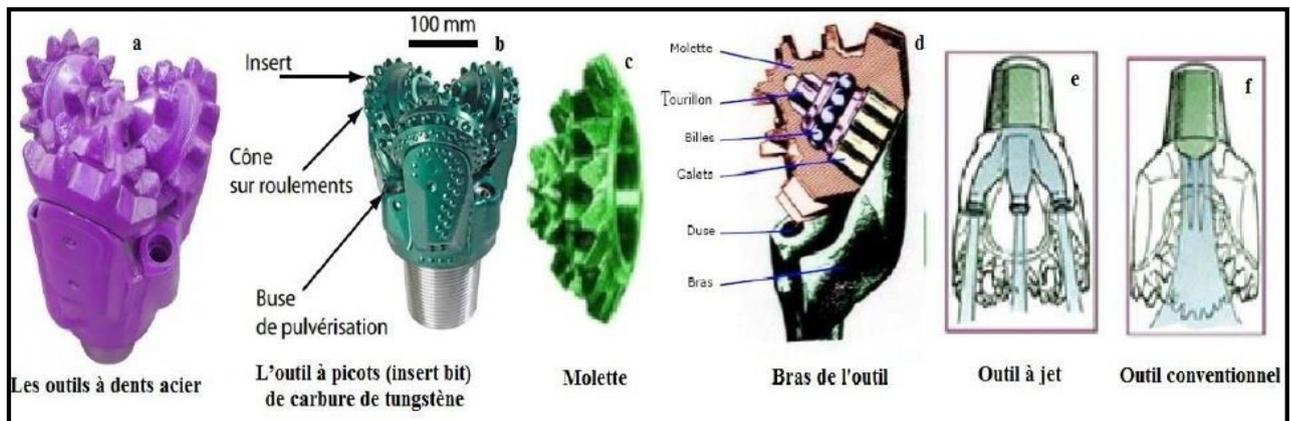




Figure 12 Outils utilisé dans le forage (Sidi Medjahed)

II-2. Equipements de surface :

Dans cette partie nous allons voir l'équipement qui se trouve à la surface, nécessaire au forage rotary. Cette catégorie est répartie en plusieurs groupes mettant en œuvre l'outil de forage et assurant la sécurité du puits.

II-2-1. Matériels et équipements de puissance :

Les sources d'énergie :

L'option « électrique » à de nombreux avantages dont, entre autres, la réduction du bruit et une organisation du chantier plus simple, mais un cout conséquent. En Algérie, les générateurs électriques alimentés par un moteur Diesel sont souvent les plus utilisés, comme dans le cas de notre forage à Sidi Medjahed (fig. 13).



Figure 13 Sources d'énergie sur le forage de Sidi Medjahed

On remarque la présence d'une citerne de fuel, un moteur, et une armoire électrique, ils sont très important dans le fonctionnement du chantier.

La pompe à boue :

La fonction principale de la pompe à boue est d'assurer la progression du fluide de forage et son acheminement depuis l'aspiration de la pompe jusqu'au retour au bassin (fig.14).

Elle peut fournir un débit important qui dépasse les 300 l/min et à des pressions supérieures à 300 kgf/cm² ce qui équivaut à 294.2 bar.



Figure 14 Pompe à boue utilisée lors du forage sur le site de Sidi Medjahed

Le circuit de la boue :

La boue est fabriquée dans un grand bassin à base de bentonite, un minéral industriel principalement composé d'argile, dosée entre 15 et 30 kg par m³ d'eau (fig. 15).

Ensuite aspirée par la pompe et injectée dans les tiges creuses, elle descend le long de la garniture, sort par les orifices de l'outil et remonte dans l'espace annulaire jusqu'en surface. Là elle est recueillie et est déchargée des déblais (cuttings) par des tamis vibrants.



Figure 15 Le bassin de boue et les réserves de bentonites

Rôles de la boue :

Le rôle de la bentonite est multiple :

- Remonter en surface les déblais depuis le fond du trou
- Refroidir l'outil de forage (tricotône)
- 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). (Zinet.H et Becherair.N 2020)

II-2-2. Les matériels et équipements de rotations :

Ces matériels sont nécessaires pour la rotation du forage et indispensable à son fonctionnement. Pour faire tourner l'outil, on visse au sommet des tiges, de forme cylindrique, et tige de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement, et on l'introduit dans la table de rotation, alors l'action de rotation est assurée.

La table de rotation :

Au cours de la foration, elle lègue le mouvement de rotation à la garniture de forage, par la tige d'entraînement (fig. 16).



Figure 16 La table de rotation (forage de Sidi Medjahed)

Le carré d'entraînement :

Le carré d'entraînement transmet à la table comme à la tige, la force de rotation ce qui consolide le matériel souterrain requis pour la procédure de forage par rotary.

La tige d'entraînement :

C'est la partie supérieure de la table de rotation, elle est le lien entre le matériel de fond et la force qui communique le mouvement de rotation.

III- DIFFERENTES PHASES DE FORATION :

Les facteurs les plus importants qui conditionnent l'avancement sont : la nature de la roche, sa foration, son abrasivité, le type d'outils utilisés pour détruire la roche, le poids sur l'outil ainsi que la vitesse de rotation, les caractéristiques et le débit de circulation du fluide ont aussi leurs importances.

III-1. Installation du tube guide :

En premier lieu l'équipe technique procède à un forage de 10 m avec une largeur de 32", ensuite la mise en place d'un tube guide de 24" sur 10 m.

Les parois sont ainsi consolidées par du béton d'une épaisseur de 4" de chaque côté ; ceci pour éviter toute infiltration polluante au forage. C'est ce qu'on appelle un tube guide sa cimentation sert aussi à bien consolider le terrain et éviter les éboulements (fig. 18).



Figure 17 Photos du tubage utilisé comme tube guide (forage de Sidi

Medjahed)III-2. Forage de reconnaissance :

En général, c'est la carte géologique qui renseigne sur la structure et la composition du sous-sol d'une région donnée. Quand la précision de cette carte géologique n'est pas suffisante ou ne donne pas toutes les informations recherchées, le moyen le plus courant pour pousser les connaissances sur les formations est le forage de reconnaissance à l'aide d'une analyse d'échantillons du cuttings confirmée par la diagraphie.

Le forage de reconnaissance a été fait à l'aide d'un outil de 8" jusqu'à 310 m pour l'enregistrement de la diagraphie (fig. 21)

III-3. Prélèvements des cuttings :

Chaque mètre, un échantillon est prélevé pour confirmer la diagraphie, et à quelle formation géologique se situe la procédure de foration.

L'échantillonnage est le prélèvement d'échantillons selon une certaine procédure, ici après rinçage. Il s'agit de mettre des cuttings dans des sachets étanches, pour mieux les conserver, et pour des éventuels essais au labo (fig. 19 et 20).

Etiqueter chaque échantillon est important pour l'organisation du travail. Comme sur les photos suivantes : (88-89 m 195-196 m 272-273 m).



Figure 18 Exemple de deux cuttings pris sur le site de forage de Sidi Medjahed



Figure 19 Exemple de trois échantillons pris sur le site de Sidi Medjahed étiquetés

III-4. Diagraphie et interprétation :

La diagraphie est un enregistrement continu des variations d'un paramètre donné en fonction de la profondeur (). C'est des variations verticales de la résistivité dans le forage, qui permettent de confirmer la présence de l'eau et surtout à quelle profondeur.

III-4-1. Objectifs de la diagraphie :

La procédure de l'enregistrement diagraphique permet de localiser avec grande précision les zones productrices d'eau et donc de mettre en place une stratégie adéquate de tubage, et la position optimale des crépines.

Autre usage :

- Contrôle de cimentation par sonde acoustique : vérification relative de la qualité de la cimentation visant l'étanchéité entre nappe ou vis-à-vis de la surface.
- Déviation : mesure de l'inclinaison du forage et détermination de sa direction dans l'espace. Permet de mesurer l'importance et la direction de la déviation de l'ouvrage.
- Diamètreur (ou Caliper) : mesure du diamètre de l'ouvrage. (MAEHRT 2015)

III-4-2. Enregistrements diagraphiques :

Cette procédure consiste à la mesure de deux grandeurs principales : le potentiel et la résistivité électrique des couches traversés par le forage de reconnaissance.

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

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 zones aquifères douces (sable, grès, graviers ou calcaire) ont une résistivité relativement plus conséquente.

Présentation des diagraphies prise sur le site du forage :

Comme le montre la figure 21, les diagraphies de 0 à 148 m les ondes gammas Ray sont insignifiantes par rapport au changement soudain à 150 m. On peut déduire en premier lieu que la présence intéressante de l'eau commence à ce niveau de forage.

Interprétation des résultats :

La diagraphie a démontré plusieurs niveaux aquifères, on a retenue 3 niveaux intéressants :

- De 162 m à 184 m (Une zone fortement aquifère)

- De 198 m à 216 m (Une alternance de zone aquifère)
- De 294 m à 301 m (Une zone aquifère)

Pendant la phase de tubage et de mise en place des crépines, ces informations seront d'une grande utilité.

À ce stade déjà, ajouté à l'échantillonnage on voit clairement, que :

- Les calcaires blancs et beiges sont peu perméables : représentés par un calcaire très dur non fissuré de 0 à 45 m intercalé par un gravier grossier non différencié.
- Les calcaires gris, de 45 m à 220m qui sont très perméable à la base (à partir de 162 m)
- Les marno-calcaires avec des intercalations gréseuses à la partie inférieure présentent un niveau imperméable (de 220 à 294 m de profondeur)

À ce niveau, la détermination d'un programme de tubage est conditionnée par le débit d'eau qu'on prévoit, et la stabilité de la nappe.

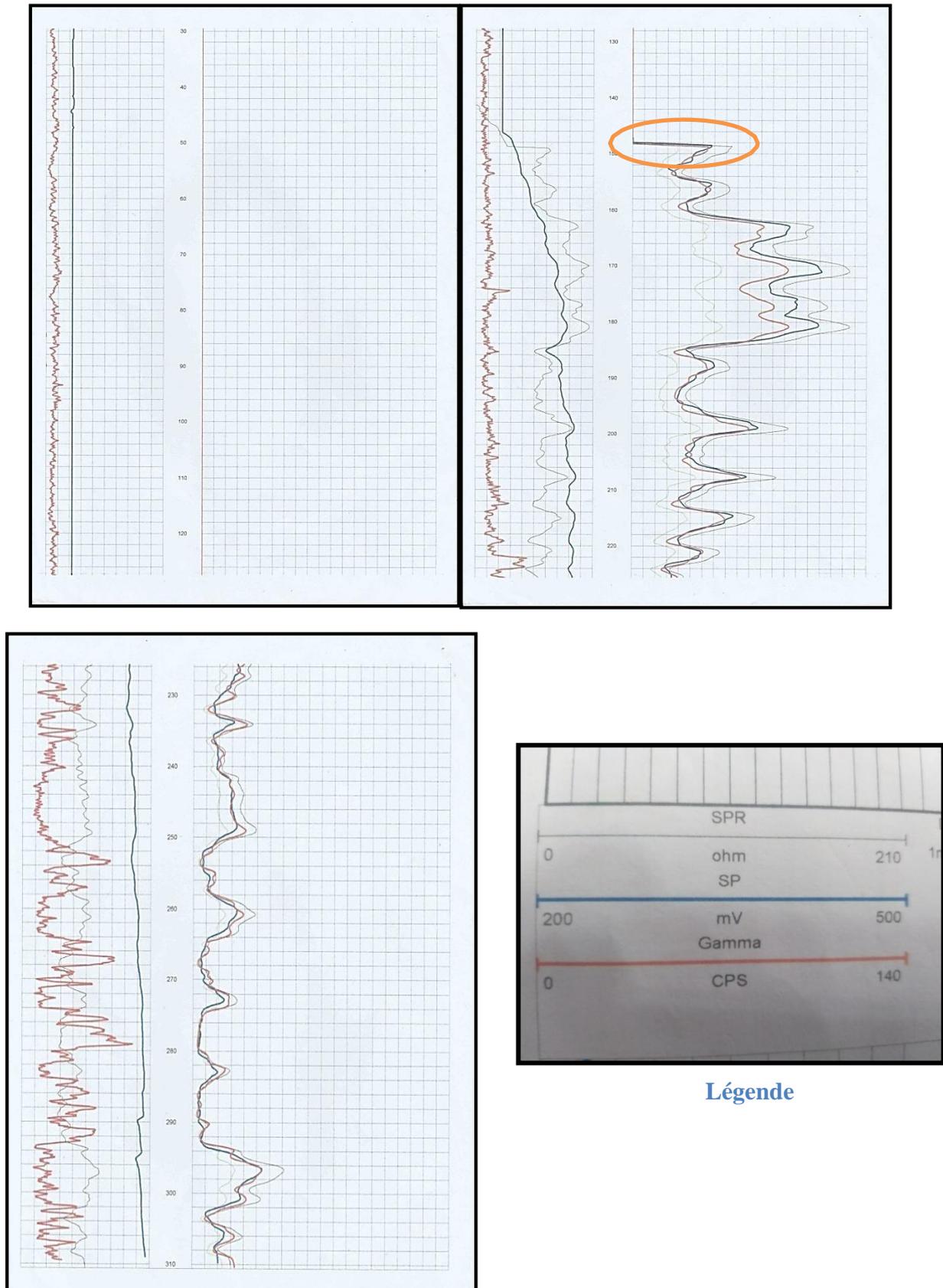


Figure 20 Enregistrements diagraphiques sur le site de forage de Sidi Medjahed

IV- EQUIPEMENT DE FORAGE :

Mettre en place l'équipement adéquat de forage cuvelage, crépine, gravier additionnel et le tubage et bien choisir les matériaux tubulaires est une étape cruciale et déterminante pour une exploitation optimale et durable du forage. Ces choix sont importants pour éviter tout effondrement, colmatage et pollution de l'ouvrage.

IV-1. Mise en œuvre et choix de l'équipement de forage :

IV-1-1. Tubage :

Le trou ne doit pas rester sans tube et le tubage est fait rapidement pour éviter l'effondrement. La position et la longueur du tube crépiné et du tube plein est basé sur la coupe géologique du forage et les venues d'eau. C'est à l'ingénieur de bien définir le positionnement, le métrage et les fentes pour un meilleur rendement et une meilleure stabilité du forage.

Avant la mise en place les tubes sont reconditionnée par un compresseur pour un dérouillage qui se fait par une entreprise spécialisée, un ferronnier ou un métallier.

IV-1-2. Choisir le tube plein :

Le choix du tube plein est conditionné par une bonne résistance mécanique aux pressions exercées (efforts d'écrasement, efforts de traction efforts d'éclatement et efforts de flambage).

Le diamètre est en fonction du débit d'exploitation (diamètre de la pompe). Selon le tableau n°2, le choix du tubage est conditionné par le débit et la pompe utilisée, vu que dans notre forage on prévoit un débit de 10 l/s donc 36 m³/h ; on déduit que, théoriquement le diamètre recommandé du tubage est de 8 pouces et le diamètre extérieur de la pompe est de 6 pouces (fig. 22).

Tableau 2: Diamètres de tubage en fonction des gammes de débit et/ou des diamètres extérieurs de pompes. (Bousselal.B 2017)

Diamètre extérieur des pompes (pouces)	Diamètre de tubage recommandé (pouces)	Gamme des débits prévus (m³/h)
3"	4" à 5" (il existe 4" 1/2)	1 à 3 m ³ /h
4"	5" ou 6"	3 à 10 m ³ /h
6"	8"	10 à 50 m ³ /h
8"	9" ou 9" 5/8	50 à 150 m ³ /h



Figure 21 Phase d'équipement mise en place du tubage (tube plein) à Sidi Medjahed

IV-1-3. Crépines :

Schématiquement la crépine est un tube ajouré laissant le passage à l'eau tout en maintenant la formation. Elle est placée juste après le tubage plein. La nature, le type et la longueur de la crépine sont en fonction de l'épaisseur de la formation captée et du niveau de rabattement maximal.

La crépine doit répondre à quelques conditions (Bensaoula et al 2005) :

- Résister à la corrosion
- Résister à la pression d'écrasement de la formation aquifère pendant la foration.
- Induire à des pertes de charges minimales
- Permettre la production de fluide sans particule fine
- Ne pas risquer un vieillissement prématuré

Types de crépines :

Une crépine est caractérisée par la forme des ouvertures, le matériau qui la constitue, la longueur minimale de 3m, et sa taille. La géométrie de la crépine (densité, taille, et forme des ouvertures) dépend des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère indiqué lors du suivi de forage.

Selon la matière, la crépine peut être soit en acier ordinaire, en acier inoxydable ou bien en PVC.

a-Crépines en acier :

- Crépines à trous oblongs : les fentes sont rectangulaires et verticales
- Crépines à persiennes : les trous sont rectangulaires horizontaux
- Crépines à trous ronds : généralement utilisé en terrains durs
- Crépine à nervures repoussées : les perforations sont rectangulaires horizontales
- Crépine (type Johnson) à fente continue : sur le long de la crépine l'ouverture est continue et horizontale.

b-Crépines en PVC :

Des fentes perpendiculaires à l'axe du tube sont perforées sur des tubes pleins. On trouve plusieurs largeurs de fentes (0.5-0.6, 0.75-0.8 et 1 mm).

Les crépines en PVC sont légères et du coup plus facile à transporter et à manier, le PVC résiste très bien aux attaques chimiques et aux acides utilisés lors de l'entretien. Les puits ont une meilleure longévité et ces crépines n'altèrent pas l'eau et ne dégagent pas d'éléments organiques (fig. 23).



Figure 22 Crépine de filtration en PVC (source DRE Tlemcen)

Choix de la crépine :

Tous les paramètres physiques de l'aquifère sont pris en compte pour choisir la bonne crépine à adopter (type de terrain, profondeur, qualité de l'eau, granulométrie du sable au niveau de l'aquifère capté).

Il est à noter que l'utilisation de la crépine en PVC dans un forage profond (plus de 500 m) est à éviter car il y'a un fort facteur de pression et de température. Et vu que dans le forage de Sidi Medjahed la profondeur prévue était de 450 m l'acier a été favorisé (fig. 24).

Le type de crépines utilisé dans le chantier de Sidi Medjahed est le (TNRS) Tuyaux Noir Roulé et Soudé : c'est une crépine en acier de type Johnson de fentes estimée entre 6 et 8 mm.



Figure 23 Crépines utilisé dans le forage de Sidi Medjahed (source DRE de Tlemcen)

IV-2. Massif filtrant (gravier additionnel) :

Le rôle de ce gravier est d'avoir une meilleure efficacité du forage, en diminuant les vitesses d'écoulement et en augmentant les débits d'exploitation, en filtrant et en évitant le passage des éléments fins. Il sert aussi à prévenir le colmatage et empêcher l'érosion souterraine (fig. 25).

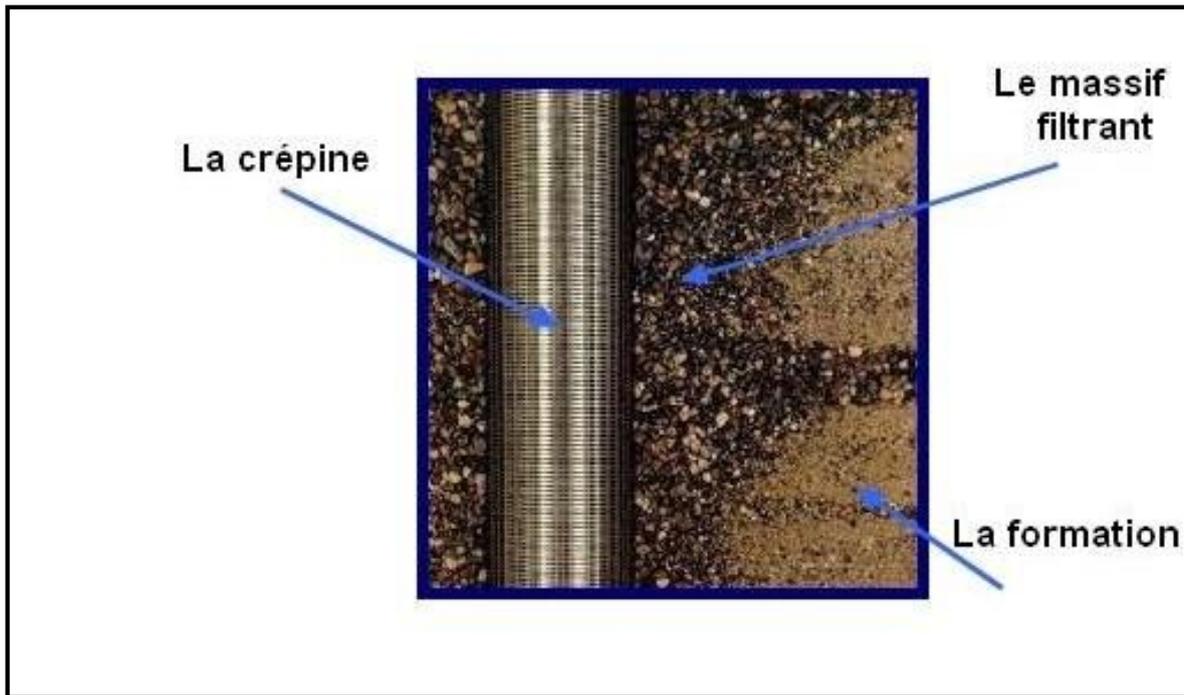


Figure 24 Position du massif filtrant dans le forage

L'espace laissé pour le gravier additionnel est de 2" de chaque côté. Ce massif filtrant doit répondre à quelques conditions ; il doit être propre, bien calculé, calibré, homogène, et de préférence siliceux. Il ne doit pas être calcaire :

- Gravier propre et siliceux au moins à 90 % pour limiter les risques de dissolution
- Les grains doivent être arrondis pour diminuer les pertes de charge et augmenter la filtration (Bart 2011)

La granulométrie du massif filtrant est importante car elle peut provoquer un ensablement de l'ouvrage. Ou bien conduire à une exploitation partielle de la nappe (fig.26).

NB : Techniquement le gravier additionnel permet de doubler le diamètre des fentes de la crépine ce qui augmente considérablement (jusqu'à doublement) du débit de forage.

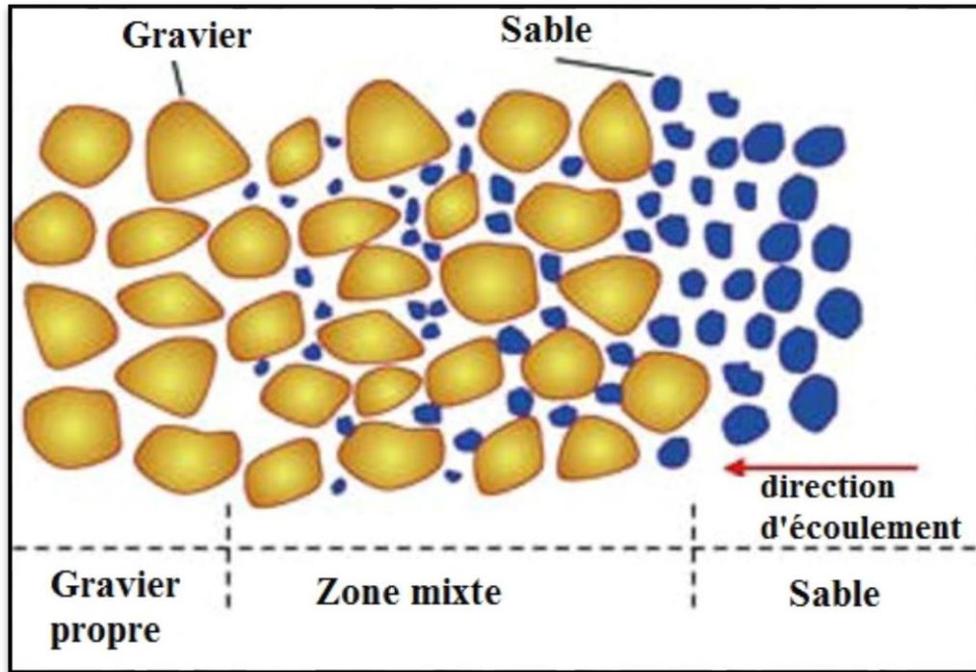


Figure 25 Principe du massif filtrant

Calcul du volume du gravier additionnel :

Le volume du gravier nécessaire peut être calculé empiriquement de la manière suivante selon

E. Drouart :
$$V = h \times 0.8 \times (D_0^2 - D_1^2)$$

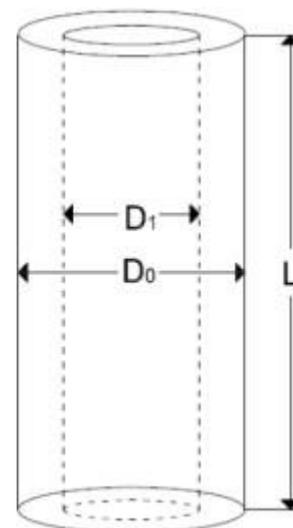
V : Volume du gravier, en litre

D_0 : Diamètre du trou, en pouces

D_1 : Diamètre des tubes, en pouces

h : Hauteur du forage, en mètres

Application numérique pour le calcul du volume du gravier additionnel concernant le forage de Sidi Medjahed selon Drouart :



Selon L : 310 m, on a :

- $D_0 = 0.26$ "
- $D_1 = 0.15$ "

$$V = 310 \times 0.8 \times (0.26^2 - 0.15^2) = 11.1848 \text{ m}^3$$

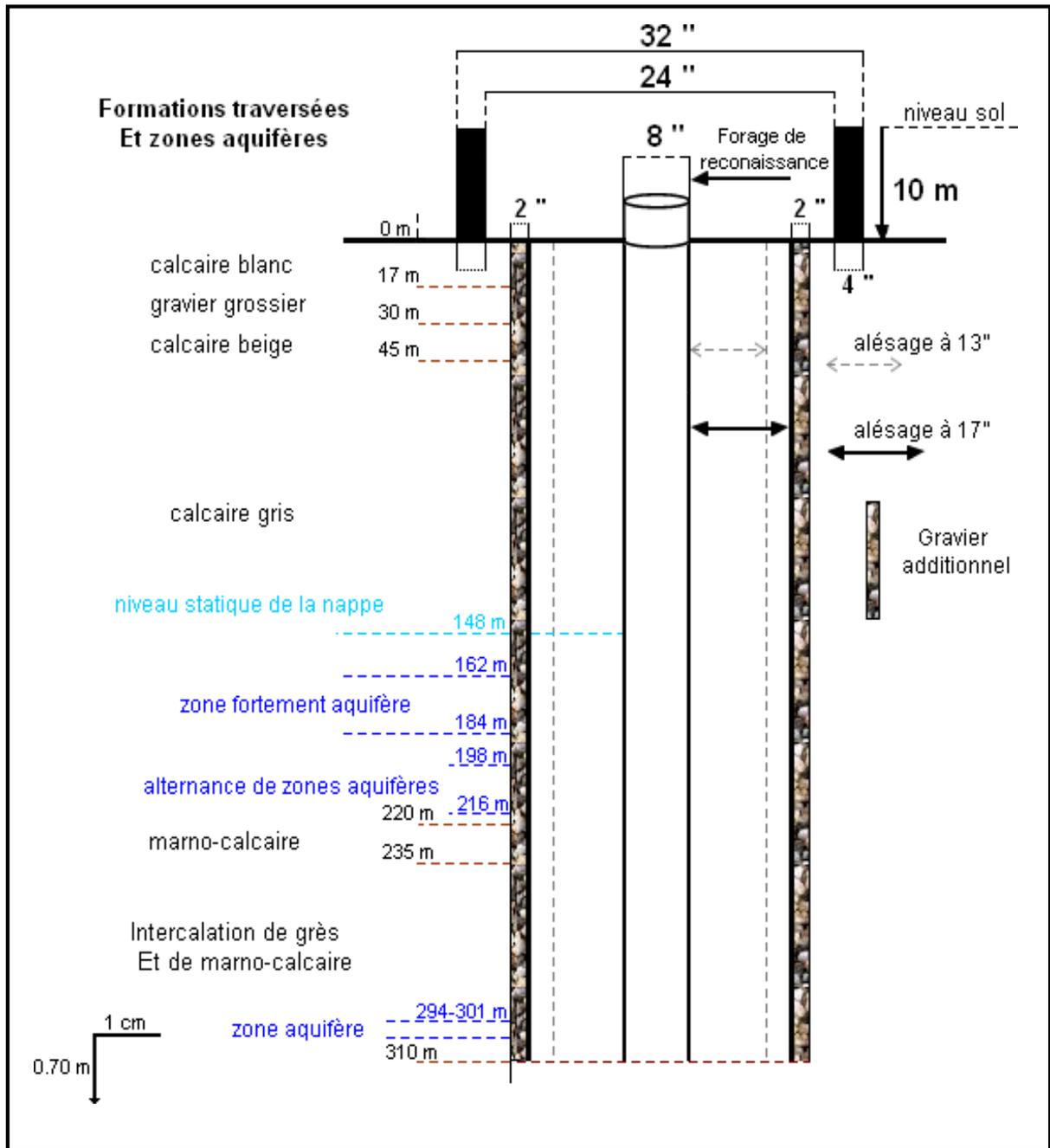


Figure 26 Schéma de la colonne hydrogéologique de l'aquifère avec l'équipement de fond du forage Sidi Medjahed

V-DEVELOPPEMENT D'OUVRAGE :

Le développement est une étape cruciale et finale du forage, elle permet par le nettoyage de ce dernier. Elle existe sous deux formes, le développement par adjonction de produit chimique et le développement à l'air lift. Sur notre site de forage c'est la deuxième méthode qui a été préconisée.

V-1. Rôle et concept du développement à l'air lift :

Son importance consiste à :

- Eliminer le plus grand nombre de particules fines.
- Supprimer le cake de boue (le reste de croûte de boue de forage sur les parois)
- Améliorer le rendement des crépines, donc la perméabilité de la formation aquifère.
- Augmenter le débit initialement prévu.
- Stabiliser les formations de part et d'autres du tubage.

C'est une stimulation du forage alternativement par injection d'air filtré créant un phénomène, de flux et de reflux dans le réservoir (fig. 29).

V-2. Différentes étapes de développement :

Elle se fait en deux étapes :

- Nettoyer le forage de la boue en provoquant un soudain renversement du flux dans le tube à eau et une grande turbulence dans la formation près de la crépine.
- Un nettoyage qui cible les crépines après une obtention d'eau clair, celle-ci se fait par palier horaire.

En pratique, on nettoie le forage en deux étapes, on laisse l'opération se faire en 36 heures à un certain niveau de profondeur, ensuite on la laisse pendant 72 h.

Le choix de la pression du compresseur est conditionnée par la profondeur ou on agit par exemple si le niveau est de 240 m la pression sera de 24 bar, en suivant cette simple équation : 100 m de profondeur équivaut à une pression de 10 bar.

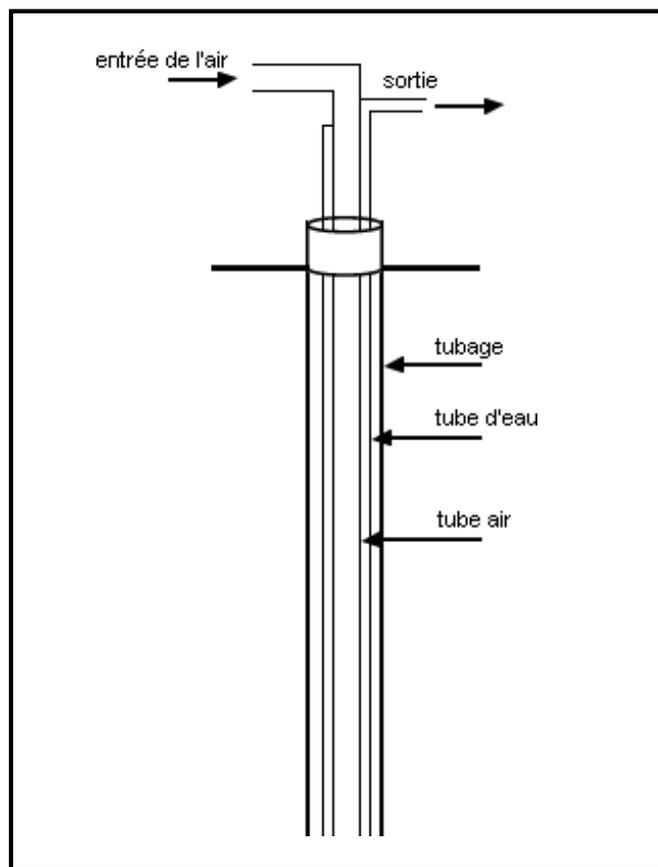


Figure 27 Concept simplifié du développement à l'air lift

V-5. Phase du développement sur le site :

Le développement sur le forage de Sidi Medjahed fut à l'air lift. Il se fait par palier et progressivement jusqu'à une obtention d'une eau claire autrement dit une eau propre. Les photos (fig. 30) montrent que l'eau est claire à la fin de l'opération du développement.



Figure 28 Photos démontrant le développement à l'air lift sur le forage de Sidi Medjahed

CONCLUSION GENERALE

La zone étudiée est localisée au Nord du horst de GharRouban, La synthèse climatologique démontre que des précipitations moyennes régionales varient entre de 200mm/an et 450 mm mais sous un climat semi-aride.

La région étudiée a des caractéristiques géologiques semblables à la région de Tlemcen. On se basant sur les études antérieures sur les Monts de Tlemcen et la carte géologique de Maghnia (1/50000) nous avons synthétisé les contextes géologique et structural. Sur le plan hydrogéologique, cette région connaît un potentiel d'eau souterrain important facile à exploiter vu l'affleurement et l'épaisseur des dolomies de Tlemcen qui surmontent les calcaires très fissurés.

Le site d'implantation du forage a été confirmé par les photos aériennes, et l'expertise des ingénieurs. La diagraphie a permis tout simplement de confirmer la présence de l'eau comme à évaluer son rendement. Cette dernière a démontré plusieurs phases aquifères intéressantes.

Une fois que l'investigation et l'enquête sur le terrain terminés on peut commencer à installer le chantier, en respectant les mesures de sécurité pour le bon déroulement de l'opération.

Dans notre forage on a choisit la méthode de Rotary car c'est la méthode la plus adéquate et efficace pour être sûre que le processus ne soit pas arrêté ni ralenti par des couches trop dures. Plusieurs types d'outils ont été utilisés pour la foration et l'alésage.

Petit à petit un échantillonnage fut effectué pour confirmer la diagraphie et pour pouvoir se localiser dans la profondeur.

L'équipement du forage est une phase importante dans ce projet elle permet de consolider par le tube plein comme de laisser le passage à l'eau par les tubes crépinés.

Viens en fin le développement du forage cette étape consiste au nettoyage du forage c'est primordiale pour éviter toute pollution et pour obtenir une eau claire.

En respectant chaque étape et on s'y prenant avec professionnalisme et lucidité face aux problèmes aux quel on peut être confronté, le forage ne peut être que positif à la fin avec un débit acceptable, car après tout c'est l'objectif initial.

Bibliographie :

- Bart S. 2011 : livre les formes de corrosion en forage d'eau.
- Benest M., 1974 : Évolution tectogénétique de la partie orientale de la dépression de Sebdoou (Monts de Tlemcen, Algérie).
- Benest M., Bensalah M., Bouabdellah H. et Ouardas T. 1999 : La couverture mesozoïque et cenozoïque du domaine Tlemcenien (Avant pays tellien d'Algérie occidentale) : stratigraphie, paléoenvironnement dynamique sédimentaire et tectogénèse alpine. Bulletin du service géologique d'Algérie.
- Bensaoula F. 2006 : Karstification, hydrogéologie et vulnérabilité des eaux karstiques. Mise au point d'outils pour leur protection (Application aux Monts de Tlemcen – Ouest Oranais). Thèse de Doctorat d'état, Univ. Tlemcen. 203p.
- Bensaoula F., Bensalah M., Achachi A. 2005 : Etude des circulations d'eaux profondes dans les dolomies du Dogger de Zouia, Bordure occidentale des monts de Tlemcen nord-ouest algérien. Bulletin d'Hydrogéologie No 21, 16-32.
- Boukacem et Derbal, 2019 : Etude hydrochimique et qualitative des eaux souterraines des régions de Béni Snous et Sabra (N - O algérien), Mémoire de Master, Université de Tlemcen.
- Bousselal B. 2017 : Livre forages d'eau procédés et mesures, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Chapelier D. (*sans année*) : Géophysique de gisements et de génie civil.
- DNEPAH 2012 : article de la direction nationale de l'eau potable et de l'assainissement d'Haïti
- Grondin F. 2004 : Les outils de forage, document SONATRACH. Division forage.
- Gentil L. 1902 : Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie). Adolphe Jordan, Editeur.
- Hayane S., 1983 : Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak. Thèse de doctorat. Univ. Oran.
- Lucas G. 1942 : La notice carte lithologique de la région de Tlemcen au 1/100000
- Lucas G. 1952 : Bordure nord des hautes plaines en Algérie occidentale, XIX Congr. Géol. Int (Alger) Monographie régionales, 1ère série, Algérie.
- Mabillot A. 1971 : Forage d'eau, guide pratique, édition : Johnson filt sys, Naintre

Maehrt 2015 : Guide technique de réalisation, de protection, de gestion et d'abandon des forages d'eau, le ministère de l'agriculture, de l'élevage et de l'hydraulique. République du Togo.

ONRGM 1997 : Carte géologique de Maghnia 1/50000.

Torchi et Berrabah, 2017 : Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Missiouin (NO Algérie), Mémoire de Master, Université de Tlemcen.

Zinet H. et Becherair N. 2020 : 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.