

UNIVERSITEKASDIMERBAH-OUARGLA-
FACULTEDESHYDROCARBURESDESENERGIES
RENOUVELABLESET DES
SCIENCESDELATERRE ET L'UNIVERS
Département des Sciences de la Terre et l'Univers.



MEMOIREDEFIND'ETUDE
Mémoire de fin d'étude
En vue d'obtention du
Diplôme de Master 2 en Hydrogéologie

THEME

***Réalisation d'un forage d'eau profant albien de
la région Djamaa par simulation logiciel
GesForet L'Ouaïpe dans cas puit tegdidine***

Le. 24/06/ 2024

Soutenu publiquement par :

Mr. Fetiti Yassine

Devant le jury :

Président:	SETOUH.A	M.C.A
Promoteur:	P.BOUSELSAL.B	M.C.A
Examineur:	MENAD.I	M.C.A
Co.promoteur :	Mr.BENGUEGA.S	I.N.G ANRH

Année universitaire : 2023/2024

REMERCIEMENT

A chaque début une fin et à chaque création un créateur .Personne n'est parfait et une main ne puisse jouer toute seule. C'est ainsi que nous voulions commencer ce minuscule passage du mémoire, qui nous est en fait propre, pour exprimer toutes nos reconnaissances à ceux qui nous ont accompagné au du ré cette année et ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements vont donc :

- ✚ A **Dieu** de nous avoir accordé de son vaste pouvoir la possibilité l'aptitude D'arriver jusqu'ici.*
- ✚ A département des sciences de la terre de l'univers.*
- ✚ A Mr **BOUSELSAL** d'être promoteur. Nous le remercions, pour ce fait, pour tout son soutien moral et physique qu'il nous a offert durant cette année.*
- ✚ A M. **BENGUEGA. M. S**'être Co promoteur et Chef service de l'ANRH touggourt, Nous le remercions, pour guider et suivi tous le long de ce travail, de Nous avoir conseillé, encouragé qu'il nous a offert durant ce semestre.*
- ✚ A l'ensemble des enseignants qui nous ont appris pas seulement de la science mais aussi de la méthodologie et surtout les bonnes morales, nous les remercier chaleureusement pour leurs efforts et sacrifices pour que nous devenions des ingénieurs.*
- ✚ A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de près ou de loin.*



DEDICACES

Je dédie ce fruit de tant d'années d'études:

A ceux qui ont Consacrés toutes es vie pour la réussite de leurs

A ma femme, ma fille, mes très chère parent, A ma sœur,

A mes oncles et ses femmes et à mes cousins et mes cousines,

mes grande mère,

A tous mes chers ami(e)s:nassim, nori, hakime ,salah, ahmed ,rachide,

magide, walid, hamza

A tous qu'il méconnaisse

Merci à tous

Yassine



Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Cadre physique de la zone d'étude	2
1-Situation géographique de la zone d'étude :.....	2
2-Géomorphologie et topographie :	2
2-1 -Climat et végétation :.....	3
2-2-Activités économiques :	3
3-Etude climatologie de la région de Djamaa :.....	4
3.1- Diagramme Pluvio-Thermique :.....	4
3.2 - Les vents :	5
3.3. La Température :	6
3.4- la Précipitation :.....	7
3.5. Interprétation des résultats :	9
4. Le contexte géologique :.....	9
4.1. Introduction :.....	9
4.2. Géologie régionale :	10
4.3-Géologie locale	11
4.4-Cadre stratigraphique et paléontologique de la région d'étude :	12
5. Le contexte hydrogéologique :.....	16
5.1. Introduction :.....	16
5.2. La plateforme saharienne :.....	16
5.3. Le cadre hydrogéologique régional :	17
6. Conclusion :.....	24
Chapitre II : Généralités sur les forages hydrauliques	25
1. Introduction :.....	24
2. Appareil de Forage rotary:.....	24
2.1. Forage au rotary (Drilling by rotational):.....	24
2.2 Les différentes méthodes de forage d'eau :	25
2.3. Les avantages du forage au Rotary :	25
2.4. Les inconvénients du forage au Rotary :	25
3. Le système de circulation (Mud circulation system) :.....	26
3.1. La tête d'injection (Swivel) :.....	27
3.2. La pompe à boue (Mud pump) :	28
3.3. Caractéristique de pompe à boue Triplex Shandong Rongli RL3NB-1300D :	28

3.4. Définition du fluide de forage :	28
3.5. Types de fluides de forage:	29
4. Réalisation de forage d'eau :	30
4.1. Introduction :	30
4.2. Les éléments nécessaires pour L'organisation de chantier sont :	30
4.3. Les phases de Réalisation de forage	30
5. Conclusion :	31
Chapitre III : Suivi de réalisation d'un forage d'eau	32
1. Introduction :	32
1.1. Situation de forage d'étude :	32
1.2. Implantation du forage	32
1.3. Choix du site :	32
1.4. Objectif du forage :	33
1.5. Moyens matériels :	33
2. Les équipements du forage :	36
2.1. Équipements de surface :	36
2.1.1. La substructure :	36
2.2. Equipement de fond (Background equipment:	36
3. Log stratigraphique :	40
4. Préparation et Installation de chantier	44
5. Programme de tubage :	45
6. La cimentation :	48
7. La diagraphie :	50
8. La crépine :	53
9. Essais de pompages:	54
9.1 Logiciel (Ouaïpe) de BRGM.....	54
10. Logiciel (GESFOR) de BRGM :	60
 Conclusion générale	 33

Liste de figures

Figure 1: Localisation de la zone d'étude (BALLAIS, 2010 modifiée).....	2
Figure 2: Graphique climatique.	5
Figure 3: Pression et vent extrêmes (2010.2021).	6
Figure 4: Courbe de variation des températures Touggourt (2010/2021)	7
Figure 5: Précipitations moyennes (2010/2021).	9
Figure 6: Coupe géo structurale transversale régionale (WEC, 2007)	11
Figure 7: Coupe géologique de la région d'El Oued (la région de Djamaa).....	12
Figure 8: Colonne chrono-stratigraphique synthétique du Sahara septentrional algérien (WEC, 2007).	14
Figure 9: Carte des bassins sédimentaires de l'Algérie, source: (WEC, 2007).	17
Figure 10: Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002.	18
Figure 11: Coupe hydrogéologique du système aquifère CT et du CI, source: (UNESCO, 1972).	19
Figure 12: Coupe hydrogéologique transversale du CT (UNESCO, 1972).	22
Figure 13: Carte piézométrique de référence du CT (OSS, 2003).	22
Figure 14: Aquifère de continental intercalaire.	24
Figure 15: Schéma de fonctionnement de forage au rotary, source: Gilles BRESSON.....	26
Figure 16: Cycle de la boue de forage, source: Drilling engineering, 2004	27
Figure 17: Le têt d'injection (Swivel).	27
Figure 18: La tête d'injection.....	27
Figure 19: localisation de forage tigidine Djamaa El-meghaier par Google Mapps.....	32
Figure 20: La substructure.....	36
Figure 21: Le mât haubané de forage.	37
Figure 22: Équipement de mouflage,source:Drilling Engineering, 2005.....	38
Figure 23: Le treuil de forage.	39
Figure 24: La table de rotation et leur composant (Rotary Table).....	40
Figure 25: Tige d'entraînement.	34
Figure 26: Clé automatique.	35
Figure 27: La pompe à boue triplex RL3NB-1300D.	35
Figure 28: Les tiges de forage.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 29: Composants du train de tiges.....	36
Figure 30: Les masse-tiges lisses.	37
Figure 31: Stabilisateur à lames droites et obliques.	38
Figure 32: Les éléments de l'outil à molettes source : Drilling engineering, 2005.	39
Figure 33: Trépan P.D.C.....	40
Figure 34: Un outil à dimant naturel.	40
Figure 35: Coupe Stratigraphique du forage tigidine dessinée par le programme GesFor (Version.4.00).	42
Figure 36: Coupe technique du forage tigidine dessinée par le programme GesFor (Version.4.00)..	43
Figure 37: Installation de Chantier de forage tiggdidine.....	44
Figure 38: Mise en place du tube guide TNRS.....	45
Figure 39: Vissage du sabot à l'extrémité inférieure des 1 er colonne.	46
Figure 40: Tube plein Acier Inox 8 5/8".	46
Figure 41: Sur le terrain pendant le processus d'enregistrement.....	51

Figure 42: Sonde combinée (Gamma ray, polarisation spontanée, résistivité, électrique).....	52
Figure 43: Crépine INOX Johnson.....	54
Figure 44: Présentation de logiciel OUAPE	56
Figure 45: Présentation de tableau des valeurs logiciel OUAPE	56
Figure 46: simuler des valeurs un pompage d'essai.....	57
Figure 47: Simulation des résultats des essais par logiciel »Ouaipe »pour de forage TIGDIDINE	59
Figure 48: Formulaire de la création d'un nouvel 1er forage M'rara.	61
Figure 49: fiche d'ouvrage de 1er forage M'rara.	62
Figure 50: Coupe lithologie et technique de 1er forage M'rara par logiciel gesfor.	63
Figure 51: Simulation des résultats des essais par logiciel »Ouaipe »pour de 1er forage M'rara.	64
Figure 52: Formulaire de la création d'un nouvel forage ZAOUALIA Djamaa.....	65
Figure 53: fiche d'ouvrage de 2eme forage ZAOUALIA Djamaa.....	65
Figure 54: Coupe lithologie et technique de forage ZAOUALIA par logiciel gesfor.....	66
Figure 55: Simulation des résultats des essais par logiciel »Ouaipe »pour de 2eme forage ZAOUALIA Djamaa.....	67
Figure 56: Formulaire de la création d'un nouvel forage SP1 sonatrache Djamaa.....	68
Figure 57 : Simulation des Tronçons de l'ouvrage de forage SP1 Djamaa par Gesfor.....	69
Figure 58: Coupe lithologie et technique de forage SP1 sonatrache Djamaa par logiciel gesfor.	70
Figure 59: Simulation des résultats des essais par logiciel » Ouaipe » pour de forage SP1 SONATRACHE Djamaa.	71

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2010 - 2021).	5
Tableau 2: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2010- 2021).	7
Tableau 3: Précipitations moyennes.	8
Tableau 4: Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff, 1952).	15
Tableau 5: Les coordonnées géographiques du forage.	32
Tableau 6: la description de la machine de forage est portée en annexe.	35
Tableau 7: Description lithologique des cuttings du forage albien, source : ANRHrapport, 2023	41
Tableau 8: Essais de débit par palier de courte durée pour le forage tigidine.	55
Tableau 9: Des valeurs d'essai de débit de 1er forage M'rara :	64
Tableau 10: Des valeurs d'essai de débit de 2 eme forage ZAOUALIAT.....	67
Tableau 11: Des valeurs d'essai de débit de 3 eme forage SP1 SONATRACHE.	71

Liste des symboles et abréviations

Symboles:

C° : Degré Celsius.

D : Densité.

H : hauteur.

K : Coefficient de majoration.

Kg : Kilogramme.

Lt : Litre par mètre.

m : Mètre.

m³ : Mètre carré.

Min : Minute.

Psi : Par Système International.

P110:Grade d'acier

Q : Débit.

t: Tonne

T_i:Temps d'injection.

. T ° C : la température

V : Volumes.

VAM: Type de filetage.

V_{ch}: Volume de chasse.

Z: Impédance.

Abréviations:

API: American petroleum institut.

CBL-VDL : Abréviation de "Cement-Bond Log" et "Variable Densité Log", diagraphie d'adhésivité du ciment pour analyser la qualité de la cimentation du cuvelage.

DP: Drill pipe.

PDC : polly cristallindiamond compact.

OBM : Oil Bas Mud.

WBM : water bas Mud.

CI : Continental Intercalaire.

CT : Le Complexe Terminal.

TSP: thermally stable polycrystalline.

TVD: True vertical depth (profondeur verticale réel).

Ouaip : Logiciel essai pompage.

Brgm : Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

WOB : Wight On Bit.

I.N.R.AA : Institut Nationales Recherches Agricoles Algérien.

ANRH : agence nationales ressources hydrauliques.

ERESS : Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrionale.

SASS : Système Aquifère de Sahara Septentrionale.

WEC : Well Evaluation Conférence.

Introduction générale

La nécessité de l'eau pousse l'homme à penser de trouver les techniques d'apporter cette ressource et beaucoup plus dans les régions loin des eaux de surface.

Parmi les importantes techniques, on trouve l'exploitation des eaux souterraines par le forage des puits. Cette opération de forage à plusieurs étapes, commençant par l'identification des objectifs du forage du puits jusqu'à l'exploitation de l'eau.

La région de Djamaa est une entité économique bien précise car elle regroupe d'une plusieurs Oasis situées au Nord-est du Sahara. Vue cette position stratégique, Cette région nécessite un potentiel en eau pour l'agriculture d'une part et pour l'utilisation domestique de l'autre part. Cette région en recèle d'énormes quantités dans un système d'aquifère constituées de la superposition de trois 3 nappes à savoir : la nappe du Continentale Intercalaire, la nappe du Complexe Terminal et la nappe phréatique.

Le nombre de forages dans les nappes profondes notamment celle du CT, était de 364 en 1975 est passé à 418 en 1984 puis à 545 en 1991 et à 747 en 1998 pour atteindre les 653 en 2004 se retrouve en 2010 à 795, La prépondérance de l'exploitation de cette nappe s'explique par le fait qu'elle est accessible à des profondeurs souvent inférieures à 600 m et avec des conditions de mobilisation facilement maîtrisables (température de l'eau, faible artésianisme). On compte aussi trois forages dans la nappe intercalaire dans la vallée de SOUF seulement et plus de 10000 forages dans la nappe phréatique, la plus part sont réalisés manuellement. Ce qui traduit l'accroissement alarmant des forages au cours des deux dernières décennies.

Le présent travail est pour objectif de mettre la lumière sur l'industrie de réalisation des forages hydrauliques dans la région Djamaa El-Oued, le sujet est divisé en trois chapitres Pour l'étude et le suivi de ce forage nous proposons le plan de travail suivant :

- Introduction générale
- Chapitre I : Cadre physique de la zone d'étude.
- Chapitre II : Généralités sur les forages hydrauliques.
- Chapitre III : Suivi de réalisation d'un forage d'eau.
- Conclusion générale

Chapitre I :

Cadre physique de la

zone d'étude

1-Situation géographique de la zone d'étude :

La région d'étude concerne la ville de Djamaa, qui est située au centre de la vallée d'OuedRigh ($33^{\circ}31' N.$; $5^{\circ}59' E.$) (**Fig.1**). Elle se trouve entre le plateau du M'Zab à l'Ouest et le

Grande Erg Oriental à l'Est (**Fig.1**). Administrativement, elle est située au Nord-Ouest de lawilaya d'El-Oued. Elle est limitée:

- Au Sud: la daïra de Sidi Slimane (wilaya touggourt).
- Au Nord: la wilaya d'El Meghaire.
- A l'Est: la daïra d'Arghiba.
- A l'Ouest: la daïra de Masâad (wilaya de Djelfa) (**D.S.A., 2011**).

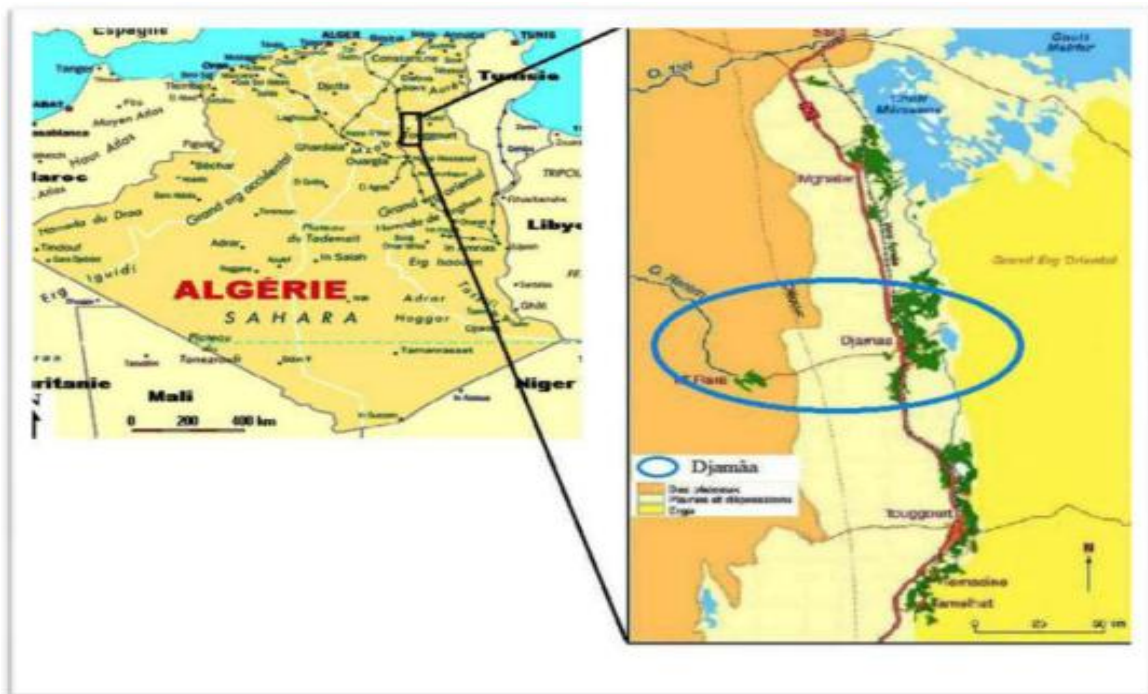


Figure 1: Localisation de la zone d'étude (**BALLAIS, 2010** modifiée).

2-Géomorphologie et topographie :

Cette région à une morphologie homogène, elle se présente comme une dépression (large fossé) orienté Sud-Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étendent sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions.

La topographie de la région d'étude est légèrement tabulaire avec des altitudes qui varient entre 0 et 130 mètre. Elle est subdivisée en quatre sous-ensembles :

La zone de plateau à l'ouest, ou affleurent le Mio-Pliocène et le Pliocène continental avec des grès et des sables à lentilles de calcaire.

✚ Les formations sableuses (dunes et cordons d'erg) avec une altitude qui varie entre 60 et 100 mètres.

✚ Les zones alluvionnaires occupant de larges étendues le long de Oued Righ et s'étendant au sud (Touggourt) vers le nord (Chott Mérouane) avec une très faible pente, l'altitude varie entre 10 et 90 mètres.

✚ Les chotts occupant les fonds des dépressions et des dayas. Chott Mérouane est le plus important, il est situé au nord-est de la vallée d'Oued Righ, l'altitude sur les bordures de Chott Mérouane est de 35 par rapport au niveau de la mer (A.N.R.H., 2009).

2-1 -Climat et végétation :

Le climat est typiquement saharien, caractérisé par une forte aridité où la pluviométrie est aléatoire, ce qui ne favorise pas le développement de la végétation.

La température est très élevée en été et une humidité très faible.

La culture du palmier dattier reste la principale activité dans la région d'étude, elle est développée et occupe entre 10% à 15 % de la superficie de la région.

2-2-Activités économiques :

La vallée regroupait 50 oasis couvrant 15000 hectares en 1988 (I.N.R.A.A) Institut Nationales Recherches Agricoles Algérien.

Le domaine agricole qui était jadis la principale activité est un peu délaissé actuellement à cause du faible rendement des palmiers dû aux effets néfastes de la « salinisation » des eaux et des sols, des phénomènes de : la remontée de la nappe phréatique, le vieillissement des palmiers »...etc. de plus les sociétés pétrolières offrent des emplois plus rémunérés.

D'après les enquêtes de la FAO 1988 la vallée de l'Oued Righ comprend près de deux millions de palmiers sur un total de 7,5 millions que compte le pays.

Le palmier dattier est la principale culture dans la région.

La variété DegeletNour domine suivie par le « Ghars » et Deglabeida.

Les cultures hors palmiers sont peu développées et occupent 10 à 15 % de la superficie dont l'orge et la luzerne sont les cultures fourragères les plus importantes

3-Etude climatologie de la région de Djamaa :

Au vu de la convergence des régions, les résultats sont proches entre la région (Djamaa) et Touggourt,

La connaissance des caractéristiques climatologiques est indispensable pour l'étude hydrogéologique, pour évaluer les apports de nappes par infiltration, et pour établir un bilan hydrique. Des données sur les différentes composantes qui régissent le climat (la pluie, le vent, la température,) ont été collectées auprès des services des stations météorologiques. Dans ce chapitre, il prend en compte les deux composantes les plus importantes : les précipitations et la température car elles ont l'influence principale sur l'approvisionnement de l'aquifère.

Dans notre région d'étude, on dispose d'une seule station, celle de Djamaa dont les coordonnées sont les suivantes :

- ❖ Latitude : 33,31'53"N
- ❖ Longitude : 05°59'28"E

Le climat de la vallée de Oued Righ est typiquement saharien qui caractérise par des précipitations très faibles, capricieuses, une température élevée et une humidité relativement faible.

3.1- Diagramme Pluvio-Thermique :

Les valeurs des précipitations et des températures enregistrées au niveau de la station météorologique de La zone étudiée sur une période de 10 années, permettent l'établissement du diagramme pluvio thermique.

Un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois.

Le diagramme Pluvio-Thermique montre que la période sèche est étendue sur plupart des mois de l'année dans la zone d'étude.

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T moy (°C)	11.8	13.7	17.2	22.2	26.6	31.8	34.9	33.9	30.0	23.6	16.9	12.4
P moy (mm)	1.8	2.5	6.7	8.9	4.9	0.3	0.0	2.3	7.1	2.1	10.7	4.2

Tableau 1: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2010 2021).

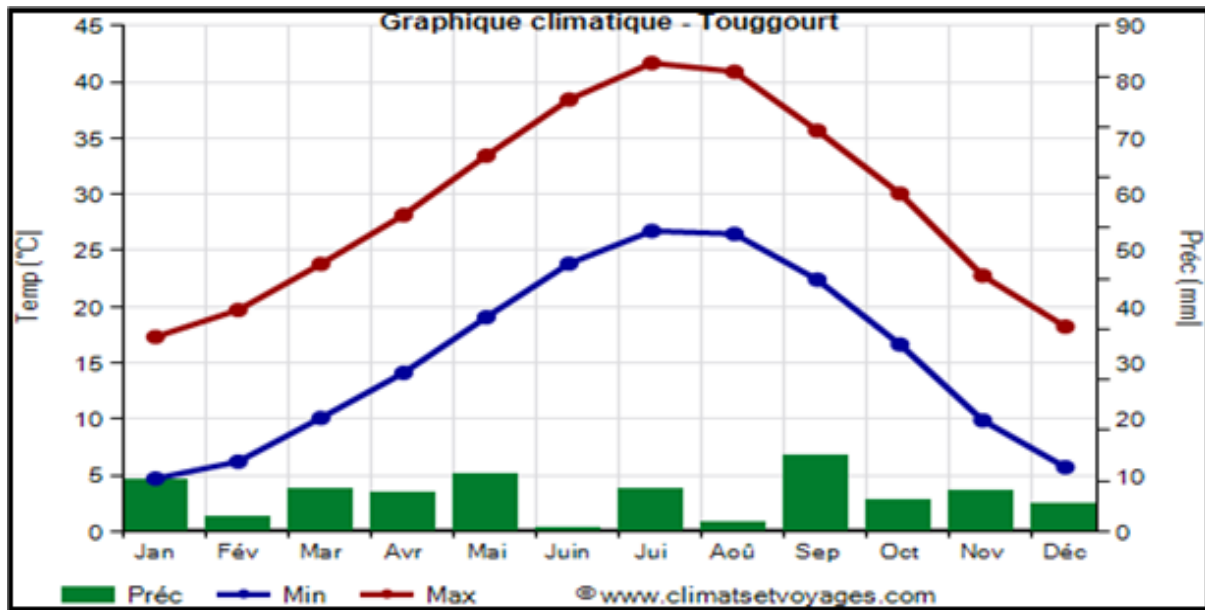


Figure 2: Graphique climatique.

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

3.2 - Les vents :

Les vents sont très fréquents dans la région et ce, durant toute l'année, c'est durant la saison du printemps (Mars, Avril et Mai) que se manifestent violemment les tempêtes de sable, Des vitesses supérieures à 16.82 m/s (60.55km/h) sont observées dans la région en été.

Ces vents sont chauds et secs (sirocco) avec une direction dominante NE en hiver et SW en été. Le dessin montre que

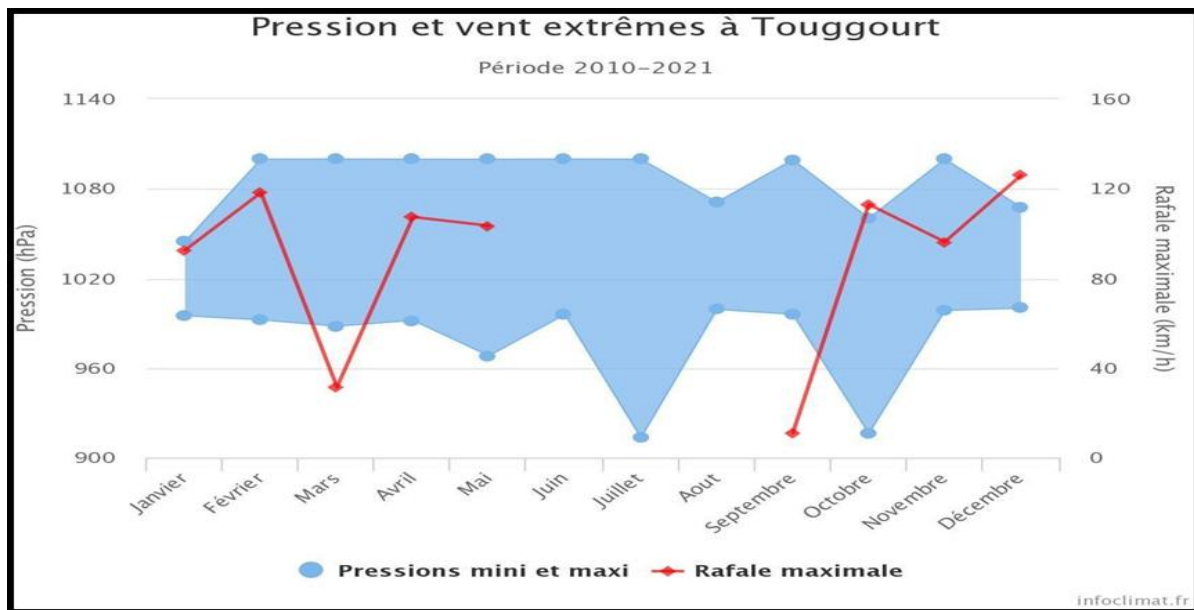


Figure 3: Pression et vent extrêmes (ONM. 2010.2021).

On remarque d'après le graphique, que la vitesse minimale du vent est enregistrée au mois de septembre, elle est de 11.1km/h et la vitesse maximale est enregistrée en décembre et atteint 125.9km/h. Ces vents soufflent dans des directions différentes.

Les vents soufflants de l'Est vers le Nord-est sont les plus dominants Provenant de la méditerranée, ils sont chargés d'humidité, Les vents soufflants du Sud vers le Sud-ouest sont moins fréquents (Secs et chauds).

Au printemps les vents sont plus forts, le vent d'Est appelé communément EL BAHRI. En été, il apporte de la fraîcheur, par contre il est peu apprécié au printemps car il donne naissance au vent de sable, donnant au ciel une couleur jaune.

3.3. La Température :

Dans notre région d'étude caractérisée par un climat Saharien, la température joue un rôle très important par son influence sur les autres paramètres météorologiques tel que l'évaporation et le taux de l'humidité de l'atmosphère.

A partir du climat répandu dans notre région d'étude les températures se caractérisent par des valeurs maximales en été qui atteignent 41.24°C et des valeurs minimales enregistrées en hiver d'ordre de 4.56°C quant à la moyenne annuelle correspondante à cette période, elle est de 22.2°C.

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Tom (°C)	11.8	13.7	17.2	22.2	26.6	31.8	34.9	33.9	30.0	23.6	16.9	12.4
P Moy (mm)	1.8	2.5	6.7	8.9	4.9	0.3	0.0	2.3	7.1	2.1	10.7	4.2

Tableau 2: Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2010-2021).

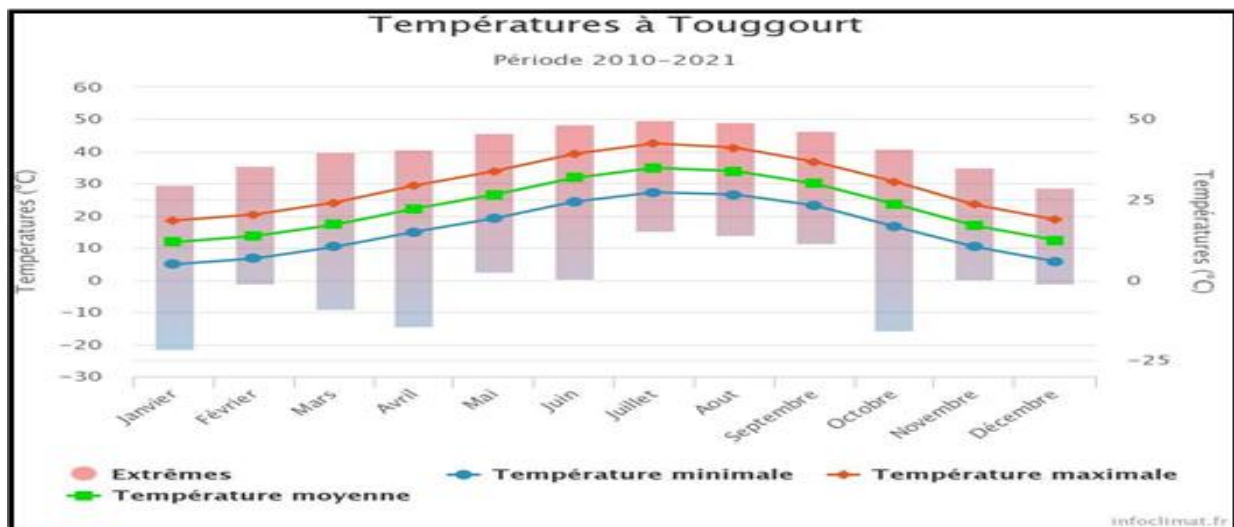


Figure 4: Courbe de variation des températures Touggourt (2010/2021)

La figure suivante représente les variations des températures moyennes mensuelles et montre que les mois les plus chauds sont : Juillet et Aout avec des températures qui dépassent 30 °C et les mois les plus froids sont : Décembre, Janvier et Février des températures inférieures à 6°C.

3.4- la Précipitation :

La moyenne des précipitations dans la zone étudiée est de 80 mm par an : c'est donc au niveau du Sahara. Au mois le moins pluvieux (juin) elle est de 1 mm, au mois le plus humide (septembre) elle est de 14 mm Voici les précipitations moyennes

Mois	Quantité (mm)	Jours
Janvier	9	2
Février	3	2
Mars	8	2
Avril	7	2
Mai	10	1
Juin	1	1
Juillet	8	0
Août	2	1
Septembre	14	3
October	6	2
November	7	2
Décembre	5	2
An	80	20

Tableau 3: Précipitations moyennes.

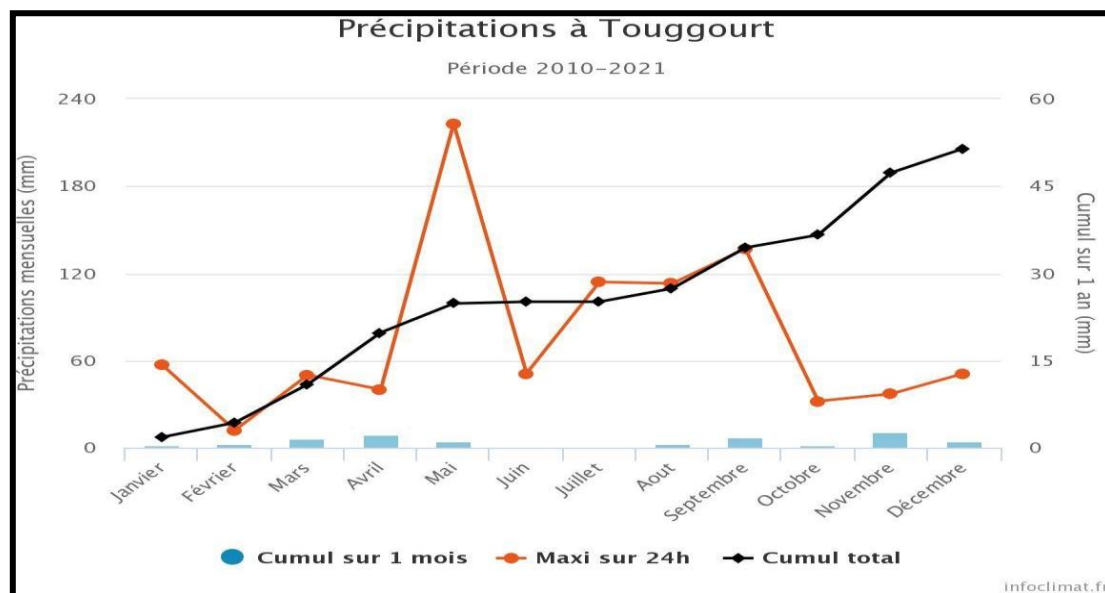


Figure 5: Précipitations moyennes (2010/2021).

3.5. Interprétation des résultats :

Le graphique de distribution des précipitations mensuelles moyennes montre ce qui suit : la quantité maximale de précipitations est d'environ 51,5 mm au cours du mois de décembre et la quantité minimale est d'environ 1,8 mm au cours du mois de janvier.

Ces résultats restent très faibles pour la participation à la recharge des aquifères.

3.6. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé l'aspect climatique de la région de Djamaa caractérisée par un climat désertique et hyperaride :

Les précipitations sont faibles et irrégulières, de l'ordre 6.05 mm et ne jouent aucun rôle dans la recharge directe des nappes, à l'exception de quelques ouvrages violents qui génèrent des ruissellements.

Les températures sont élevées 15.54 °C en moyenne annuelle et 42.1 °C au mois le plus chaud, ce qui explique la forte évaporation.

4. Le contexte géologique :

4.1. Introduction :

La fonction de la géologie est essentielle en hydrogéologie, il permet la description lithologique et stratigraphique des formations et d'identifier celles susceptibles d'être aquifères.

Dans ce chapitre est nous allons exposer la synthèse des travaux de nombreux auteurs ayant étudié la géologie du Sahara septentrional, nous citons : Busson, (1972), Fabre, (1976).

Bel et Cuche, (1969). Bel et Dermagne, (1966)

4.2. Géologie régionale :

La région de Djamaa ou oued righ fait partie du Bas Sahara situé entre l'accident sud atlasique, et les premiers contreforts des monts des Aurès, au Nord ; la falaise méridionale du Tinehert, au Sud.

Les affleurements crétacés du Dahar, à l'Est et la dorsale du Mzab, à l'Ouest.

Le Bas Sahara est caractérisé par l'extrême simplicité de sa topographie, Mis à part le côté Nord, les autres bordures sont de hauteur modeste et s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée, matérialisée par l'axe SSW-NNE et parcourue par les oueds Mya et Righ. Toutefois, vers le Nord, se dresse une haute barrière composée des monts des Ouled Naïl, des Aurès et des

Nemamcha, bordant une dépression longitudinale occupée par des chotts dont le fond est inférieur au niveau de la mer. Il s'étend sur 720 000 Km² de superficie.

Le Bas Sahara se présente ainsi comme une cuvette synclinale dont les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand erg oriental.

Cependant, quelques affleurements sont observés sur les bordures.

- ❖ Nous distinguons de bas en haut, trois ensembles (**Figure.6**)
- ❖ Les terrains paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinehert et le massif du Hoggar,
- ❖ Les terrains du Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas Sahara.
- ❖ Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaire, occupent le centre de la cuvette.

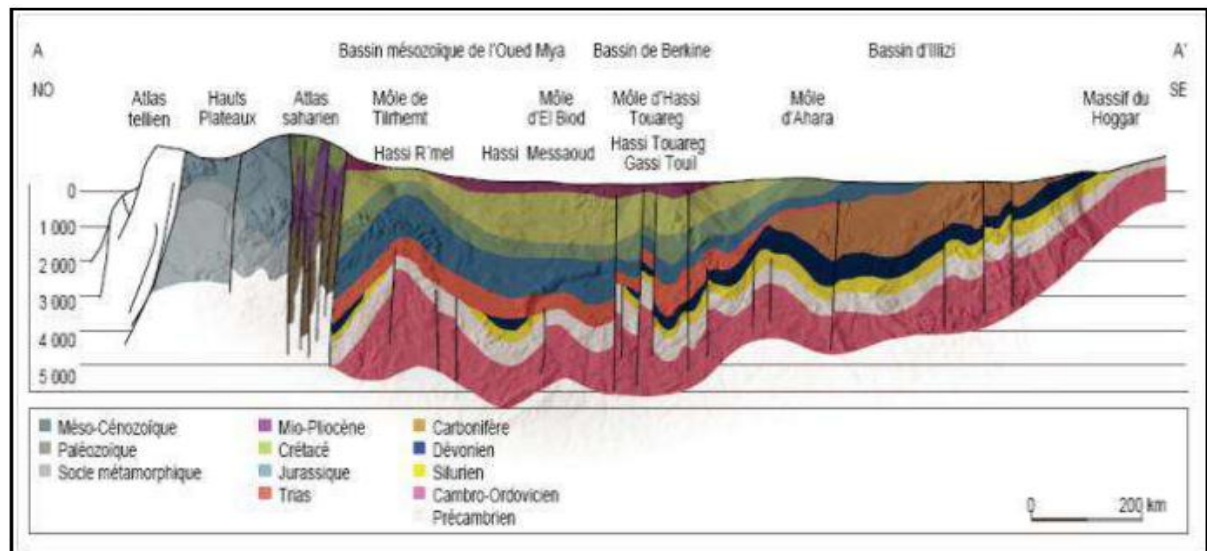


Figure 6: Coupe géo structurale transversale régionale (WEC, 2007)

4.3-Géologie locale

D'après les travaux menés par Bel et Demargne (1966), Busson (1970) et Fabre (1976) et qui constituent les références de base pour comprendre la géologie de la région on peut constater qu'à une profondeur de plus de 3000 m se trouve le socle le plus ancien, ce dernier surmonté par les grès primaires plus ou moins plissés et érodés. Au-dessus, s'entassent les grès du Continental Intercalaire qui contiennent l'aquifère du même nom.

A la suite de la discordance cénomaniennne s'empilent encore les couches marines du

Sénonien et de l'Eocène qui se terminent par la couverture continentale du Mio-pliocène également aquifère (Complexe Terminal).

Du point de vue morphologie, la région étudiée fait partie d'un large fossé de subsidence de direction Sud-Nord, prenant son origine légèrement au Sud de la palmeraie d'EL Goug et débouchant sur le Chott Merouane. La pente générale est de l'ordre de 1‰; cependant le profil longitudinal de la vallée est très irrégulier et on note une succession de petits chotts communiquant entre eux par des seuils bas. Le fond de la vallée est comblé de sédiments sableux entre coupés de lentilles d'argile salifère. La dénivelée entre le haut et le bas est de quelques mètres seulement et le relief est peu marqué. La zone de l'Oued Righ appartient au bas Sahara, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement aplanis au début de l'Ere secondaire ; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable.

4.4-Cadre stratigraphique et paléontologique de la région d'étude :

4.4.1-Description Stratigraphique :

Les formations géologiques de la zone étudiée sont décrites du plus récent au plus ancien.

4.4.1. A-Quaternaire :

Essentiellement sableux, à la base des couches d'argile et d'évaporites semi-perméables leséparent de la pliocène supérieure.

Cette formation quaternaire renferme une nappe phréatique alimentée principalement par percolation des eaux en excès lors des périodes d'irrigation et en faible quantité par la précipitation.

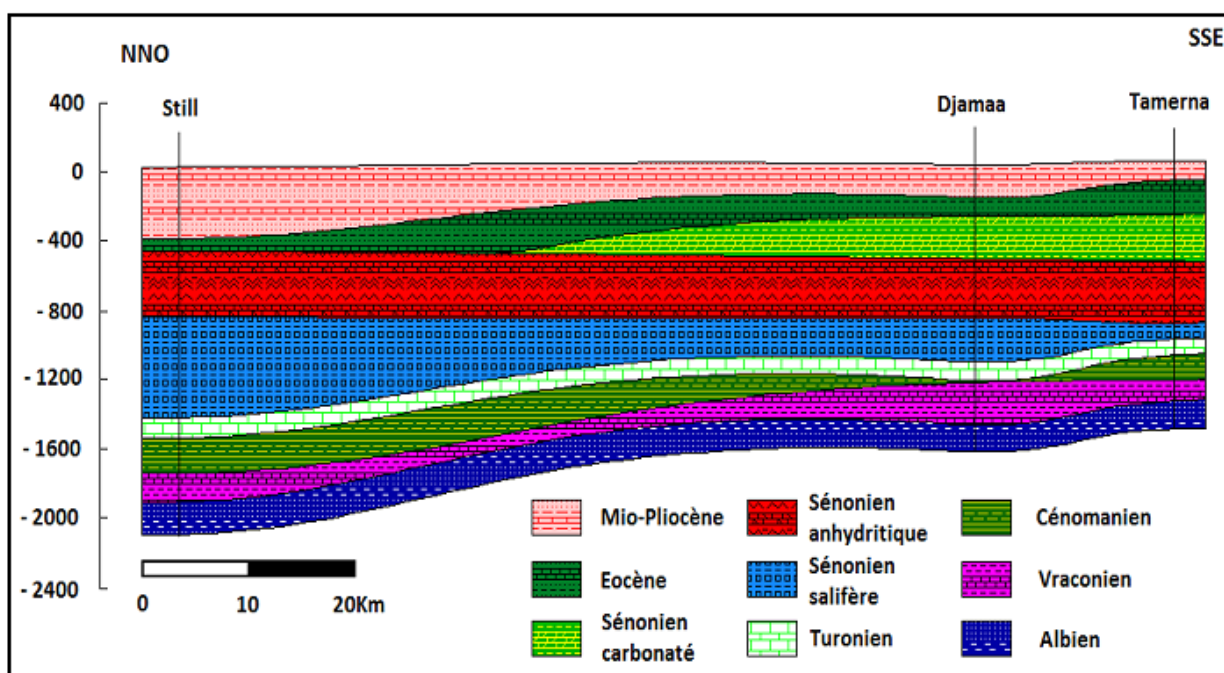


Figure 7: Coupe géologique de la région d'El Oued (la région de Djamaa).

4.4.1. B –Tertiaire :

a) Moi –pliocène :

Bel et Demargne (1966) distinguent de bas en haut quatre niveaux dans ces dépôts lenticulaires.

- ❖ **Niveau 01** : argileux, peu épais, il existe uniquement dans la zone centrale du Sahara Oriental suivant une bande Nord-Sud. Ces argiles constituent une barrière très peu perméable entre la nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonaté et celle des sables de niveau 02.
- ❖ **Niveau 02** : grés-sableux, c'est le niveau le plus épais et le plus constant à sa base on trouve parfois des graviers, alors que le sommet se charge progressivement en

argiles pour passer au niveau 03. Il atteint 400 m au Sud de Gassi Touil. Le niveau 02 est le principal horizon aquifère du Mio-pliocène.

- ❖ **Niveau 03** : C'est une formation argilo sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies, Cette couche imperméable n'existe que dans certaines zones ; elle est épaisse et constante que dans la région des chotts.
- ❖ **Niveau 04** : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-pliocène, Parfois en continuité avec le niveau 02, Le sommet de niveau 04 affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte Hamadienne), L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de 300 m.

b) Eocène

On distingue deux ensembles lithologiques ; l'Eocène carbonaté à la base, l'Eocène évaporitique au-dessus.

b.1) Eocène inférieur carbonaté

L'Eocène carbonaté se caractérise lithologiquement qui le rend difficile à distinguer du Sénonien, La présence des nummulites est le seul critère de différence, Les calcaires ont tendance à prédominer par rapport les dolomies et les évaporites, La puissance de cette formation varie entre 100 et 500 mètre.

b.2) Eocène moyen évaporitique.

Il est formé par une alternance de calcaire, d'anhydrite et de marnes, Son épaisseur atteint une centaine de mètres sous les Chotts.

Dans l'Oued Righ, la nappe des calcaires semble être située dans un niveau carbonaté appartenant à l'Eocène évaporitique.

4.4.1.C) Secondaire

a) **Sénonien** : Constitué de calcaires blancs et une alternance de calcaire, de marne et des couches de gypse.

b) **Turonien** : Représenté par un dépôt marin, calcaire-marneux, l'épaisseur du turonien reste à peu près constante.

c) **Cénomaniens** : Il se présente en une épaisseur considérable qui diminue progressivement vers le Nord et il affleure dans la zone atlasique.

d) **Vraconien** : Il est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et plus rarement de passées de grès à ciment calcaire.

e) **L'albien** : Se présente comme une série très épaisse formée d'une alternance des couches gréseuses avec des passées d'argiles schisteuses.

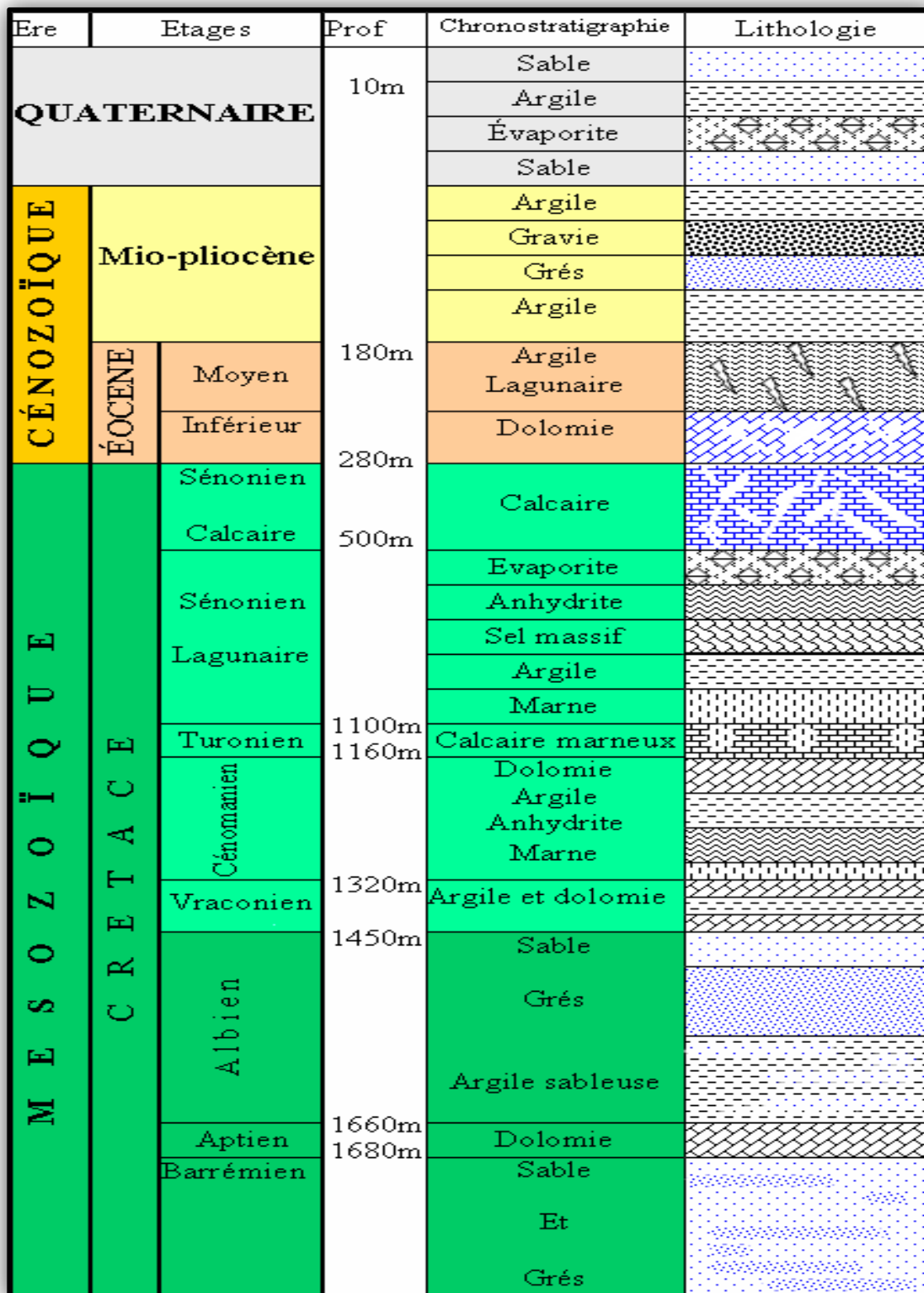


Figure 8: Colonne chrono-stratigraphique synthétique du Sahara septentrional algérien (WEC, 2007).

4.4.2-Tectonique générale

L'absence des déformations tectoniques importantes caractérisé la géométrie actuelle des déformations du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal du Sahara.

La chaîne des Maghrébines qui a subi plusieurs phases orogéniques au Tertiaire, va avoir des contre coups sur la Plate-forme saharienne.

❖ Les mouvements nets de l'Eocène moyen à supérieur, la phase du Miocène inférieur lui succède et donne naissance au Tell et aux Aurès.

❖ Enfin, la phase Plio-Quaternaire qui s'insère avec les précédentes dans la phase Alpine, d'où l'apparition des fractures de direction Est-Ouest forment la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud « Sillon Sud Aurésien », ces fractures régissent l'écoulement des eaux souterraines d'où la naissance des chotts tel que chott Merouane et chott Melguig.

La flexure Sud Atlasique de direction Est-Ouest sépare deux domaines distincts, c'est ainsi qu'on peut avoir au Nord des points culminants « Monts des Aurès » et au Sud les points les plus affaissés.

Age	Style
1-Antécambrien	Plis très aigus, failles.
2-Paléozoïque	Mouvements amples d'axes est-ouest Formations de chaînes orientés N-S, NNE-SSW ou NW-SE sur des axes antécambriens
3-Poste Eocène et Ante Miocène	Rejeu des structures hercyniennes avec leur orientation Ancienne
4-Post-Miocène	Premiers plis d'axe NW-SE
5-Post Pliocène	Mouvements peut être dans la région Nord seule Plis en Genous de l'Aurès d'axe E-W
6-Fini Quaternaire Ancien	Plis affectant le Mio Pliocène seul ou accompagné du Quaternaire ancien, suivant deux axes orthogonaux Dont l'axe NW-SE est le principal.
7-Neolithique	Mouvements de grande amplitude à plis faibles et Localisés.

Tableau 4: Les étapes probables de la tectonique dans le Sahara algérien (Karpoff, 1952).

5. Le contexte hydrogéologique :

5.1. Introduction :

L'étude hydrogéologique, comprend à préciser la structure géométrique des nappes aquifères, par la réalisation des coupes hydrogéologiques des zones d'étude, si cette réalisation des coupes conduit par l'établissement des différents forages.

Dans notre chapitre nous avons cité l'hydrogéologie de la partie Sud-Est du pays (Oued Righ).

5.2. La plateforme saharienne :

Elle est située au sud de l'Algérie alpine et appartient au craton Nord-Africain. Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes. On distingue d'Ouest en Est, les bassins suivants Voir (**Figure.9**)

- Les bassins de Tindouf et de Reggane situés sur les bordures nord et Nord-est du bouclier Reguibat. La couverture sédimentaire atteindrait 8000 m dans le bassin de Tindouf et 6500 m dans celui de Reggane.
- Le bassin de Béchar limité au Nord par le Haut Atlas, au Sud et à l'Ouest par la chaîne d'Ougarta. Sa couverture sédimentaire atteindrait 8000 m.
- Le bassin d'Ahnet-Timimoun limité au Nord par le haut fond d'Oued Namous, à l'Ouest par la chaîne d'Ougarta, au Sud par le bouclier Touareg et à l'Est par la dorsale d'Idjerane- Mzab. La couverture serait en moyenne de 4000 m.
- Les bassins du Mouydir et de l'Aguemour-Oued M'ya sont limités à l'Ouest par la dorsale d'Idjerane-Mzab et à l'Est par la dorsale Amguid-El Biod. Au Sud, les sédiments paléozoïques affleurent dans le Mouydir. Au Nord, dans la dépression d'Aguemour-Oued M'Ya, comblée par une puissante série paléozoïque et méso cénozoïque (5000 m à Oued M'ya___20).
- La synclise d'Illizi-Ghadamès est limitée à l'Ouest par la dorsale d'Amguid-El Biod et à l'Est par le môle de Tihemboka et les confins tuniso-libyens. Dans le bassin de Ghadamès, la couverture sédimentaire supérieure à 6000 m. Notre secteur d'étude fait partie de la province triasique, située dans la partie septentrionale de la plate-forme saharienne. La province triasique est un anticlinorium de direction (Est-Ouest) où les éléments majeurs suivants ont été individualisés:
 - La route de Tirlhemt et le haut fond de Talemzane;
 - Le système structural de Djamaa-Touggourt;

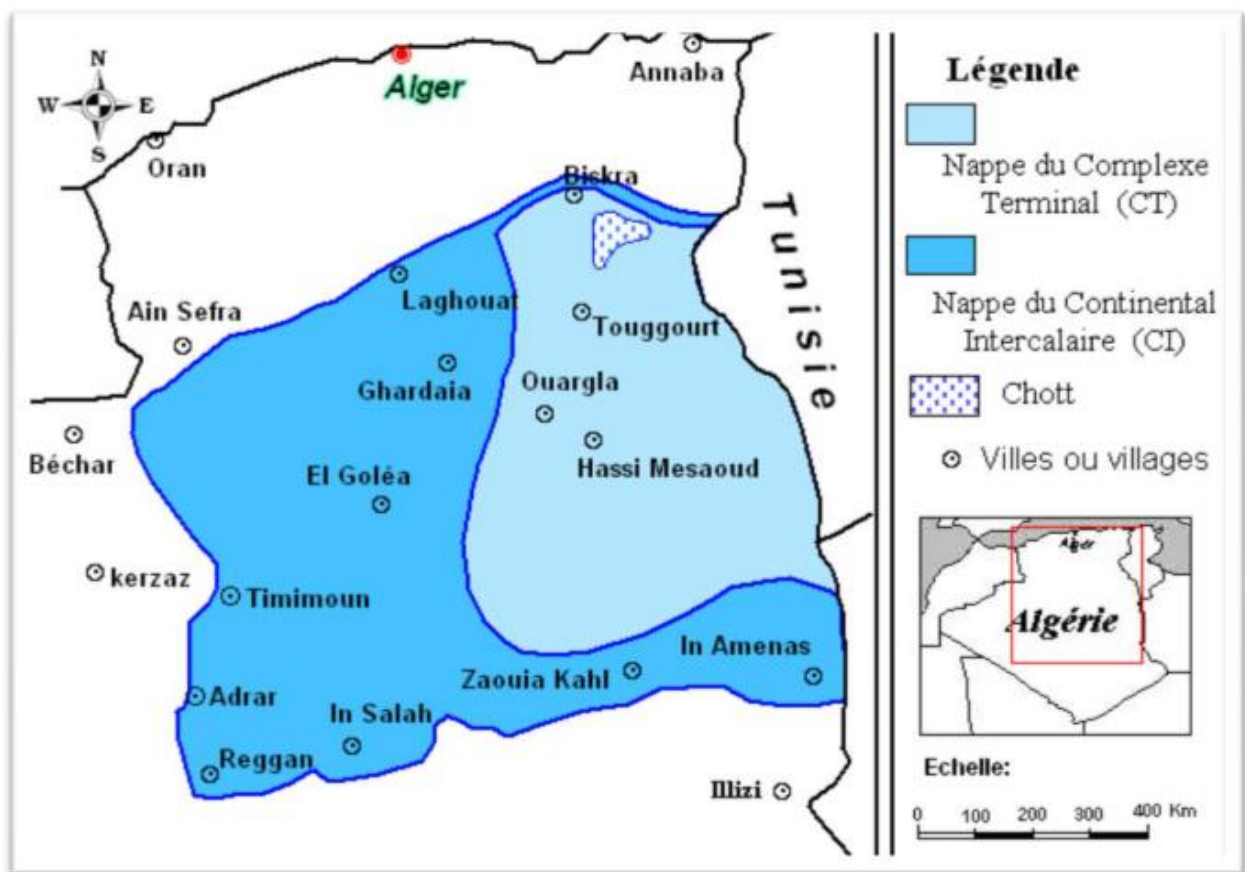


Figure 10: Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002.

5.3.1. Nappe phréatique :

La nappe phréatique est contenue dans les sables fins à moyens d'âge quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du sud vers le nord et sa puissance moyenne est de 20mètre, Caractérisée par des eaux à forte salinité.

La nappe phréatique est principalement alimentée par les eaux d'irrigation et de distribution urbaine, les eaux des forages dont les tubages sont détériorées par faibles précipitations et par les percolations des nappes de complexe terminale, Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation.

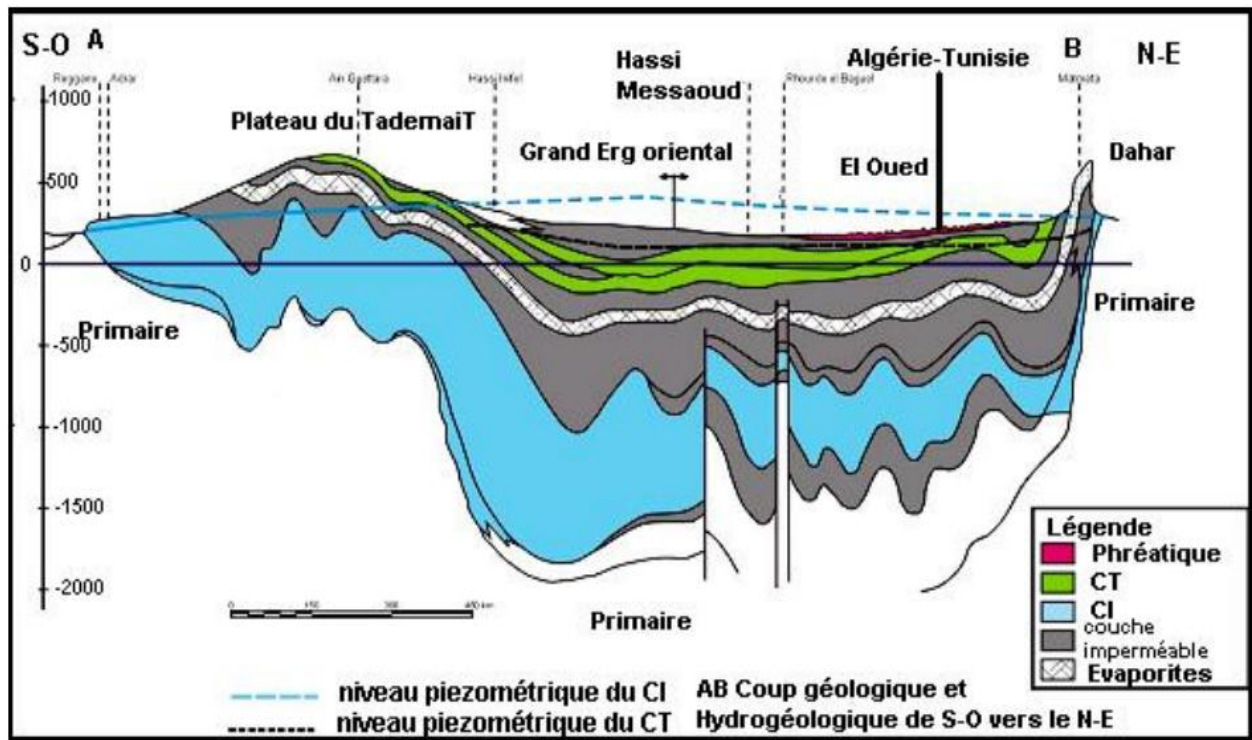


Figure 11: Coupe hydrogéologique du système aquifère CT et du CI, source: (UNESCO, 1972).

5.3.2. Le Complexe Terminal (CT) :

Il est noté dans l'étude OSS (2003) que classiquement, et selon la définition de Killian (1931), le terme "Continental Terminal" désignait les formations continentales, sableuses et argileuses du Mio-Pliocène. Mais d'après Bel et Dermagne (1966): "La nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du Mio-Pliocène et plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe, la nappe du Continental Terminal, par opposition au Continental Intercalaire" C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion du "Complexe Terminal", appellation publiée pour la première fois par Bel et Cuche (1969).

Le terme de "nappe du Complexe Terminal" qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique.

Les intercommunications entre Sénonien, Eocène et Mio-Pliocène sont évidentes sur l'ensemble du bassin, à l'exception de la région des chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler.

La nappe turonienne est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sémonien inférieur. Cependant, ses niveaux concordent avec ceux du Sémonien ou du Mio-Pliocène sur la bordure du bassin.

Le système aquifère du "Complexe Terminal" couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 km².

La profondeur du "CT" est comprise entre 100 et 600 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m.

Le "Complexe Terminal" affleure aux endroits suivants :

- Au Nord, dans le sillon des chotts algéro-tunisiens.
- A l'Est, le long du flanc oriental du Dahar.
- Au Sud, sur les plateaux de Tinrhert et de Tademaït.
- A l'Ouest, sur la dorsale de M'zab.

Comme pour le "CI", la construction de la carte piézométrique du "CT" est le résultat de l'accumulation des contributions successives élaborées depuis quarante ans, depuis la publication par Cornet, (1964) de la première carte piézométrique couvrant tout le Continental Terminal du Sahara. Parmi les contributions les plus significatives, on peut citer notamment Bel et Cuche, (1969) et le projet ERESS, (1972).

L'ensemble de ces travaux a permis de dresser une carte piézométrique initiale ou encore peu influencée par pompage, à l'échelle du bassin du Sahara Septentrional.

Cette piézométrie a concerné les formations calcaires sénoniennes et éocènes ainsi que les sables du Pontien (Oued Righ et Djérid) assez souvent en relais hydrogéologiques.

Elle se raccorde parfaitement et permet d'avoir la continuité de l'écoulement souterrain en passant d'une zone à l'autre, (OSS, 2003).

L'examen de la carte piézométrique (**Fig.12.**) met en évidence les zones d'alimentation, à savoir :

- L'Atlas Saharien du Nord-ouest.
- Le Dahar à l'Est.
- Le Tinrhert au Sud.
- Le Jebel. Nafusa au Nord-est

Les zones d'exutoires sont principalement centrées sur les Chotts algéro-tunisiens et sur le Golfe de Syrte.

L'écoulement de cette nappe se produit (**Fig. 12.**).

- ✓ A partir de la dorsale du M'zab, où l'ensemble de l'écoulement converge vers les des chotts (c'est-à-dire qu'il se renverse et s'effectue du Sud vers le Nord sous le GrandErg Oriental).
- ✓ Dans le sens Ouest-est, où les eaux en provenance de l'Atlas Saharien, convergent verla zone des chotts.
- ✓ Dans le sens Sud-Nord, du plateau du Tinrhert vers la zone des chotts et le golfe deSyrt.

Le concept de recharge ainsi que ses conditions sont adoptables pour tous les aquifères du SASS, de ce fait, le CT doit obéir aux mêmes conditions.

Certains auteurs pensent que les eaux des nappes du Sahara sont fossiles (Burdon, 1977 ; Margat& Saad, 1982 et 1984 ; Margat, 1990) in Ould Baba Sy, (2005), c'est-à-dire qu'ellesse sont infiltrées et accumulées au cours des temps géologiques, leur alimentation s'est poursuivie au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire par infiltration sur les affleurements des couches perméables jusqu'à débordement de ces derniers, et que le niveau actuel des nappes traduit le résultat d'un tarissement pur depuis l'Holocène (Ould Baba Sy, 2005). Pour d'autres par, contre il existe une recharge actuelle des nappes sahariennes. Cette alimentation se manifeste lorsque certaines conditions climatiques, topographiques et géologiques sont réunies (Dubief, 1953).

Les précipitations exceptionnelles associées à certaines conditions de surface spécifiques

(Sols à grains grossiers) peuvent être particulièrement génératrices de recharges (Ould Baba

Sy, 2005). L'alimentation des nappes du Sahara septentrional, par exemple se manifeste sur les bordures Nord du bassin lorsque trois conditions sont réunies:

- Des précipitations suffisantes.
- Un relief relativement accentué pour produire un ruissellement dans les oueds.
- L'affleurement de formations perméables appartenant à un des systèmes aquifères ouen relation directe avec un des aquifères sahariens.

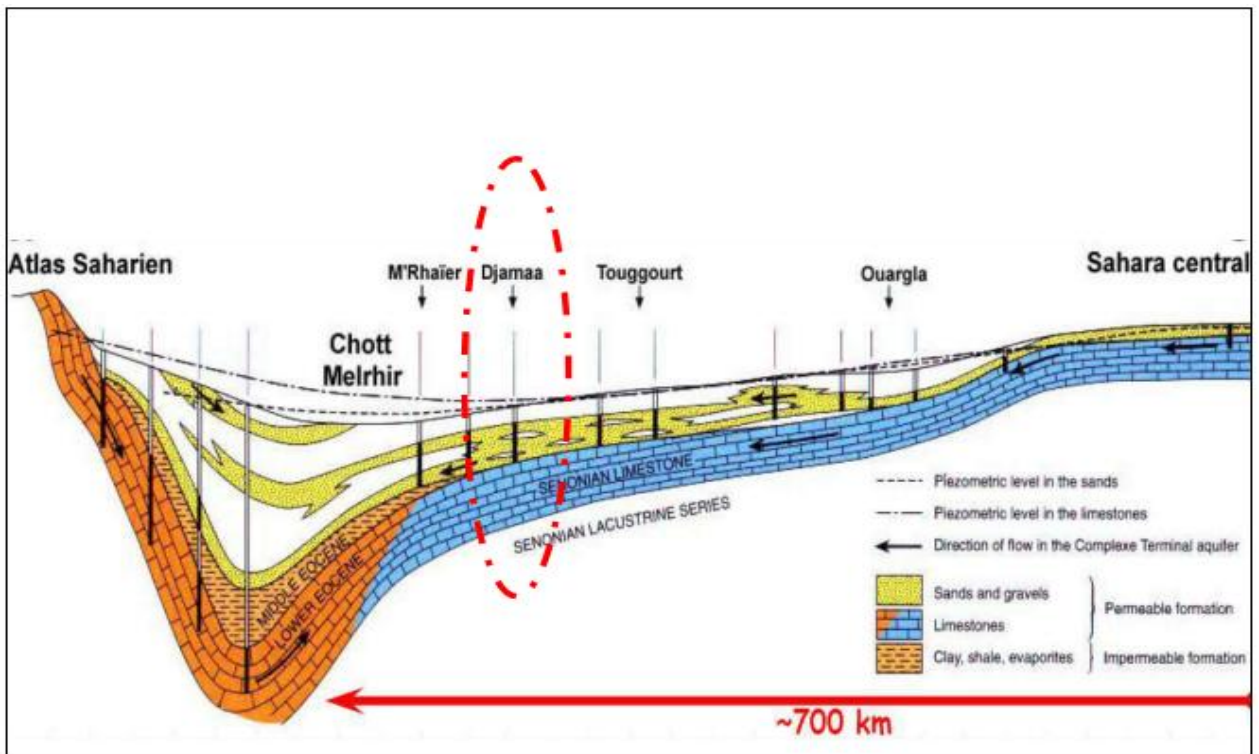


Figure 12: Coupe hydrogéologique transversale du CT (UNESCO, 1972).

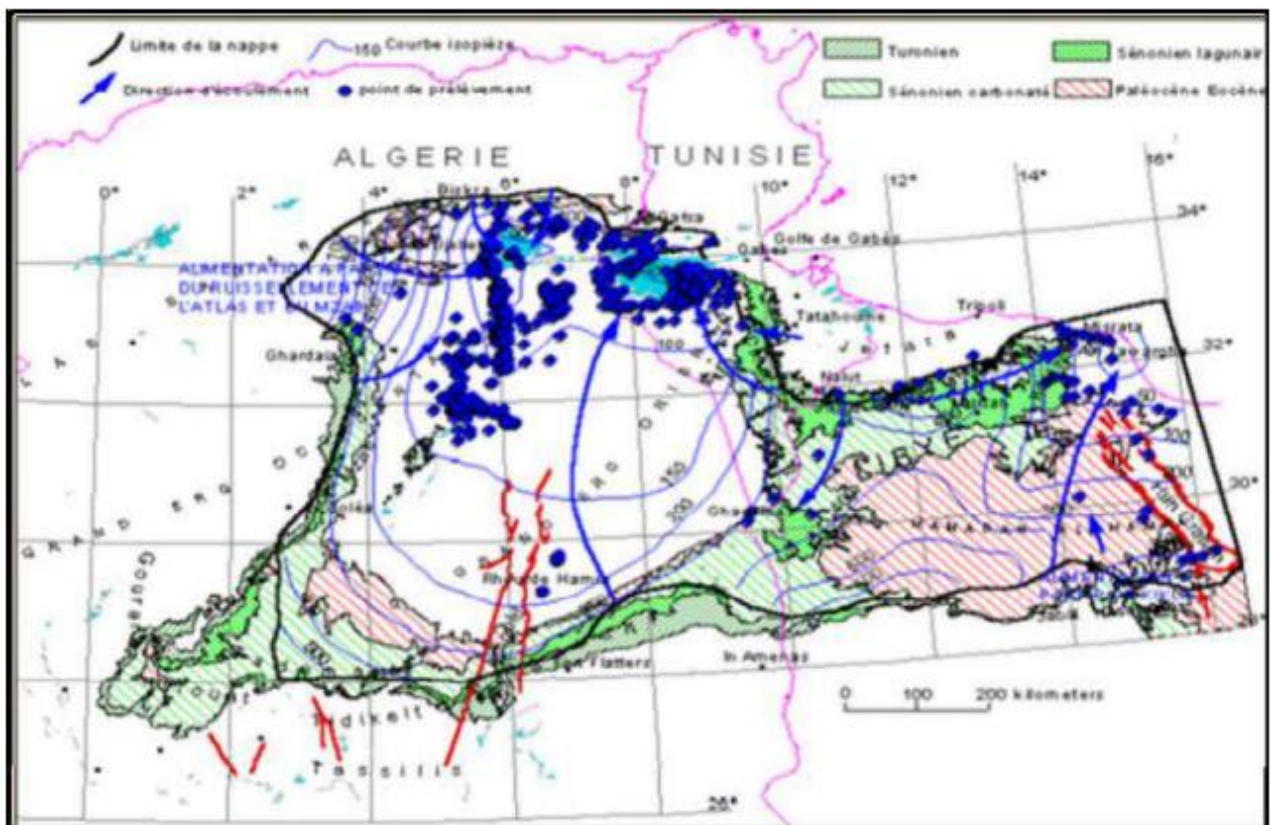


Figure 13: Carte piézométrique de référence du CT (OSS, 2003).

5.3.3-Le Continental Intercalaire (CI)

D'après Kilian, (1931), le «Continental Intercalaire» désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins à la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne, alors qu'au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultant de la transgression cénomanienne. , Il occupe les formations sableuses et argilo gréseuses du Néocomien, Barrémien, Aptien, et de l'Albien.

L'aquifère est continu du Nord au Sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar, et d'Ouest en Est, depuis la vallée du Guiret de la Saoura jusqu'au désert libyen.

Le débit d'alimentation du Continental intercalaire provenant du piémont de l'Atlas saharien est de 7.7 m³/s, (Ould Baba Sy, 2005 ; Ould Baba Sy, et al, 2006). Ce débit entre dans l'intervalle des estimations recueillies dans les études antérieures qui le situent entre 4m³/s (Cornet, 1964) et 8.5 m³/s (Margat, 1990).

La carte piézométrique (**Figure.14**) de référence du Continental Intercalaire établie, à l'état stationnaire (peu ou pas influencée par les pompages), sur la base des études antérieures (Cornet, 1964 ; UNESCO, 1972 ; Pallas, 1978), met en évidence les zones d'alimentation suivantes (Ould Baba Sy, 2005) :

Piémont sud atlasique au Nord-Ouest ;

✚ Tinrhert au Sud ;

✚ Dahar à l'Est ;

✚ Jebel Nafusa au Nord-est ;

✚ Jebel Hassawna au Sud, où la nappe du Cambro-Ordovicien est drainée vers le Nord

✚ par nappe du Continental Intercalaire.

✚ Les zones d'exutoire sont :

✚ Les foggaras du Touat-Gourara et du Tidikelt ;

✚ L'exutoire tunisien marqué par la faille d'El-Hamma ;

✚ L'exutoire libyen au niveau d'Ain Tawargha.

✚ Les failles de la dorsale d'Amguid (Figure III.2) sont à l'origine d'une drainance verticale,

✚ Préalablement signalée, des eaux du CI vers la nappe du CT (Guendouz, 1985, Edmunds et al, 2003; Moulla et al, 2002 ; Guendouz et al, 2003).

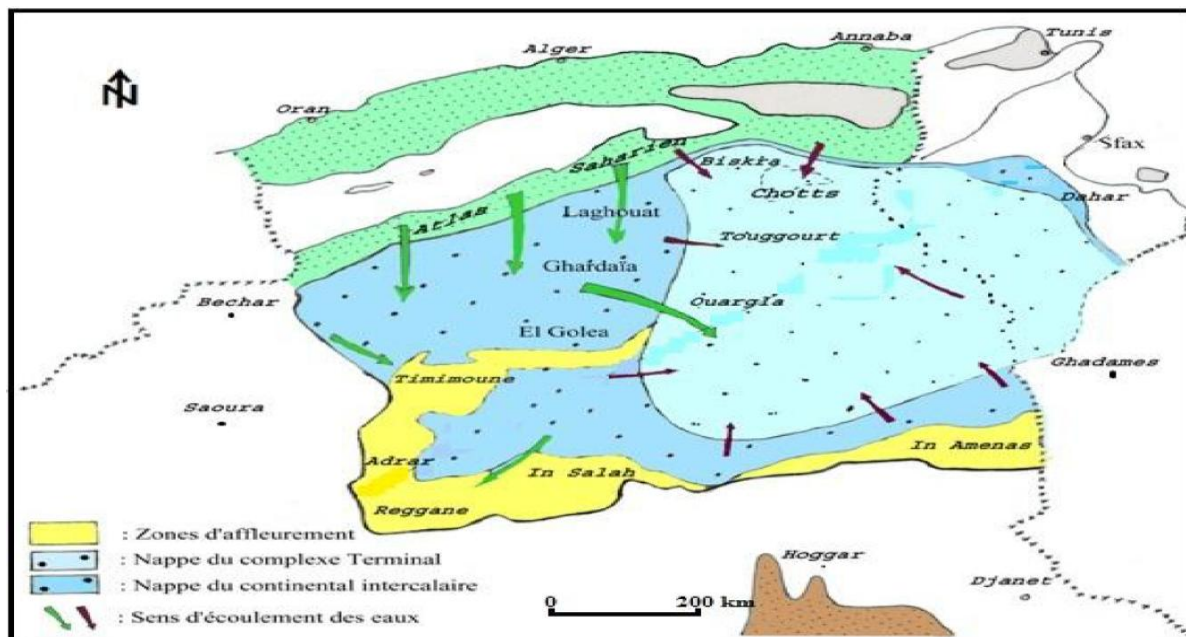


Figure 14: Aquifère de continental intercalaire.

6. Conclusion :

La région de Djamaa fait partie du Bas Sahara qui se présente comme une cuvette synclinale. Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand erg oriental, Cependant, quelques affleurements sont observés, sur les bordures. Les prospections géophysiques et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle précambrien, situé entre 3000 et 5000 mètres, Il s'ensuit que les dépôts sédimentaires ont environ 4000 mètres d'épaisseur.

- ❖ Les terrains paléozoïques affleurent au Sud, entre les plateaux du Tademaït et Tinghertet le massif du Hoggar.
- ❖ Les terrains du Mésozoïque et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures.
- ❖ Les dépôts continentaux tertiaires et quaternaires occupent le centre de la cuvette.

La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, post paléozoïques, importants : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal.

Chapitre II :

Généralités sur les

forages hydrauliques

1. Introduction :

Un puits est un trou vertical de large diamètre (pouvant atteindre plusieurs mètres), peu profond (quelques mètres) creusé dans la terre afin d'extraire l'eau des premiers niveaux aquifères. Dans les milieux volcaniques insulaires, les puits sont réalisés en zone littorale et exploitent les eaux de la nappe superficielle.

Le forage, à la différence d'un puits, est un trou vertical profond (de plusieurs dizaines des mètres à plusieurs centaines de mètres) et de diamètre plus restreint. Il est creusé par un procédé mécanique à moteur (foreuse) en terrain consolidé ou non.

Les ouvrages verticaux sont les plus utilisés et les plus adaptés pour exploiter des aquifères poreux et relativement étendus. La majorité des aquifères fissurés sont également exploités l'aide de ces ouvrages.

Les techniques de captage des eaux souterraines classiquement mises en œuvre dans les milieux poreux et volcaniques sont peu variées. Le choix de la technologie est à adapter en fonction non seulement de l'hydrogéologie (géométrie de l'aquifère, paramètres hydrodynamiques, potentialités) mais également de contraintes externes topographie, hydrographie, risques de salinisation, de transfert de pollution depuis la surface, occupation des sols, conditions d'exécution et d'équipement...

Enfin, l'ouvrage doit pouvoir être réalisé dans des conditions économiquement supportables.

2. Appareil de Forage rotary:

2.1. Forage au rotary (Drilling by rotational):

La méthode rotary consiste à utiliser des trépan à dents type tricône ou des trépan monoblocs comme les outils diamant ou PDC (**Poly cristalline diamond compact**), sur lesquels on applique une force procurée par un poids tout en les entraînant en rotation.

L'avantage de cette technique est de pouvoir injecter en continu un fluide au niveau de l'outil destructif de la formation pour emporter les débris hors de trou grâce au courant ascensionnel ce fluide vers la surface.

Le poids sur l'outil WOB (Wight On Bit) est obtenu par gravité grâce à l'introduction de tiges lourdes appelées masses- tiges. Le couple de rotation est obtenu soit à partir d'un couplet surface transmis vers l'outil via un train de tiges soit à partir d'un moteur fond de trou au-dessus de l'outil et piloté en surface.

La sonde de forage rotary est l'appareillage nécessaire à la réalisation des trois fonctions suivantes.

- ✓ Poids sur l'outil.
- ✓ Rotation de l'outil.
- ✓ Injection d'un fluide (circulation sous pression).

2.2 Les différentes méthodes de forage d'eau :

- ✚ Forage au Battage;
- ✚ Forage au Rotary;
- ✚ La méthode de la circulation inverse (rotary à circulation inverse);
- ✚ La méthode marteau fond de trou (MFT).
- ✚ La méthode de Havage;
- ✚ La méthode au jet.

2.3. Les avantages du forage au Rotary :

La profondeur atteinte peut être considérable (plusieurs milliers de mètres en recherche pétrolière). De plus on peut atteindre 300 ou 400 mètres de profondeur sans tuber si les terrains s'y prêtent ;

La vitesse d'avancement en terrains tendres est important est peut atteindre 100 à 150 m par jour ;

Ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids sur l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, débit d'injection de la boue) en fonction des terrains à traverser.

Le forage au rotary entraîne une consolidation des parois en terrains meubles par dépôt d'un cake.

2.4. Les inconvénients du forage au Rotary :

Nécessité d'un fluide de forage qui ne permet pas d'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées.

Difficulté de forer dans les terrains caverneux à cause de la perte de circulation de la boue.

Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite).

Difficulté d'observation des cuttings (la présence de tamis vibrants en circuit retour diminue sensiblement cet inconvénient).

Nécessitant des temps de développement importants.

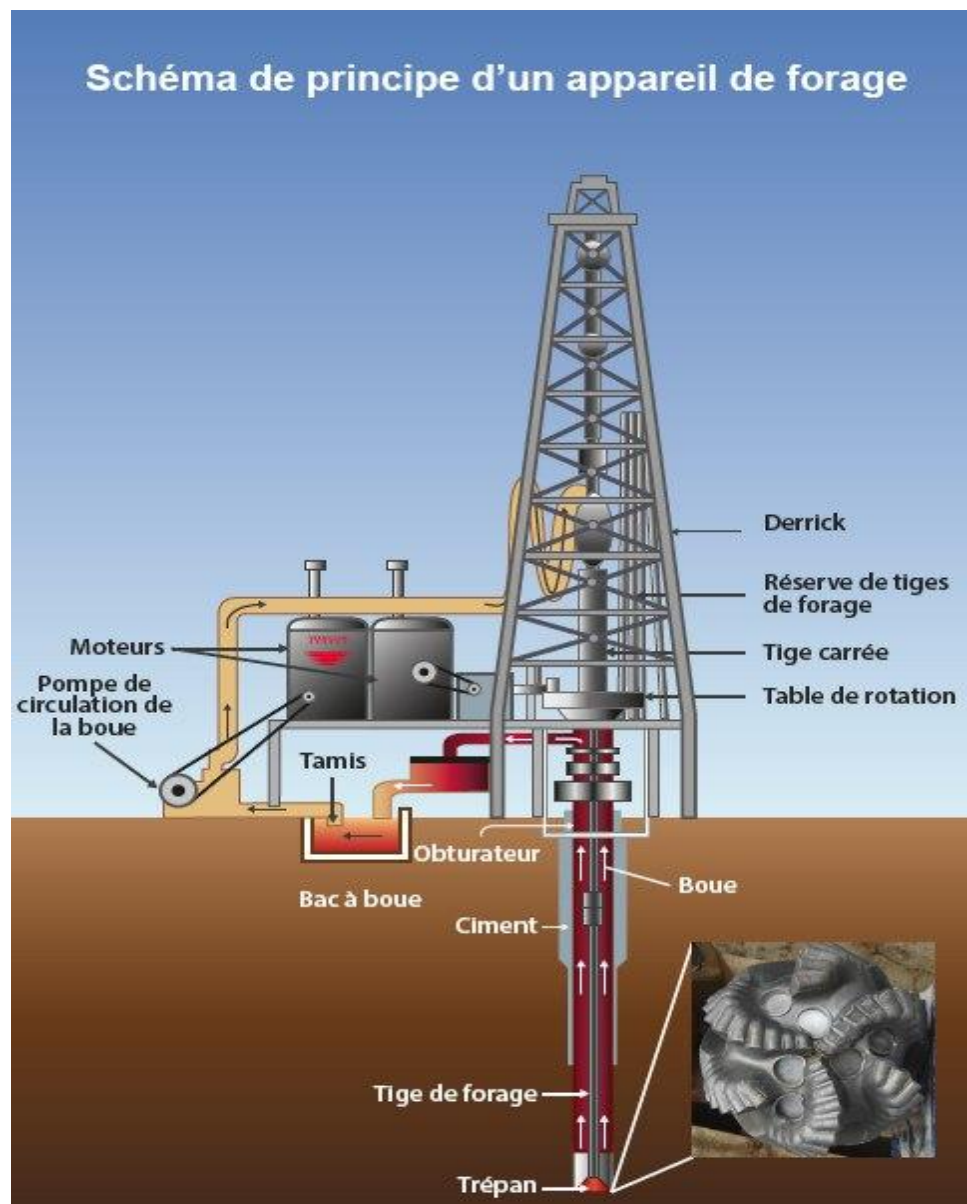


Figure 15: Schéma de fonctionnement de forage au rotary, source: Gilles BRESSON.

3. Le système de circulation (Mud circulation system) :

Il est formé de tous les équipements à travers lesquels la boue de forage circule. Il s'agit des bacs à boue, la conduite d'aspiration, les pompes de boue, la conduite de refoulement, la colonne montante, le flexible d'injection, la tête d'injection, la tige carrée et enfin la garniture de forage avant son retour aux bacs à boue (voir Figure.16)

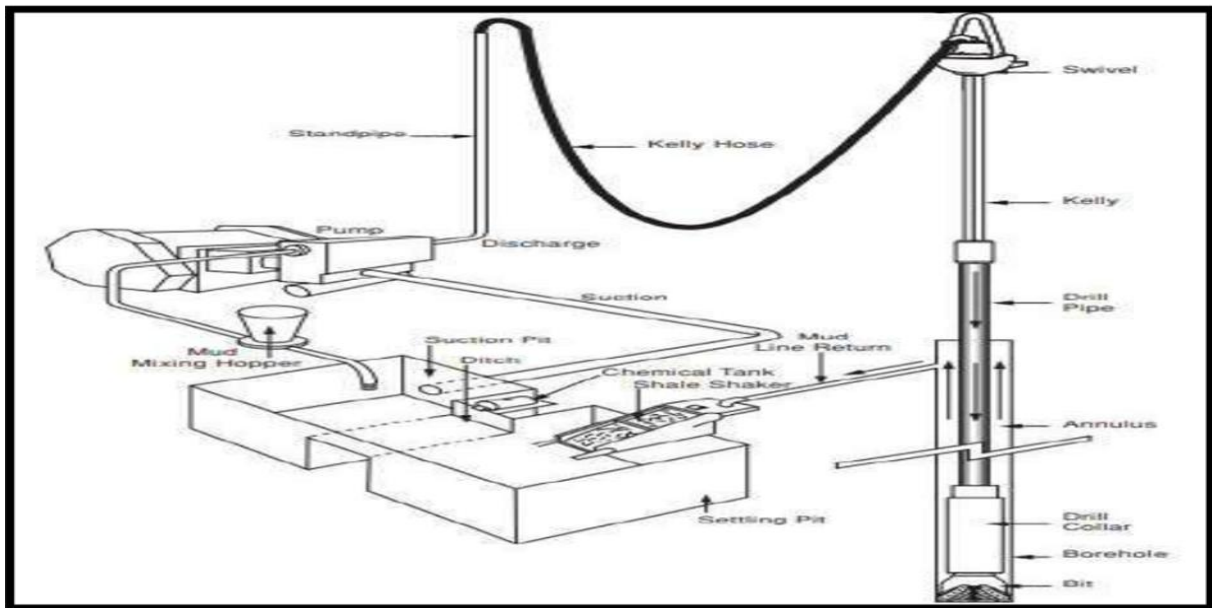


Figure 16: Cycle de la boue de forage, source : Drilling engineering, 2004

3.1. La tête d'injection (Swivel) :

C'est le composant qui est suspendu par son anse au crochet de levage. Il doit être conçu à la fois pour la charge maximale de garniture et pour la vitesse de rotation maximale.

D'autre part, un joint d'étanchéité rotatif permet l'injection sous pression du fluide de forage par le flexible de forage relié au col de cygne de la tête d'injection. Il faut noter que toutes les connexions au-dessus de la section utile de la tige d'entraînement doivent être à filetage gauche afin de ne pas être débloqués par la rotation à droite de la table de rotation.

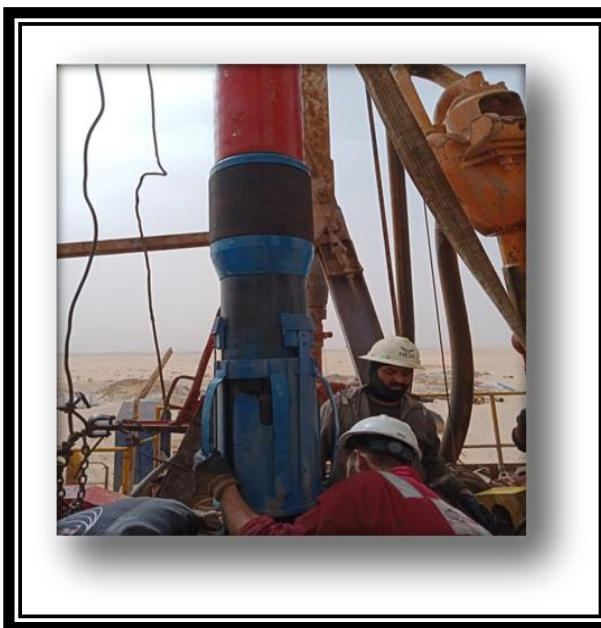


Figure 18: La tête d'injection.

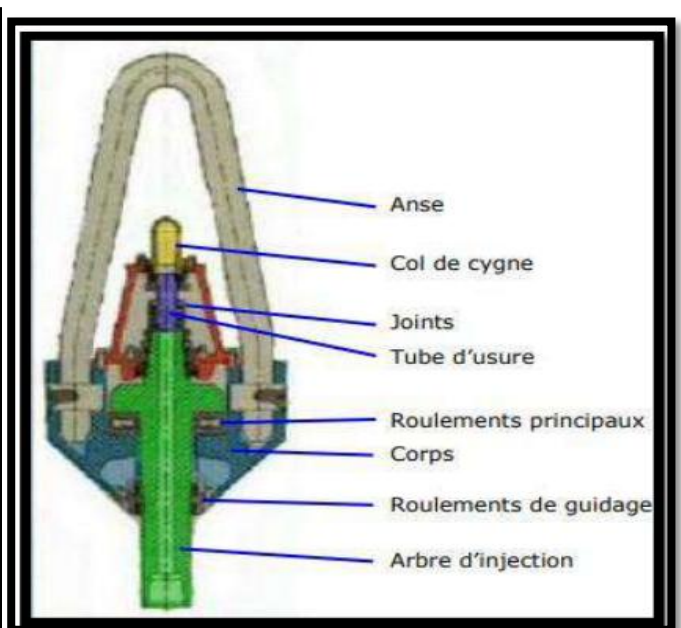


Figure 17: Le têt d'injection (Swivel).

3.2. La pompe à boue (Mud pump) :

Les pompes de forage doivent fournir le débit nécessaire aux phases de forage. Le choix de ce débit sera fait par l'ingénieur de forage en fonction des différents critères suivantes :

- Vitesse de remontée de la boue dans l'annulaire tour/tiges de forage;
- Nettoyage de l'outil de forage.
- Temps maximum de remontée d'un débris de formation (cutting).
- Type d'écoulement dans l'annulaire.
- Stabilité des parois, Forage au moteur de fond ce sont des pompes alternatives à pistons, dans notre cas la pompe utilisée dans le Chantier est triplex.

Les trois pistons se déplacent dans des chemises de cylindre amovibles, le fluide par la conduite d'aspiration, puis refoulent dans la colonne de refoulement au travers du clapet de refoulement.

3.3. Caractéristique de pompe à boue Triplex Shandong Rongli RL3NB-1300D :

- Puissance nominale (Hp/Kw) : 1300/955.
- Vitesse nominale (Spm) : 120.
- Longueur de course (mm) : 305.
- Rapport de vitesse : 4.195.
- Diamètre d'entrée d'aspiration (mm) : 305.
- Diamètre d'entrée de décharge (mm) : 102.
- Liner (mm) : $\phi 130$ -- $\phi 180$.
- Pression nominale (MPa) : 10.5-34.3.
- Débit nominale (L/s) : 24.07-46.54.
- Le poids (T) : 26.8.

3.4. Définition du fluide de forage :

Le fluide de forage, appelé aussi boue de forage, est un système composé de différents constituants liquides (eau, huile) et/ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciment...).

Le fluide de forage était déjà présenté en 1933 lors du premier Congrès Mondial du Pétrole, où il a fait l'objet de cinq communications.

3.5. Types de fluides de forage:

3.5.1. Boue à base d'eau (WBM):

Les boues WBM sont les plus utilisés dans le domaine du forage rotary. Ils sont généralement constitués par des suspensions d'argile (bentonite, ...), des solides inertes (carbonates,) dont les caractéristiques rhéologiques sont corrigées par l'addition de

Polymèresviscosifiants (Xanthane, ...), des réducteurs de filtrat (carboxyméthylcellulose, polymères synthétiques...).

Il est possible de classer ce type de fluides en trois catégories :

- Boues douces (boues bentonitiques).
- Boues salées.
- Boues salées saturées.

3.4.2. Les fluides à base d'huile (OBM):

Les fluides à base d'huile sont des fluides dont la phase continue est l'huile minérale (pétrole brut, fuel, gaz oïl, ...) et contenant plus de 5% d'eau en phase dispersée (IDF, 1988).

3.4.3. Les fluides à base gazeuse :

Ce sont des fluides dont la phase continue est du gaz mélangé avec de l'eau en proportions variables provenant de la formation traversé (inévitablement) ou ajoutée intentionnellement. Le gaz peut être de l'air, du gaz naturel, de la mousse ou du brouillard.

3.5. Rôles de la boue de forage :

Les boues de forage doivent avoir les propriétés leur permettant d'optimiser les fonctions suivantes:

- ✚ Nettoyage du puits
- ✚ Maintien des déblais [cuttings] en suspension
- ✚ Sédimentation des déblais fins en surface
- ✚ Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde
- ✚ Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits
- ✚ Dépôt d'un cake imperméable.
- ✚ Prévention des venues des fluides.
- ✚ Augmentation de la vitesse d'avancement.
- ✚ Entraînement de l'outil.
- ✚ Diminution du poids apparent du matériel de sondage.
- ✚ Apport de renseignements sur le sondage

4. Réalisation de forage d'eau :

4.1. Introduction :

Les forages sont parmi les meilleurs moyens d'obtenir l'information du sous-sol. La réalisation des forages demande des connaissances spécialisées et des compétences techniques qui peuvent en grande partie être tirées d'ouvrages courants. Cependant, les opérations de terrain dans des zones reculées ou dans des conditions difficiles exigent souvent de la flexibilité et de l'imagination pour éviter et résoudre les problèmes techniques.

4.2. Les éléments nécessaires pour L'organisation de chantier sont :

- ✚ Un périmètre de sécurité autour du chantier.
- ✚ Un accès facile pour les véhicules (le transport des machines et des matériaux).
- ✚ Placement de L'appareil de forage sur une plate-forme de béton.
- ✚ La pompe à boue installée entre le bac à boue et l'appareil de forage.
- ✚ Espace de stockage du produit chimique (bentonite et ciment.....etc.).
- ✚ Bourbier de débile cutine et un réservoir d'eau.
- ✚ Un espace de stockage de matériel lourd (compresseur, tige de forage).
- ✚ Un approvisionnement en eau (citernes d'eau).
- ✚ Un accès facile pour le remplissage des fosses.

4.3. Les phases de Réalisation de forage

1ère phase (Tube guide) :

- ✓ Installation du chantier, construction de plate-forme, bassins et rigoles.
- ✓ Commencer le forage de trou à profondeur de 62 m par un outil de Ø 36".
- ✓ Mise en place de tube guide casing API de diamètre Ø 28" de 0 à 62m.
- ✓ Cimenter l'espace annulaire (Trou-Casing) avec laitier de ciment HTS de densité 1.8 de 62 m jusqu'à retour en surface.
- ✓ Attente d'une 48 h pour la prise de ciment.

2ème phase (La Colonne de complétion) :

- ✓ Continue le forage par outil de Ø 24" de 62 m à 250 m.
- ✓ Elargisse et alésage en Ø 24" de (62 - 250) m.
- ✓ Mise en place de la colonne technique Ø 18"5/8 API avec des centreurs et gratteur de cake de 0 jusqu'à 250 m Nettoyer le puits par la circulation de la boue de forage.
- ✓ Cimentation de tubage Ø 18"5/8 API avec laitier de ciment HTS de densité 1.8 de 250 m jusqu'à retour en surface.
- ✓ Attente la prise de ciment d'une durée 48 h.

3ème phase (La Colonne de production):

- ✓ Continue le forage par l'outil de Ø 17"1/2 de 250 m à 1570 m.
- ✓ Lire les enregistrements (logging) de RES-GR-INC du puits.
- ✓ Mise en place de la colonne de production Ø 13"3/8 API avec des centreurs et gratteur de cake de 0 jusqu'à 1464 m
- ✓ Nettoyer le puits par la circulation de la boue de forage.
- ✓ Cimenter le tubage Ø 13"3/8 API avec laitier de ciment HTS de densité 1.6 et 1.8 de 1570 m par un volume en deux étages.
- ✓ Attente la prise de ciment d'une durée 48 h.

4ème phase (la Colonne de captage) :

- ✓ (Colonne de production casing API Ø 9"5/8 qualité (k55, poids 40 lb/ft)
- ✓ Forage en Outil Ø 12"1/4 de (1403-1850) m.
- ✓ Mise en place de la colonne de production API Ø 9"5/8 de (0-1403) m'y compris DV de cimentation + Packer liner Hanger + réduction 9"5/8 × 8"5/8 + raccord diélectrique.
- ✓ Descente colonne de captage Inox Ø 8"5/8 (1403-1850) m.
- ✓ Lire les enregistrements (logging) de CBL de la 3ème phase.
- ✓ Cimenter l'espace annulaire entre deux casing API : Ø 13"3/8 et Ø 9"5/8 de densité 1,8 et 1.6 de la cote 0 m au 1394 m.
- ✓ Attente la prise du ciment d'une durée 48 heures.
- ✓ Reforge du bouchon.

La figure montre le processus de forage (La forme correspondante a été créée manuellement)

5. Conclusion :

La réalisation d'un forage d'eau souterraine est une entreprise délicate qui met en œuvre une suite d'opérations exigeant la maîtrise de nombreuses techniques spécialisées dont dépendent son succès, sa productivité et sa durée de vie. Toute défaillance se traduit inmanquablement par des difficultés d'exploitation, Par conséquent, la réussite d'une telle réalisation est intimement liée au choix judicieux des différentes méthodes et équipements qui ont été abordées dans ce chapitre. Dans ce cadre, on a voir avec les ingénieurs déterminer la méthode de forage et l'équipement nécessaire pour cela, ainsi que choisir la boue de forage appropriée. Nous avons également suivi l'opération de tubage après avoir sélectionné les tubes et les crépines appropriés pour le forage.

Chapitre III : Suivi de réalisation d'un forage d'eau

1. Introduction :

Ce chapitre, présente les principaux travaux réalisés pour chaque phase du forage étudié.

Ce forage a été réalisé par l'entreprise " SARL oued righabar touggourt". Le forage capte l'albien, une nappe du continental intercalaire dans la zone de la zone tiggdidine Djamaa W - Elmeghaier.

1.1. Situation de forage d'étude :

Le forage a été implanté à environ 6 Km au Nord Est de la commune de Djamaa W- Elmeghaier, dans la région en appelle tiggidine et leur coordonné suivant :

X	06° 02' 03.6''
Y	33° 33' 26 ''
Z	32m

Tableau 5: Les coordonnées géographiques du forage.

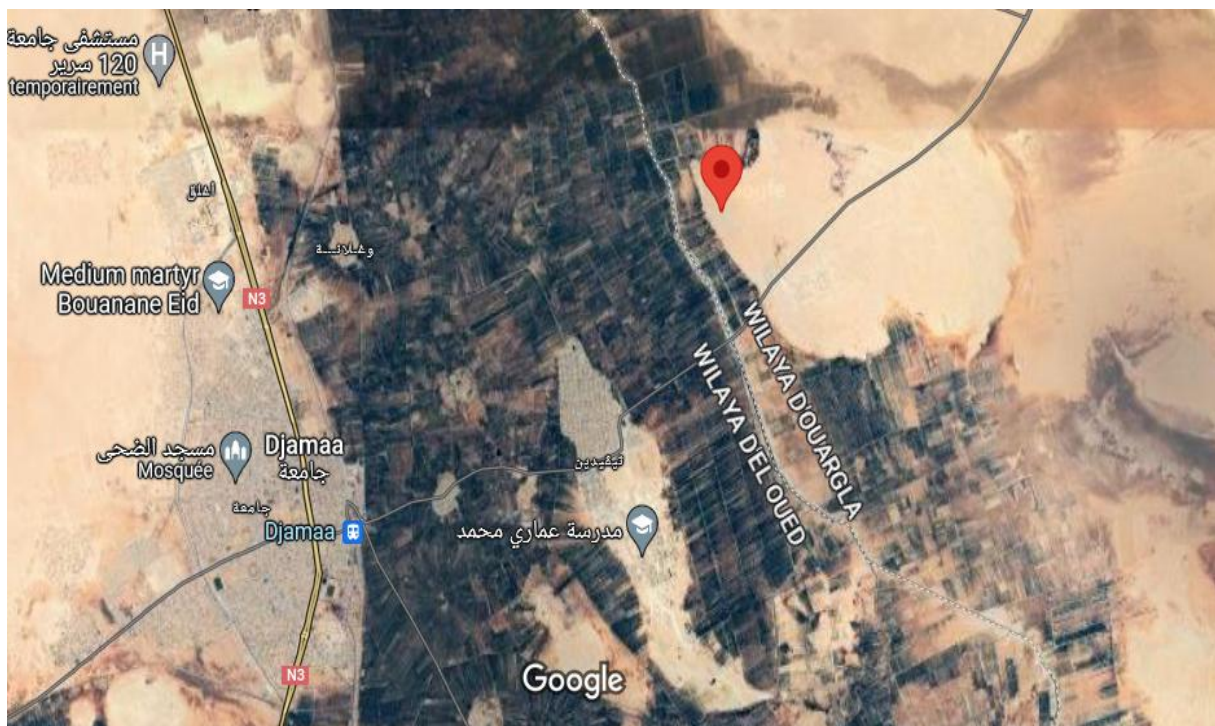


Figure 19: localisation de forage tiggidine Djamaa El-meghaier par Google Mapps.

1.2. Implantation du forage

1.3. Choix du site :

Le choix de l'implantation de l'ouvrage est une étape importante. Le forage doit être implanté dans un environnement préservé et éloigné de toute source de pollution. Le site doit être choisi en points de vue géologique et hydrogéologique ...

On fera un résumé des connaissances, sur la géologie locale ou régionale à partir des documents existants (cartes et rapports géologiques, visites de terrain) les puits marquants, pouvant avoir une incidence sur l'implantation du forage, doivent être, signalés : accidents tectoniques, terrains non consolidés, roches dures

Aussi pour l'hydrogéologie de zone, on va collecter toutes les connaissances hydrogéologiques sur la zone pour procéder à une implantation avec le maximum de succès.

On décrira toutes les nappes déjà connues avec leurs caractéristiques : zones de bonne transmissivité, piézomètres et forages réalisés, débits obtenus, qualité des eaux, relations avec les oueds.

Dans le cas où une prospection géophysique a été réalisée dans la zone, il est intéressant de décider le résultat obtenu, de nature à conforter l'implantation de l'ouvrage.

1.4. Objectif du forage :

Le forage a été réalisé pour le renforcement des besoins d'irrigation pour la préservation de la palmeraie, il est prévu pour cela la réalisation d'un forage profond albien de 1923 m à tiggdidine Djamaa dans la Wilaya de El-meghaier.

1.5. Moyens matériels :

Le forage a été foré avec une machine rotative de marque EDC puissance 1500 HP, capable de forer jusqu'à 2500 m avec tiges de forages DP 5''.

Une unité de cimentation a été utilisée pour réaliser les opérations de cimentations.

Une unité de logging a été très utile pour l'enregistrement électrique, sonore et de radioactivité naturelle.

L'ensemble des moyens est détaillé dans le tableau ci-dessous, la description de la machine de forage est portée en annexe.

<i>N°</i>	<i>Désignation</i>	<i>Nombre</i>
1	Appareil de Forage Idico Puissance 1500 Hp, Capacité 500 Tonne	1
2	MAT Type : Pyramide, Hauteur : 149 ft - Capacité : 500 t	1
3	SUBSTRUCTURE Type : Pyramide Hauteur : 7 m	1
4	TREUIL Marque : Gardner Denver Puissance : 1500HpGroved : 1'' ¼	1
5	TABLE DE ROTATION Marque : National Capacité : 650TonesOverture : 37''½	1
6	TOP DRIVE Marque : CANRIG Capacité : 500 Tonnes Puissance : 800Hp	1
7	GROUPE DE FORCE Marque : CATERPILLAR Type : D 398 RPM : 1200 t/min Puissance : 910 Hp	5
8	SCR Marque : Hill Graham Type : 165 D Capacité : 750 Volts DC	1
9	SYSTEME BOUE Bac à Boue : 348 m3 Citerne pour Gas-oil : 60m3 Stock aged'eau : 150 m3	1
10	POMPE A BOUE Marque : Gardner Denver	1
11	Type : PZ 11 Puissance : 1600 Hp	

12	Outil de forage à molette 12'' ¼	5
13	Outil de forage à pastille 12'' ¼	4
14	Outil de forage à molette 17'' ½	4
15	Outil de forage à pastille 17'' ½	3
16	Outil de forage à molette 26''	2
17	Outil de forage à pastille 26''	2
18	Outil de forage à molette 36''	2
19	Outil de forage à pastille 36''	2
20	Outil de forage PDC 12'' ¼	3
21	Outil de forage PDC 17'' ½	3
22	Masse Tige 8 ''	2
23	Tige Lourde 5''	30
24	Tige forage 5''	220
25	Aléseurs : 17'' ½. 26''	2

Tableau 6: la description de la machine de forage est portée en annexe.

2. Les équipements du forage :

Le processus de forage rotary se découpe en deux grands ensembles : l'installation et la garniture de forage. La présente les différents constituants d'un processus de forage.

2.1. Équipements de surface :

Se composent principalement de :

2.1.1. La substructure :

Le mât repose sur une substructure afin de disposer sous le plancher de travail d'une hauteur suffisante des obturateurs, La substructure est constituée de deux poutres horizontales en treillis de fers en (I) soudés, placées suivant le sens de la longueur et réunies par des traverses assemblées par des broches goupillées, En plus du mât, la substructure supporte la table de rotation, le treuil et la garniture de forage, Pendant la descente de tubage, elle supporte le poids du tubage posé sur la table et celui de la garniture de forage stockée dans le gerbier, Pour la substructure, le constructeur donne la capacité de stockage des gerbiers en fonction de la vitesse du vent et la capacité de l'assise de la table de rotation.



Figure 20: La substructure.

2.1.2. Système de levage :

La tâche dédiée au système de suspension de grande capacité réside dans les déplacements du processus de forage (montée, descente) et dans le contrôle du poids appliqué sur l'outil, Il dispose d'un mât (Derrick). Le derrick représente le point culminant de la Plateforme, C'est une tour métallique qui soutient une tige au bout de laquelle se situe le trépan, Il repose sur une substructure qui supporte la table de rotation, le treuil et la garniture de forage, Et d'un treuil motorisé, moufle fixe, moufle mobile avec un crochet et un câble de forage.

2.1.3. Le mât haubané :

Les mâts haubanés (**Figure.21**) sont utilisés pour les forages de faible et moyenne profondeur, Ils ne se démontent pas, mais se rabattent sur des camions ou des remorques, On distingue :

- ✚ Les mâts télescopiques, constitués de deux poutres minces en treillis ou Tubulaires.
- ✚ Les mâts non télescopiques.

Ces mâts sont haubanés pour résister aux vents.

Les haubans, au nombre de 8 ou 12, sont inclinés de 45° et sont placés dans les plans diagonaux du mât. Ils sont reliés au mât par des goussets et, au sol, à des points fixes, situés à une distance du puits égale à la hauteur du mât. Leur tension est de l'ordre de 0.5 à 1tonne. Les tensions des haubans opposés doivent être identiques

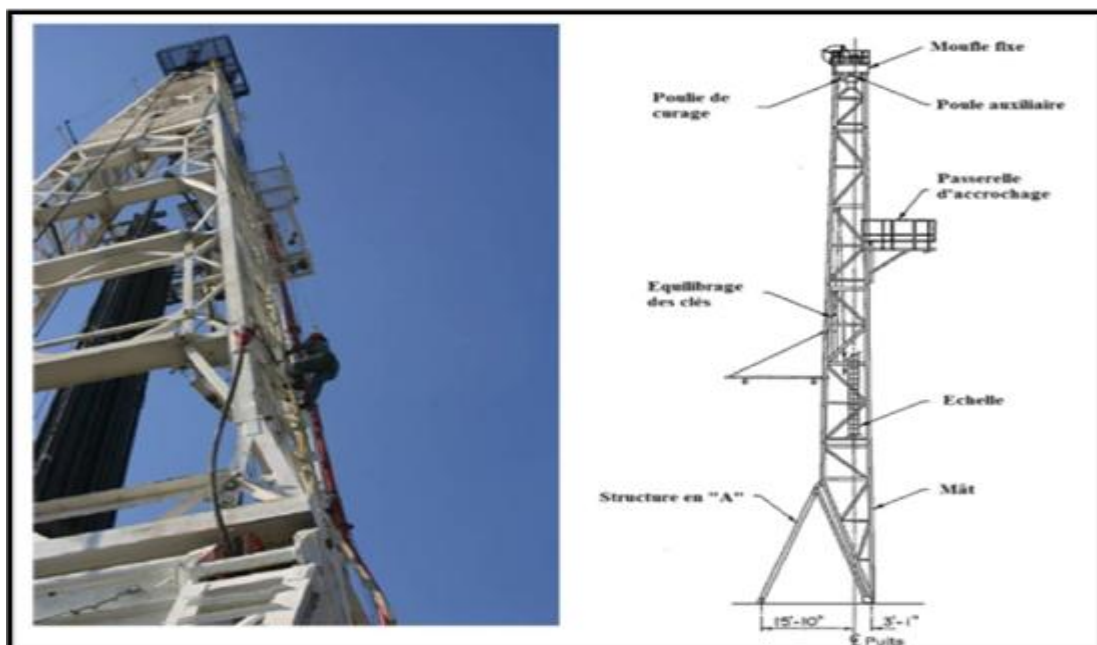


Figure 21: Le mât haubané de forage.

2.1.4. Mouflage :

Le mouflage est un moyen de démultiplication des efforts afin de soulever de Lourdes charges. Le mouflage comprend un câble, moufle fixe, moufle mobile, réa et le treuil de forage. Le nombre de brins du mouflage peut varier de 4 à 14. Le brin actif est la partie du câble comprise entre le tambour du treuil et le moufle fixe, Le brin mort est la portion de câble sortant du moufle fixe et allant directement au point fixe (réa), c'est sur ce brin mort que sont effectuées les mesures de tension du câble qui permettent de connaître le poids suspendu au crochet.

Le mouflage permet de :

- ✚ Démultiplier l'effort de traction exercé sur le brin actif de façon à soulevé de lourdes charges.
- ✚ Répartir sur plusieurs brins de câble les charges considérables soulevées,
- ✚ Démultiplier la vitesse du moufle mobile.

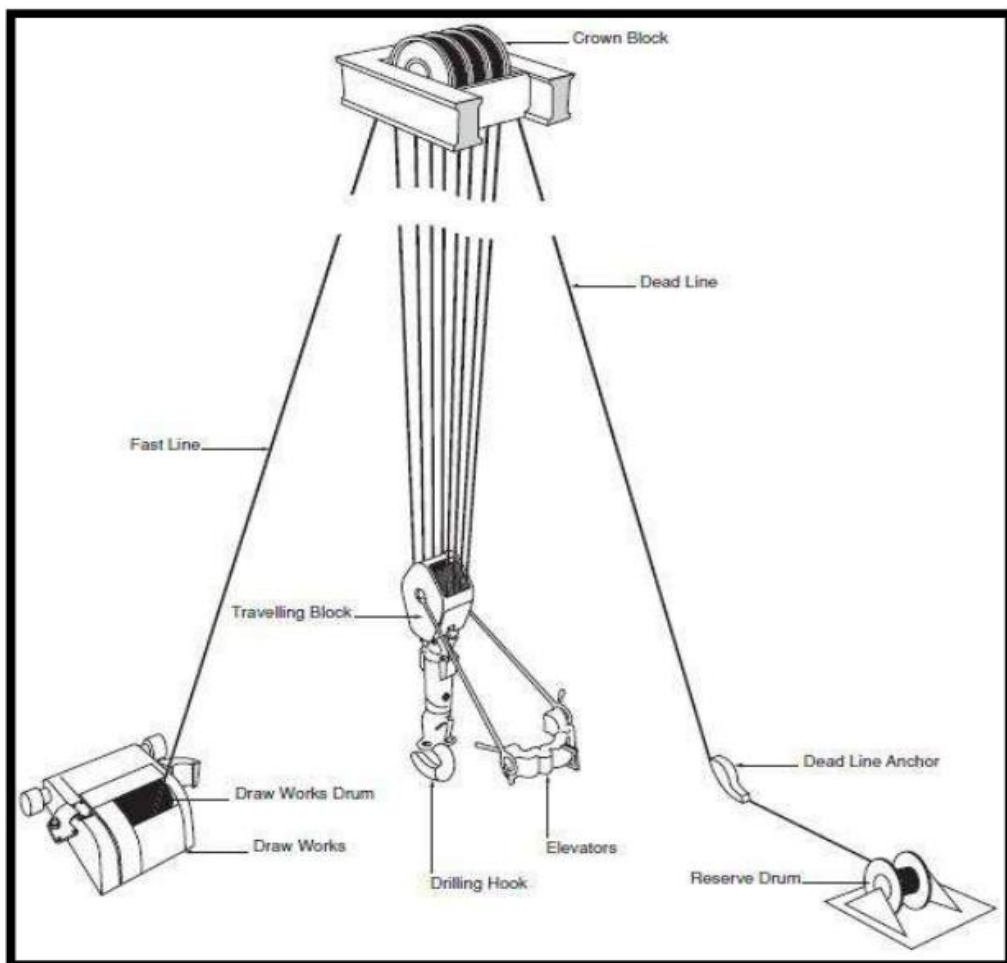


Figure 22: Équipement de mouflage, source: Drilling Engineering, 2005.

2.1.5. Le treuil de forage (Drawworks) :

C'est le noyau d'un appareil de forage. Sa capacité caractérise un rig et indique la classe de profondeur des forages que l'on pourra effectuer. Il doit assurer :

- Le levage de la garniture de forage et du tubage Sur certains appareils, il assure l'entraînement de la table de rotation par l'intermédiaire de cardans ou de chaînes de pignons;
- L'entraînement d'un arbre secondaire permettant de dévisser et visser les tiges et les tubages (cabestan) [cat Head].
- Le déplacement de lourdes charges à de grandes vitesses. Un treuil de forage est caractérisé par sa puissance maximale de levage



Figure 23: Le treuil de forage.

2.1.6. Table de rotation :

En cours de forage, la table de rotation transmet le mouvement de rotation à la garniture de forage, par l'intermédiaire de fourrures et de la tige d'entraînement, et, en cours de manœuvre, supporte le poids de la garniture de forage, par l'intermédiaire de coins de retenue.

Ces dimensions peuvent être 171/2», 201/2», 271/2», 371/2" et 491/2». La motorisation de la table de rotation se fait par l'intermédiaire d'une roue d'entrée et chaîne soit à partir du treuil, soit, sur les appareils lourds, par moteur électrique indépendant de la transmission du treuil.

Principe de fonctionnement :

La table de rotation se compose de 3 parties (**figure.24**) :

- ✚ Le bâti.
- ✚ La partie tournante.
- ✚ L'arbre d'entraînement.

Le corps repose sur la substructure à laquelle il est solidement fixé. La partie tournante repose sur le bâti par l'intermédiaire d'un roulement à billes ou à rouleaux qui assure en même temps sa rotation.

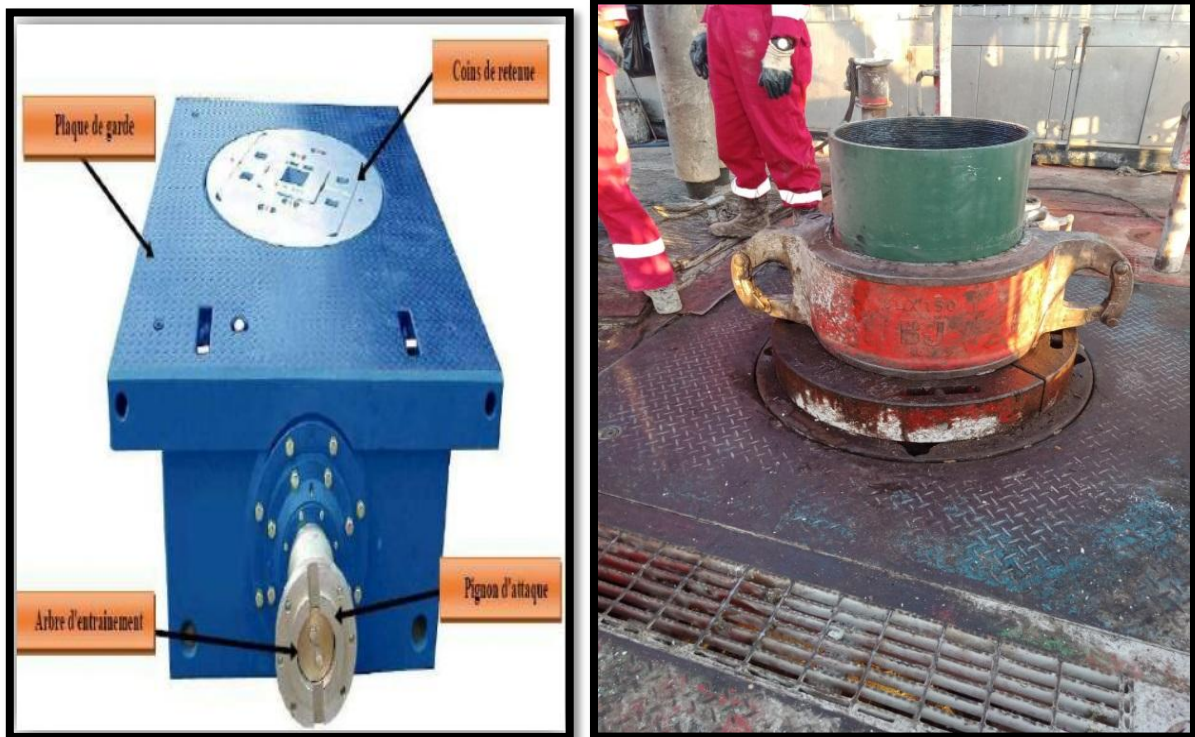


Figure 24: La table de rotation et leur composant (Rotary Table).

2.1.7. Le carré d'entraînement et les fourrures :

Le mouvement de rotation est transmis par la table à la tige d'entraînement par le biais d'un carré d'entraînement **Fig. 25** rendu solidaire en rotation de la table par l'intermédiaire d'une fourrure principale. Pendant les manœuvres, des fourrures intermédiaires sont mises en place à l'intérieur de fourrure principale pour pouvoir caler la garniture de forage.

2.1.8. La tige d'entraînement (Kelly) :

De section carrée, hexagonale ou triangulaire, elle est entraînée en rotation par la table et par l'intermédiaire du carré (Kelly drive bushing) monté autour de sa longueur courante (**Figure.25** et **Figure.26**). Ce carré est constitué de quatre rouleaux à axe horizontal de forme approprié pour transmettre le couple à la tige, L'ensemble peut coulisser longitudinalement, De longueur totale 40 ou 54 ft, elle dispose respectivement d'une longueur utile de 37 ou 51

ft. Pour des raisons de sécurité vis-à-vis d'éruption possible par l'intérieur de la garniture, on monte des vannes à chaque extrémité de la tige d'entraînement.

Ces deux vannes sont opérées par rotation d'un quart de tour au moyen d'une clé que l'on conserve sur le plancher de forage. La vanne inférieure doit être de diamètre tel qu'elle puisse être descendue dans le forage en cours.

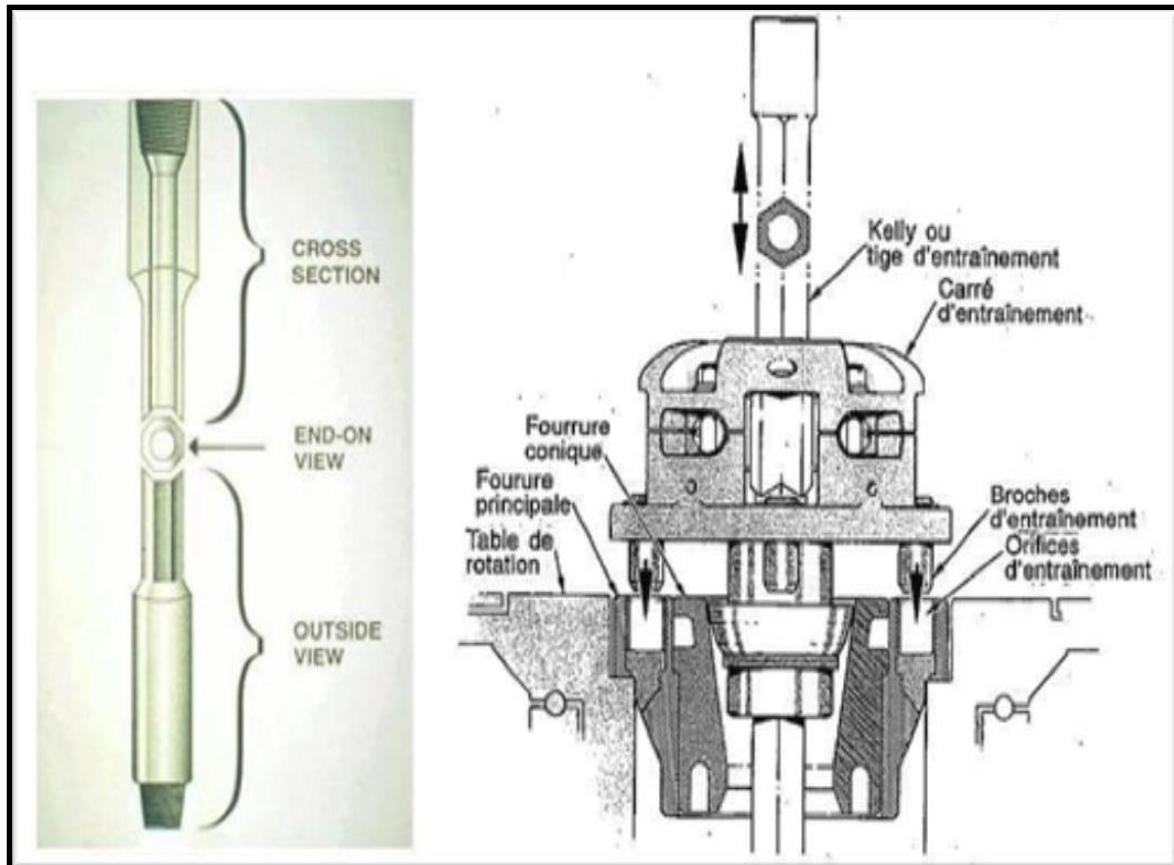


Figure 25: Tige d'entraînement.

2.1.9. La clé à tiges ou tenaille :

C'est une clé utilisée pour serrer et desserrer les tiges de forage et les masse tiges, Deux jeux de clés sont utilisés, un pour tenir la garniture de forage et l'autre pour serrer le joint.

Ils sont appelés les clés de vissage et de dévissage de tiges



Figure 26: Clé automatique.



Figure 27: La pompe à boue triplex RL3NB-1300D.

2.2. Equipment de fond (Background equipment):

2.2.1 Le train de tiges (Drill string) :

Cette partie de la garniture est constituée d'une série de tiges d'acier raccordées les unes aux autres par des joints filés coniques. Le train de tiges permet de contrôler l'outil par la transmission du couple moteur fourni en surface, par l'intermédiaire de la table de rotation.

En outre, il fournit la pression nécessaire pour percer dans la formation et abraser les roches avec une force WOB suffisante. Cet ensemble peut atteindre une longueur de plusieurs kilomètres (1 à 8 km).

2.2.2. Les tiges de forage (Drill pipes) :

C'est un ensemble de tiges d'acier légères d'environ 10 m est plus de longueur, d'un diamètre extérieur pouvant aller de 9 à 15 cm et d'une épaisseur de 1 cm. assurent transmission du mouvement de rotation à partir de la table jusqu'à l'outil et permettent aussi canalisation du fluide de forage jusqu'à ce dernier. Elles travaillent en tension afin d'éviter les problèmes liés à leur frottement contre les parois.

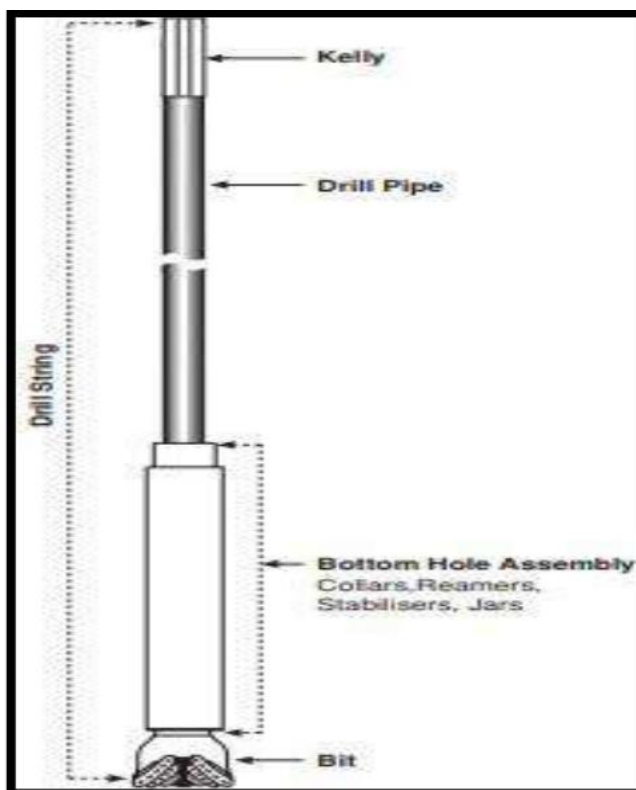


Figure 28: Composants du train de tiges.



Figure 29: Les tiges de forage.

2.2.3. Assemblage de fond BHA (Bottom Hole Assembly) :

C'est la partie inférieure de la structure de garniture, constituée de l'outil, des Stabilisateurs et des masses-tiges. La longueur de cet ensemble varie typiquement de 100 à 300 m en fonction de la pression recherchée.

2.2.4. Les masses-tiges:

Ce sont des tubes de fortes sections permettant d'exercer du poids sur le trépan.

Les masses-tiges sont sollicitées en compression et en torsion.

Les diamètres de ces tiges peuvent varier selon les puits, de 6 à 8 cm pour le diamètre intérieur et de 10 à 25 cm pour le diamètre en compression, Sur le chantier ils sont utilisés les masses-tiges lisses, L'utilisation du collier de sécurité pour leur manœuvre dans le puits est obligatoire.

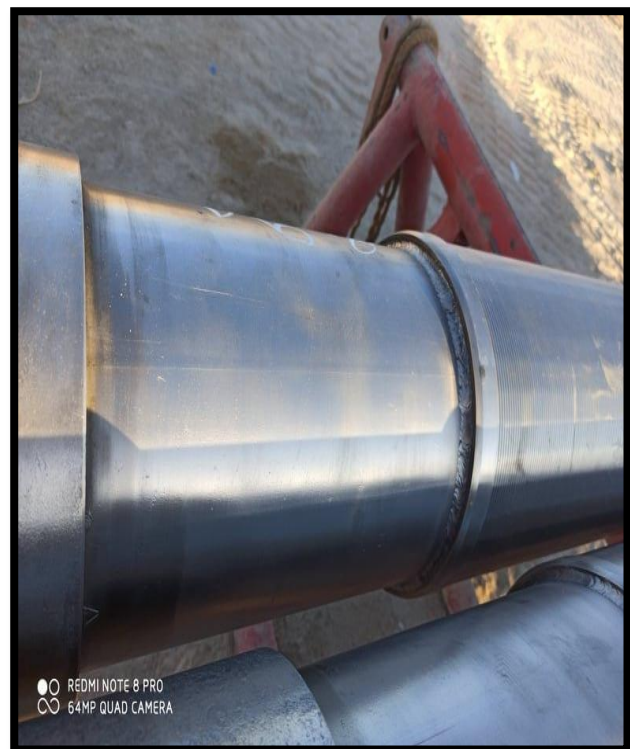


Figure 30: Les masse-tiges lisses.

2.2.5. Les stabilisateurs (Stabiliser) :

Ce sont des tubes de longueur nettement plus faible que celle des masses-tiges et dont le diamètre extérieur est voisin de celui du trépan. Ils sont placés au niveau des masses tiges et parfois intercalés entre deux masses-tiges pour assurer le centrage et le guidage de

l'assemblage de fond, L'utilisation de trois stabilisateurs parait être un maximum compte tenu des frottements importants qu'ils induisent dans le puits (ENSPM, garn. 2006).

Il existe plusieurs types de stabilisateurs :

- ✓ Stabilisateurs à lames soudées (Welden Blade stabiliser).
- ✓ Stabilisateurs à lames intégrées (Intégral Blade stabiliser).
- ✓ Stabilisateurs à chemise interchangeable (Sleeve Type stabiliser).
- ✓ Stabilisateurs à chemise non rotative (non rotative stabiliser).



Figure 31: Stabilisateur à lames droites et obliques.

2.2.6. L'outils de forage Rotary (Rotary Drilling Bits):

Le trépan est monté à l'extrémité d'un train de tiges. C'est un outil qui sert à tailler et détruire la roche. Il existe différents types de trépan, chaque type étant choisi pour une opération de forage spécifique, en fonction de la nature de la formation (plus ou moins dure) et de la résistance mécanique des terrains (forabilité, stabilité des parois, comportement des argiles...). La mécanique de l'outil de forage influence directement la vitesse de progression ROP.

Il existe une grande gamme d'outils de technologies différentes pour couvrir tous les besoins techniques et économiques.

✚ a) Les outils à molettes (roller bits) :

Trois ou quatre molettes à axe horizontal ou légèrement incliné, montées sur de solides roulements à billes ou à galets, Ces outils sont munis — comme les outils à lames — d'une partie filetée sur cône qui assure un montage très rapide et, après blocage à la clef, un joint rigoureusement étanche, La denture des molettes varie selon la nature du terrain.

Les dents sont longues et écartées pour les terrains tendres, elles sont courtes, fines et rapprochées pour les terrains durs. Ces outils procèdent par écrasement et éclatement de la roche.

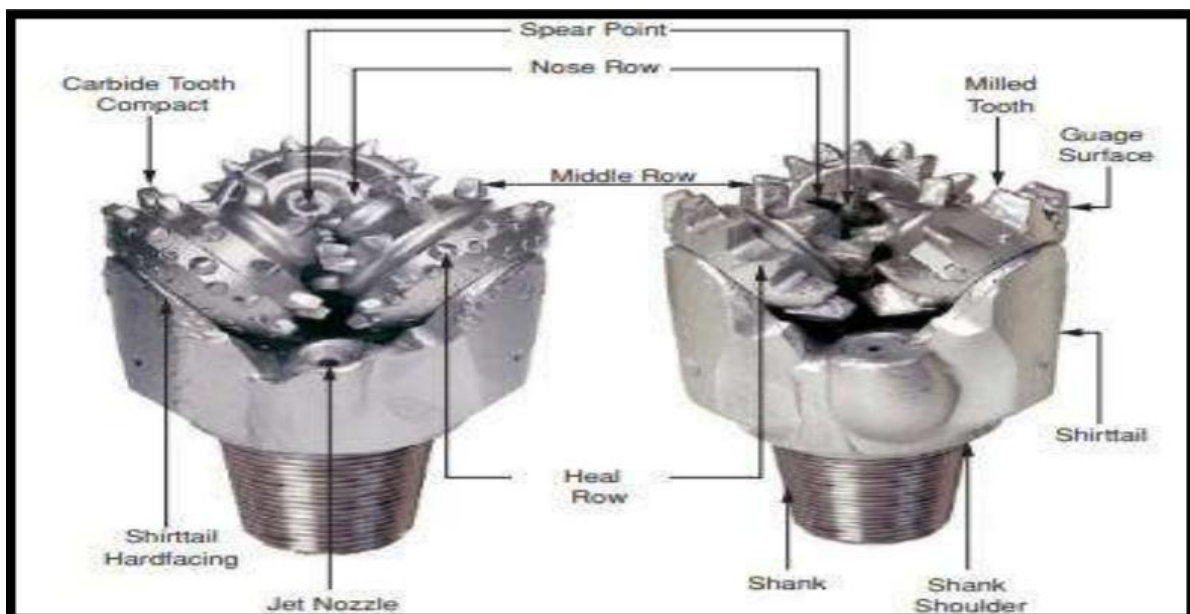


Figure 32: Les éléments de l'outil à molettes source : Drilling engineering, 2005.

b) Les outils à diamant :

Les outils à diamant ont fait leur apparition vers 1870 pour la recherche du charbon. L'utilisation du diamant par l'industrie du pétrole est plus récente, En Europe, les outils diamantés sont apparus vers 1953. Les outils diamantés sont de trois types :

- ✓ À diamants naturels : le diamant naturel abruse la roche et travaille comme une macro meule.
- ✓ À taillants PDC (polycristallin diamant compact : ils cisailent la roche en découpant des copeaux comme un outil de tournage des métaux.
- ✓ À taillants TSP (thermally stable polycrystalline: diamant thermo stable).
- ✓ La forme de tous ces outils de forage est monobloc ce qui leur confère une certaine solidité (ENSPM, les outils.1999).



Figure 34: Un outil à diamant naturel.

Figure 33: Trépan P.D.C.

3. Log stratigraphique :

Durant le forage, il a été procédé à enlever les cuttings chaque (01) mètre de forage, ensuite l'échantillon est lavé et mis dans un sac mentionné à l'encre indélébile la cote de prélèvement avec le nom de forage.

La description de l'ensemble des cuttings nous a permis d'élaborer le tableau ci-dessous : La description géologique est obtenue à partir des cuttings prélevés chaque mètre foré, la correction des niveaux géologiques est basée sur la diagraphie.

Profondeuren (m)	Description	Age
00 - 166	Sable, gravier argile gypseuse argile sableuse	MIOPLIO-CENE
166 - 475	Calcaire et Marne	EOCENE
475 - 617	Dolomie calcaire gypse	SENONIEN
617 - 1064	Dolomie gypseuse calcaire anhydrite	
1064 - 1340	Calcaire dolomitique anhydrite sel gemme	
1340 - 1405	Calcaire anhydrite dolomie	TURONIEN
1405 - 1542	Anhydrite calcaire dolomitique	CENOMANIEN
1542 - 1570	Intercalation calcaire dolomie marne	VRACONIEN
1570 - 1788	Grés et argile	ALBIEN
1788 - 1822	Calcaire et calcaire dolomitique	APTIEN
1822 - 1923	Intercalation argile et sables	BARREMIEN

Tableau 7: Description lithologique des cuttings du forage albien, source : ANRH rappo, 2023

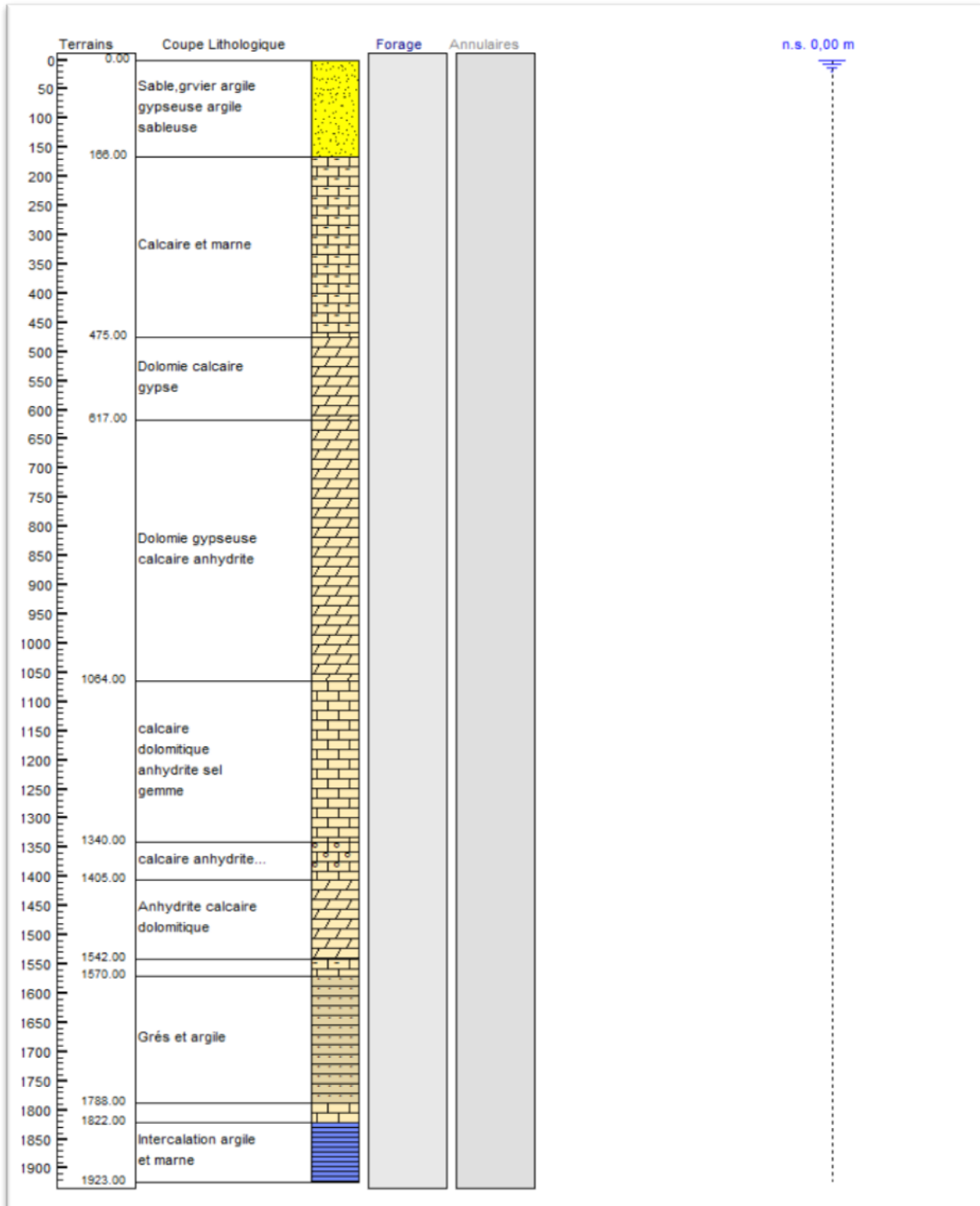


Figure 35: Coupe Stratigraphique du forage tigidine dessinée par le programme GesFor (Version.4.00).

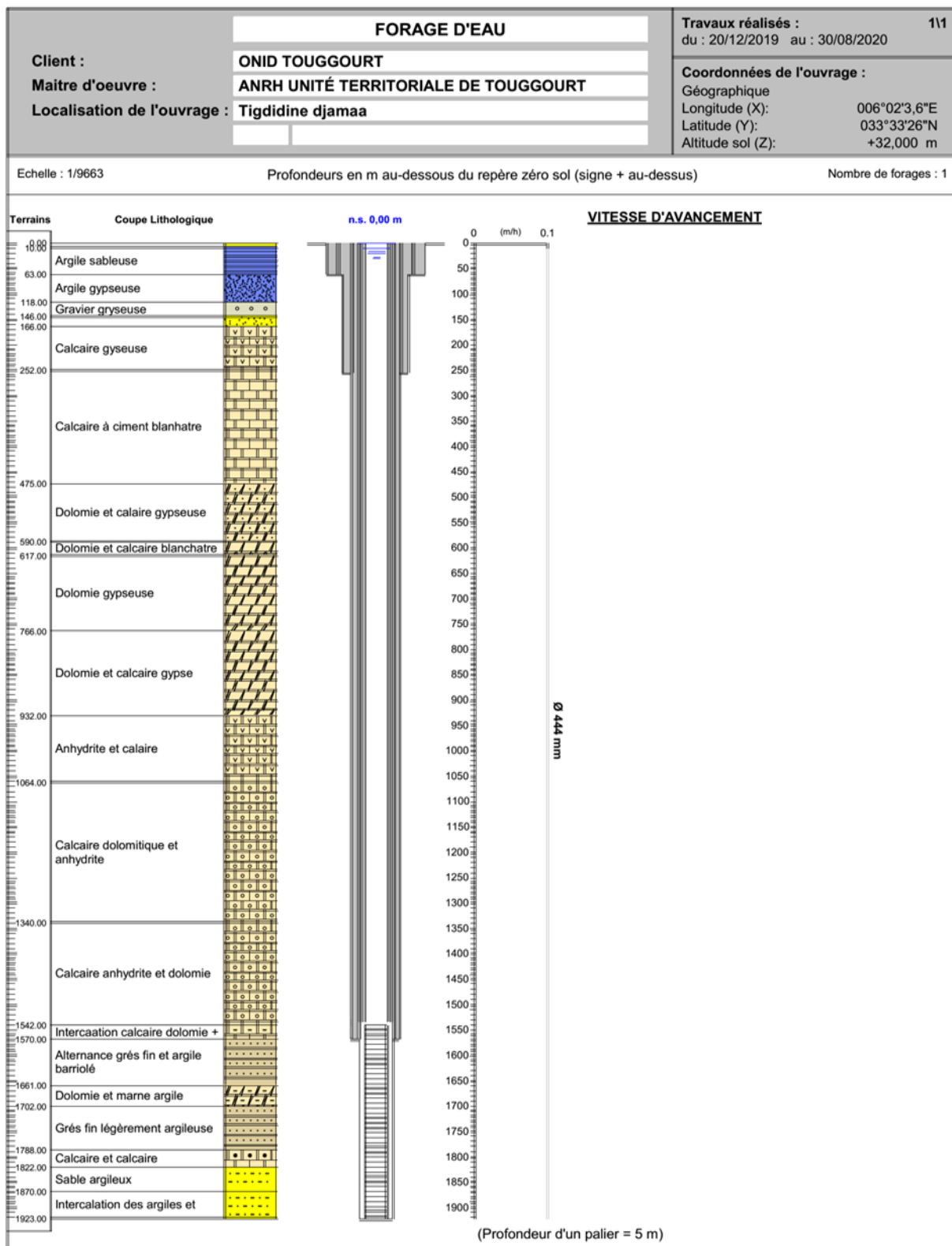


Figure 36: Coupe technique du forage tigdidine dessinée par le programme GesFor (Version.4.00).

4. Préparation et Installation de chantier

4.1 Construction de la plateforme du forage :

La plateforme est construite avant les travaux de forage. La forme de la plateforme (L×l×e = 18×9×0.20m.) Dépend de l'installation complète de l'atelier forage. La base de vie est installée en général sur un plateau en tuf compacté.

La zone d'installation de l'atelier des pompes sont en béton armé. Une piste d'accès est en général nécessaire.

4.2 Installation du chantier forage du tiggidine :

L'entreprise va construire les plateformes conformément aux caractéristiques de l'appareil et besoins des travaux, les bassins et les rigoles, ainsi que d'aménager la zone de travail et la base de vie durant la réalisation du projet.'

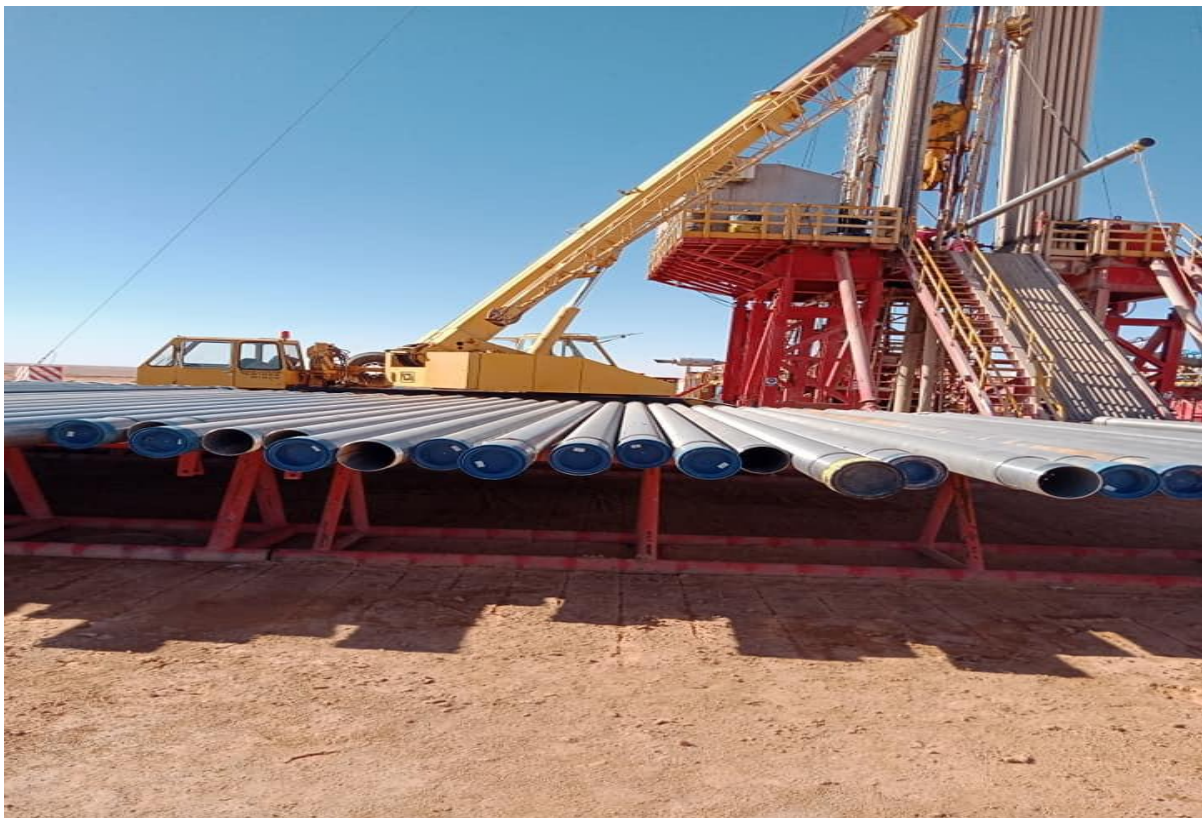


Figure 37: Installation de Chantier de forage tiggidine.

4.3 Montage et démontage de l'appareille de forage :

L'entreprise va organiser des équipes de transport pour amener et emmener des appareils lourds et sera chargée du montage et démontage des appareils à l'aide de sa grue et d'autres engins nécessaires après les préparations du site et du travail.

L'entreprise dispose de plusieurs équipes capables et appareils de forages afin de travailler parallèlement sur ces sites tout en assurant l'achèvement du projet dans les meilleurs délais (ANRH Rapp., 2023).

5. Programme de tubage :

Déroulement des travaux de la réalisation de forage profond Albo-Barrémien Tigdidine Djamaa wilaya d'El Meghaier:

Phase I : Tube guide

- Installation du chantier, construction de plateforme, bassins et rigoles.
- Forage en Ø 36" de (0 - 62 m).
- Mise en place de tube guide casing API Ø 28" de (0 - 62) m.
- Cimentation de l'espace annulaire en ciment forage par un volume soit
 - ❖ Volume de laitier de ciment $V_1 = 18.50\text{m}^3$ de densité 1,8
- Attente prise du ciment 48 heures

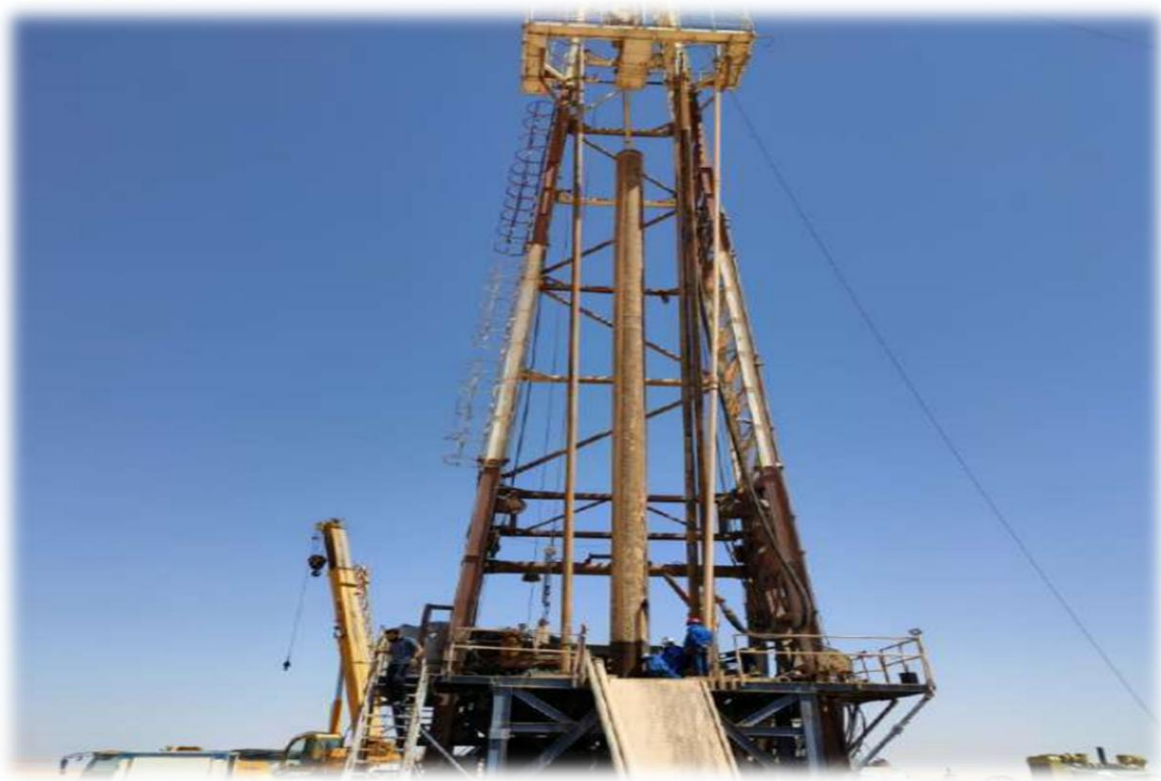


Figure 38: Mise en place du tube guide TNRS.

Phase II : Colonne Technique

- Forage de reconnaissance en \varnothing 12"1/4 de (62 - 256) m.
- Elargis sage et alésage en \varnothing 24" de (62 - 256) m.
- Mise en place de la colonne technique API \varnothing 18"5/8 en acier K 55, 87.5 lb/ft de (0 25ml).
- Cimentation de l'espace annulaire en ciment forage par un volume soit

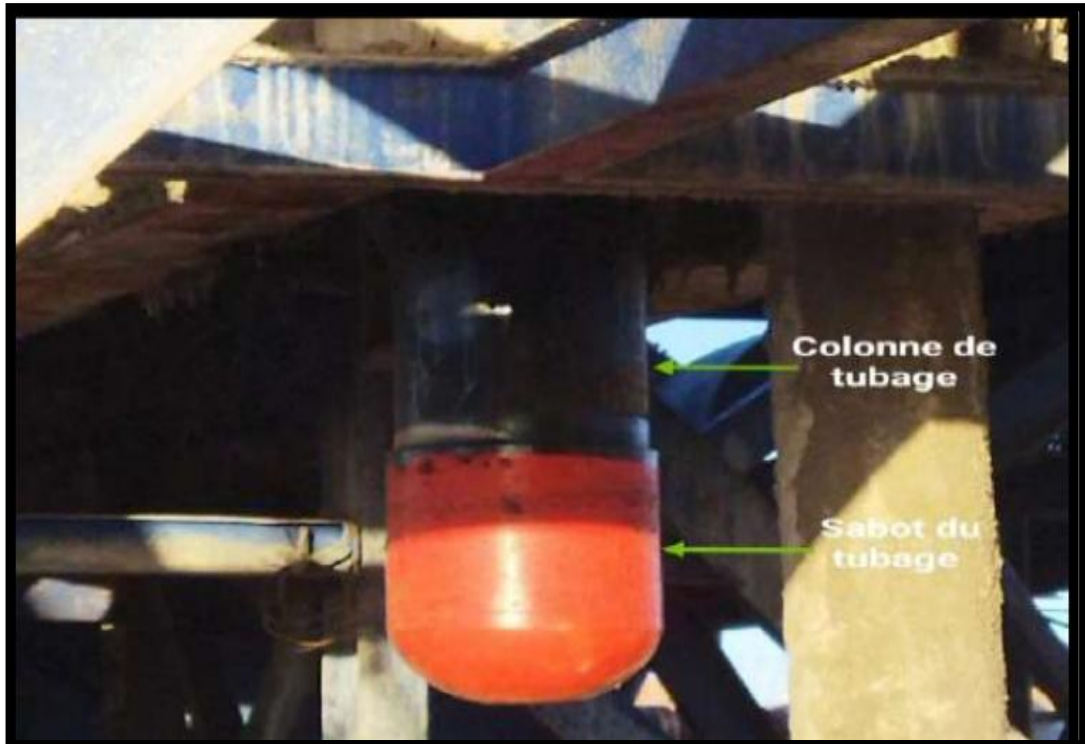


Figure 39: Vissage du sabot à l'extrémité inférieure des 1 er colonne.



Figure 40: Tube plein Acier Inox 8 5/8".

- Volume de laitier de ciment $V_2 = 40.14 \text{ m}^3$ de densité 1,8.
- Attente prise du ciment de 48 heures.
- Enregistrement Diagraphique (CBL, VDL) de 62 m jusqu'au 256m.

Phase III : colonne de complétion

- forage et alésage en $\varnothing 12"1/4$ de (256 - 1570) m.
- Enregistrement Diagraphique (PS, G.RAY, Résistivité, PN, GN et latéral, dia mètreur et pend géométrie) de 300 m jusqu'au 1570.
- Elargis sage en Outil $\varnothing 17"1/2$ de (256-1570) m.
- Mise en place de la colonne de production API $\varnothing 13"3/8$ en acier K 55, 61 lb/ft de (0-1570) m
- Cimentation de l'espace annulaire en ciment forage par un volume en deux étages soit
Volume de laitier de ciment $V_3 = 119.18 \text{ m}^3$ de densité : 1,6 et 1,8
- Attente prise du ciment de 48 heures.
- Enregistrement Diagraphique (CBL, VDL) de 256 m jusqu'au 1570 m.

Phase IV : Colonne de production

- (Colonne de production casing API $\varnothing 9"5/8$ qualité (k55, poids 40 lbm/ft)
- Raccordé avec colonne de captage Inox $\varnothing 8"5/8$)
- Forage en Outil $\varnothing 12"1/4$ de (1570-1923) m.
- Enregistrement Diagraphique (Résistivité GN, PN et latéral, PS, Gamma Ray, Dia mètreur et pend géométrie) de 1570 m jusqu'au 1923 m
- Mise en place de la colonne de production API $\varnothing 9"5/8$ de (0-1535) m y compris DV de cimentation + Packer liner Hanger + réduction $9"5/8 \times 8"5/8$ + raccord diélectrique.
- Descente colonne de captage Inox $\varnothing 8"5/8$ (1530-1923) m
- Cimentation de l'espace annulaire en ciment forage de la cote 0 m au 1535 m Par un volume soit
Volume de laitier de ciment $V_4 = 46.25 \text{ m}^3$ de densité 1,75.
- Attente prise du ciment de 48 heures

Phase V :

- ✓ Mise en place d'une tête de forage
- ✓ Traitement par l'Hexamétaphosphate de Sodium
- ✓ Dégorgement du forage avec l'eau claire
- ✓ Auto-développement du for
- ✓ Essais de débit

6. La cimentation :

La cimentation consiste à injecter dans le trou un laitier de ciment (mélange ciment + eau), soit pour cimenter une colonne de tubage (casing), soit pour mettre en place un bouchon de ciment dans le but de colmater une perte

6.1. Objectifs de la cimentation :

- ❖ Isoler formations Productive.
- ❖ Protéger les niveaux aquifères de la pollution.
- ❖ Éviter l'écroulement du trou, supporter la paroi du trou.
- ❖ Ancrer et suspendre les tubages.
- ❖ Fixer les colonnes de tubage au terrain et assurer un bon ancrage de celles – ci
- ❖ Permettre la mise en tension des tubes.
- ❖ Faire une isolation thermique.
- ❖ Prévenir le dévissage des tubes pendant le forage.
- ❖ Canaliser en surface les fluides exploités.
- ❖ Réaliser la séparation entre les différentes couches productrices pouvant contenir des fluides différents à des pressions différentes.
- ❖ Fermer les couches à haute pression pour éliminer les risques d'éruption.
- ❖ Protéger les colonnes contre les agents chimiques et la corrosion électrochimique.

Soit : V1 volume de Espace annulaire de la colonne de 1 ère phase:

Cimentation de l'espace annulaire de 04 Phases

De forage profond Albo-Barrémien Tigdidine Djamaa wilaya d'El Meghaier

Colonne 1 ère phase (Tube Guide) : H (Profondeur) = 62m

Espace annulaire :(S) : Trou-casing :

Trou forage Ø 36'' 656,8 l/m $S = \text{Trou } \text{Ø } 36'' - \text{Csg } \text{Ø } 18''5/8$

Casing API Ø 28'' (Ø extérieur) 397,2 l/m $S = 656,8 - 397,2 = 259,6 \text{ l/m}$

$S = 259,6 \text{ l/m}$

H (Profondeur) = 62 m

V (Volume) = $S \times H = 259,6 \times 62 = 160952 \text{ litres} = 16,09 \text{ m}^3$

Volume (laitier de ciment) majoré à 15%

Volume total (laitier de ciment) majoré = $(15\% V + V) = (2,41 + 16,09) = 18,50 \text{ m}^3$

$$V1 = 18.50 \text{ m}^3$$

Nous savons : $1\text{m}^3 = 1.1\text{Tone} = 11 \text{ Quintaux} = 22 \text{ Sacs (50 kg)}$ de ciment HTS, CRS,

Ciment forage de (50 kg)..... Densité 1,8 Donc :

Volume total de (laitier de ciment) = $18.50 \text{ m}^3 = 18.50 \times 1.1 \text{ Tonne} = 20.35 \text{ Tonnes}$

Colonne de 2ème phase : (Colonne Technique) : H (Profondeur) = 256 m

Soit : V2 : Volume de l'espace annulaire de la colonne de 2ème phase:

Espace annulaire (S): casing - casing:

Casing API Ø 28'' (intérieur) 397, 2 l/m S = Csg Ø 28'' - Csg Ø 18'' 5/8

Casing API Ø 18 5/8 '' (extérieur) 176, 2 l/m S = 397, 2 - 176, 2 = 221(l/m)

$$S = 221(l/m)$$

H (Profondeur) = 62 m

$$V' = S \times H = 221 \times 62 = 13702 \text{ l} = 13.70 \text{ m}^3$$

$$V' = 13.70 \text{ m}^3$$

Espace annulaire (S): Trou-casing :

Trou forage Ø 24'' 291.9 l/m S = Ø 24'' Trou - Ø 18'' 5/8 Csg

Casing API Ø 18 5/8 '' (extérieur) 176,2 l/m S = 291.9 - 176,2 = 115.7 l/m

Profondeur : H = (de 62 à 256) m = 194 m

H (Profondeur) = 194 m

$$S = 115.7 \text{ l/m}$$

$$V'' \text{ (Volume)} = S \times H = 115.7 \times 194 = 22445.8 \text{ litre} = 22.4 \text{ m}^3$$

Volume (laitier de ciment) majoré à 18% :

$$\text{Volume total majoré} = (18\% V'' + V'') = (4.04 + 22.4) \text{ m}^3 = 26.44 \text{ m}^3$$

$$V'' = 26.44 \text{ m}^3$$

$$V2 \text{ (Total)} = V' + V'' = (13.70 + 26.44) \text{ m}^3 = 40.14 \text{ m}^3$$

$$V2 = 40.14 \text{ m}^3$$

Soit V2 (Total de laitier de ciment) = $40.14 \text{ m}^3 = 40.14 \times 1.1 \text{ Tonne} = 44.15 \text{ Tonnes}$

Ciment foragedensité : (1.70 et 1.8)

Colonne de 3ème phase (colonne de complétion) :

Profondeur H = 1570m :

Soit : V3 : Volume de l'espace annulaire de la colonne de 3ème phase:

Espace annulaire (S): casing - casing:

Casing API Ø 18'' 5/8 (intérieur) 159.74 l/m S = Csg Ø 18'' 5/8 - Csg Ø 13'' 3/8

Casing API Ø 13 3/8 '' (extérieur) 90.80 l/m S = (159.74 - 90.8) l/m = 68.94 (l/m)

H (Profondeur) = 256m

$$S = 68.94 \text{ l/m}$$

$$V' = S \times H = 68.94 \text{ l/m} \times 256 \text{ m} = 17648.64 \text{ litre} = 17.64 \text{ m}^3$$

$$V' = 17.64 \text{ m}^3$$

Espace annulaire (S): Trou-casing

$$\text{Trou forage } \varnothing 17'' \frac{1}{2} \text{ } 155, 2 \text{ l/m} \quad S = \text{Trou } \varnothing 17'' \frac{1}{2} - \text{Csg } \varnothing 13'' \frac{3}{8}$$

$$\text{Casing API } \varnothing 13'' \frac{3}{8} (\varnothing \text{ extérieur}) \quad 90, 80 \text{ l/m} \quad S = 155,2 - 90,8 = 64,4 \text{ l/m}$$

$$H (\text{Profondeur}) = (\text{de } 256 \text{ à } 1570) \text{ m} = 1314 \text{ m}$$

$$H (\text{Profondeur}) = 1314 \text{ m}$$

$$S = 64.4 \text{ l/m}$$

$$V'' = S \times H = 64,4 \text{ l/m} \times 1314 \text{ m} = 84621.6 \text{ l} = 84.62 \text{ m}^3$$

$$V'' \text{ Volume majoré } 20\% = 16.92 \text{ m}^3$$

$$V'' (\text{Volume total majoré}) = V'' + 20\% V'' = (84.62 + 16.92) \text{ m}^3 = 101.54 \text{ m}^3$$

$$V'' = 101.54 \text{ m}^3$$

$$V_3 (\text{Total de laitier de ciment}) = V' + V'' = (17.64 + 101.54) \text{ m}^3 = 119.18 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 119.18 \text{ m}^3$$

Ciment forage...Densité (1.6 et 1.8)

$$\text{Soit } V_3 (\text{Total de laitier de ciment}) = 119.18 \text{ m}^3 = 119.18 \times 1.1 \text{ Tonne} = 131.09 \text{ Tonnes}$$

Ciment foragedensité (1.70 et 1.8)

Colonne de 4 ème phase (Colonne de production) :

$$\text{Profondeur } H = 1535 \text{ m}$$

V4 : Volume de l'espace annulaire (S): (Volume théorique) :

Espace annulaire (S): casing – casing:

$$\text{Casing API } \varnothing 13'' \frac{3}{8} (\varnothing \text{ Intérieur}) \quad 77.24 \text{ l/m} \quad S = \text{Csg } \varnothing 13'' \frac{3}{8} - \text{Csg } \varnothing 9'' \frac{5}{8}$$

$$\text{Casing API } \varnothing 9'' \frac{5}{8} (\varnothing \text{ extérieur}) \quad 47.10 \text{ l/m} \quad S = (77.24 - 47.10) \text{ l/m} = 30.14 \text{ l/m}$$

$$H (\text{Profondeur}) = 1535 \text{ m}$$

$$S = 30.14 \text{ l/m}$$

$$V (\text{Volume}) = S \times H = 30.14 \times 1535 = 46264.9 \text{ L} = 46.26 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 46.26 \text{ m}^3$$

$$\text{Soit } V_4 (\text{Total de laitier de ciment}) = 46.26 \times 1.1 \text{ tonne} = 50.89 \text{ Tonnes}$$

Ciment forage..... Densité (1,6 et 1,8).

7. La diaggraphie :

Les diaggraphies sont des techniques géophysiques mises en œuvre à l'intérieur d'un forage.

Le terme diaggraphie est le terme français, qui désigne aussi bien la technique que le résultat de la mesure sous forme d'une courbe. Pour le jargon anglais on trouve le terme logging (pour

les techniques) et log pour la courbe (log signifie enregistrement) Le résultat d'une diagraphie se présente donc sous la forme d'une courbe dans un système de coordonnées où la profondeur est indiquée sur un axe vertical orienté vers le bas et le résultat de la mesure (résistivité, densité, vitesse d'avancement...) est indiqué sur un axe horizontal.

7.1 Laboratoire d'enregistrement :

L'enregistrement est réalisé à l'aide d'un camion laboratoire parfaitement autonome, équipé électriquement et mécaniquement, Pour l'enregistrement des signaux électriques, une chaîne complète d'enregistrement a été mise au point.

Elle met tout son électronique sur terrain avec ses modules de teste. La mesure se fait pendant la remonté de la sonde ; avec une vitesse d'enregistrement adaptée en fonction de chaque outil utilisé.



Figure 41: Sur le terrain pendant le processus d'enregistrement.

7.2 Appareil de mesure :

L'outil d'enregistrement utilisé en diagraphie est appelé : sonde. Elle est constituée de plusieurs modules électroniques entre eux avec un maximum d'étanchéité dont les composants peuvent résister à des températures plus 200°C.

Cependant, chaque sonde est caractérisée par un couple émetteur-récepteur dont l'écartement participe à la profondeur d'investigation de la mesure et à la résolution verticale. Par ailleurs, des effets perturbateurs peuvent affecter la mesure de l'outil. Ils peuvent être de différentes origines, liés à la nature des terrains ou non.

7.3 Transmission des mesures :

La transmission des mesures est assurée par un câble liant la sonde au camion laboratoire, Généralement il comprend 7 à 11 conducteurs, il est parfaitement résistant qui permet, vu le nombre de conducteurs, l'enregistrement simultané de plusieurs signaux. En effet, c'est le défilement du câble qui permet la mesure des profondeurs.



Figure 42: Sonde combinée (Gamma ray, polarisation spontanée, résistivité, électrique).

Les enregistrements effectués dans notre forage de **tigdidine** sont :

- ✚ Polarisation Spontané ;
- ✚ Les Résistivités électriques : PN – GN.
- ✚ Dia mètreur (Caliper).
- ✚ In clinométrie.

- ✚ Gamma-Ray.
- ✚ Contrôle de cimentation CBL-VDL.

7.4. Les résistivités électriques :

La résistivité des formations a été mesurée dès 1927 par Schlumberger. On envoie un courant d'intensité I dans un milieu considéré à notre échelle comme isotrope et infini. Le courant se propage dans la formation plus ou moins facilement en fonction de ses caractéristiques physiques. Les roches aquifères sont conductrices, les sèches sont résistantes. Dans les formations humides les argiles sont les plus conductrices grâce à leurs nombreuses liaisons intermoléculaires.

7.5. Gamma-Ray :

C'est un enregistrement de radioactivité gamma naturelle des formations. Les seuls éléments radioactifs ayant une concentration notable dans les matériaux naturels sont le potassium, l'uranium et le thorium. Pour les formations sédimentaires on enregistre une radioactivité importante dans :

- ✚ Les formations argileuses qui renferment du potassium (illite spécialement);
- ✚ Les sels de potassium;
- ✚ Les formations riches en matière organique peuvent concentrer l'uranium;
- ✚ Les formations détritiques contenant des feldspaths (potassium) ou enrichies en minéraux lourds.

8. La crépine :

La crépine est un tubage perforé et qui permet la pénétration de l'eau de l'aquifère. Elle est placée à la suite du tubage plein, face à une partie ou à la totalité de la formation aquifère, elle constitue l'équipement principal de forage hydraulique.

8.1. Choix de la crépine :

le choix de type de crépine, son longueur, sa nature sont directement fonction de la formation ou la nappe à capter, du niveau de rabattement maximal, et de la nature de l'aquifère, prise en compte Les caractéristiques géométriques de la crépine (taille, densité et forme des ouvertures (slot)).

- Forage profond Albien-Barrémien Tigdidine, Djamaa wilaya d'El Meghaier Programme de la descente de 4^{ème} phase colonne API Ø 9"5/8 raccorder avec joints Inox Ø 8"5/8 accompagné des accessoires suivantes: raccord diélectrique

De (0 -- 1520,68) m colonnes de production composées des joints casing API Ø 9"5/8

De (1520,68 -- 1523,58) m DV + Anneau de cimentation

De (1523,58 -- 1535.20) m joint casing API Ø 9"5/8

De (1535,20 -- 1535.50) m Hanger Liner Packer

De (1535,50 -- 1536) m raccord diélectrique

De (1536 -- 1572) m Tubes plein Inox Ø 8"5/8

De (1572 -- 1716) m Tubes crépines Inox Ø 8"5/8

De (1716 -- 1743) m Tubes plein Inox Ø 8"5/8

De (1743-- 1761) m Tubes crépines Inox Ø 8"5/8

De (1761 -- 1788) m Tubes plein Inox Ø 8"5/8

De (1788-- 1914) m Tubes crépines Inox Ø 8"5/8

De (1914 -- 1923) m Tube plein Inox Ø 8"5/8

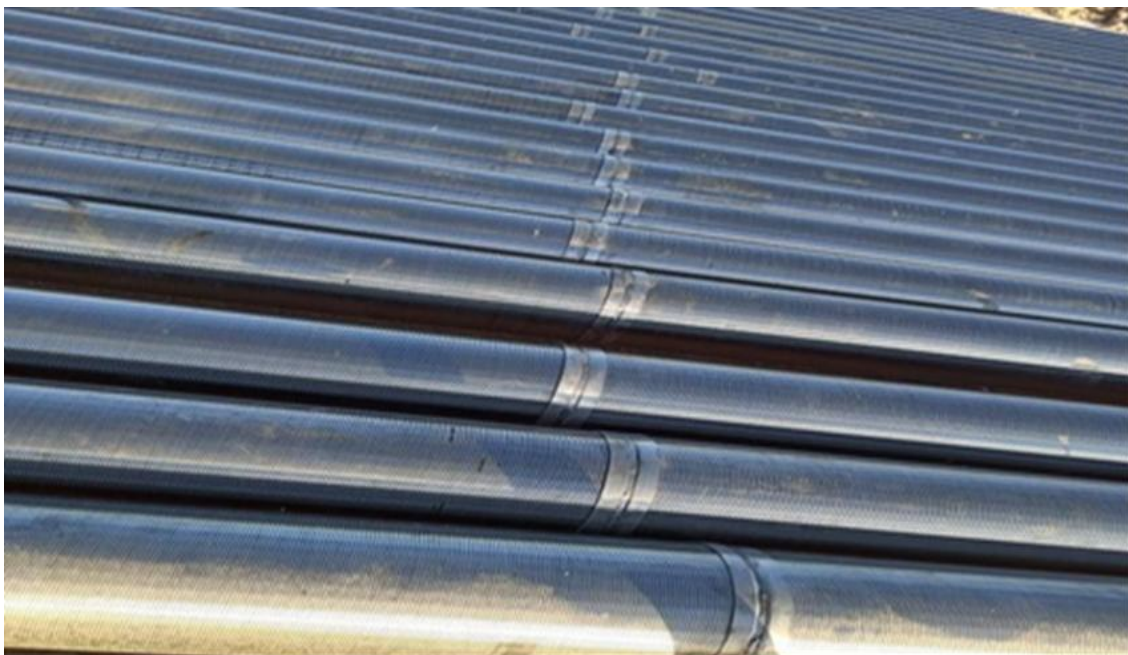


Figure 43: Crépine INOX Johnson

9. Essais de pompages:

9.1 Logiciel (Ouaïpe) de BRGM :

9.2 Simulation des données par logiciel (Ouaïpe) de BRGM :

OUAIP est un logiciel dédié à l'interprétation et à la simulation des pompages d'essai en hydrogéologie (essai de puits, essai de nappe).

OUAIP, développé par le BRGM, proposant des diverses solutions analytiques (milieu poreux ou fissuré, milieux captifs ou semi-captifs, etc.) avec prise en compte d'effets perturbateurs (effets de puits, effets de limites, effets de capacité...). Est composé de trois modules permettant :

- Le calcul des pertes de charges et du débit critique par l'interprétation des tests de pompages par paliers (essai de puits)
- L'estimation des paramètres hydrodynamiques (Transmissivité et Coefficient d'emménagement) par l'interprétions d'un test de Longue durée (essai de nappe) à débit constant ou variable.
- La simulation de pompages (scénarios d'exploitation)
- La simulation de pompages (Scénarios d'exploitation)

9.3 Les essais de pompage par palier pour forage tigidine

N°.Palier	Q	Q	NS (m)	ND(m)	S	S/Q
	(l/s)	(m ³ /h)			(m)	(m/m ³ /h)
Statique	0	0	153	---	0.00	
Palier N°1	55.67	200.43	---	133.71	19.39	0.097
Palier N°2	123.81	445.75	---	116.36	36.74	0.082
Palier N°3	152.40	548.67	---	86.25	66.86	0.122

Tableau 8: Essais de débit par palier de courte durée pour le forage tigidine.

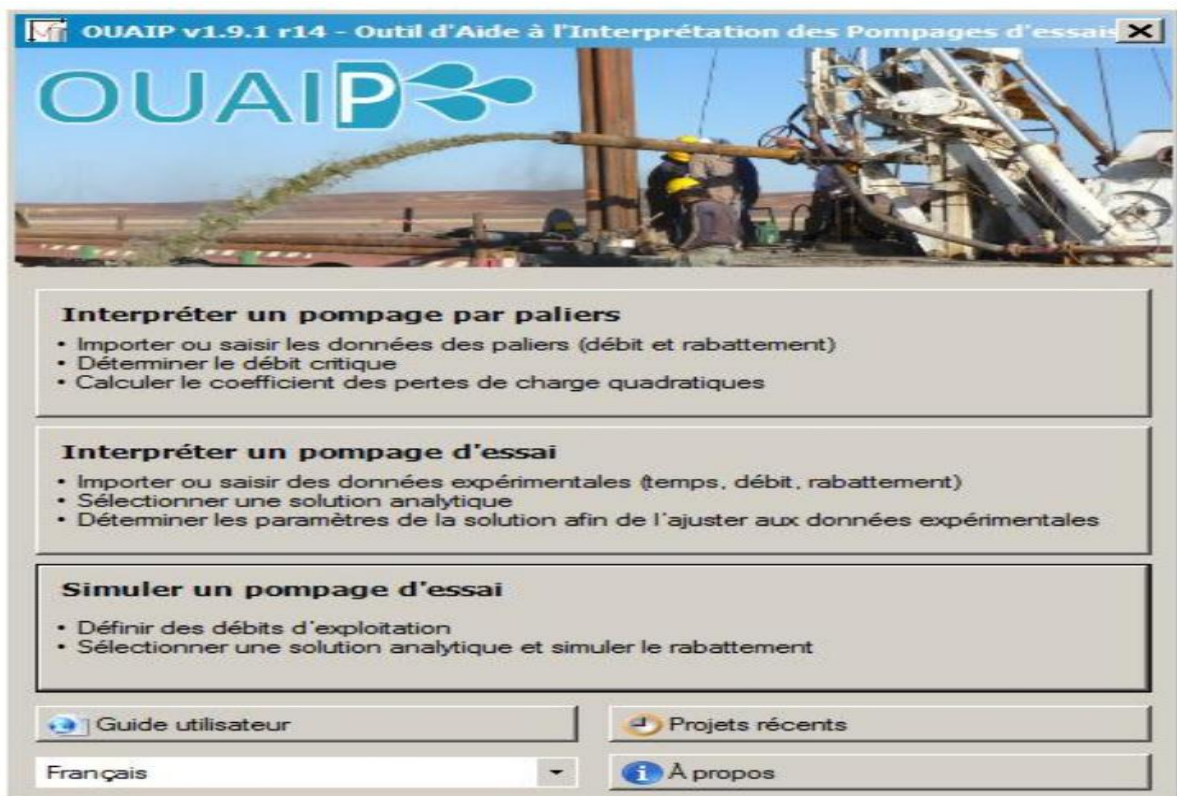


Figure 44: Présentation de logiciel OUAIP

Tableau de valeurs

Bornes pour le calcul des valeurs

De : 0 A : 240 Pas : 1

Nombre de valeurs : 241

Calculer

Autres valeurs

Données réelles

Vider la table

	Temps (min)	Rabattement calculé (m)	Rabattement mesuré (m)	Différence (m)
▶ 1	0	0.000	0	0.00
2	4	1.303E-3	2E-3	6.97E-4
3	6	6.111E-3	7E-3	8.89E-4
4	8	1.402E-2	1.5E-2	9.80E-4
5	10	2.381E-2	2.4E-2	1.90E-4
6	12	3.459E-2	3.3E-2	1.59E-3

Options

Précision : 4

Erreur relative

Copier tout

Exporter...

Fermer

Figure 45: Présentation de tableau des valeurs logiciel OUAIP

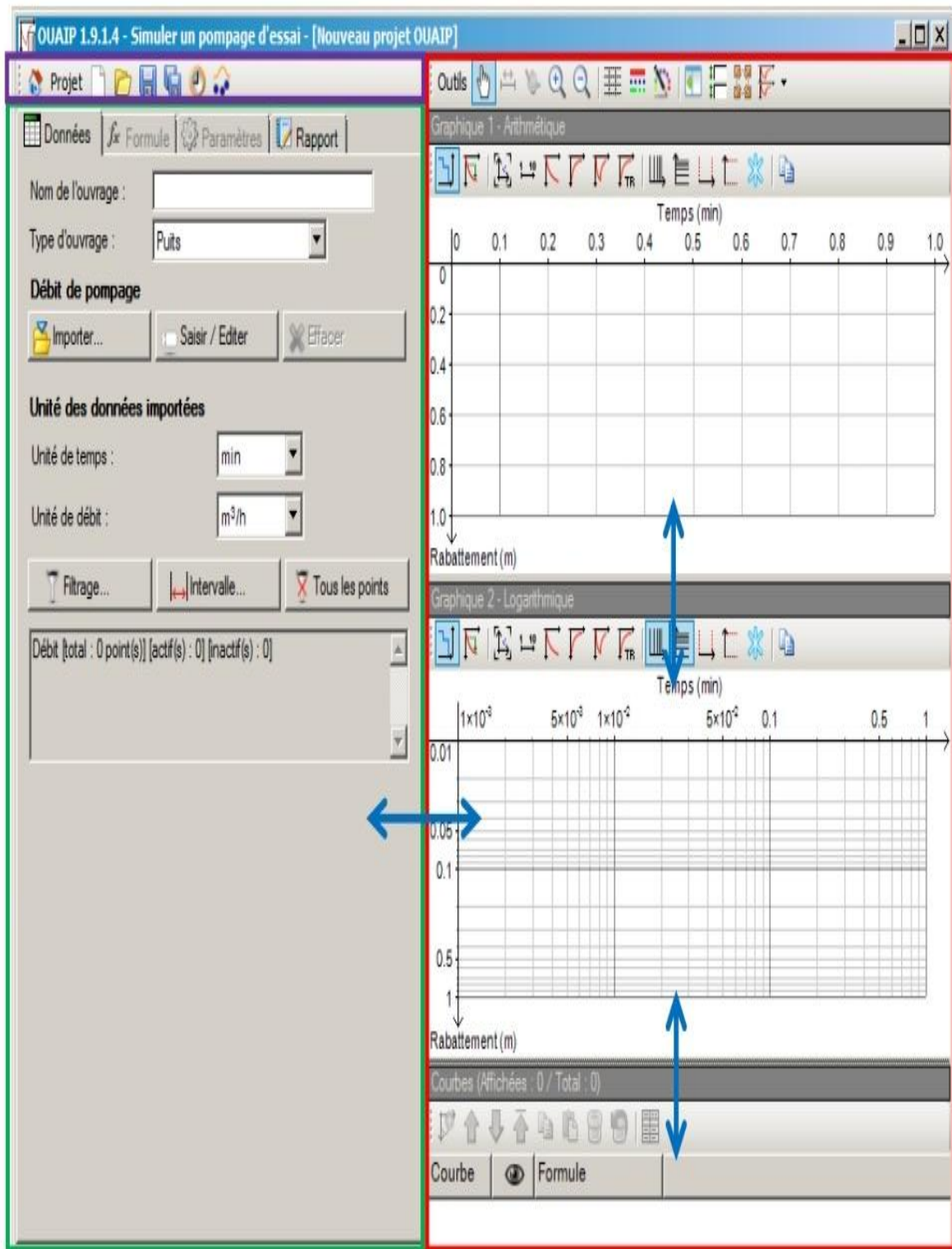


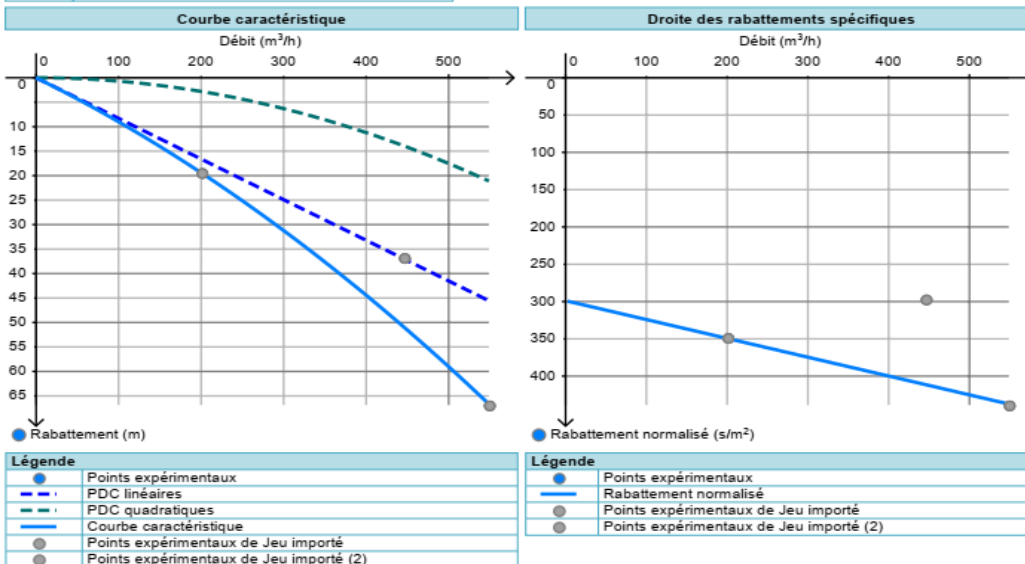
Figure 46: simuler des valeurs un pompage d'essai.



ALPIEN TIGDIDINE



Site	DJAMAA TIGDIDINE	Aquifère capté	C1
Date	26/12/2023	Epaisseur de l'aquifère	353 m
Projet	ONID	Type d'ouvrage	Puits
Client	ONID	Type de pompage	Indéterminé
Société	SARL OUD RIGH ABAR TOUGGOURT		



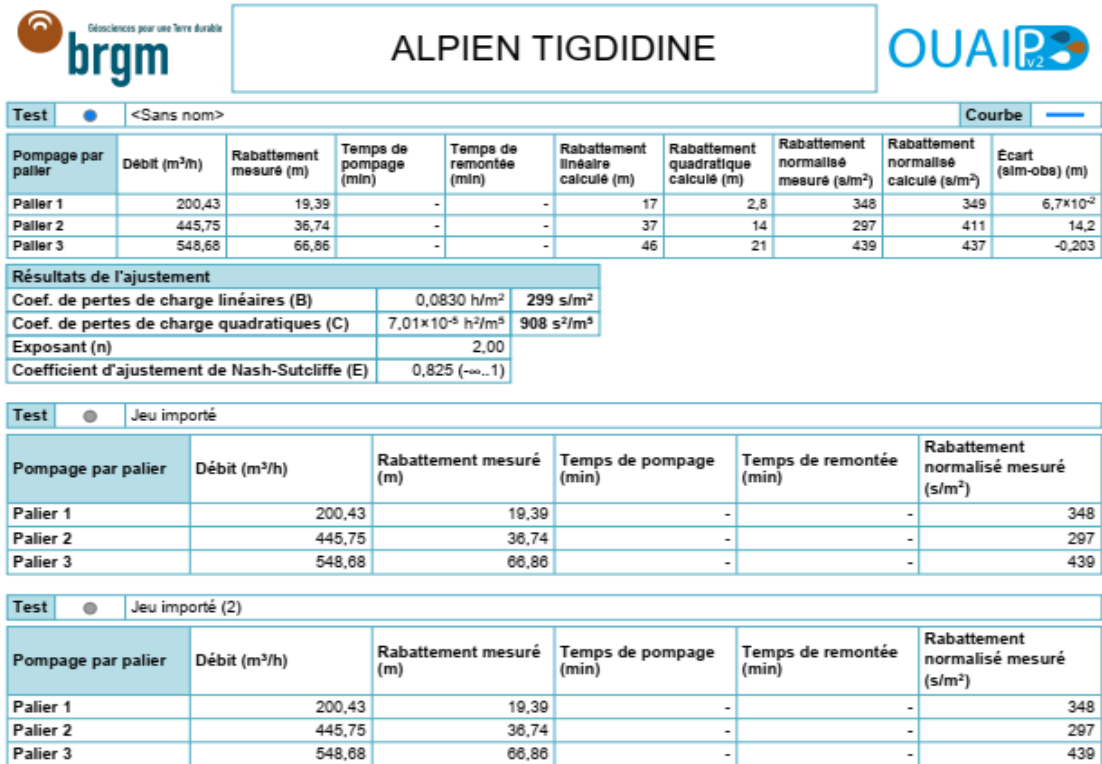


Figure 47: Simulation des résultats des essais par logiciel «Ouaip» pour de forage TIGDIDINE

9. Logiciel (GESFOR) de BRGM :

❖ Simulation des données des forages par logiciel (GESFOR) de BRGM :

9.1. Définition de BGRM :

9.1. a.BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières a été créé en 1959.

C'est un établissement public français à caractère industriel et commercial (EPIC), Placé sous la tutelle des ministères chargés de la Recherche, de l'Écologie et de l'Économie, il est basé à Orléans , Michèle Rousseau en est la présidente-directrice générale et Christophe Poinot le directeur général délégué.

L'action du BRGM couvre plusieurs activités : recherche scientifique, expertise, innovation et transfert, analyse et expérimentation, prévention et sécurité minière, enseignement supérieur, formation professionnelle continue, diffusion de la connaissance et science ouverte géologie et connaissance du sous-sol, gestion des eaux souterraines, risques et aménagement du territoire, ressources minérales et économie circulaire, transition énergétique et espace souterrain, données, services et infrastructures numériques

9.1.b.GesFor: un logiciel pour les professionnels du forage maintenu par le BRGM et distribué gratuitement aux professionnels du forage, permet à ceux-ci de :

- Préparer des documents de chantiers (formulaire de mesures, liste etc.),
- Dessiner des coupes techniques et géologiques de leurs ouvrages,
- Tracer des courbes de décharge à partir de leurs relevés de pompage,
- Rédiger un rapport de forage,
- Exporter un dossier d'ouvrage dans la Banque du sous-sol ou dans une autre base de données Gesfor,
- Gérer leurs archives de travaux.

En contrepartie de la fourniture gratuite de ce logiciel, le BRGM attend des professionnels du forage qu'ils utilisent GesFor pour faciliter la déclaration obligatoire des ouvrages souterrains au titre du Code Minier.

9.2 .Les fonctions de Gesfor Foreur :

- Téléchargement de l'application (<http://www.brgm.fr/logiciels/gesfor/>)
- Configuration et Installation de l'application
- Aide en ligne (F1) et bulles d'information dynamique
- Déclarer un ouvrage, nouveaux formulaires de déclaration
- Créer un ouvrage
- Localiser un ouvrage

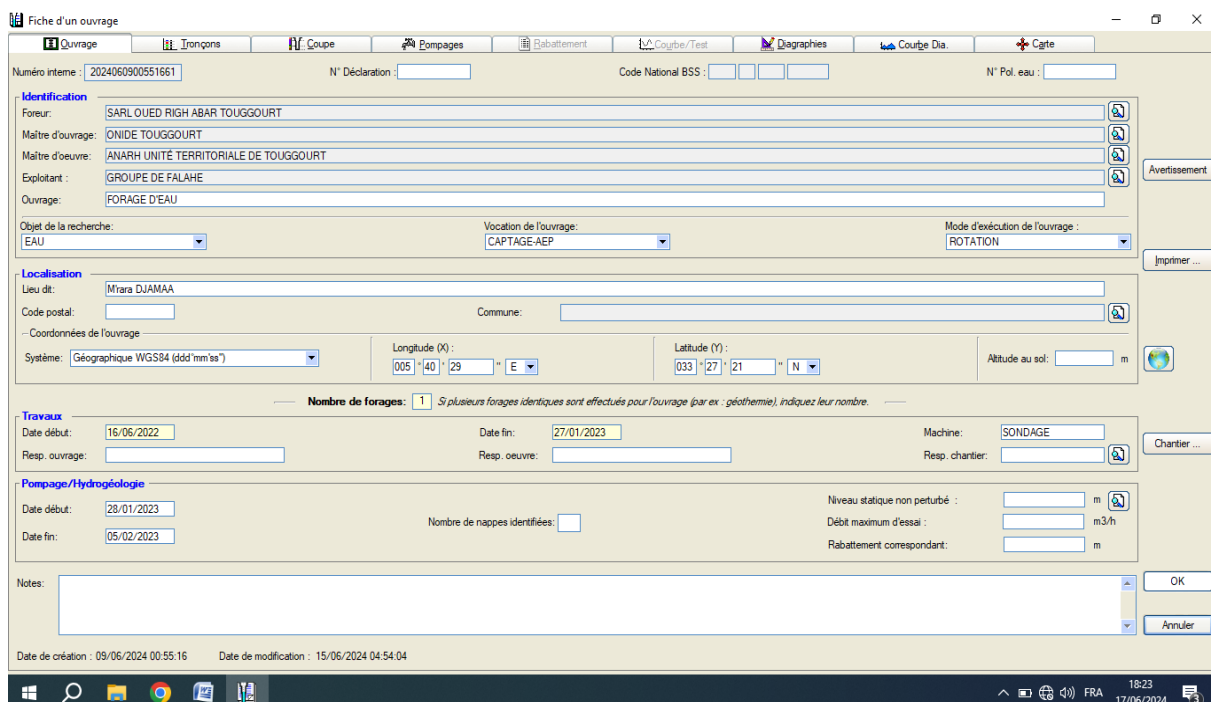
- Saisir les informations d'un ouvrage, le dupliquer
- Imprimer le dossier technique d'un ouvrage
- Enregistrer l'avancement des travaux
- Gérer l'annuaire clients, entreprises, salariés ...
- Transmettre un ouvrage au BRGM
- Gérer : Réindexer, Épurer
- Gérer : Sauvegarder, Archiver, Importer, Exporter
- Visualiser les ouvrages sous Info Terre

9.3. Les Objectifs :

- comprendre les phénomènes géologiques et les risques associés
- développer des méthodologies et des techniques nouvelles
- produire et diffuser des données pour la gestion du sol, du sous-sol et des ressources
- mettre à disposition les outils nécessaires à la gestion du sol, du sous-sol et des ressources, à la prévention des risques et des pollutions, aux politiques de réponse au changement climatique.

9.4. Simulation par logiciel gesfor sur les trois forages :

9.4.1. Simulation pour 1^{er} forage EL-M'rara Djamaa:



Fiche d'un ouvrage

Menu: Ouvrage, Tronçons, Coupe, Pompages, Rabattement, Courbe/Test, Diagraphies, Courbe Dia, Carte

Numéro interne : 2024060900551661 N° Déclaration : Code National BSS : N° Pol. eau :

Identification

Foreur: SARL OUED RIGH ABAR TOUGGOURT
 Maître d'ouvrage: ONIDE TOUGGOURT
 Maître d'oeuvre: ANARH UNITÉ TERRITORIALE DE TOUGGOURT
 Exploitant: GROUPE DE FALAHE
 Ouvrage: FORAGE D'EAU

Objet de la recherche: EAU Vocation de l'ouvrage: CAPTAGE-AEP Mode d'exécution de l'ouvrage: ROTATION

Localisation

Lieu dit: M'rara DJAMAA
 Code postal: Commune:
 Coordonnées de l'ouvrage
 Système: Géographique WGS84 (ddd°mm'ss") Longitude (X): 005 40 29 E Latitude (Y): 033 27 21 N Altitude au sol: m

Nombre de forages: 1 Si plusieurs forages identiques sont effectués pour l'ouvrage (par ex.: géothermie), indiquez leur nombre.

Travaux

Date début: 16/06/2022 Date fin: 27/01/2023 Machine: SONDAGE
 Resp. ouvrage: Resp. oeuvre: Resp. chantier:

Pompage/Hydrogéologie

Date début: 28/01/2023 Date fin: 05/02/2023
 Niveau statique non perturbé: m
 Débit maximum d'essai: m³/h
 Rabattement correspondant: m

Notes:

Date de création : 09/06/2024 00:55:16 Date de modification : 15/06/2024 04:54:04

Figure 48: Formulaire de la création d'un nouvel 1^{er} forage M'rara.

Fiche d'un ouvrage

Ouvrage Tronçons Coupe Pompages Rebattement Courbe/Test Diagraphies Courbe Dia Carte

LITHOLOGIE				FORAGE					ARRIVEE D'EAU	
De	A	Libellé		De	A	Ø "	Ø mm	Mode de forage	Profondeur	Débit
0,00	52,00	CALCAIRE		0,00	49,50	36"	914,00	ROTARY		
52,00	303,00	GYBSE CALCAIRE		49,50	295,00	24"	610,00	ROTARY		
303,00	330,00	CALCAIRE ET ANHYDRITE		295,00	1 320,00	17"1/2	444,00	ROTARY		
330,00	342,00	CALCAIRE MARNEAU		1 320,00	1 780,00	12"1/4	311,00	ROTARY		
342,00	426,00	CALCAIRE								
426,00	550,00	CALCAIRE								
550,00	612,00	CALCAIRE MARNEAU								
612,00	993,00	CALCAIRE GYPSEUX ET ANHYDRITE								
993,00	1 024,00	CALCAIRE DOLOMITIQUE								
1 024,00	1 362,00	CALCAIRE								
1 362,00	1 488,00	SABLE GR2SEUX DE CALCAIRE								
1 488,00	1 520,00	CALCAIRE								

TUBAGE						
De	A	Ø ext "	Ø ext mm	Nature	Type	Slot
0,00	49,50	28"	711,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
0,00	295,00	18"5/8	473,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
0,00	1 320,00	13"3/8	340,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
0,00	1 276,00	9"5/8	244,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
1 276,00	1 776,00	8"5/8	219,00	INOX-AISI-304	CREPINE Autre	

REPLISSAGE					ACCESSOIRES		
De	A	Ø "	Ø mm	Matériau	De	A	Accessoire
0,00	49,50	28"	711,00	CIMENT	1 276,00	1 278,00	PACKER
0,00	295,00	18"5/8	473,00	CIMENT			
0,00	1 320,00	13"3/8	340,00	CIMENT			
0,00	1 276,00	9"5/8	244,00	CIMENT			
1 276,00	1 780,00	8"5/8	219,00	GRAVIER			

Windows Taskbar: 18:23, 17/06/2024

Figure 49: fiche d'ouvrage de 1^{er} forage M'ra.

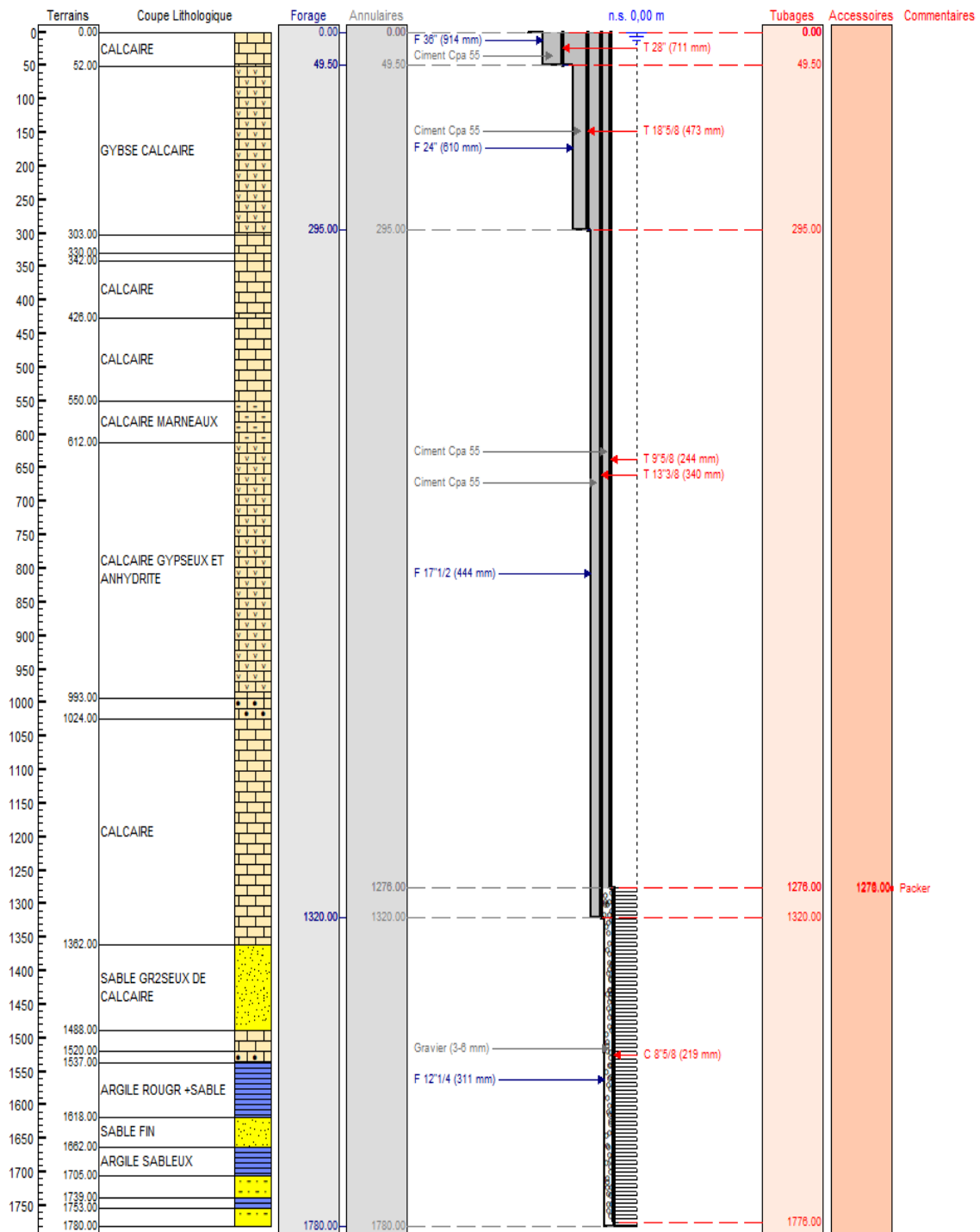
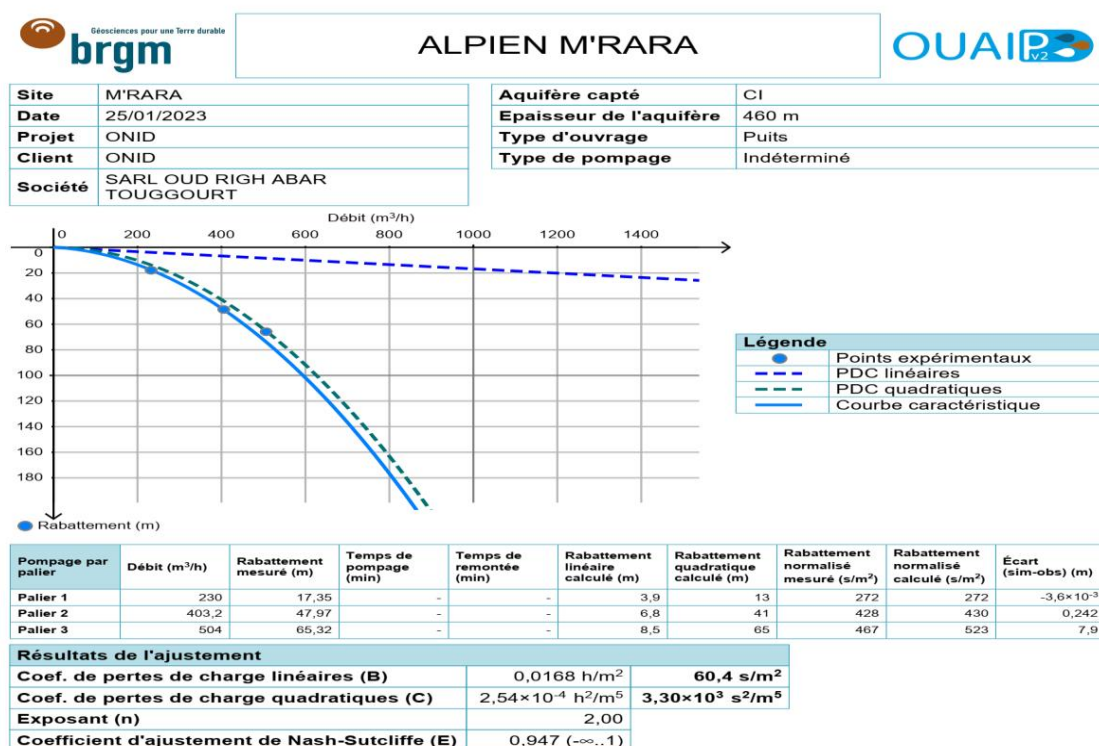


Figure 50: Coupe lithologie et technique de 1^{er} forage M'rara par logiciel gesfor.

9.4.2. Essais de pompage :

Palier	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Durée (H)	Pression(bar)	NS (m)	ND(m)	Rabatement	Rabatement Spécifique
	(l/s)	(m3/h)	(heure)	(bar)	(m)	(m)	S (m)	(S/Q) (m/m3/h)
Statique	0	0	0	10,2	102	102	0	0
1	64	230,4	4	8,5	.	85	17	0,073784722
2	112	403,2	4	5,5	.	55	47	0,11656746
3	140	504	4	3,8	.	38	64	0,126984127

Tableau 9: Des valeurs d'essai de débit de 1^{er} forage M'rara :



GGGGG.ouaipp (OUAIP v2.3)

http://ouaip.brgm.fr

Figure 51: Simulation des résultats des essais par logiciel »Ouaip« pour de 1er forage M'rara.

10. Simulation pour le 2^{ème} forage ZAOUALIA -Djamaa :

Fiche d'un ouvrage

Ouvrage | Tronçons | Coupe | Pompes | Rabattement | Courbe/Test | Diagraphies | Courbe Dia | Carte

N° Déclaration : 2024061102234442 Code National BSS : N° Pol. eau :

Identification
 N° interne de GesFor (unique pour l'ouvrage)
 Foreur: SARLOUED RIGH ABAR TOUGGOURT
 Maître d'ouvrage: ONID TOUGGOURT
 Maître d'œuvre: ANRH TOUGGOURT
 Exploitant: GROUPE DE FELAH
 Ouvrage: FORAGE D'EAU

Objet de la recherche: EAU Vocation de l'ouvrage: CAPTAGE-AEP Mode d'exécution de l'ouvrage: ROTATION

Localisation
 Lieu dit: DJAMAA COMMUNE SIDI AMRAN -ZOUALIAT
 Code postal: Commune:
 Coordonnées de l'ouvrage
 Système: Géographique WGS84 (ddd°mm'ss") Longitude (X): 005°57'22" E Latitude (Y): 033°27'37" N Altitude au sol: 55,000 m

Nombre de forages: 1 Si plusieurs forages identiques sont effectués pour l'ouvrage (par ex : géothermie), indiquez leur nombre.

Travaux
 Date début: 24/03/2022 Date fin: 16/01/2023 Machine: SONDAGE
 Resp. ouvrage: ONID Resp. oeuvre: YUCEF+SALH BEN G Resp. chantier: HAJ

Pompage/Hydrogéologie
 Date début: 23/01/2023 Niveau statique non perturbé: 160,00 m
 Date fin: 05/02/2023 Nombre de nappes identifiées: 2 Débit maximum d'essai: m3/h
 Rabattement correspondant: m

Notes:

Date de création : 11/06/2024 02:23:44 Date de modification : 15/06/2024 06:00:42

Figure 52: Formulaire de la création d'un nouvel 2^{ème} forage ZAOUALIA Djamaa.

Fiche d'un ouvrage

Ouvrage | Tronçons | Coupe | Pompes | Rabattement | Courbe/Test | Diagraphies | Courbe Dia | Carte

LITHOLOGIE				FORAGE				ARRIVEE D'EAU		
De	A	Libellé		De	A	Ø"	Ø mm	Mode de forage	Profondeur	Débit
0.00	52.00	CALCAIRE		0.00	49.50	36"	914.00	ROTARY		
52.00	303.00	GYBSE CALCAIRE		49.50	295.00	24"	610.00	ROTARY		
303.00	330.00	CALCAIRE ET ANHYDRITE		295.00	1320.00	17"1/2	444.00	ROTARY		
330.00	342.00	CALCAIRE MARNEAU		1320.00	1780.00	12"1/4	311.00	ROTARY		
342.00	426.00	CALCAIRE								
426.00	550.00	CALCAIRE								
550.00	612.00	CALCAIRE MARNEAUX								
612.00	993.00	CALCAIRE GYPSEUX ET ANHYDRITE								
993.00	1024.00	CALCAIRE DOLOMITIQUE								
1024.00	1362.00	CALCAIRE								
1362.00	1488.00	SABLE GR2SEUX DE CALCAIRE								
1488.00	1520.00	CALCAIRE								

TUBAGE						
De	A	Ø ext mm	Ø int mm	Nature	Type	Slot
0.00	49.50	28"	711.00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
0.00	295.00	18"5/8	473.00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
0.00	1320.00	13"3/8	340.00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
0.00	1276.00	9"5/8	244.00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
1276.00	1776.00	8"5/8	219.00	INOX-AISI-304	CREPINE Autre	

REPLISSAGE				ACCESSOIRES	
De	A	Ø"	Ø mm	Matériau	Accessoire
0.00	49.50	28"	711.00	CIMENT	
0.00	295.00	18"5/8	473.00	CIMENT	
0.00	1320.00	13"3/8	340.00	CIMENT	
0.00	1276.00	9"5/8	244.00	CIMENT	
1276.00	1780.00	8"5/8	219.00	GRAVIER	
					1276.00 1278.00 PACKER

Figure 53: fiche d'ouvrage de 2^{ème} forage ZAOUALIA Djamaa.

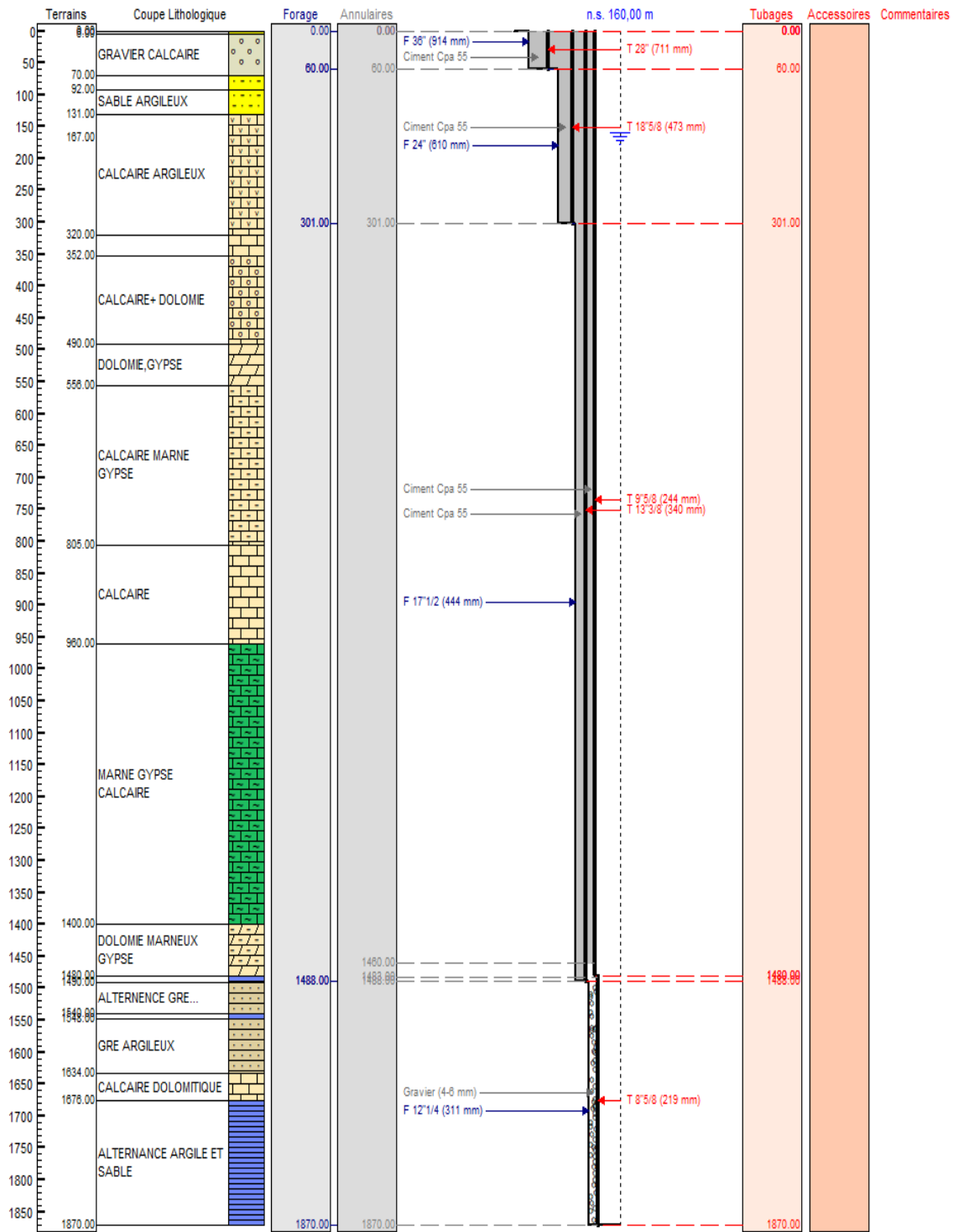
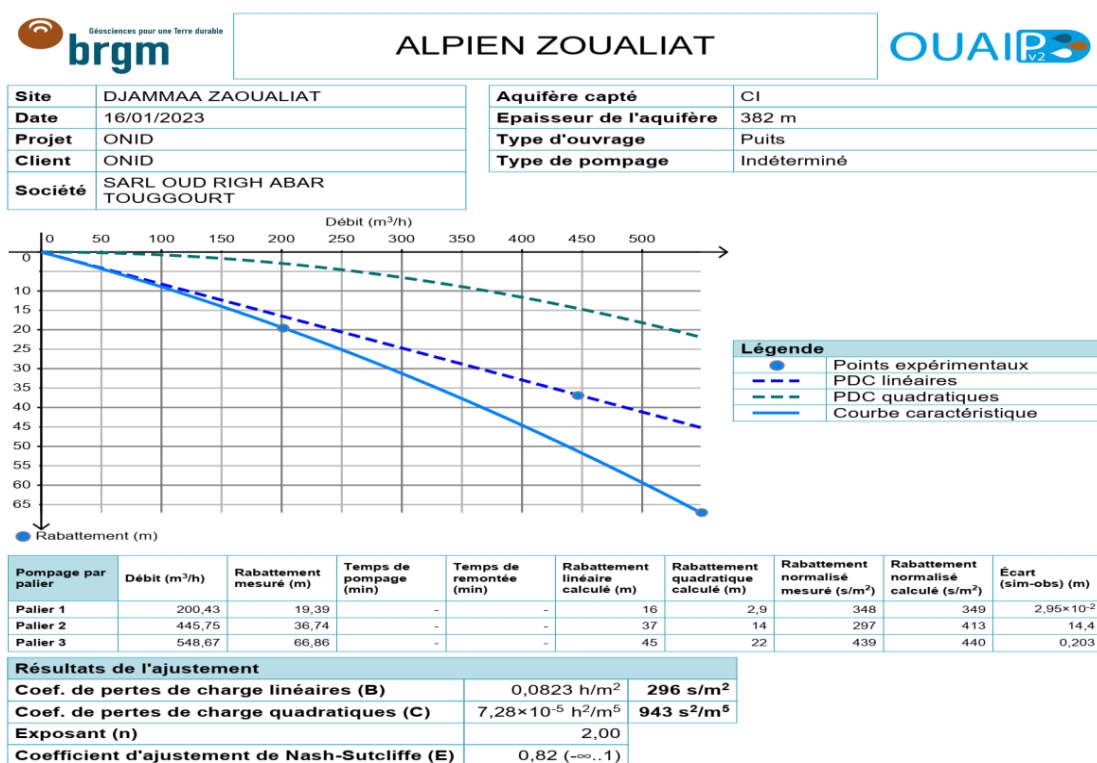


Figure 54: Coupe lithologie et technique de 2^{ème} forage ZAOUALIA par logiciel gesfor.

10.1. Essais de pompage par Logiciel (Ouaïpe) de BRGM :

N° .Palier	Q	Q	NS (m)	ND(m)	S	S/Q (m/m3/h)
	(l/s)	(m3/h)			(m)	
Statique	0	0	153	---	0.00	
Palier N°1	55.67	200.43		133.71	19.39	0.097
Palier N°2	123.81	445.75		116.36	36.74	0.082
Palier N°3	152.40	548.67		86.25	66.86	0.122

Tableau 10: Des valeurs d'essai de débit de 2^{ème} forage ZAOUALIAT



ZAOUALIAT.ouaipp (OUAIP v2.3)

<http://ouaip.brgm.fr>

Figure 55: Simulation des résultats des essais par logiciel »Ouaïpe »pour de2 ème forage ZAOUALIA Djamaa.

11. Simulation pour le 3^{ème} forage sp1 SONATRACHE-Djamaa :

Fiche d'un ouvrage

Numéro interne :
 N° Déclaration :
 Code National BSS :
 N° Pol. eau :

Identification
 Foreur: BUREAU DE RECHERCHE
 Maître d'ouvrage: STATION SP1 SONATRACHE DJAMAA
 Maître d'oeuvre: ANRH TOUGGOURT
 Exploitant: EXPLOITATION EAU POTABLE
 Ouvrage: FORAGE D'EAU
 Avisement

Objet de la recherche: EAU
 Vocation de l'ouvrage: CAPTAGE-AEP
 Mode d'exécution de l'ouvrage: ROTATION
 Imprimer...

Localisation
 Lieu dit: DJAMAA M'RARA EL MEGHIER
 Code postal: Commune:
 - Coordonnées de l'ouvrage
 Système: Géographique WGS84 (ddd°mm'ss")
 Longitude (X): 005° 46' 39" E
 Latitude (Y): 033° 34' 58" N
 Altitude au sol: 85.000 m

Nombre de forages: 1 *Si plusieurs forages identiques sont effectués pour l'ouvrage (par ex : géothermie), indiquez leur nombre.*

Travaux
 Date début: 24/06/2022 Date fin: 21/02/2023 Machine: ROTARY TASSILI
 Resp. ouvrage: TASSILI HASSI-M Resp. oeuvre: MESBAH Resp. chantier: KARIME
 Chantier...

Pompage/Hydrogéologie
 Date début: 25/02/2023 Niveau statique non perturbé: 409.00 m
 Date fin: 28/02/2023 Nombre de nappes identifiées: 2 Débit maximum d'essai: 120.00 m³/h
 Rabattement correspondant: m

Notes:
 OK
 Annuler

Date de création: 19/06/2024 22:58:40 Date de modification: 19/06/2024 22:58:40

Figure 56: Formulaire de la création d'un nouvel de 3^{ème} forage SP1 sonatrache Djamaa.

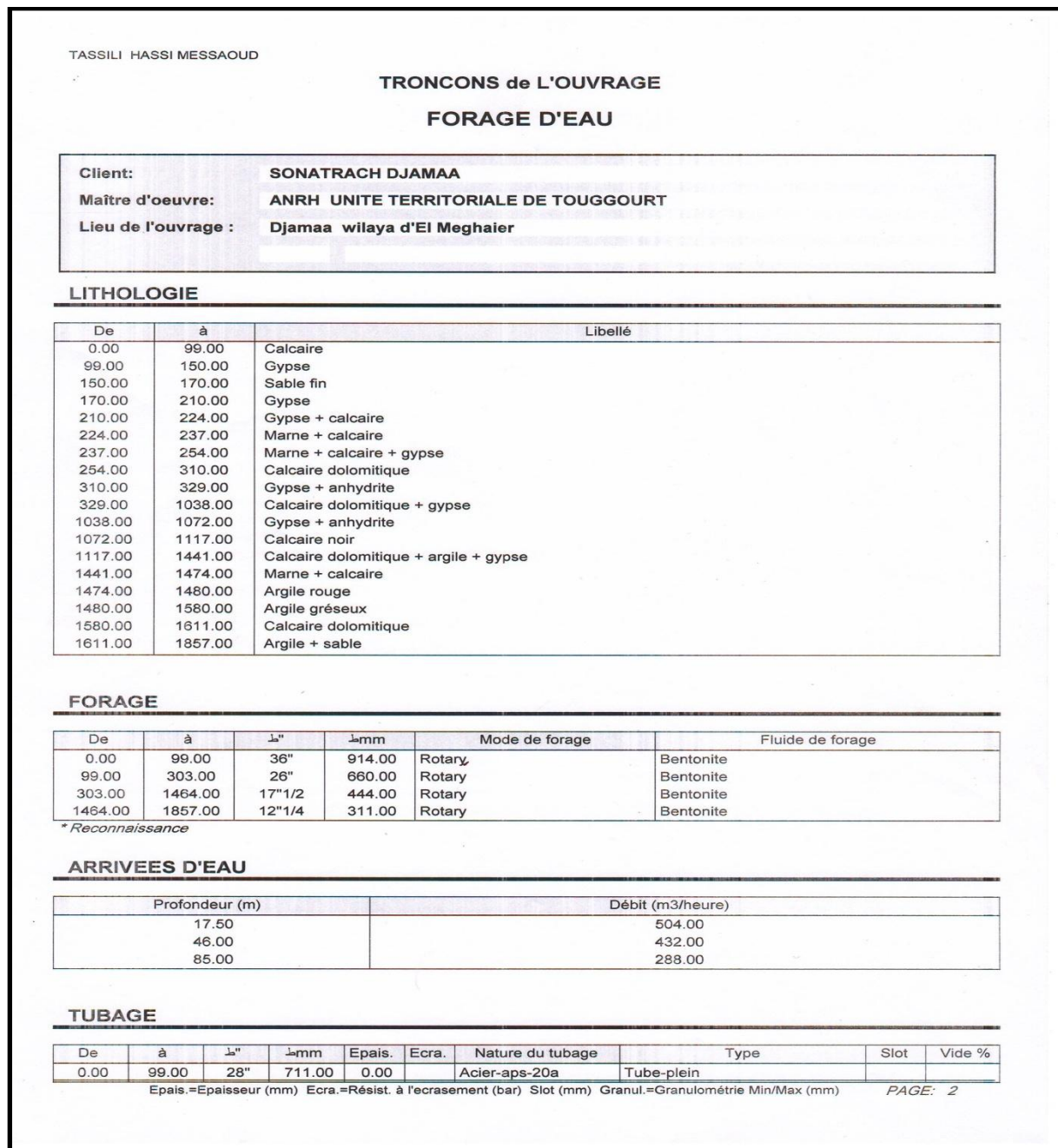


Figure57: Simulation des Tronçons de l'ouvrage de 3^{ème} forage SP1 Djamaa par Gesfor.

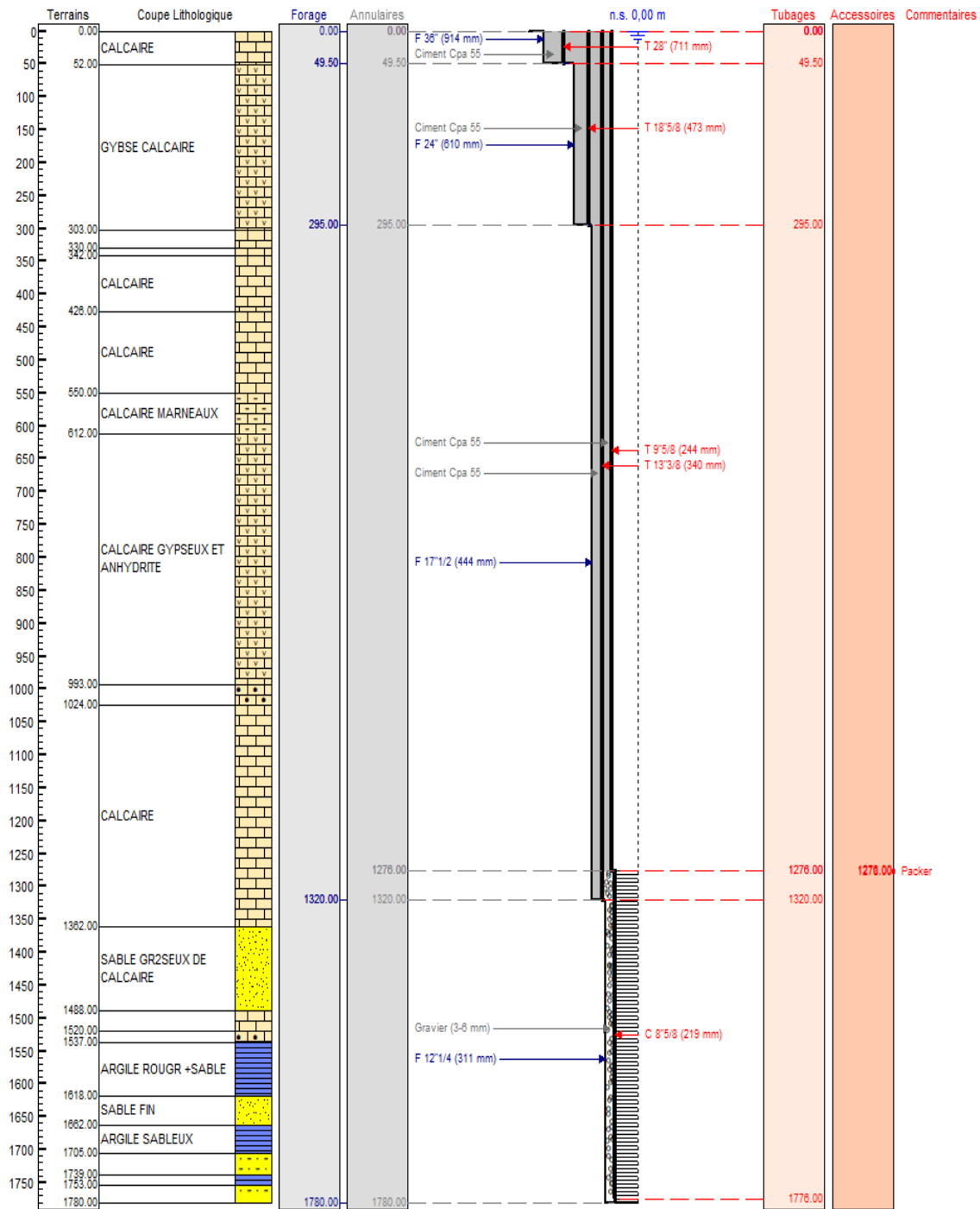


Figure 57: Coupe lithologie et technique de 3^{ème} forage SP1 sonatrache Djamaa par logiciel gesfor.

11.1 Essais de pompage par Logiciel (Ouaïpe) de BRGM :

	Q	Q	P (bar)	ND(m)	S	S/Q
	(l/s)	(m3/h)	(bar)	(m)	(m)	(m/m3/h)
Palier	0	0	12	120	0	
Palier N°1	80	288	8,5	85	35	0,121
Palier N°2	120	432	4,6	46	74	0,171
Palier N°3	140	504	1,75	17,5	102,5	0,203

Tableau 11: Des valeurs d'essai de débit de 3^{ème} forage SP1 SONATRACHE.

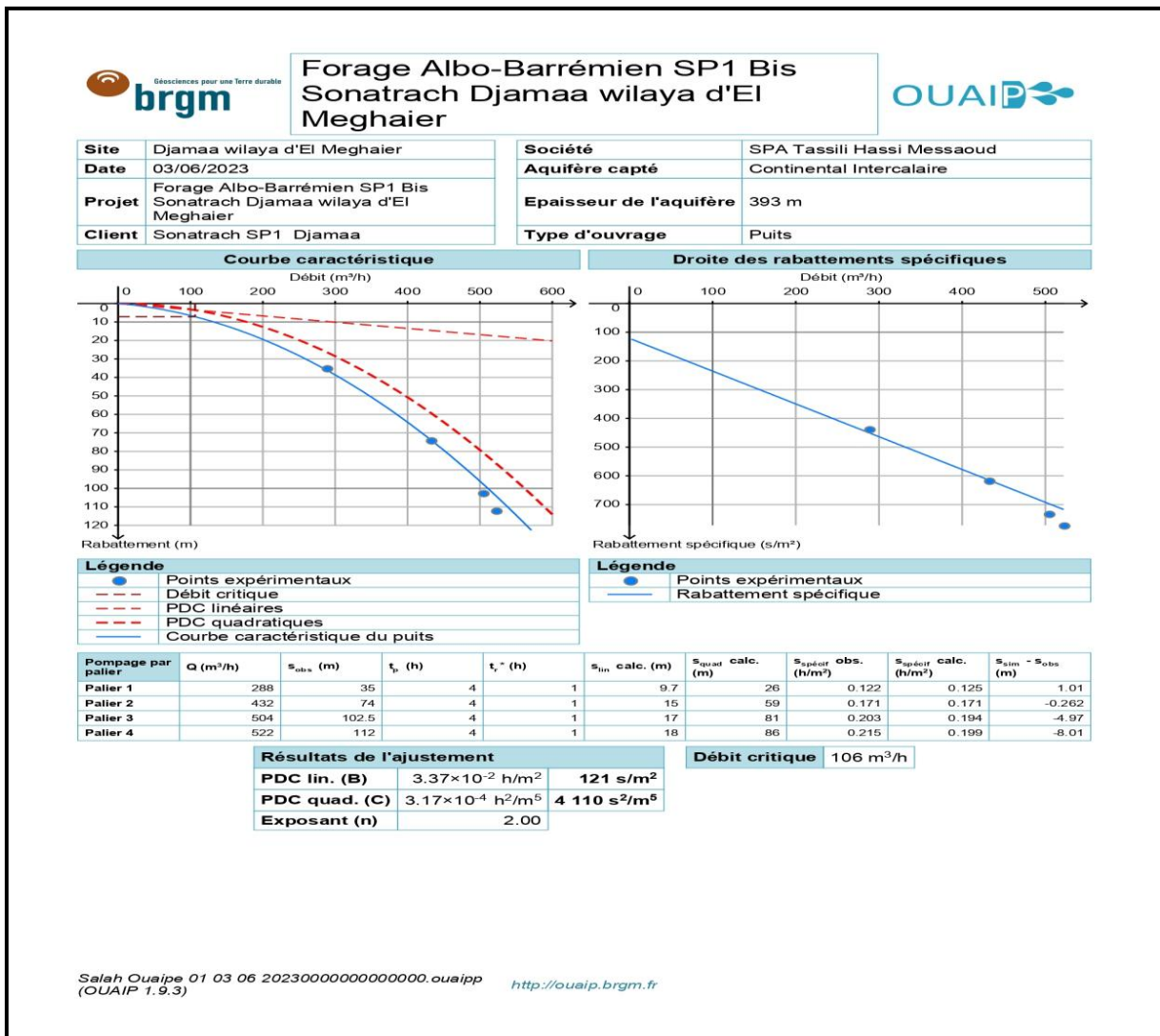


Figure 58: Simulation des résultats des essais par logiciel « Ouaïpe » pour de « 3^{ème} forage SP1 SONATRACHE Djamaa.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les ressources en eau du Sahara algérien, sont considérables est nécessaire pour exploitation selon les besoins et les programmes d'exécution ressources souterraines de la région.

Cette construction s'effectue selon des étapes qui doivent être suivies afin d'obtenir des puits de bonne qualité. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre thèse.

La fiche technique de chaque excavation, que ce soit pour les formations de surface, les formations de coiffe ou de socle, est une information claire sur la structure, la composition et les caractéristiques des différentes couches géologiques.

Selon la formation hydrogéologique actuelle dans la région de Djamaa le technique rotary est utilisée pour réaliser des forages pour exploiter les ressources en eaux souterraines, car elle est adaptée à la géologie de la région, dans la partie supérieure Le climat de la zone d'étude est de type désertique.

La réalisation d'un forage hydraulique pro fond dans la région de Djamaa passe par plusieurs étapes, en fonction de la profondeur et de la pression

Ces forages Tigdidine et Zaoualia et M'rara et SP1 comporte plusieurs étapes, commençant par la définition des objectifs de forage des puits jusqu'à l'exploitation de l'eau. Pour le renforcement des besoins d'irrigation pour la préservation de la palmeraie

Nous avons expliqué l'importance et les effets de l'étude géologique de la région dans la détermination de la couche appropriée pour l'excavation. L'étude prend également des mesures et des techniques de forage et se concentre sur le processus de consolidation, et le suit de près pour obtenir un bon support pour le puits.

Simulation par logiciel »GESFOR» et logiciel »OUAIBE» brgm ces d'études a conclu que la bonne réalisation du puits grâce à la bonne utilisation des techniques et des équipements de forage, se traduit par un puits bien productif.

Références bibliographiques

- [1] Moyens matérielle de forage albien Barrémien tigidine Djamaa a SARL oued righ abar touggourt.
- [2] étude et contrôler de cimentation et avancement de forage albien tigidine ANARH touggourt.
- [3] Rapport d'implantation du puits TIGDIDINE ANAR touggourt.
- [4] Programme de forage du puits M4rara ANRH touggourt.
- [5] Programme de forage du puits Zaouali Djamaa ANRH touggourt.
- [6] Programme d'ancrage packer liner 9" sarl oued righ abar touggourt.
- [7] Programme de cimentation du puits TIGDIDINE ANRH.
- [8] Formulaire du foreur SARL oued rig abar 2015.
- [9] Programme de cimentation du puits SP1 sonatrache Djamaa TASSILI hassi messoude.
- [10] programme prévisionnel de forage M4rara colonne de captage est compris (casing API φ 9"^{5/8} et tubes inox φ 8"^{5/8}) ANRH touggourt.
- [11] évaluation de qualité du ciment CBL-VDL.
- [12] Programme des fiches techniques des forages par logiciel gesfor et ouaip ANRH touggourt.
- [13] Programme de forage du puits SP1 sonatrache Djamaa SARL tassili HMD.

Résumé :(Français)

Le projet porte sur la graduation sur quatre axes principaux dans la réalisation de forages d'eau : Au premier semestre, nous avons étudié la géologie et au second semestre, les conditions climatiques de la zone d'étude. Dans le troisième chapitre, nous avons étudié les eaux souterraines de la région et le quatrième maillon. Les outils de forage rotatif ont été identifiés, c'est-à-dire ce puits qui a été foré, et son équipement et diverses caractéristiques ont été mentionnés. Dans celui-ci, l'accent a été mis sur le processus. de consolidation du puits et les différents calculs et opérations afférentes.

Ce forage a pour but d'alimenter en eau la station de pompage tout en redonnant de l'eau à la zone dans le futur

ملخص

الكلمات الرئيسية: حفر؛ ألبیان. الري. تدعيم. انجاز؛ متابعة؛ مراحل

يركز المشروع على ثلاثة محاور رئيسية في تحقيق الحفر المائي: أولاً تمت دراسة الجيولوجيا والمناخ والمياه الجوفية لمنطقة الدراسة. والثانياً، تم التعرف على وسائل الحفر الدوراني، والتي كانت عبارة عن هذه البئر التي تم حفرها وتذكر معدات وخصائصها المختلفة.

. يهدف هذا الحفر إلى تعزيز شبكة مياه الري في المنطقة لإنعاش القطاع الفلاحي

الكلمات الأساسية: حفر؛ ألبیان. الري. تدعيم تطبيق؛ يراقب؛ مراحل

Abstract :(Anglais)

keywords: dig; Statement. irrigation. Consolidation. completion ; tracking ; Phase.

The project focuses on three main axes in achieving water drilling: First, the geology, climate, and groundwater of the study area were studied. Secondly, the means of rotary drilling were identified, which was this well that was drilled and its equipment and various characteristics were mentioned.

This drilling aims to enhance the irrigation water network in the area