

LISTE DES FIGURES

Figure1.1 : Organigramme de la SNIM	6
Figure2.1 : Carte géographique de la Mauritanie montrant la zone d'étude (Source : http://www.fao.org , modifiée).....	7
Figure2.2 : Pluviométrie moyennes annuelle à la station de Zouerate (2014)	8
Figure2.3 : Carte de répartition des grands domaines géologiques de la Mauritanie. (Source : Direction des mines, rapport de stage 2007)	9
Figure2.4 : Carte de Localisation de forage, (SNIM, 2012)	11
Figure2.5 : les brèches de zone de Khreïza	14
Figure3.1 : récapitulatif des opérations du sondage carotté	20
Figure3.2 : Tricône	20
Figure3.3 : récapitulatif des différentes opérations du sondage percutant.....	23
Figure4.1 : Coupe lithologique des forages Khreiza35bis et Oued Gah62	27
Figure4.2 : Courbe caractéristique du forage K35bis	29
Figure4.3 : Courbe caractéristique du forage GOE6	29
Figure4.4 : Courbe rabattement spécifique en fonction du débit –forage K35bis	30
Figure4.5 : Courbe rabattement spécifique en fonction du débit –forage GOE62	31
Figure4.6 : Courbe du rabattement en fonction de temps de pompage $s=f(t)$	33
Figure4.7 : Courbe rabattement résiduel en fonction du temps de forage K35bis	33
Figure4.8 : Coure rabattement résiduel en fonction de temps de forage GOE62	34
Figure4.9 : Courbe de rabattement en fonction de temps de forage GOE62	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau2.1: Salinité (mg/L) des forages en exploitation entre 1990 et 2006.....	15
Tableau2.2 : Salinité (mg/L) des forages en exploitation entre 1998 et 2006	16
Tableau3.1: comparaison entre sondage percutant et sondage carotté	23
Tableau4.1 Essais de puits par paliers de débit de courtes durées des forages	28
Tableau4.2: Résultats des essais par palier des deux forages	32
Tableau4.3 : Transmissivité ($m^2.s^{-1}$)	33
Tableau4.4 : Transmissivité ($m^2.s^{-1}$)	34

ACRONYMES

MIFERMA : Mine de Fer de Mauritanie

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

ONM : Office National de la Métrologie.

SNFP : Société Nationale des forages et de puits.

SNIM : Société Nationale industrie et Minières.

DD.R.D.M : Direction Déléguée chargée de la Recherche du Développement et de la Modernisation.

DRG : Département des Recherches Géologiques.

OMS : Organisation Mondial de la Santé.

AEP : Approvisionnement en Eau potable.

AEPI : Approvisionnement en Eau potable et Industriel.

MFT : Marteau Fond de Trou.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I - Présentation de la Société Nationale Industrielle et Minière (SNIM).....	4
I-1 Historique.....	4
I- 2 Présentations de la SNIM.....	5
II - Equipe de la section hydrogéologie:.....	6
CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude.....	7
II-1- Cadre géographique :.....	7
II-1-1-Situation géographique	7
II-1-2- Contexte climatique	8
II-2 – Cadre géologique et hydrogéologique.....	9
II-2-1- Géologie.....	9
II.2-2- Hydrogéologie.....	14
II.2-2. 1- Structure de l'aquifère.....	14
II-2-2-2- Qualité de l'eau.....	15
II-2-2-3-Paramètres hydrodynamiques.....	16
CHAPITRE III. La réalisation d'un forage.....	17
III-1 Méthode de foration Rotary.....	18
III.2 Méthode marteau fond de trou (MFT).....	21
III.2.1 Principe.....	21
III.2.2 Les mécanismes de la foration percutante	21
III.2.3 L'exécution du sondage percutant :.....	22
III .2.4 l'alésage.....	24
III.2.5 L'équipement.....	24
III.2.6 Gravillonnage.....	24
III.2.7 Le Développement.....	24
III.2.8 La cimentation.....	25
CHAPITRE IV- RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	26
IV- 1- Résultats des travaux des forages de Khreiza.....	26
IV- 2 Les essais de pompage.....	28
IV – 2-1 Les essais de puits.....	28
IV-2-1-1- Courbes caractéristiques des forages	28
IV-2-1-2- La détermination du débit critique	29
IV-2-1-3- Evaluation des pertes de charges par l'équation de Jacob	30
IV-2-2- Les essais de nappe.....	32
Conclusion	35
Bibliographie.....	36

RESUME

Les aquifères fracturés en zone de socle constituent un enjeu majeur pour l'hydrogéologie de nos jours. Ils renferment des potentiels importants pour l'AEP et L'AEPI,

Une ressource essentielle pour de nombreuses populations. Les objectifs de la recherche d'eau en milieu fissuré ne diffèrent pas de ceux poursuivis dans d'autres types de milieux.

La zone d'affleurement des brèches fait partie du Dorsal Réguibat qui est située au nord-est de la Mauritanie, en milieu fissuré où la recherche d'eau basée sur les fractures, les méthodes adaptées présentent certaines difficultés.

Il s'agit de localiser en un ou plusieurs points à débits suffisants pour satisfaire une demande en eau. La recherche en milieu fissuré s'orientera donc principalement vers la localisation des fissures qui constituent à priori le milieu d'emmagasinement de l'eau.

Ainsi la réalisation du forage (**F**) qui a été faite par la méthode de forage au MFT en raison de sa localisation dans une zone de contexte géologique de roches cristallines ou métamorphiques (brèche). Les forages sont des profondeurs de 290m et 310,60m. Ces forages peuvent être exploités avec débit maximum de 8 et 9 m³/h.

Mots clés : pompage des essais, essai par palier, essai de nappe, Marteau fond de trou (MFT)

Introductions

Nul ne peut ignorer l'importance de l'eau, sa contribution, dans la vie et l'industrie mondiale et surtout pour notre pays. L'acuité du problème de l'eau n'est pas à démontrer en pays désertique, particulièrement à Zouerate où la vocation industrielle est de plus en plus importante en raison des grands projets futurs. La consommation industrielle ajoutée à la consommation sociale, font que les besoins en eau vont en croissant. Face à une demande de plus en plus accrue, il importe d'adopter une politique de recherche hydrogéologique tous azimuts. C'est ainsi que la Brèche d'Idjill déjà objet dans le passé de recherche de minerai infructueuse, a été désignée comme nouveau pôle de recherche de nappe souterraine dans l'espoir d'y trouver la totalité sinon une bonne partie des 120 m³/h supplémentaires pour satisfaire les exigences de la consommation. Cependant, des difficultés demeurent car l'eau potable n'est pas encore accessible à tous. En raison de l'inexistence notoire de ressources superficielles, l'approvisionnement en eau potable est orienté vers la recherche des eaux souterraines. En effet l'eau potable est un enjeu primordial pour la survie des populations surtout les plus diminuées dans le contexte à pluviosité faible et des conditions géologiques peu ou pas du tout favorables à la formation d'aquifère. La bonne connaissance des aquifères (continus et discontinus) est donc primordiale pour la réalisation de programmes d'hydraulique villageoise. La réalisation des forages d'eau souterraine reste l'unique procédé pour la fourniture d'information importante sur le débit d'exploitation et les paramètres hydrodynamiques de la nappe (transmissivité, coefficient d'emmagasinement, perte de charge...). La majeure partie du territoire Mauritanien est constituée de socle où l'on rencontre les aquifères de fissures et d'altérites. La recherche des eaux souterraines en milieu de socle repose essentiellement sur le repérage des fractures qui sont les témoins de déformations tectoniques. C'est dans ce cadre qu'une étude hydrogéologique et géophysique pour la réalisation d'un forage dans la localité de Khreîza menée par la SNIM a fait l'objet du présent rapport de stage de fin d'études.

Outre l'introduction et la conclusion, ce rapport est composé de quatre chapitres. Le premier chapitre donne une présentation de la structure d'accueil et le deuxième chapitre aborde une présentation de la zone d'étude et donne un aperçu sur la Mauritanie. Le troisième chapitre présente la méthode de foration utilisée, et enfin un dernier chapitre est consacré aux résultats obtenus et leur discussion. Ce dernier s'articule autour de deux points. Le premier point présente les résultats de l'exécution des forages, alors que le deuxième point, présente les résultats des études hydrogéologiques.

CHAPITRE I - Présentation de la Société Nationale Industrielle et Minière (SNIM)

I-1 Historique

La Société Nationale Industrielle et Minière SNIM, anciennement appelée MIFERMA, est une société d'économie mixte qui Exploite et commercialise depuis 1963 des gisements des minerais de fer situés aux entourages de la ville de Zouerate dans la région de Tiris Zemmour en Mauritanie.

Le début de son activité remonte en 1961 lorsque la société a mis en exploitation des gisements naturellement riches en minerais dans la région précitée.

Par ailleurs l'alimentation en eau d'une forte population ainsi que la couverture des besoins de l'activité minière ne peuvent donc pas être assurées régulièrement par les eaux souterraines.

C'est donc vers la recherche et l'exploitation des eaux souterraines que la SNIM a dû s'orienter dès le début de ses activités en 1952.

Pendant la période des recherches (1952-1960) les besoins étaient très limités et pouvaient être couverts par l'exploitation de quelques forages, implantés dans un secteur de la Kédia d'Idjil (gorge de Tazadit et en amont, vallée de l'Achouil, en aval, déversoir de la gorge de Tazadit).

Pendant la période de démarrage de l'exploitation (1961-66) ces captages n'ont plus suffi et la Société a été obligée d'assurer l'approvisionnement en eau par Wagons-citernes à partir du champ captant de Boulanouar, situé à 550 km de Zouerate.

Mais depuis 1967 les besoins ont «explosé» et la solution précédente n'a plus été économiquement supportable.

La SNIM a donc dû se lancer à nouveau dans la recherche hydrogéologique, pour assurer sur place l'approvisionnement en eau.

Il est à signaler que les aquifères de la région de Tiris sont localisés dans des massifs rocheux perméables permettant d'emmagasiner les eaux de pluie qui y pénètrent par infiltration. La perméabilité de ses roches est soit d'origine tectonique (diacalse, fracture, faille...), soit d'origine sédimentaire (stratification, contact normal) ou suite à un processus chimique (altération ; karstification). Par conséquent, la rareté des pluies dans cette zone induit un immense manque d'eau.

I- 2 Présentations de la SNIM

Le Département des Recherches Géologiques : est une structure rattachée à la Direction Déléguée chargée de la Recherche du Développement et de la Modernisation (DD.R.D.M).

Le Département des Recherches Géologiques (DRG) est la partie vitale de la société dont l'objectif principal de l'entreprise, est d'assurer la continuité des activités de la société SNIM.

Leurs objectifs sont présentés par les différents points suivants :

- La recherche minière pour découvrir des minerais riches en vue de soutenir des nouvelles exploitations ;
- Le développement de l'entreprise dans le cadre du plan stratégique ;
- Augmentation des réserves en vue d'une augmentation de production ;
- la pérennité et la résistance de l'entreprise vis-à-vis de ces concurrents ;
- La diversification des produits.

Le département se subdivise en différentes service dont chacun possède un rôle bien défini dans les activités de la recherche et qui est présenté par l'organigramme (Figure1.1).

Les différents services sont :

- ✓ Recherche minière.
- ✓ Hydrogéologie.
- ✓ Géophysique.
- ✓ Sondage.

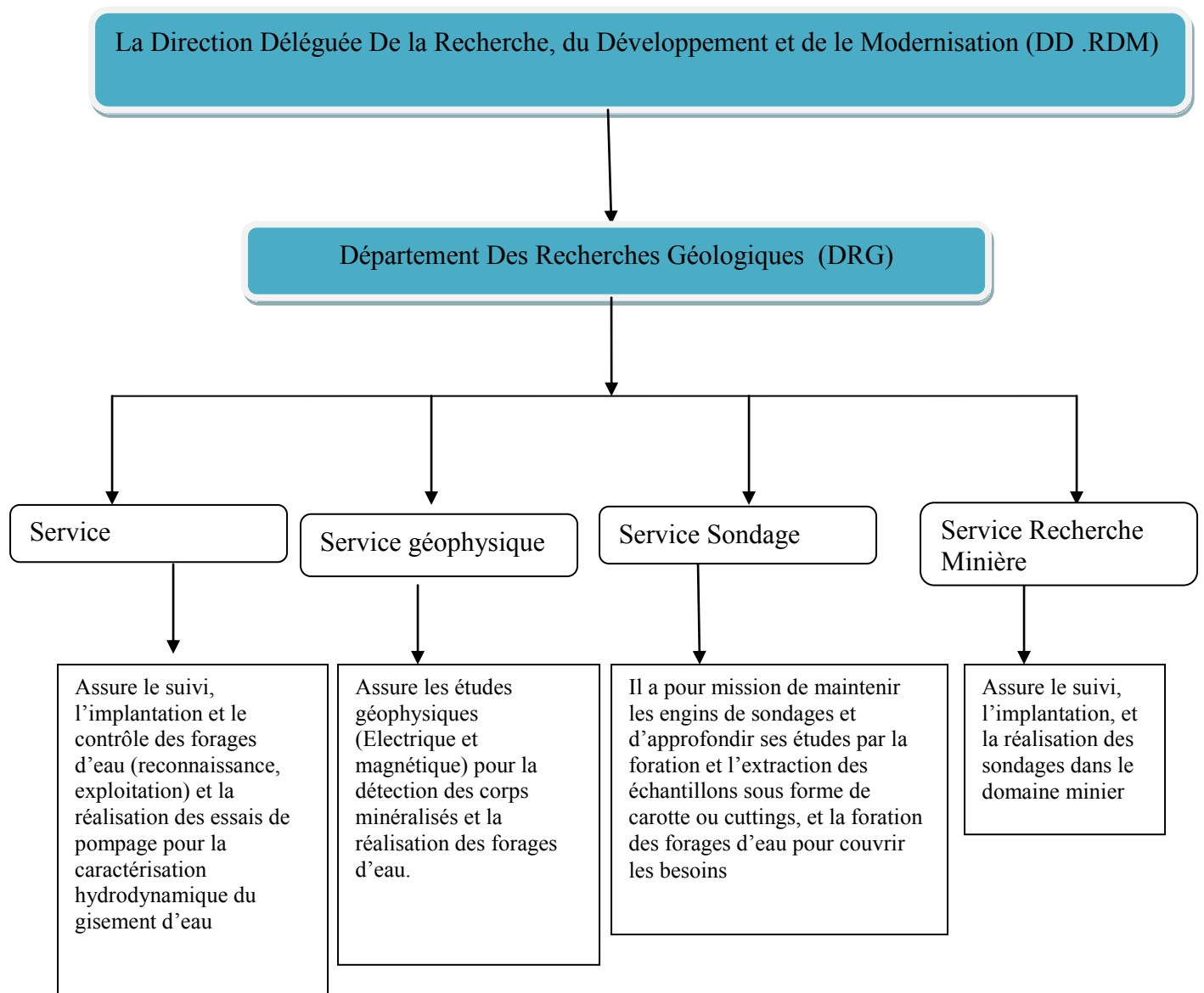


Figure1.1-Organigramme de la SNIM

II - Equipe de la section hydrogéologie:

La section hydrogéologie est formé par une équipe de professionnels ayant acquis une longue expérience de terrain.

L'équipe permanente de la section est composée de :

- 2 ingénieurs hydrogéologues ;
- 2 ingénieurs géophysiciens ;
- 2 ingénieurs hydrauliciens ;
- 2 techniciens hydrogéologues ;
- Un topographe,
- un technicien géophysicien.

CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

II-1- Cadre géographique :

II-1-1-Situation géographique

La Tiris est une région naturelle comprise entre les méridiens 12° et 14° Ouest et les parallèles 22° et 24° Nord (Figure2.1). Le climat de la région est de type saharien. Les précipitations sont très faibles (50 mm/an en moyenne) et des températures très élevées atteignant parfois les 40°C durant la saison estivale.

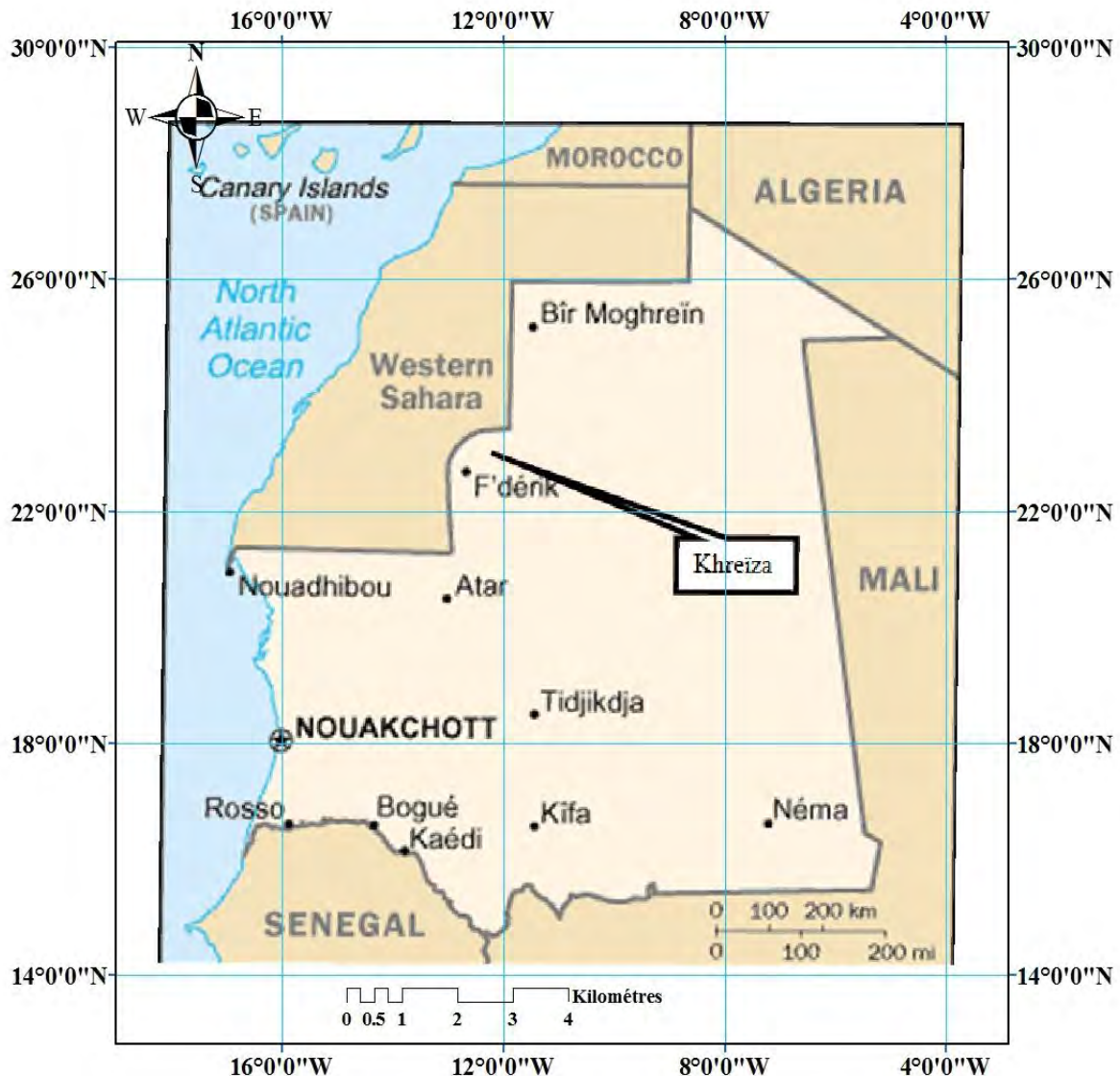


Figure2.1 Carte géographique de la Mauritanie montrant la zone d'étude

(Source : <http://www.fao.org> , modifiée)

II-1-2- Contexte climatique

Les données climatiques ont été recueillies au niveau de l'Office National de la Météorologie à Nouakchott. Les stations météorologiques de Zouerate ont été prises comme exemples pour analyser les différents paramètres climatologiques. Les mesures portent sur la période allant 2000 à 2014. L'évolution de l'évaporation est en fonction de la température et de la vitesse des vents, elle est accentuée par l'arrivée des vents chauds entre le mois d'avril et août, mais pendant la saison pluvieuse, on note une baisse régulière de l'évaporation.

La région de Zouerate est soumise à un régime climatique de type saharien. Celui-ci est caractérisé par un degré hygrométrique faible, un vent fréquent soufflant en général du Nord-Est et une pluviosité très irrégulière d'une année à l'autre (moyenne annuelle de 55mm, pouvant varier de 0 à 200mm) (Figure2.2).

D'autre part elle se caractérise généralement par un climat chaud et sec avec des températures minimales moyennes de 19°C à 23°C et maximales comprises entre 35°C à 45°C. Les écoulements sont pratiquement inexistant, à l'exception de quelques oueds alimentés par les reliefs importants. Ce n'est qu'exceptionnellement que les eaux de ruissellement atteignent les collecteurs principaux. Les oueds principaux sont donc semi-fossiles. (ONM, 2000-2014)

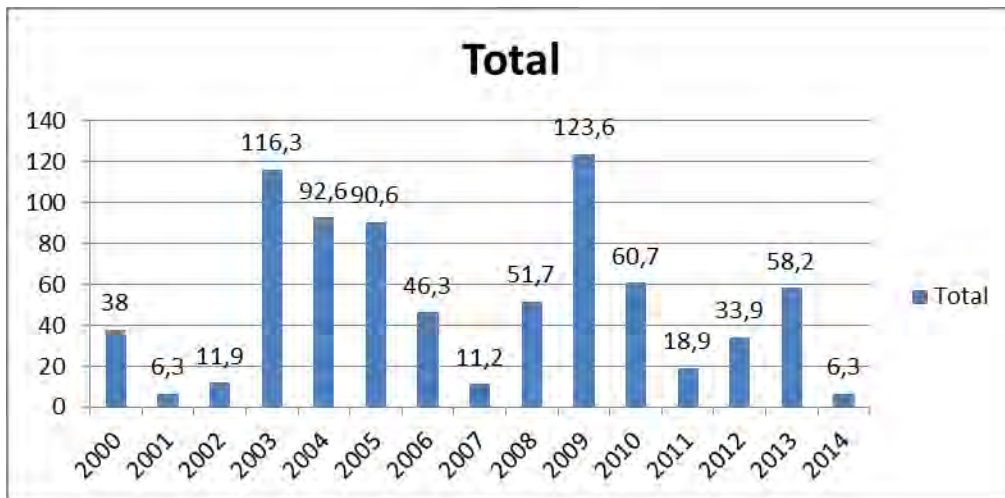


Figure2.2 : Pluviométrie moyennes annuelle à la station de Zouerate (2014)

II-2 – Cadre géologique et hydrogéologique

II-2-1- Géologie

La géologie générale de la Mauritanie est essentiellement constituée par quatre grands ensembles lithologiques (Figure2.3), on distingue du plus ancien au plus récent :

- la **Dorsale Réguibat**, au Nord et qui fait l'objet d'une étude caractéristique dans ce rapport. Car il renferme les célèbres sites miniers et dont leurs teneurs en Fer les confèrent un intérêt économique important ;
- le **Bassin de Taoudenni**, au Centre et à l'Est ;
- le **Bassin de Tindouf**, l'Extrême Nord ;
- la **Chaîne des Mauritanides** et le **Bassin marginal ou Bassin côtier sénégal-mauritanien** à l'Ouest. (CARUBA & DARS, 1991)

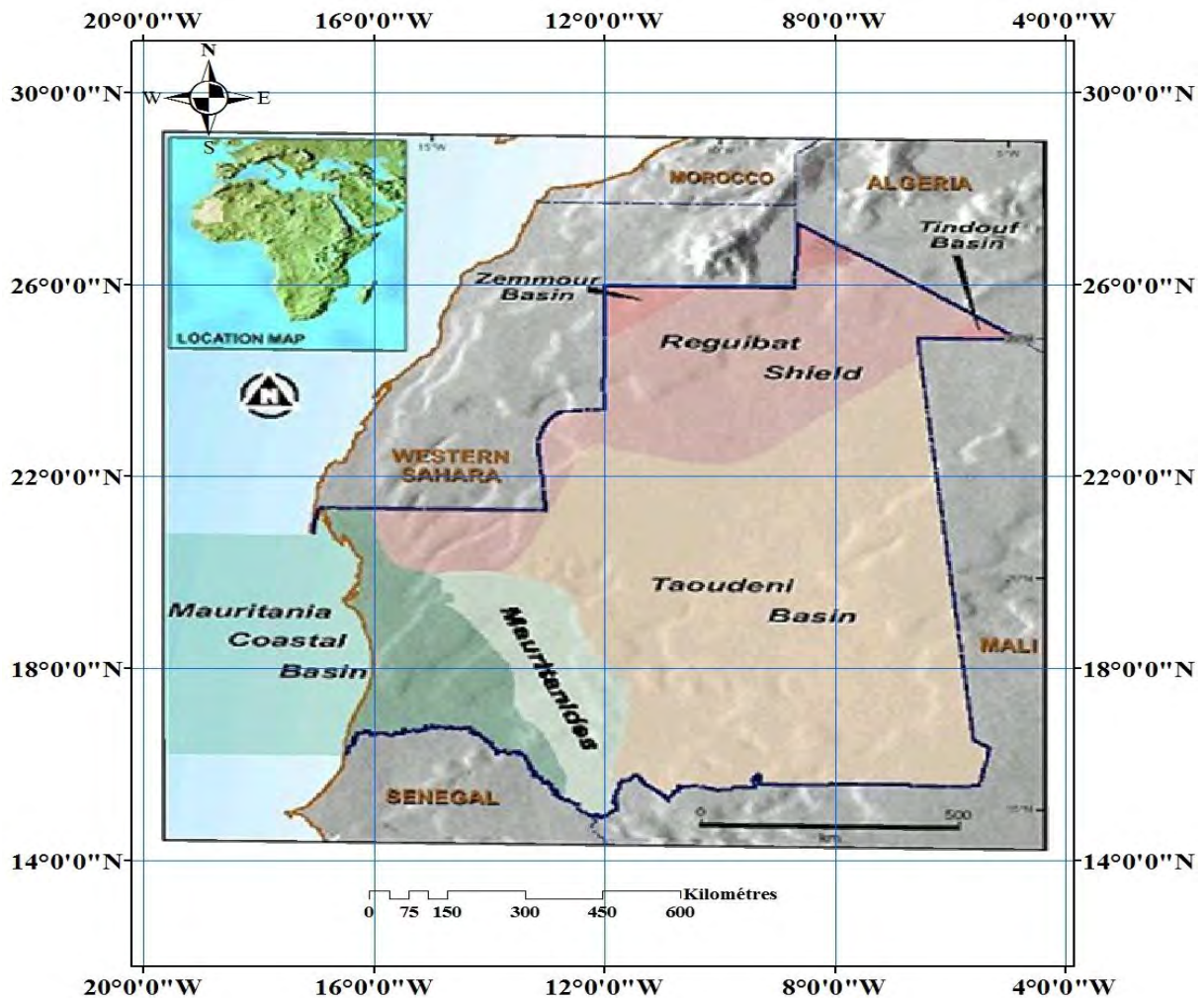


Figure2.3 : Carte de répartition des grands domaines géologiques de la Mauritanie.
(Source : Direction des mines, rapport de stage 2007)

La brèche d'Idjil qui constitue ma zone d'étude fait partie de la Dorsale Réguibat, située au Sud de la Kédia d'Idjil, elle se trouve entre les coordonnées UTM 737-761 et parallèles 2500-2511. Elle se présente en forme trapézoïdale de 130 km².

Les limites Nord et Sud-ouest se coupent en angle vers l'Ouest en direction de la ville de F'Derick.

- Un des points culminants de la Mauritanie (Galb SEYALA 915m de cote absolue) se situe dans cet amas rocheux à relief accidenté, entaillé par de vallées sèches fortement encaissées : les Khnegs. L'orientation N-S de ces vallées qui servent d'exécutoires aux eaux de pluie, souligne le caractère dissymétrique de la Brèche.
- Comme le reste de la région, elle est soumise à un climat type désertique (50mm /an en de moyenne) et il semble illusoire de compter sur les rares pluies pour réalimenter par infiltration directe les nappes souterraines. Nous reviendrons plus loin sur le ruissellement, autre particularité de la région.
- La végétation constituée d'épineux est confinée dans les lits des Oueds qui forment le « réseau hydrographique ». quelques points d'eau comme les Gueltes pérennes (ou temporaire), des suintements de petites sources sont autant de critères justifiant l'espoir de trouver en profondeur des nappes exploitables mises en place depuis les temps géologiques. (SNIM, 1952).

Notre forage est situé dans la localité de Khreîza entre les coordonnées 22°et36° latitude Nord et 20° et 30° longitude Ouest (Figure2.4).

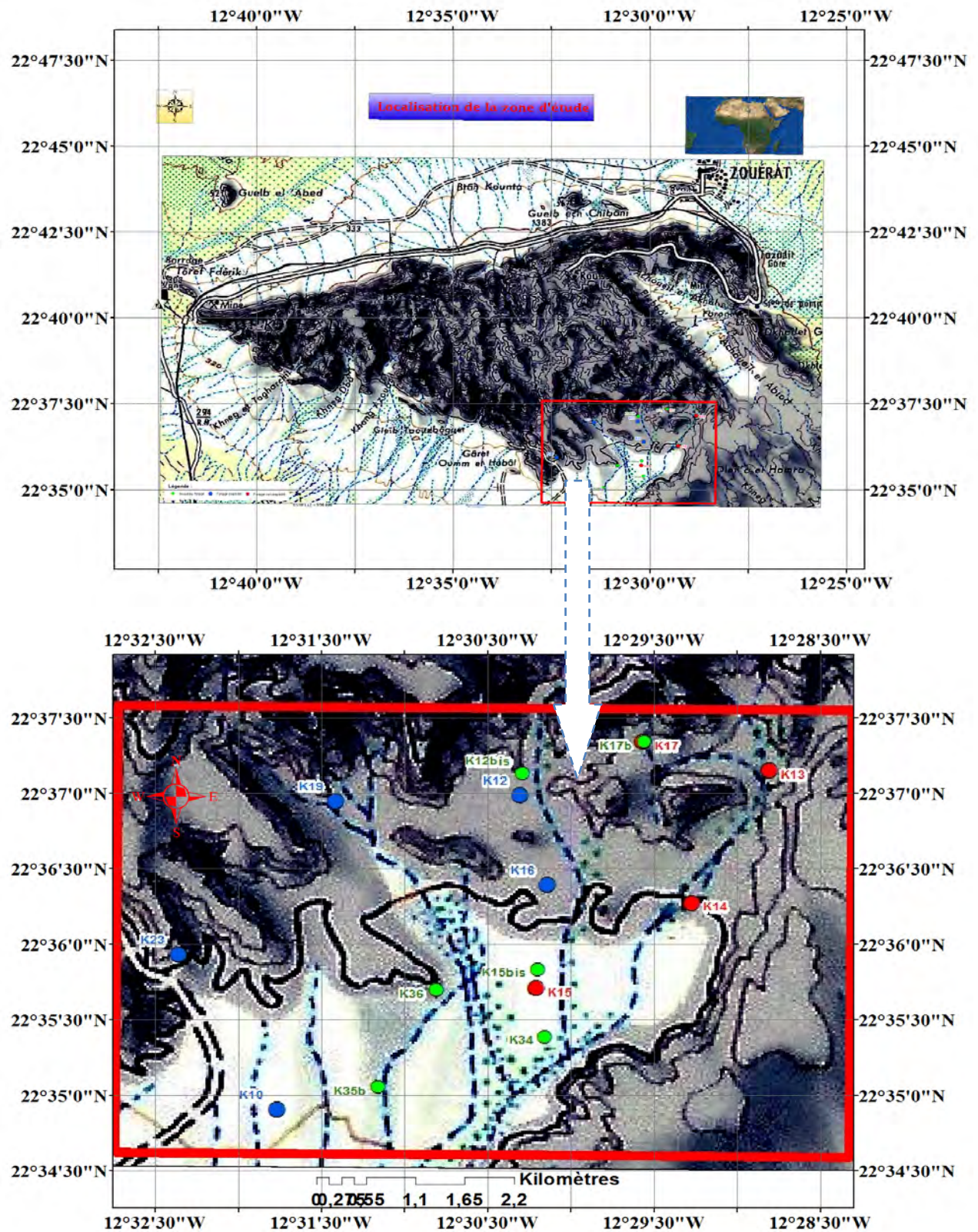


Figure 2.4: Carte de Localisation de forage, (SNIM, 2012)

Géologiquement la brèche c'est une roche qui constitue le relief principal de la Kédia. Cette unité est formée exclusivement d'une brèche épaisse, la brèche d'Ijlil, dont l'origine tectonique a été démontrée. (BRONNER, 1970).

Structuralement, elle est le cœur d'un grand synclinal précambrien formant la série d'Idjil qui est représentée par la Kédia d'Idjil. Cette série décrite par les auteurs comme reposant sur la série du Tiris (le socle) par l'intermédiaire d'un contact anormal peu penté. L'ensemble appartient au Groupe de l'Amsaga de la Dorsale Reguibat composante septentrionale du Craton Ouest Africain. La formation de brèche a de bons réservoirs d'eau souterraine et de bonne qualité, de débits variant entre 4 à 18 m³/heure avec des salinités variables. Les brèches de Khreïza sont caractérisées par des larges stratifications obliques (Figure 2.5).

Les Principaux Faciès de la brèche d'Idjil est constituée d'éléments anguleux et ronds noyés dans un ciment quartzo-ferrugineux à grains fins et riches en hématite, ce qui lui donne un aspect d'extrême compacité.

La brèche à éléments anguleux se caractérise par la cassure tranchante des fragments de quartzite à hématite en ruban (BHQ) étirés, en disposition anarchique, enchâssés dans une fine mouture hématitique. On y rencontre quelques galets arrondis de la grosseur d'un poing de nature quartzitique mais surtout des galets schistosés de leptynite ou de schiste à grenat. Ils sont friables et se libèrent facilement laissant des cavités ovales.

Par contre la brèche à galets, se distingue par une très forte densité des galets très arrondis (type torrentiel) pouvant atteindre des dimensions de 50cm. Ils sont associés à des galets pélitiques et des galets de microconglomérat gréseux notamment dans Lekhneg où pour tous les types de galets on note une zonation marquée par une coloration rouge, qui s'atténue de la périphérie vers le centre.

Le comportement des galets est différent selon leur texture : ceux qui sont quartzitiques se descellent plus ou moins facilement de la « gangue » quartzo-hématitique, tandis que les autres ont plutôt tendance à s'aréniser. Outre les brèches de pente à éléments polygénique et hétérométrique souvent cimentés par de l'hématite pure (Lekhneg), on trouve une brèche à caractère très particulier dans le premier Oued parallèle à l'Oued au Sud-Ouest : c'est la "microbrèche quartzitique". Elle est constituée par un microconglomérat siliceux dans un ciment grossier de même nature.

De toute évidence se sont les phénomènes de cataclases et de mylonitisation qui semblent avoir joué le rôle essentiel pour la présence fortement probable de nappes souterraines par la porosité de fracture qu'ils ont engendrée. (ARCHAMBAULT, 1977).

D'après les TERMIER, la tectonique est définie comme "l'étude de l'architecture d'une région naturelle, c'est-à-dire le résultat actuel et statique des mouvements qui ont plissé et disloqué les terrains".

Dans le cas de la brèche Est, où la dissymétrie morphologique observée n'est qu'un aspect de la dissymétrie géologique existant entre le flanc Nord et le flanc Sud de la Kédia d'Idjil, le contact anormal se traduit d'une part, par les hautes falaises qui surplombent la vallée de l'Achouil et l'écoulement N-S des Oueds d'autre part :

- Le massif lui-même se scinde en grands compartiments isolés par de profondes entailles fortement encaissées donnant naissance à des escarpements.
- Généralement chaque compartiment a une forme plus ou moins arquée, le côté concave étant toujours au Sud.
- Les discontinuités, toutes assimilables à des failles ouvertes sont les Khneg les Oueds, les ravins et certaines fractures remplies par des matériaux quartzo-hématitique.
- Les principales fractures se concentrent autour des directions N0, N90, N40. Cette dernière citée est associée à des couloirs de cisaillement très mylonitisés.

La brèche de pente et même le conglomérat sont affectés par certaines fractures des formations sous-jacentes, ce qui suppose un rejet de failles pérennes.

- Des ravins répartis en éventail débitent le compartiment en mini-structure « chevauchants » répétitives, ce qui donne une seconde dissymétrie E-W par endroit.

L'intérieur de l'arc est un immense cône de déjection rempli de roches détritiques mal consolidées.

La complexité des processus de mise en place d'un tel type de paysage, nous suggère que la brèche d'Idjil n'est pas stabilisée depuis la fin du Précambrien supérieur. Comme preuve, on peut noter la continuation des failles dans les formations gréseuses infracambriennes à l'intérieur de la brèche. (Waled, 2009)

C'est lors des périodes de fortes pluviosités que des masses d'eau se sont infiltrées à la faveur de cette fracturation intense.



Figure2.5: les brèches de zone de Khreïza

II.2-2- Hydrogéologie

II.2.2. 1- Structure de l'aquifère

Malgré leurs différences pétrologiques, l'aquifère de la Kédia (principalement constitué de quartzites ferrugineux) et ceux de Oued el Gaa et Tarf Srey (présentant une alternance grès-dolomies), ont un fonctionnement similaire, caractéristique des aquifères de fracture.

En effet, des études basées sur l'analyse de différents carottages (Gouzes.R, 1969), permettent d'affirmer que ces roches n'ont pas ou très peu de porosité d'interstice, et que leur perméabilité est uniquement due à l'existence de discontinuités ouvertes.

Dans un même aquifère, ces paramètres (transmissivité et coefficient d'emmagasinement) peuvent prendre des valeurs différentes. Tous les auteurs s'accordent sur l'hétérogénéité de ces derniers et sur la difficulté d'appliquer, ici, les méthodes courantes (Theis, Jacob,...) pour les caractériser.

Suivant les types de roches, on peut aussi observer, une porosité d'origine sédimentaire (stratification, contacts lithologiques) ou chimique (altération, dissolution).

Parfois, la dissolution des carbonates peut se traduire par la formation de karsts servant de réceptacles hydrauliques importants. Les volumes d'eau souterraine stockés et la productivité des ouvrages de captage sont aléatoires, car fonction de la densité des discontinuités et de leur ouverture (particulièrement hétérogènes dans les terrains étudiés).

La différence de nature pétrologique entre ces aquifères, influe peu sur leur fonctionnement proprement dit, mais sur la chimie des eaux qu'ils contiennent. On observe d'un point de vue de la salinité, de grandes différences. En effet, certaines couches sédimentaires contiennent du gypse, qui par sa dissolution peut augmenter de manière importante la salinité de l'eau, rendant, aujourd'hui, celle-ci uniquement limitée à l'usage industriel.

II-2-2-2- Qualité de l'eau

Une des problématiques de la S.N.I.M. consiste à définir la nature de l'utilisation qu'il est possible de réaliser, à partir du taux de salinité des eaux exploitées. En effet, pour des questions de santé publique il est en généralement admis qu'une eau à caractère social, ne peut dépasser un taux de salinité de 1 g/L (OMS). Une eau supérieure à ce seuil sera donc utilisée pour les besoins industriels. Il aurait été intéressant de réaliser les moyennes annuelles de salinité pour chacune des différentes nappes, afin de pouvoir visualiser l'évolution temporelle du taux de salinité à l'échelle de la nappe. Nous ne pouvions l'obtenir de façon significative, à partir des données existantes. Nous avons donc fait le choix de nous limiter à une étude présentant l'évolution temporelle de la salinité à l'échelle des différents forages. Pour la nappe de Tarf Srey nous avons obtenu les résultats présentés dans les tableaux suivants :

Tableau2.1: Salinité (mg/L) des forages en exploitation entre 1990 et 2006

	TSOE5	TSOE6	TSOE23	TSOE41 bis	TSOE33	TSOE42	TSOE44	TSOE48
Moyenne 1990 à 2000	1777	3774	3588	1650	2760	980	2791	3761
Moyenne 2001	1798	3664	3757	1523	1902	897	2158	2374
Moyenne 2002	1813	3880	3735	2310	1734	889	2641	4317
Moyenne 2003	1821	4408	4111	1670	1735	985	2179	3272
Moyenne 2004	1826	4600	3763	2761	2120	878	2653	3281
Moyenne 2005	1912	4603	4361	2865	2000	903	1275	4015
Moyenne 2006	1820	4781	4781	3280	2227	987	1273	3736

On remarque tout d'abord que l'eau de la nappe de Tarf Srey a connu, durant les seize dernières années, une salinité comprise entre 1,5 et 5 g/l (excepté pour le forage TSOE42) et

que ce taux de salinité tend à augmenter ou à stagner. On comprend donc aisément que l'eau de cette nappe soit utilisée pour les besoins industriels. (Simon & KarroumSofiane., 2007).

La nappe de la Kédia (Khreiza) a une concentration en sel comprise entre 0,2 et 0,4 g/L, cette eau, faiblement minéralisée, sera exploitée pour les besoins sociaux. Elle représente, à l'heure actuelle, pour la S.N.I.M., une des principales sources d'exploitation en eau potable. Pour la nappe de Khreîza nous avons obtenu les résultats présentés dans les tableaux suivants :

Tableau2.2 : Salinité (mg/L) des forages en exploitation entre 1998 et 2006

	K12	K13	K14	K15	K16
Moyenne 1998	268	334	343	394	297
Moyenne 1999	284	323	343	338	278
Moyenne 2000	296	369	373	343	245
Moyenne 2001	277	296	381	365	260
Moyenne 2002	272	299	367	327	254
Moyenne 2003	276	350	371	366	270
Moyenne 2004	295	297	387	386	340
Moyenne 2005	269	392	312	397	225
Moyenne 2006	272	379	357	393	314

II-2-2-3-Paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques (transmissivité, perméabilité, coefficient d'emménagement) de l'aquifère du zone d'étude sont hétérogènes et leurs variations sont liées à celles des caractéristiques hydrauliques et hydrogéologiques dont l'épaisseur du niveau aquifère. Ils sont donc variables suivant le secteur et l'horizon aquifère considéré.

Les transmissivités de cet aquifère calculées dans les environs de forage K12, sont de l'ordre de $5.810^{-3} \text{m}^2.\text{s}^{-1}$ avec observation d'une piézométrie qui a permis de calculer une transmissivité avec 50.91m de hauteur d'eau. Le coefficient d'emménagement est très variable. Les forages réalisés à Khreîza ont fourni une valeur de 10^{-3} par contre pour les autres forages ce coefficient est évalué à 10^{-1} . (ARCHAMBAULT, 1977).

La perméabilité augmente dans les zones fissurées, mais, en dehors des zones fracturées, les débits restent très faibles 1 à 5m³/h. Les données des essais de pompage effectués à la base de l'hydraulique corroborent ces valeurs. Pendant la foration l'échantillon recueilli a donné après analyse chimique un TDS de 0.478g/l et un pH de 7,3. (SNIM, 1990).

CHAPITRE III. La réalisation d'un forage

❖ *Généralité*

Il existe plusieurs méthodes pour la réalisation des forages et nous allons nous limiter aux deux méthodes les plus utilisées en Mauritanie. Il s'agit de la méthode de foration Rotary et de la méthode marteau, fond de trou, suivie de la nature et de la dureté de la formation géologique. Le Rotary est approprié pour le sédimentaire non consolidé et dans des zones très fracturées, alors que le marteau fond de trou convient dans la zone de socle. Dans ce chapitre nous présenterons les techniques les plus usuelles. Dans le cadre de la prospection de l'eau, la réalisation de forage constitue la méthode la plus directe d'approche des caractéristiques du milieu souterrain en un point donné, dont la mise en œuvre dépend de paramètres très divers (le poids sur l'outil, la vitesse de rotation, le débit des pompes à boue). Toute action de foration entreprise sur un gisement d'eau doit s'accompagner d'une réflexion préalable sur :

- la mise en œuvre de la technique de la foration la plus appropriée ;
- la réalisation d'un suivi technique adapté ;
- la mobilisation d'une entreprise de forage qualifiée pour le type de forage envisagé.

Cette phase regroupe plusieurs étapes qui sont :

- La foration
- L'alésage
- L'équipement
- Le gravillonnage
- Le développement
- La cimentation

Plusieurs techniques de forage d'eau ont été développées en fonction du type d'ouvrage recherché et de la géologie. Nous retiendrons ici 3 techniques courantes de forage d'eau, le forage au battage, le forage Rotary et le forage percussion Marteau Fond de Trou(MTF).

Le forage au battage est la technique la plus ancienne, simple de conception, elle présente un intérêt surtout dans les terrains sédimentaires grossiers (graviers, galets) qui sont d'excellents réservoirs. Nous n'aborderons pas en détail cette technique dans ce manuel. Les techniques Rotary et Marteau fond de Trou sont les plus répandues et adaptées aux forages d'eau.

Certaines machines Rotary sont de taille très importante et peuvent forer jusqu'à plusieurs centaines de mètres. (Ely, 2014)

Les techniques utilisées dans ce forage sont rotary et marteau fond de trou.

III-1 Méthode de foration Rotary

❖ *Principe*

La méthode de foration rotary utilise un outil de foration appelé tricône ou couronne, monté au bout d'une ligne de sonde (tiges vissées les unes aux autres), animé d'un mouvement de rotation de vitesse variable et d'un mouvement de translation verticale sous l'effet d'une partie du poids de la ligne de sonde ou d'une pression hydraulique. Le mouvement de rotation est imprimé au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la machine de forage en tête de puits. Les tiges sont creuses et permettent l'injection de boue au fond du forage par l'intermédiaire d'une pompe pour nettoyer le fond de trou, refroidir l'outil, stabiliser les parois de forage et remonter les déblais ou particules forées, cette boue joue un rôle très prépondérant dans l'opération du sondage, car elle facilite le passage dans certains terrains durs, grâce au colmatage de joints et fissures, et à la fois dépend de la nature du terrain :

- **Terrain tendre** : on utilise une boue épaisse composée essentiellement de (bentonite + polycol).
- **Terrain dur** : la boue légère est plus convenable pour ce type de terrain (eau + huile).

Les outils utilisés en rotation sont des trépan de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, molettes ou tricône, outils diamantés ou à carbures métalliques). Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou. (Ely, 2014)

Le forage rotary nécessite l'emploi d'un fluide de forage préparé sur le chantier. Le fluide est injecté en continu sous pression dans les tiges creuses de la ligne de sonde, il sort par les événements de l'outil et remonte à la surface dans l'espace annulaire (entre les tiges et les parois du trou).

❖ *La ligne de sonde comprend :*

L'outil de forage : il est à molettes (tricône) de diamètre 15". Ils sont utilisés à tout type de terrain sédimentaire.

Les masses tiges : ce sont des tubes à parois très épaisses dont le rôle principal consiste à faire du poids. Pour arriver à un bon résultat il faut en pratique respecter la règle suivante : l'outil ne doit pas être chargé d'un poids supérieur à 50, 75% du poids de toutes les masses tiges.

Le train de tiges : ces tiges sont vissées entre elles et sont principalement soumises à des efforts de traction quand la colonne est en position suspendue.

La tête d'injection : c'est un organe délicat qui assure les fonctions suivantes :

- Liaison hydraulique étanche du circuit de fluide entre le flexible d'alimentation et la conduite intérieure des tiges.
- Transmission à la ligne de sonde de l'effort de traction du palan.
- Libre rotation de la ligne de sonde sous la tête d'injection fixe, au moyen de roulement à billes. (Zeine, 2014)

❖ **Avantage :**

La profondeur du forage peut être très importante, la foration n'est pas perturbée par les terrains peu stables ou plastiques, sous réserve de l'utilisation d'un fluide de forage adapté. Ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids de l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, débit d'injection de la boue) en fonction des terrains à traverser. Le forage rotary entraîne une consolidation des parois en terrains meubles par dépôt d'un cake.

❖ **Inconvénients :**

Les inconvénients d'un forage à rotary nécessitent un fluide qui ne permet pas l'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées. Il peut engendrer aussi un possible colmatage des différentes formations de l'aquifère par utilisation de certaines boues (bentonite). Enfin les cuttings sont difficiles à observer à cause de la présence de la boue.



Figure3.1 : récapitulatif des opérations du sondage carotté



Figure3.2: Tricône

III.2 Méthode marteau fond de trou (MFT)

III.2.1 Principe

Cette méthode de forage s'effectue à l'aide d'un marteau pneumatique qui frappe sur un taillant, la poussée résulte de la force axiale et la pression de l'air comprimé permet la destruction des roches dans le fond du trou. C'est un procédé très intéressant en recherche hydrogéologique et principalement en terrains durs. (Ely, 2014)

Les cuttings (débris) sont évacués à la surface par l'air comprimé soufflé au fond du trou.

III.2.2 Les mécanismes de la foration percutante

En réalité quatre mécanismes interviennent dans la foration percutante :

- **La percussion :** la percussion du piston sur l'emmanchement ou sur le taillant fond de trou qui est le point de départ de processus de la foration.
- **la poussée :** elle permet la transmission de l'énergie de percussion à la roche.
- **la rotation :** elle ne contribue pas directement à la destruction de la roche : mais elle a pour but essentiel de faire tourner le taillant de façon à ce que, à chaque impacte, les boutons détruisent une portion de la roche ; la vitesse correcte de rotation est très importante pour obtenir une vitesse de pénétration correcte et une bonne durée de vie du taillant.
- **le soufflage :** quelle que soit la méthode de foration, pour évacuer les cuttings ; il faut injecter un fluide (air, air -eau) au fond du trou, ce fluide permet la remontée des débris jusqu'à la surface à travers l'espace annulaire entre les tiges et la paroi du trou.

III.2.3 L'exécution du sondage percutant :

Pour réussir l'exécution d'un sondage percutant ; il est préférable de passer par les étapes suivantes :

- Préparer une plate forme accessible et bien nivelée.
- Positionner la machine sur le point à forer en prenant en considération la distance entre la machine et le compresseur qui doit être mis dans la cote isolée de mouvement pour éviter les problèmes résultant de défauts.
- On place le taillant, ensuite le marteau et puis la tige pour commencer la foration, parce qu'on travaille avec le système : marteau fond du trou.
- Pour la bonne récupération de l'échantillon, il faut s'assurer que les bacs de récupération soient saignement disposés autour de la tige de foration après avoir été nettoyés, une fois l'échantillon prélevé. La longueur de l'échantillon prélevé est constituée par les cuttings provenant d'une tige de foration de 3 mètres.
- Si on prévoit l'eau, on cimente l'avant trou.
- Généralement on change le diamètre de foration après 60 mètres.
- A la fin du sondage, on remonte toutes les tiges pour procéder au lavage de taillant par le gasoil et à la vérification de l'usure du taillant et ensuite on effectue la redescende de tiges dans le trou pour le nettoyer, car l'accumulation du sable dans le fond du trou peut constituer une couche épaisse et de la reprise du trou après le sondage carotté, on aura une profondeur fausse.

A la fin du poste, le chef de poste prépare un rapport journalier de foration, dans le quel il doit mentionner toutes les informations et accidents relatifs à l'exécution du sondage. (Mohame, 2007)

❖ *Avantage :*

Cette méthode est moins coûteuse que la première. Son avancement est plus rapide et elle permet une bonne observation des cuttings et des zones productrices. Le fluide forage utilisé dans cette méthode (air), est bien adapté au forage d'eau en général par l'absence de produit de foration (pas d'interférence entre la ressource et des boues ou de l'eau).

L'absence de circulation de boue permet de mieux repérer les venues d'eau dans le forage.

❖ **Inconvénients :**

Le Procédé de la méthode est peu adapté dans les terrains non consolidés ou plastiques. Il y a des risques de formation de bouchons de cuttings, nécessitant de fréquents nettoyages du trou par soufflage. Ce phénomène n'existe pas lorsque l'ouvrage est totalement sec ou lorsque le débit des niveaux producteurs est suffisant pour permettre un bon nettoyage par circulation. Le fluide de foration est perdu en milieu fissuré.



Figure3.3 : récapitulatif des différentes opérations du sondage percutant

Tableau3.1: comparaison entre sondage percutant et sondage carotté

Caractéristiques	Sondage percutant	Sondage carotté
Principe	Pneumatique	Electro- hydraulique
Destruction de la roche	Taillant	Couronne ou Tricône
La foration donne	Cuttings	Carotté
Injection de la boue	Non	Oui
Objectif	Log stratigraphique et lithologique	Géologie structurale
Coût	Pas cher	Cher
Tige	Simple (3m)	Simple+doubles (6m)

III.2.4 l'alésage

C'est une étape des travaux de forage qui consiste à agrandir le diamètre du forage de reconnaissance. L'agrandissement se fait en utilisant un outil de forage de diamètre plus grand que celui du forage de reconnaissance. L'alésage permet aussi d'avoir une bonne chambre de captage et de placer une pompe puissante assurant un bon débit d'exploitation.

III.2.5 L'équipement

Cette opération a lieu après l'arrêt de la foration immédiatement après le nettoyage du trou à l'aide de l'air comprimé.

Un équipement de forage est constitué : de tube décanteur, de crépines et de tubes pleins, disposés suivant un plan bien précis : le plan d'équipement.

Les tubages utilisés sont soit en PVC soit en Acier etc.... et sont caractérisés par leurs longueurs, les épaisseurs des parois, la qualité de l'acier et son diamètre.

III.2.6 Gravillonnage

Le gravillonnage consiste à remplir de gravier tout l'espace en dessus du tube décanteur en l'espace annulaire entre le trou et la colonne de tubage jusqu'au minimum dix mètres (10 m) au- dessus de la crépine supérieure.

III.2.7 Le Développement

On procède au développement qui est la phase indispensable d'un forage lorsqu'il est équipé de sa crépine et avant de placer la pompe d'exploitation. Le développement d'un forage consiste à améliorer la perméabilité de la formation aquifère située autour de la crépine et à stabiliser cette formation.

Après l'équipement et comblement des espaces annulaires, un développement à l'air lift durant quelques heures est effectué jusqu'à obtention d'une eau claire.

❖ Le développement a pour but :

- D'accroître la perméabilité naturelle de la formation aquifère ;
- D'accroître la porosité d'une formation rocheuse de type grès ;
- D'améliorer la capacité spécifique du forage ;
- D'éliminer les fluides du forage qui protège sa paroi et tout ce qui pénètre dans la formation
- De produire une eau claire de matières solides avec un débit spécifique maximum. (Ely, 2014)

Une fois le puits achevé il faut installer la pompe d'exhaure. La pompe et le bloc moteur doivent pouvoir travailler sans cesse, 24h sur 24, à débit constant.

La puissance de la pompe doit permettre l'obtention d'un débit suffisamment élevé pour créer des rabattements mesurables à des distances qui, suivant les cas, pourront atteindre la profondeur de forage. Après l'installation de la pompe, les puits doivent être développés. On commence donc à pomper à un faible débit Q_1 puis on passe à un débit Q_2, Q_3 jusqu'à l'obtention d'eau claire et au fur et mesure jusqu'au débit maximum correspondant à un niveau dynamique maximum (top crépine, arrivée d'eau etc...), qui ne sera pas dépassé durant l'essai.

Avant d'entamer les essais de débits, une pompe est installée suivant les caractéristiques du forage : profondeur forée, profondeur équipée, profondeur des venues d'eau, niveau statique, débit à la fin du développement. Ses renseignements permettent de déterminer la position de la pompe, d'éviter sa cavitation et de mieux établir les paliers du débit.

Pour établir une installation de pompage on utilise :

- un groupe électrogène
- une conduite de refoulement
- des sondes électriques
- un compteur d'eau
- un chronomètre
- une pompe immergée
- des tubes piézométriques (pour protection sondes électriques).

Il est important de disposer des moyens de refoulement de l'eau pompée pour que cette dernière soit suffisamment loin du puits testé; il faut empêcher l'eau sortie du puits de retourner dans la nappe. Mieux vaut que l'eau pompée soit refoulée en dehors des lignes piézométriques.

III.2.8 La cimentation

Elle se fait après les essais de pompage et consiste à remplir l'espace annulaire par du tout-venant à partir du niveau du gravier additionnel, jusqu'environ 6m.au dessus du sous sol. Le reste du vide de l'espace annulaire est comblé par du ciment et la tête du forage est fermée (Ely, 2014).

Par ailleurs nous signalons que notre zone d'étude n'a subie aucun gravillonnage et d'équipement (crépines) parce que la formation à forer est une formation de brèche.

CHAPITRE IV- RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV- 1- Résultats des travaux des forages de Khreiza

Le forage a été exécuté par la Société Nationale Industrielle et Minière (service sondage), qui est située dans la zone de Khreiza, La profondeur atteinte est de 290m pour le forage de K35bis, et pour le deuxième forage de GOE62, 310,60m de profondeur, et les différentes formations géologiques traversées sont synthétisées dans la (figure4.1) qui décrit la succession des matériaux rencontrés lors de la foration et précise le niveau statique de l'eau dans le forage. Le trou a été tubé en acier de 20" et cimenté dans la partie non saturée jusqu'au 11.5 m de profondeur, dans les éboulis de la brèche.

Les forages d'exploitation ont été alésés au MFT de 0 à 11.5m en taillant de 15"et de 11.5 à 290m en taillant de 10", et pour la deuxième forage de même taillant. Une fois la phase de foration terminée, le trou a été nettoyé par soufflage pendant quelques heures, puis il a fait l'objet d'un développement qui a été poursuivi à la pompe immergée jusqu'à obtention d'une eau claire. Le captage a été fait par de trou nul, parce que la formation est très dure. Les premières arrivées d'eau importantes se trouvent toutes dans les fractures, à 69m, avec des grès quartzite, et que la deuxième à 252m avec des roches verdâtres à quartzite schisteux, pour le deuxième forage l'eau arrive à 64m avec de pélite noire et que la deuxième à 275m à la fin du forage l'analyse a donné une conductivité égal à 450 et 398 μ S.

Le débit maximal pour le deux forage est de 9 m³.h⁻¹ et 11 m³.h⁻¹ qui sont estimés au cours du soufflage.

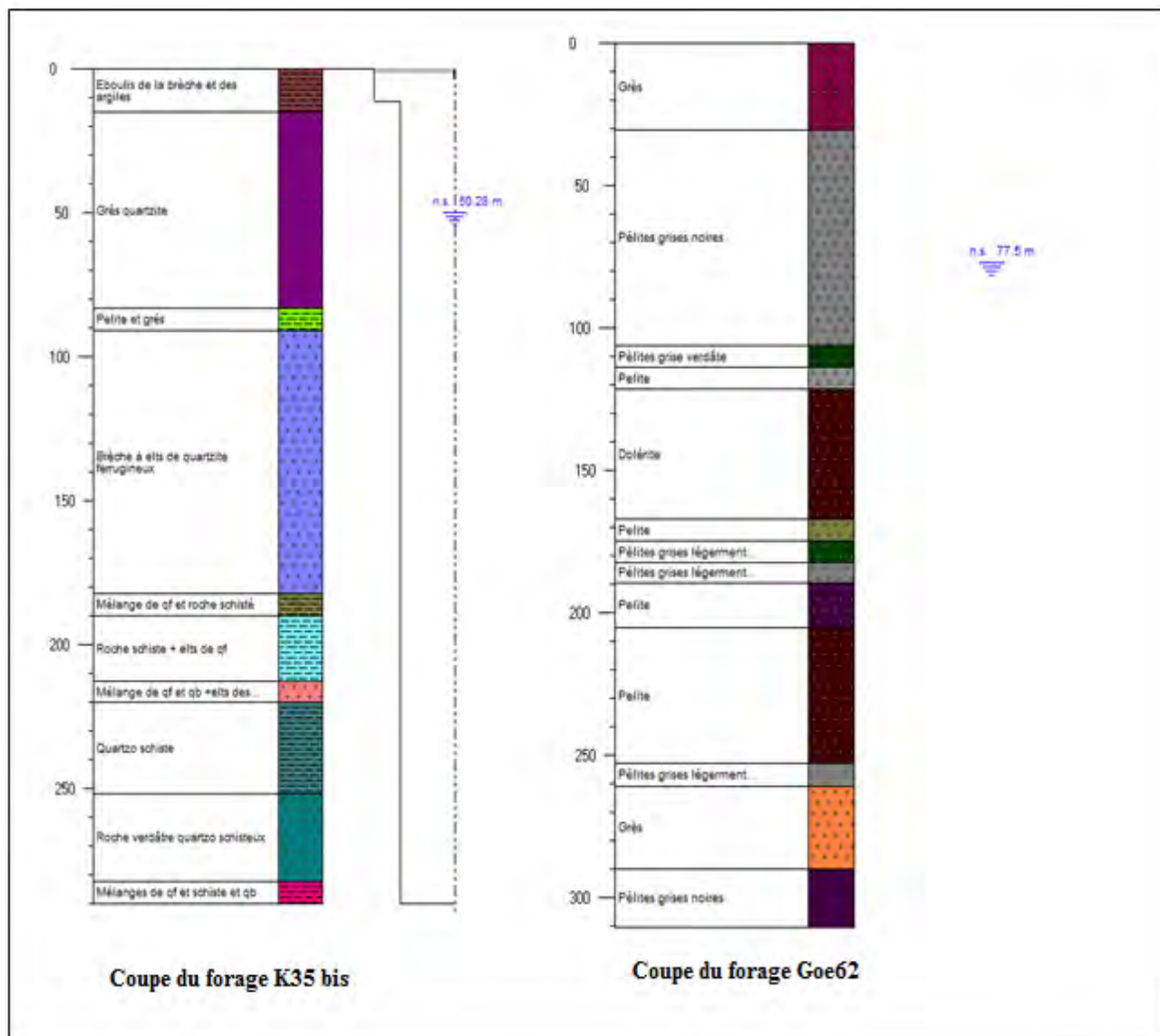


Figure4.1 : Coupe lithologique des forages Khreiza35bis et Oued Gah62

IV- 2 Les essais de pompage

Ce type d'essai mené par le hydrogéologue est constitué de deux types de tests distincts qui ont des objectifs à la fois différents et complémentaires. Son but essentiel est de s'assurer de la bonne réalisation des travaux avant toute acceptation de la part des commanditaires. Ainsi deux types d'essai sont à distinguer : les essais de puits et les essais de nappe.

IV – 2-1 Les essais de puits

Le but de cet essai est de déterminer la courbe caractéristique de l'ouvrage (pertes de charge, débit d'exploitation) et permet un contrôle de la qualité de l'ouvrage pendant la durée de son exploitation. Pour cela, il est nécessaire d'exécuter quatre paliers de débits, de préférence croissants et enchaînés. Ces paliers se traduisent sous forme de courbes appelées courbes caractéristiques, qui sont singulières aux essais de pompage.

Pour la conduite de chaque palier, le hydrogéologue mesure les débits et les niveaux pendant la descente et les niveaux pendant la remontée. Les niveaux sont mesurés à l'aide d'une sonde lumineuse, et le débit (Q) exprimé en (m^3/h) s'obtient de deux manières:

On mesure avec un chronomètre le temps (t) en seconde mis pour écouler un volume (v) en mètre cube à travers un compteur totaliseur à eau. Chaque heure le compteur totaliseur à eau est relevé, le débit s'obtient en faisant la différence entre deux relevés.

IV-2-1-1- Courbes caractéristiques des forages

Elle permet de déterminer le débit maximum d'exploitation, fonction d'un rabattement maximum admissible, (CASTANY, 1982). Elle est obtenue en portant le couple de données de chaque palier (débit en $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ et le rabattement en m). Les points obtenus permettent de tracer la courbe $[s= f(Q)]$ Le Tableau4.1 présente le calcul des essais de puits.

Tableau4.1 Essais de puits par paliers de débit de courtes durées des forages

Forages	Q ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$)	s obs (m)	s/Q ($\text{m}/\text{m}^3.\text{h}^{-1}$)	Q/s ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}/\text{m}$)
Khreîza 35bis	10.11	10.95	1.08	0,92
	19.53	26.3	1.35	0,74
	28.90	46.62	1.61	0,62
	37.19	69.32	1.86	0,53
Ouat Gah62	9.86	1.87	0.19	5.27
	19.98	6	0.30	3.33
	31.23	15.95	0.51	1.96
	38.60	28.21	0.73	1.37

IV-2-1-2- La détermination du débit critique

Le débit critique représente la valeur au-delà de laquelle, il apparaît des pertes de charges quadratique dans l'ouvrage. Il correspond au point, où la courbe quitte l'allure linéaire, pour prendre une forme parabolique, et est noté Q_{cr} . Il s'exprime en $m^3 \cdot h^{-1}$

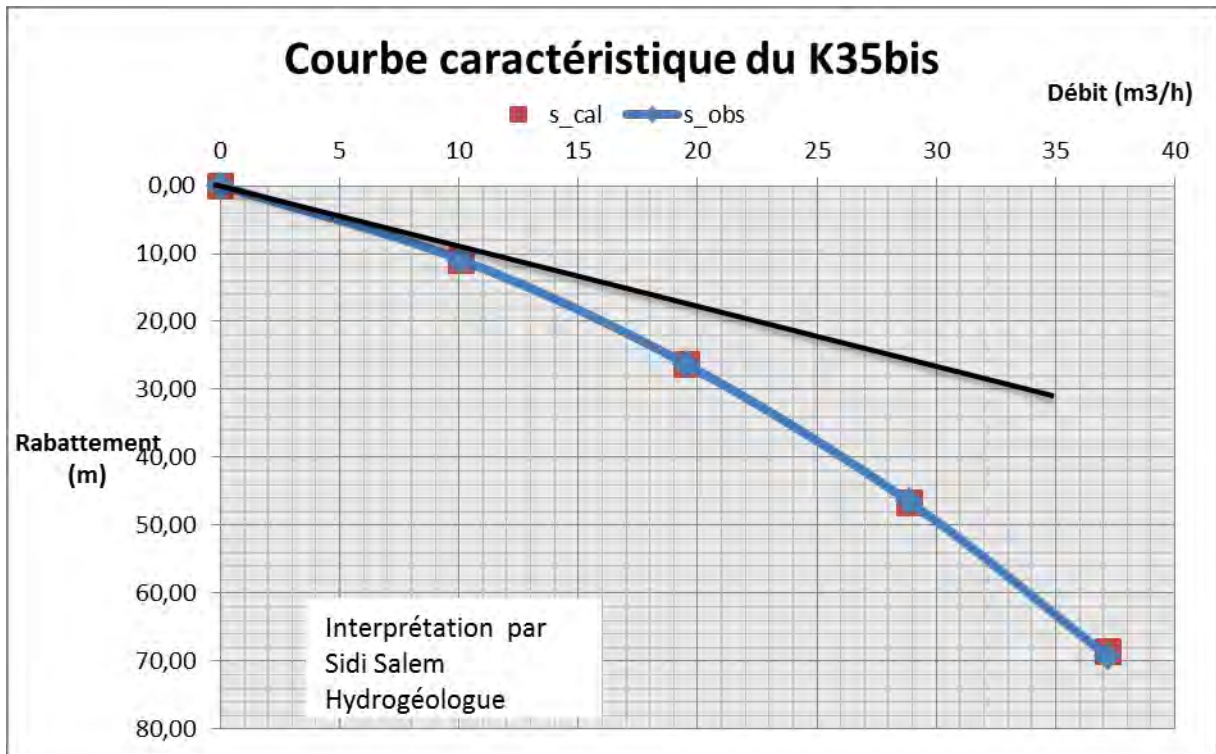


Figure4.2 : Courbe caractéristique du forage K35bis

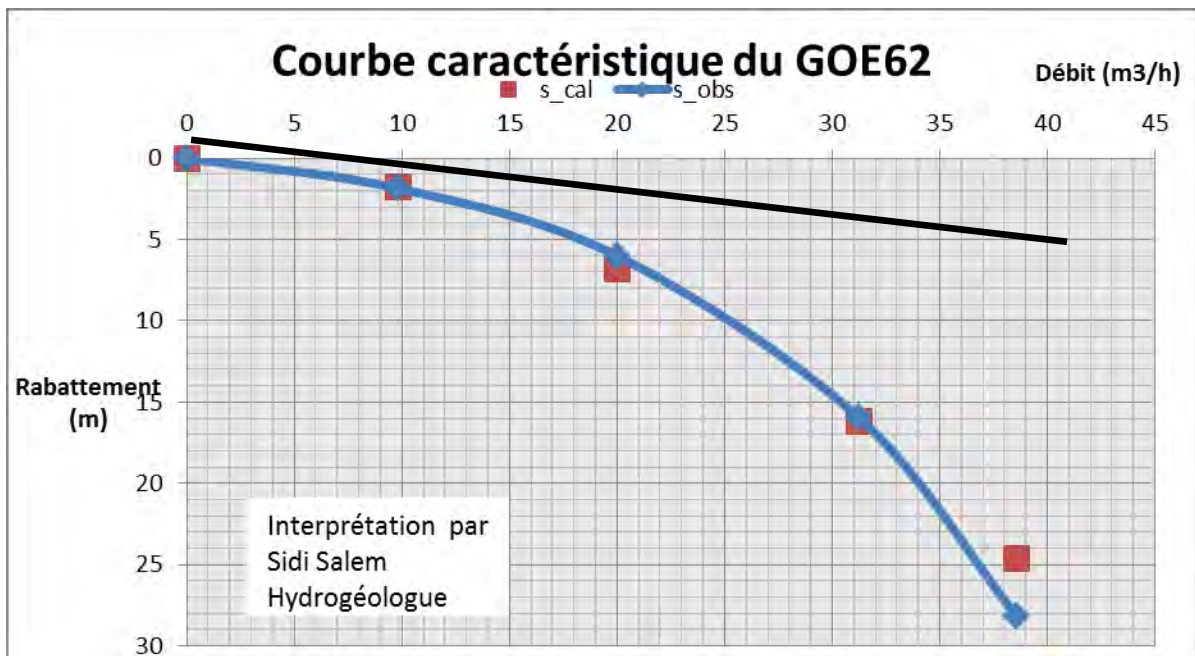


Figure4.3: Courbe caractéristique du forage GOE62

La courbe obtenue au niveau de Khreïza 35bis et Ouad-Gah62 présente une allure linéaire, pour prendre une forme parabolique due à l'augmentation de la vitesse de l'écoulement au-delà de laquelle, l'écoulement est turbulent. La superposition parfaitement à la courbe théorique de Jacob aux forages K35bis et GOE62. Le modèle de Jacob répond bien à l'expérimentation qui ont été très bien réalisés au forage de Khreïza 35bis, et moins réalisés au forage de GOE62. Pour tous ces forages, les courbes caractéristiques par l'estimation de débit critique, est de l'ordre de 9m³/h pour le forage de K35bis, et 11m³/h de forage GOE62 selon le courbe caractéristique.

IV-2-1-3- Evaluation des pertes de charges par l'équation de Jacob

La réalisation technique d'un forage et de son dispositif de captage, perturbe l'écoulement au voisinage de l'ouvrage. Ces diverses perturbations entraînent l'apparition, en période de pompage, d'une perte de charge supplémentaire qui s'ajoute à la perte de charge théorique qui serait imposée par le milieu poreux supposé capter dans les conditions idéales. L'évaluation du débit exploitable maximal d'un puits ou forage et le calcul des caractéristiques de l'ouvrage, passe obligatoirement par le calcul des pertes de charges, qui seront provoquées par le pompage d'exploitation. Parmi ces pertes de charges, on distingue celles qui sont dues à la formation aquifère et celles causées par l'équipement du puits. La figure 4.3 montre le report sur coordonnées cartésiennes des rabattements spécifiques (s/Q = débit de pompage pour chaque forage).

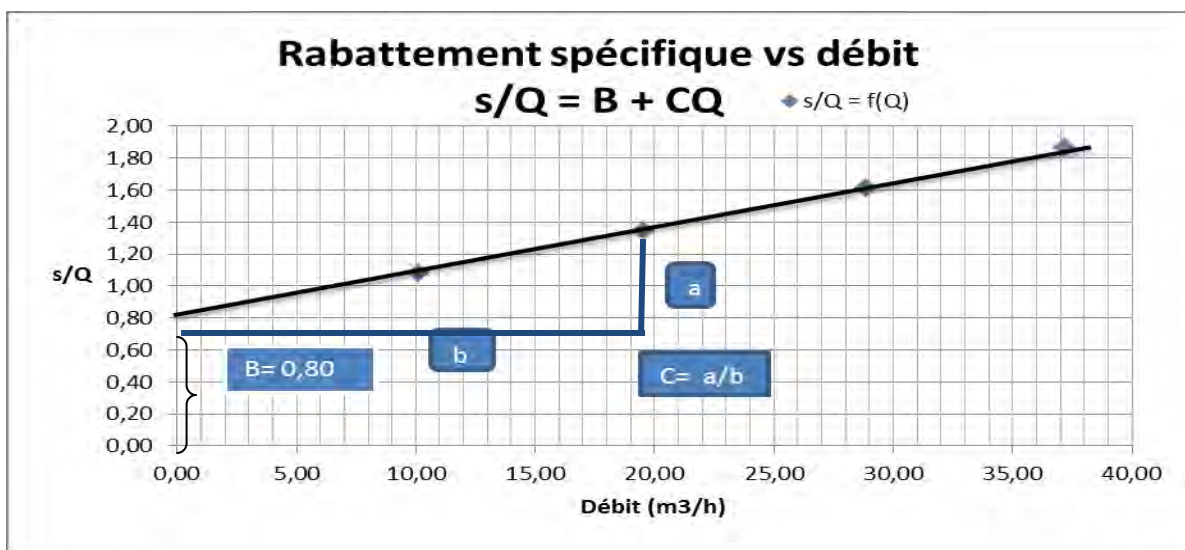


Figure4.4 : Courbe rabattement spécifique en fonction du débit –forage K35bis

L'équation générale de la droite obtenue est de la forme : $[s/Q = B + CQ]$.

Le coefficient **B** est donné par l'intersection de la droite avec l'axe s/Q et le coefficient **C** représente la pente de la droite.

Equation caractéristique : $s = BQ + CQ^2 = 0.80xQ + 0.028162xQ^2$

Pertes de charges linéaires: BQ avec **B** : coefficient de pertes de charge linéaires et **Q** : le débit de pompage.

Les pertes de charge linéaire provoquée par l'écoulement laminaire dans l'aquifère au voisinage du puits.

Pertes de charges quadratiques : CQ^2 avec **C** : coefficient de pertes de charge quadratiques et **Q** : le débit du pompage.

La valeur $CQ^2 = 0.028162xQ^2$, donc les pertes de charges quadratiques ont des valeurs faible par rapport aux celles de linéaire.

Cette faible valeur s'explique par le fait que ces pertes proviennent de l'équipement.

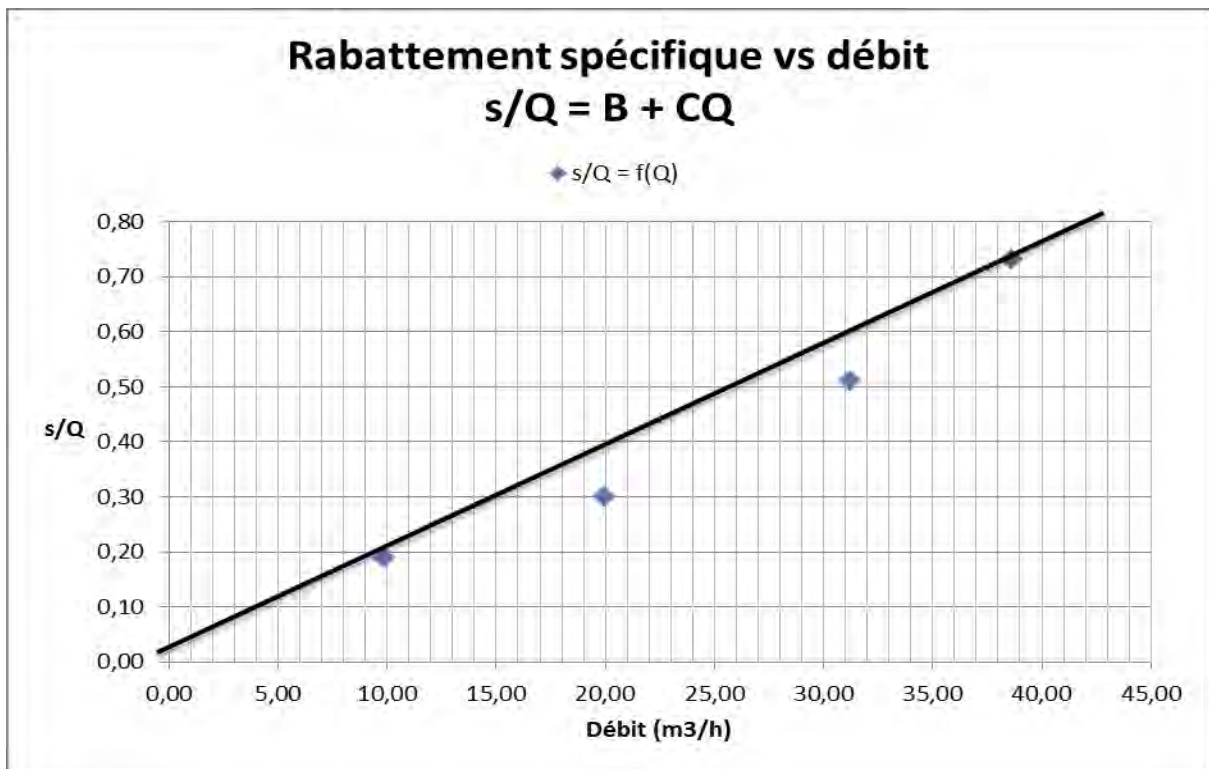


Figure4.5: Courbe rabattement spécifique en fonction du débit –forage GOE62

L'équation générale de la droite obtenue est de la forme : $[s/Q = B + CQ]$.

Equation caractéristique : $s=BQ+CQ^2 = 0,01Q+0,019Q^2$

La courbe de rabattement spécifique, nous montre que les pertes de charges linéaires ont une valeur : $BQ = 0,01Q$.

$CQ^2= 0,019Q^2$ donc les pertes de charge quadratiques ont une faible valeur par rapport aux celles de linéaire.

Cette valeur faible s'explique par le fait que ces pertes proviennent de l'équipement (tubage et crépine) puisque le forage est trou nu.

Dans les deux forages, les pertes de charges linéaires décroissent en fonction du débit de pompage. (**Tableau4.2**).

Tableau4.2: Résultats des essais par palier des deux forages

Forages	Q (m ³ /h)	B	C	BQ	CQ ²	S _{obs} (m)	S _{cal} (m)	BQ/s (%)	CQ ² /s(%)
Khreïza35 bis	10.11	0,80	0,02816 2	8.08	2.88	10.95	10.96	74	26
	19.53			15.62	10.7	26.3	26.37	59	41
	28.90			23.12	23.5	46.62	46.64	50	50
	37.19			29.75	38.9	69.32	68.70	43	57
Ouad Gah62	9.86	0,01	0,019			1.87			
	19.98			0,098	1,85		1.86	2	98
	31.23			0,20	7,59	6	7.79	3	97
						15.95			
				0,31	18,5 3		18.84	4	96
	38.60			0,39	28,3 1	28.21	28.7	2	98

IV-2-2- Les essais de nappe

C'est un essai à longue durée, qui a pour objectif de calculer les paramètres hydrodynamiques (T et S), de mettre en évidence des limites (lithologiques ou tectoniques) et de la présence d'horizons aquifères superposés. Pendant l'exécution de cet essai, constitué d'un seul palier de débits, le hydrogéologue suit la descente et la remontée. A partir de la courbe du rabattement en fonction de temps de pompage $s=f(t)$ par la méthode approximative de Jacob, on calcule la transmissivité qui est calculée par la pente de la droite représentative. L'échelle des cordonnées n'étant pas homogène, la pente est déterminée par l'accroissement des



rabattements, au cours d'un module logarithmique, noté c. La transmissivité est calculée par l'expression: $T=0.183*Q/A \text{ (m}^2.s^{-1}\text{)}$

Q : le débit moyen (m³/h) pendant le pompage,

A : la variation du rabattement sur un cycle logarithmique.

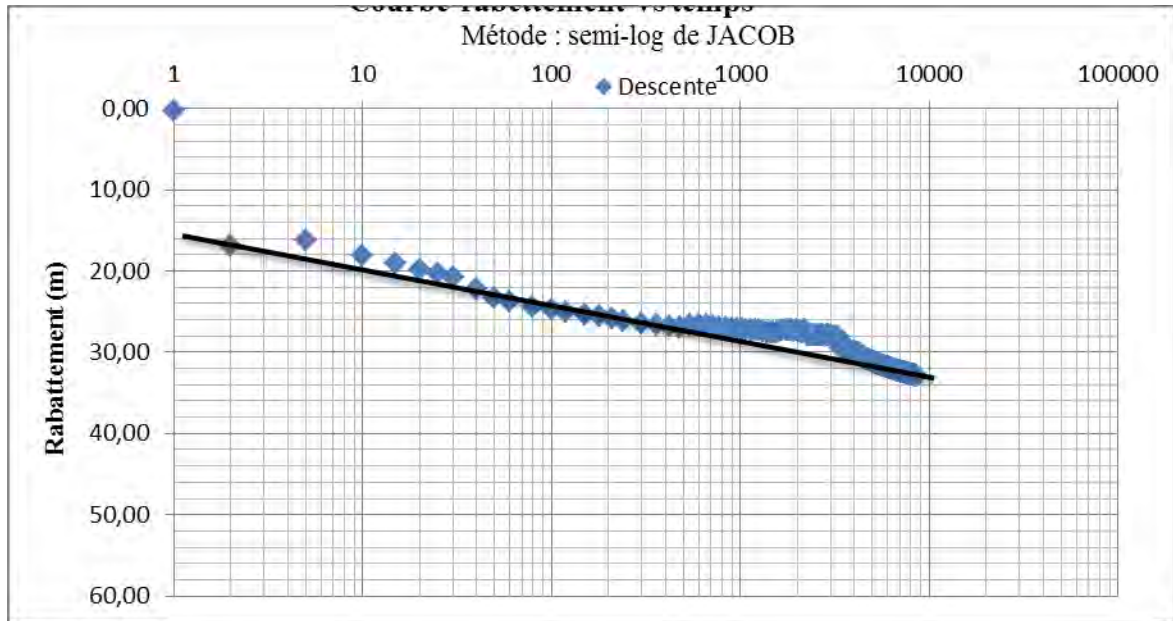


Figure 4.6: Courbe du rabattement en fonction de temps de pompage $s=f(t)$

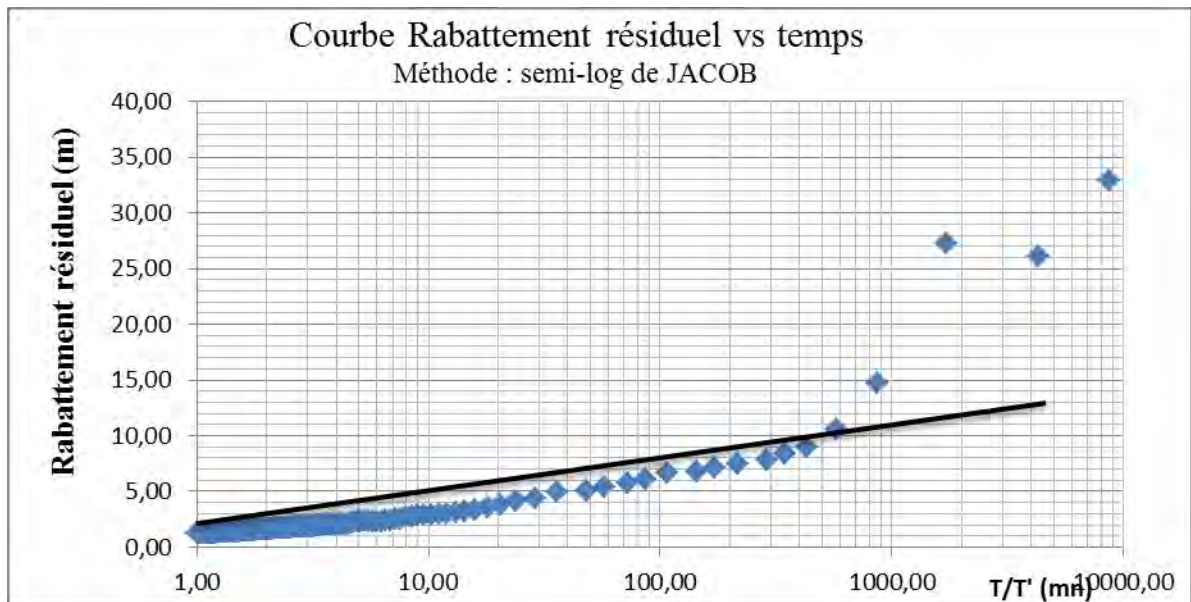


Figure 4.7: Courbe rabattement résiduel en fonction du temps de forage K35bis

Tableau 4.3 : Transmissivité (m².s⁻¹)

T (m ² /s)	DESCENTE	REMONTEE
K35bis	3,52x 10 ⁻⁴	2,40 x 10 ⁻⁴

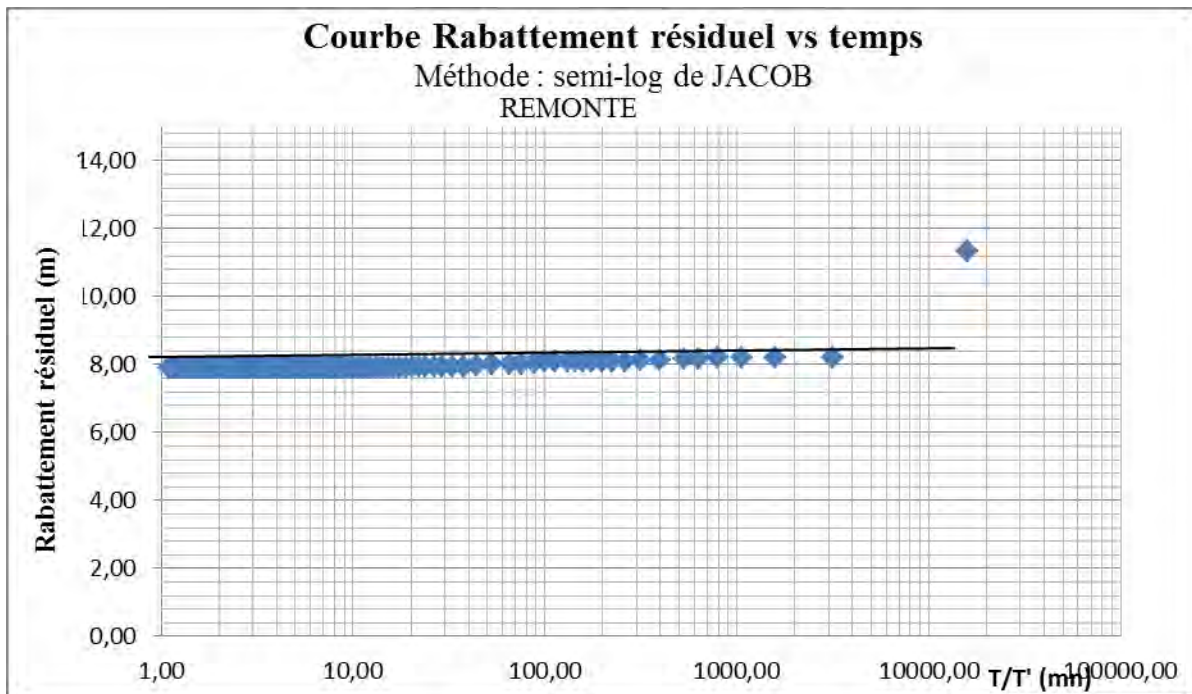


Figure4.8: Coure rabattement résiduel en fonction de temps de forage GOE62

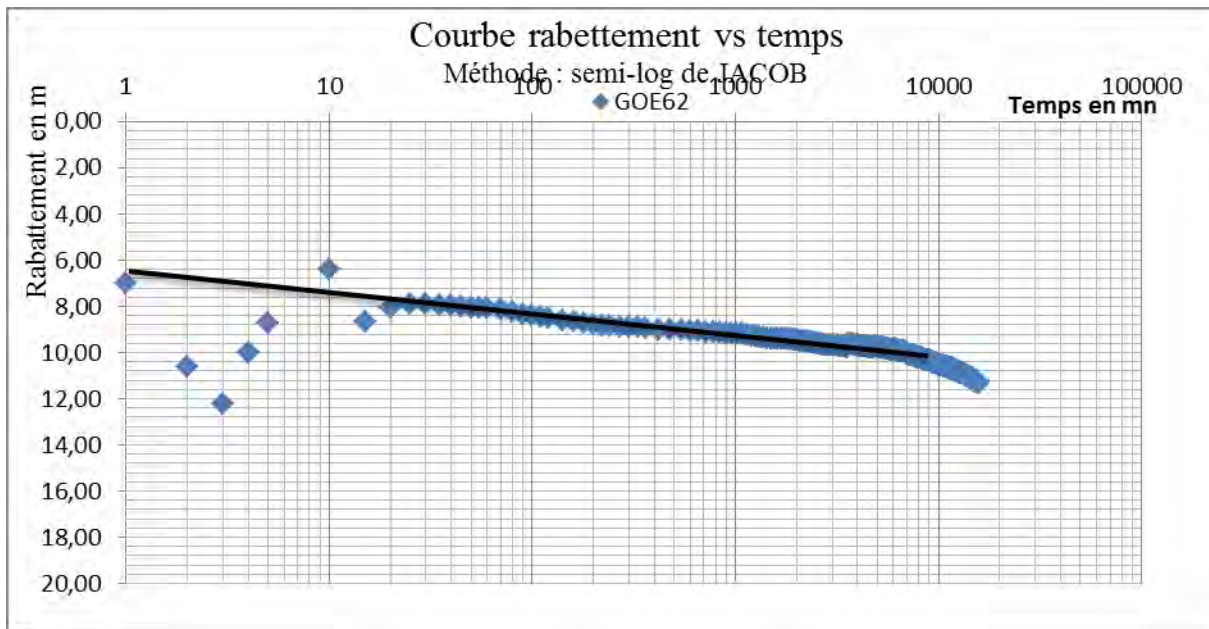


Figure4.9: Courbe de rabattement en fonction de temps de forage GOE62

Tableau4.4 : Transmissivité ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

T (m ² /s)	DESCENTE	REMONTÉE
GOE62	1.35×10^{-3}	6.14×10^{-3}

NB: Il est impossible de calculer le coefficient d'emmagasinement à cause de l'absence de puits et/ou de piézomètres aux alentours du forage.

Conclusion

Au terme de mon stage en SNIM qui m'a amené à rédiger et à conclure ce rapport de fin de cursus, je souligne les aspects remarquables à la fois pour ce stage et sur les activités que nous avons eu à mener. Ce stage m'a permis d'une part d'apprécier la dimension professionnelle de notre formation universitaire et d'autre part de mesurer les réalités du milieu professionnel.

Aussi, j'ai pu me familiariser avec des techniques de foration qui apparaissent aujourd'hui de plus en plus incontournables dans la recherche de l'eau. Cette dernière, plus que primordiale dans les contextes arides tels que celui de la Mauritanie, constitue un atout majeur pour garantir l'accès aux eaux souterraines, surtout si elles sont rares c'est encore le cas en Mauritanie. La recherche d'eau au niveau des brèches du Khreiza, est très difficile, car les aquifères ne se développent qu'au niveau des zones fracturées, les franges d'altération et au niveau des zones de contacts entre les intrusions et l'encaissant. La localité de brèche se situe dans la Dorsale Reguibat constitué géologiquement d'éléments anguleux et ronds noyés dans un ciment quartzo-ferrugineux à grains fins et riches en hématite. Ces formations gréseuses sont des bonnes réservoirs d'eau souterraine et de bonne qualité, de débits et des salinités variables.

Ainsi la réalisation du forage(**K35bis**) et (**GOE62**), a été faite par la méthode de MFT, en raison de sa localisation dans une zone de contexte géologique de la brèche. Le forage est profond de 290, la profondeur de pompe de 160m, et pour la deuxième de 310,60, la profondeur de pompe de 190m, la première arrivée d'eau de 69m et la deuxième de 252m. L'interprétation des données des cuttings et la vitesse d'avancement globale ont permis, de reconstituer la nature des terrains traversés pendant la foration, de localiser les différents aquifères et de faire le choix du niveau à capter.

Les essais par palier de débits ont permis d'évaluer les valeurs des pertes de charges par la méthode de Jacob (**b=0,80 et c=0.028162**), (**b=0,01 et c=0,019**) pour les deux forages. Cependant, les essais de nappe sont intervenus pour la détermination des caractéristiques hydrodynamiques du complexe aquifère/ouvrage.

Les valeurs des paramètres hydrodynamiques calculées montrent des différences au niveau des ouvrages pompés qui sont les variations des épaisseurs, la variation des conditions des pompages (les débits et le temps de pompage très différents). Les transmissivités calculées par la méthode de Jacob, entrent dans la gamme d'une nappe (**T=3,5210⁻⁴m².s⁻¹ et T=2.4010⁻⁴**), et (**T=1.35 x 10⁻³ m².s⁻¹ et T=6.14 x 10⁻³**).

Bibliographie

J.ARCHAMBAULT. (1977). *Données pour l'exploitation des eaux souterraines de Zouerat (R.I.M)*29. P.

Bouchand Simon, & KarroumSofiane. (2007). *Synthèse Hydrogéologique des systèmes aquifère de la Kedia d'idjil,de Oued el Gaa et de Tarf Srey et Khreîza* 37.P. zoueratt.

BRONNER, G. (1970). *Plissement,cisaillemnt,boudinage et laminage : mécanismes essentiels de la formation de la Brèche d'idjil (Précambrien de la dorsale Réguibat,Fort-Gouroud,mauritanie septentrionale).*Bulle.serv.cartgéol./Als,- larr P.51-83.

CARUBA, R., & DARS, R. (1991). *Géologie de la Mauritanie,livre géologique spécifique(Mauritanie)* 321 P . Mauritanie.

CASTANY. (1982). *principe et méthodes de l'hydrogéologie.*229-238 P. Edition Dunod,paris,france

Ely, O. B. (2014). *Application de Méthode géophysique (méthode électrique) pour la réalisation de forage d'eau dans les grés d'Aion (Hodh El Garbi,Aion)* 57.P. mémoire de master de Géosciences, Option : Hydrogéologie , U.C.A.D. DAKAR.

Gouzes.R. (1969). *Etude hydrogéologique de la Kédia d'idjil - interprétation des études et traveau réalisés.* BRGM.

Mohame, O. S. (2007). *Technique de prospection dans la Dorsal Rgueibat* 49.P. zoueratt.

ONM. (2000-2014). Office National de la Météorologie (données climatique de station Zouerate).

SNIM. (1990). *Caractéristique Hydrogéologique d'un Milieu de Socle Fracturé* P.36. zouerat.

SNIM. (2009). *Modèle pour établir des courbes dans le domaine hydrogéologique.*

SNIM. (1952). *Recherche Hydrogéologique dans la Brèche.* 67.P. zouerate.

waled, O. E. (2009). *Etude d'un gisement type Bande Iron formation,gisement de f'derik, Kedia d'djil (provice de Tiris- Mauritanie).*,78P. zoueratt.

Zeine, O. M. (2014). *Réalisation de forage d'eau dans la région du Brakna (Brakna Sud-ouest de la Mauritanie)* 45.P. Mémoire de master de Géosciences ,Option : Hydrogéologie , U.C.A.D DAKAR.

Annexe

**Les paliers de Forage de K35bis
(1em Palier, 2em Palier, 3em Palier et 4^{em} Palier).**

	Heure	Temps (mn)	Niveau Dynamique (m)	Débit (m ³ /h)	Rabattement (m)
1er PALIER	11:00	0	50.28	0	0
		5	59.75	9.78	9.47
		10	59.85	9.75	9.57
		15	60.32	11.07	10.04
		20	59.76	9.9	9.48
		25	59.7	9.62	9.42
		30	59.68	10.88	9.4
		40	60.23	10.12	9.95
		50	60.53	10.08	10.25
	12h:00	60	60.68	10.07	10.4
		80	60.9	10.06	10.62
		100	61.08	10.09	10.8
	13h:00	120	61.23	9.98	10.95
		125	67.54	19.58	17.26
2ème PALIER		130	71.52	19.76	21.24
		140	73.75	19.75	23.47
		150	74.6	19.55	24.32
		160	75.05	19.82	24.77
	14h:00	180	75.7	19.3	25.42
		200	75.98	19.45	25.7
		220	76.25	19.25	25.97
	15h:00	240	76.58	19.32	26.3
		250	88.08	29.31	37.8
3ème PALIER		260	88.91	28.5	38.63
		270	90.01	30.22	39.73
		280	92.74	29.07	42.46
		290	94.3	28.66	44.02
	16h:00	300	94.78	28.66	44.5
		320	95.63	28.66	45.35
		340	96.22	28.23	45.94
	17h:00	360	96.9	28.84	46.62
		370	111.6	39.17	61.32
4ème PALIER		380	115.9	37.11	65.62
		390	116.19	36.43	65.91
		400	117.85	37.89	67.57
		410	118.2	37.97	67.92
	18H:00	420	118.53	37.53	68.25
		440	118.98	36.32	68.7
		460	119.32	36.43	69.04
	19H:00	480	119.6	35.89	69.32

Remonté

Heure	Temps (mn)	Niveau Dynamique (m)	Rabat. Résiduel (m)
	5	84	33.72
	10	70.41	20.13
	20	61.91	11.63
	30	59.52	9.24
	40	58.28	8
20H:00	60	56.67	6.39
	80	55.69	5.41
	100	54.95	4.67
21H:00	120	54.46	4.18

Essai de nappe de K35bis

DESCENTE

DATE	HEURE	TEMPS (mn)	NIVEAU D'EAU (m/sol)	RABATTEMENT (m/sol)	Débit m3/h
01/10/2014	9H00	1	50,57	0,29	0
		2	67,18	16,90	17,22
		5	66,49	16,21	15,58
		10	68,43	18,15	17,80
		15	69,30	19,02	18,20
		20	70,10	19,82	17,97
		25	70,65	20,37	17,92
		30	71,11	20,83	17,30
		40	72,47	22,19	18,42
		50	73,60	23,32	18,37
	10H00	60	74,03	23,75	18,20
		80	74,65	24,37	18,50
		100	74,99	24,71	18,28
	11H00	120	75,30	25,02	18,46
		150	75,59	25,31	18,05
	12H00	180	75,86	25,58	18,35
		210	76,11	25,83	18,16
	13H00	240	76,34	26,06	18,17
Passe à 1h	14H00	300	76,68	26,40	18,37
	15H00	360	76,90	26,62	18,22

	16H00	420	77,05	26,77	18,04
	17H00	480	77,26	26,98	18,31
	18H00	540	76,83	26,55	18,25
	19H00	600	76,83	26,55	17,51
	20H00	660	76,89	26,61	17,65
	21H00	720	77,11	26,83	17,50
	22H00	780	77,19	26,91	17,61
	23H00	840	77,25	26,97	17,60
02/10/2014	00H00	900	77,32	27,04	17,48
	01H00	960	77,38	27,10	17,63
	02H00	1020	77,44	27,16	17,53
	03H00	1080	77,55	27,27	17,69
	04H00	1140	77,57	27,29	17,61
	05H00	1200	77,57	27,29	17,70
	06H00	1260	77,57	27,29	17,63
	07H00	1320	77,68	27,40	17,75
	08H00	1380	77,76	27,48	17,63
	09H00	1440	77,82	27,54	17,54
	10H00	1500	77,80	27,52	17,46
	11H00	1560	77,83	27,55	17,46
	12H00	1620	77,67	27,39	17,29
	13H00	1680	77,56	27,28	17,16
	14H00	1740	77,57	27,29	17,19
	15H00	1800	77,57	27,29	17,69
	16H00	1860	77,57	27,29	17,56
	17H00	1920	77,62	27,34	17,25
	18H00	1980	77,57	27,29	17,26
	19H00	2040	77,72	27,44	17,61
	20H00	2100	77,77	27,49	17,54
	21H00	2160	77,51	27,23	17,03
	22H00	2220	77,47	27,19	16,98
	23H00	2280	78,18	27,90	17,50
03/10/2014	00H00	2340	78,12	27,84	17,21
	01H00	2400	78,12	27,84	17,36
	02H00	2460	78,11	27,83	17,42
	03H00	2520	78,13	27,85	17,16
	04H00	2580	78,08	27,80	17,21
	05H00	2640	78,11	27,83	17,34
	06H00	2700	78,13	27,85	17,39
	07H00	2760	78,17	27,89	17,61
	08H00	2820	78,24	27,96	17,69

	09H00	2880	78,20	27,92	17,28
	10H00	2940	78,23	27,95	17,37
	11H00	3000	78,23	27,95	17,29
	12H00	3060	78,42	28,14	17,42
	13H00	3120	78,42	28,14	17,40
	14H00	3180	78,35	28,07	17,53
	15H00	3240	78,37	28,09	17,39
	16H00	3300	78,14	27,86	17,34
	17H00	3360	78,80	28,52	17,72
	18H00	3420	79,77	29,49	18,14
	19H00	3480	79,85	29,57	18,31
	20H00	3540	79,92	29,64	18,40
	21H00	3600	79,95	29,67	18,08
	22H00	3660	79,97	29,69	17,97
	23H00	3720	80,09	29,81	18,20
04/10/2014	00H00	3780	80,09	29,81	18,17
	01H00	3840	80,09	29,81	18,25
	02H00	3900	80,14	29,86	18,31
	03H00	3960	80,16	29,88	18,31
	04H00	4020	80,18	29,90	18,81
	05H00	4080	80,25	29,97	18,69
	06H00	4140	80,32	30,04	18,27
	07H00	4200	80,37	30,09	18,15
	08H00	4260	80,37	30,09	18,08
	09H00	4320	80,64	30,36	18,46
	10H00	4380	80,59	30,31	18,31
	11H00	4440	80,78	30,50	18,42
	12H00	4500	80,90	30,62	15,52
	13H00	4560	80,96	30,68	15,49
	14H00	4620	81,02	30,74	15,54
	15H00	4680	81,08	30,80	15,49
	16H00	4740	81,14	30,86	15,59
	17H00	4800	81,20	30,92	15,67
	18H00	4860	81,26	30,98	15,56
	19H00	4920	81,31	31,03	15,60
	20H00	4980	81,36	31,08	15,57
	21H00	5040	81,41	31,13	15,44
	22H00	5100	81,46	31,18	15,23
	23H00	5160	81,51	31,23	15,26
05/10/2014	00H00	5220	81,56	31,28	15,44
	01H00	5280	81,61	31,33	15,37

	02H00	5340	81,66	31,38	15,35
	03H00	5400	81,71	31,43	15,58
	04H00	5460	81,75	31,47	15,06
	05H00	5520	81,79	31,51	15,51
	06H00	5580	81,83	31,55	15,49
	07H00	5640	81,87	31,59	15,59
	08H00	5700	81,91	31,63	16,04
	09H00	5760	81,95	31,67	16,05
	10H00	5820	81,99	31,71	15,95
	11H00	5880	82,03	31,75	15,97
	12H00	5940	82,06	31,78	15,97
	13H00	6000	82,09	31,81	15,80
	14H00	6060	82,12	31,84	15,63
	15H00	6120	82,15	31,87	15,76
	16H00	6180	82,18	31,90	15,94
	17H00	6240	82,21	31,93	15,90
	18H00	6300	82,25	31,97	15,51
	19H00	6360	82,29	32,01	15,44
	20H00	6420	82,33	32,05	15,54
	21H00	6480	82,37	32,09	15,73
	22H00	6540	82,41	32,13	15,52
	23H00	6600	82,45	32,17	15,67
06/10/2014	00H00	6660	82,48	32,20	15,61
	01H00	6720	82,51	32,23	15,67
	02H00	6780	82,54	32,26	15,55
	03H00	6840	82,57	32,29	15,54
	04H00	6900	82,60	32,32	15,60
	05H00	6960	82,62	32,34	15,56
	06H00	7020	82,64	32,36	15,31
	07H00	7080	82,66	32,38	15,66
	08H00	7140	82,68	32,40	16,08
	09H00	7200	82,70	32,42	15,63
	10H00	7260	82,73	32,45	15,55
	11H00	7320	82,74	32,46	15,42
	12H00	7380	82,77	32,49	15,61
	13H00	7440	82,78	32,50	15,53
	14H00	7500	82,80	32,52	15,70
	15H00	7560	82,82	32,54	15,66
	16H00	7620	82,84	32,56	15,78
	17H00	7680	82,87	32,59	15,81
	18H00	7740	82,90	32,62	15,46

	19H00	7800	82,93	32,65	15,66
	20H00	7860	82,95	32,67	15,44
	21H00	7920	82,97	32,69	15,39
	22H00	7980	82,98	32,70	15,39
	23H00	8040	82,99	32,71	15,41
07/10/2014	00H00	8100	83,00	32,72	15,57
	01H00	8160	82,03	31,75	15,50
	02H00	8220	83,06	32,78	15,52
	03H00	8280	83,09	32,81	15,57
	04H00	8340	83,11	32,83	15,46
	05H00	8400	83,12	32,84	15,45
	06H00	8460	83,15	32,87	15,39
	07H00	8520	83,18	32,90	15,63
	08H00	8580	83,21	32,93	15,42
	09H00	8640	83,22	32,94	15,58
				débit moyen	16,75

REMONTÉE

DATE	HEURE	Temps (T') (mn)	Tp/T'	NIVEAU D'EAU (m/sol)	Rabattement résiduel
	09H00	0	8640,00	83,22	32,94
07/10/2014		1	8640,00	76,36	26,08
		2	4320,00	77,57	27,29
		5	1728,00	65,00	14,72
		10	864,00	60,90	10,62
		15	576,00	59,30	9,02
		20	432,00	58,65	8,37
		25	345,60	58,09	7,81
		30	288,00	57,80	7,52
		40	216,00	57,38	7,10
		50	172,80	57,03	6,75
	10H00	60	144,00	56,90	6,62
		80	108,00	56,35	6,07
		100	86,40	55,98	5,70
	11H00	120	72,00	55,70	5,42
		150	57,60	55,38	5,10
	12H00	180	48,00	55,17	4,89
		240	36,00	54,67	4,39
		300	28,80	54,38	4,10
		360	24,00	54,06	3,78
		420	20,57	53,83	3,55

		480	18,00	53,66	3,38
		540	16,00	53,51	3,23
	18H00	600	14,40	53,40	3,12
		660	13,09	53,31	3,03
		720	12,00	53,27	2,99
		780	11,07	53,20	2,92
		840	10,29	53,17	2,89
08/10/2014	00H00	900	9,60	53,10	2,82
	01H00	960	9,00	53,00	2,72
	02H00	1020	8,47	52,98	2,70
		1080	8,00	52,86	2,58
		1140	7,58	52,78	2,50
		1200	7,20	52,72	2,44
		1260	6,86	52,66	2,38
		1320	6,55	52,63	2,35
		1380	6,26	52,61	2,33
		1440	6,00	52,61	2,33
	10H00	1500	5,76	52,63	2,35
		1560	5,54	52,70	2,42
		1620	5,33	52,62	2,34
		1680	5,14	52,60	2,32
		1740	4,97	52,52	2,24
		1800	4,80	52,44	2,16
		1860	4,65	52,40	2,12
	17H00	1920	4,50	52,36	2,08
		1980	4,36	52,32	2,04
		2040	4,24	52,31	2,03
		2100	4,11	52,30	2,02
		2160	4,00	52,30	2,02
		2220	3,89	52,32	2,04
		2280	3,79	52,33	2,05
09/10/2014	00H00	2340	3,69	52,32	2,04
	01H00	2400	3,60	52,31	2,03
	02H00	2460	3,51	52,28	2,00
		2520	3,42	52,25	1,97
		2580	3,35	52,19	1,91
		2640	3,27	52,17	1,89
		2700	3,20	52,12	1,84
		2760	3,13	52,10	1,82
		2820	3,06	52,10	1,82
		2880	3,00	52,10	1,82
	10H00	2940	2,94	52,11	1,83
		3000	2,88	52,12	1,84
		3060	2,82	52,13	1,85
		3120	2,77	52,12	1,84
		3180	2,72	52,10	1,82

		3240	2,67	52,08	1,80
		3300	2,62	52,03	1,75
	17H00	3360	2,57	52,01	1,73
		3420	2,53	51,99	1,71
		3480	2,48	51,97	1,69
		3540	2,44	51,96	1,68
		3600	2,40	51,98	1,70
		3660	2,36	52,00	1,72
		3720	2,32	52,00	1,72
10/10/2014	00H00	3780	2,29	52,01	1,73
	01H00	3840	2,25	52,02	1,74
	02H00	3900	2,22	52,00	1,72
		3960	2,18	51,98	1,70
		4020	2,15	51,94	1,66
		4080	2,12	51,91	1,63
		4140	2,08	51,88	1,60
		4200	2,06	51,86	1,58
		4260	2,03	51,85	1,57
		4320	2,00	51,85	1,57
	10H00	4380	1,97	51,86	1,58
		4440	1,95	51,86	1,58
		4500	1,92	51,89	1,61
		4560	1,89	51,93	1,65
		4620	1,87	51,87	1,59
		4680	1,85	51,85	1,57
		4740	1,82	51,83	1,55
	17H00	4800	1,80	51,80	1,52
		4860	1,78	51,80	1,52
		4920	1,76	51,77	1,49
		4980	1,73	51,76	1,48
		5040	1,71	51,77	1,49
		5100	1,69	51,78	1,50
		5160	1,67	51,81	1,53
11/10/2014	00H00	5220	1,66	51,82	1,54
	01H00	5280	1,64	51,83	1,55
	02H00	5340	1,62	51,82	1,54
		5400	1,60	51,80	1,52
		5460	1,58	51,78	1,50
		5520	1,57	51,75	1,47
		5580	1,55	51,71	1,43
		5640	1,53	51,70	1,42
		5700	1,52	51,69	1,41
		5760	1,50	51,69	1,41
	10H00	5820	1,48	51,69	1,41
		5880	1,47	51,71	1,43
		5940	1,45	51,71	1,43

		6000	1,44	51,73	1,45
		6060	1,43	51,77	1,49
		6120	1,41	51,72	1,44
		6180	1,40	51,69	1,41
	17H00	6240	1,38	51,67	1,39
		6300	1,37	51,65	1,37
		6360	1,36	51,64	1,36
		6420	1,35	51,63	1,35
		6480	1,33	51,65	1,37
		6540	1,32	51,64	1,36
		6600	1,31	51,65	1,37
12/10/2014	00H00	6660	1,30	51,66	1,38
	01H00	6720	1,29	51,67	1,39
	02H00	6780	1,27	51,67	1,39
		6840	1,26	51,67	1,39
		6900	1,25	51,65	1,37
		6960	1,24	51,64	1,36
		7020	1,23	51,62	1,34
		7080	1,22	51,59	1,31
		7140	1,21	51,60	1,32
		7200	1,20	51,58	1,30
	10H00	7260	1,19	51,58	1,30
		7320	1,18	51,57	1,29
		7380	1,17	51,58	1,30
		7440	1,16	51,58	1,30
		7500	1,15	51,58	1,30
		7560	1,14	51,58	1,30
		7620	1,13	51,57	1,29
	17H00	7680	1,13	51,56	1,28
	19H00	7800	1,11	51,55	1,27
	21H00	7920	1,09	51,53	1,25
	23H00	8040	1,07	51,53	1,25
13/10/2014	01H00	8160	1,06	51,55	1,27
	03H00	8280	1,04	51,56	1,28
	05H00	8400	1,03	51,54	1,26
	07H00	8520	1,01	51,53	1,25
	09H00	8640	1,00	51,48	1,20

**Tableau4.4: les paliers de Forage de GOE62
(1em Palier, 2em Palier, 3em Palier et 4^{em} Palier).**

	Temps (mn)	Niveau Dynamique (m)	Débit (m³/h)	Rabattement (m)	Observation
1er PALIER	0	77.5	0	0	CE debit = 103910,80
	5	78.61	9.32	1.11	
	10	78.55	12.2	1.05	
	15	79	9.3	1.5	
	20	78.8	8.86	1.3	
	25	78.75	8.63	1.25	
	30	78.75	8.66	1.25	
	40	79.21	10.57	1.71	
	50	79.18	10.14	1.68	
	60	79.13	9.83	1.63	
	80	79.22	10.04	1.72	
	100	79.35	10.34	1.85	
	120	79.37	10.43	1.87	
2ème PALIER	125	84.16	23.03	6.66	
	130	84.11	21.37	6.61	
	140	83.3	19.58	5.8	
	150	83.8	19.32	6.3	
	160	83.37	19.29	5.87	
	180	83.53	19.4	6.03	
	200	83.58	19.67	6.08	
	220	83.55	19.29	6.05	
3ème PALIER	240	83.5	18.88	6	
	250	89.38	31.63	11.88	
	260	90.87	31.46	13.37	
	270	91.52	30.84	14.02	
	280	91.94	31.22	14.44	
	290	92.3	31.06	14.8	
	300	92.54	30.59	15.04	
	320	92.82	31.35	15.32	
	340	93.17	31.71	15.67	
4ème PALIER	360	93.45	31.19	15.95	
	370	100.4	39.43	22.9	
	380	101.87	39	24.37	
	390	102.6	38.66	25.1	
	400	103.21	38.54	25.71	
	410	103.72	38.46	26.22	
	420	104.1	38.54	26.6	
	440	104.78	38.13	27.28	
	460	105.31	38.37	27.81	
	480	105.71	38.25	28.21	CE fin = 104110,23

Remonté

Heure	Temps (mn)	Niveau Dynamique (m)	Rabat. Résiduel (m)
	5	93.29	15.79
	10	84.1	6.6
	20	80.12	2.62
	30	79.07	1.57
	40	78.81	1.31
20H:00	60	78.46	0.96
	80	78.29	0.79
	100	78.22	0.72
21H:00	120	78.18	0.68

Essai de nappe de GEO62 **DESCENTE**

DATE	HEURE	TEMPS (mn)	NIVEAU D'EAU	RABATTEMENT	Débit m3/h
			m/sol	m/sol	
22/10/2014	11H01	0	77,50	0,00	
		1	84,50	7,00	
		2	88,10	10,60	26,00
		3	89,70	12,20	26,00
		4	87,50	10,00	26,00
		5	86,20	8,70	26,00
		10	83,90	6,40	25,80
		15	86,15	8,65	25,65
		20	85,55	8,05	22,62
		25	85,40	7,90	22,74
		30	85,40	7,90	22,67
		35	85,45	7,95	22,47
		40	85,47	7,97	22,71
		45	85,50	8,00	22,52
		50	85,54	8,04	22,27
		55	85,56	8,06	22,11
	12H00	60	85,58	8,08	22,15
		70	85,64	8,14	21,59
		80	85,75	8,25	21,75
		90	85,84	8,34	22,23
		100	85,89	8,39	21,77
		110	85,95	8,45	22,22
	13H00	120	85,99	8,49	22,07
		140	86,10	8,60	22,22
		160	86,17	8,67	21,96

	14H00	180	86,24	8,74	22,23
		200	86,28	8,78	22,15
		220	86,32	8,82	22,03
		240	86,36	8,86	21,96
		270	86,41	8,91	22,04
	16H00	300	86,41	8,91	21,93
		330	86,41	8,91	22,65
	17H00	360	86,44	8,94	21,89
	18H00	420	86,51	9,01	21,89
		480	86,52	9,02	21,93
		540	86,53	9,03	21,72
		600	86,57	9,07	21,72
		660	86,58	9,08	21,51
		720	86,60	9,10	21,67
23/10/2014	00H00	780	86,61	9,11	21,51
		840	86,62	9,12	21,77
		900	86,65	9,15	21,74
		960	86,65	9,15	21,63
		1020	86,66	9,16	21,54
		1080	86,67	9,17	21,40
	6H00	1140	86,71	9,21	21,28
		1200	86,76	9,26	21,49
		1260	86,78	9,28	21,43
		1320	86,82	9,32	21,39
		1380	86,86	9,36	21,39
		1440	86,89	9,39	21,38
	12H00	1500	86,90	9,40	21,40
		1560	86,88	9,38	21,37
		1620	86,89	9,39	21,62
		1680	86,90	9,40	21,05
		1740	86,90	9,40	20,97
		1800	86,87	9,37	21,13
	18H00	1860	86,90	9,40	20,50
		1920	86,92	9,42	21,20
		1980	86,94	9,44	20,60
		2040	86,97	9,47	20,86
		2100	86,99	9,49	21,60
		2160	87,01	9,51	20,84
24/10/2014	00H00	2220	87,02	9,52	21,25
		2280	87,03	9,53	21,17
		2340	87,06	9,56	20,38
		2400	87,07	9,57	21,41
		2460	87,08	9,58	20,84
		2520	87,10	9,60	21,21
	6H00	2580	87,13	9,63	21,11
		2640	87,14	9,64	21,25

		2700	87,15	9,65	21,02
		2760	87,16	9,66	21,01
		2820	87,17	9,67	21,03
		2880	87,18	9,68	20,96
	12H00	2940	87,19	9,69	20,02
		3000	87,18	9,68	20,97
		3060	87,18	9,68	20,95
		3120	87,19	9,69	20,95
		3180	87,19	9,69	20,93
		3240	87,21	9,71	20,99
	18H00	3300	87,22	9,72	20,99
		3360	87,22	9,72	20,99
		3420	87,24	9,74	20,88
		3480	87,25	9,75	20,85
		3540	87,26	9,76	20,85
		3600	87,12	9,62	20,84
25/10/2014	00H00	3660	87,12	9,62	20,84
		3720	87,13	9,63	20,57
		3780	87,13	9,63	20,53
		3840	87,15	9,65	20,57
		3900	87,17	9,67	20,57
		3960	87,17	9,67	20,58
	6H00	4020	87,19	9,69	20,01
		4080	87,20	9,70	20,53
		4140	87,22	9,72	20,50
		4200	87,23	9,73	20,52
		4260	87,23	9,73	20,51
		4320	87,24	9,74	20,49
	12H00	4380	87,24	9,74	20,48
		4440	87,24	9,74	20,49
		4500	87,25	9,75	20,49
		4560	87,26	9,76	20,46
		4620	87,26	9,76	20,50
		4680	87,27	9,77	20,48
	18H00	4740	87,29	9,79	20,50
		4800	87,29	9,79	20,49
		4860	87,23	9,73	20,37
		4920	87,24	9,74	20,26
		4980	87,24	9,74	20,29
		5040	87,25	9,75	20,37
26/10/2014	00H00	5100	87,27	9,77	20,25
		5160	87,27	9,77	20,27
		5220	87,28	9,78	20,28
		5280	87,29	9,79	20,26
		5340	87,29	9,79	20,23
		5400	87,30	9,80	20,22

	6H00	5460	87,31	9,81	20,27
		5520	87,32	9,82	20,15
		5580	87,32	9,82	20,19
		5640	87,34	9,84	20,17
		5700	87,36	9,86	20,19
		5760	87,37	9,87	20,21
	12H00	5820	87,38	9,88	20,19
		5880	87,38	9,88	20,19
		5940	87,37	9,87	20,15
		6000	87,36	9,86	20,15
		6060	87,35	9,85	20,17
		6120	87,35	9,85	20,11
	18H00	6180	87,36	9,86	20,20
		6240	87,38	9,88	20,18
		6300	87,40	9,90	20,18
		6360	87,42	9,92	20,19
		6420	87,43	9,93	20,13
		6480	87,44	9,94	20,12
27/10/2014	00H00	6540	87,44	9,94	20,12
		6600	87,45	9,95	20,12
		6660	87,40	9,90	19,79
		6720	87,42	9,92	20,03
		6780	87,47	9,97	20,07
		6840	87,47	9,97	20,08
	6H00	6900	87,47	9,97	19,98
		6960	87,52	10,02	20,10
		7020	87,56	10,06	20,16
		7080	87,58	10,08	20,10
		7140	87,58	10,08	20,17
		7200	87,59	10,09	20,13
	12H00	7260	87,60	10,10	20,14
		7320	87,60	10,10	20,14
		7380	87,60	10,10	20,22
		7440	87,61	10,11	20,13
		7500	87,62	10,12	20,09
		7560	87,63	10,13	20,12
	18H00	7620	87,64	10,14	20,12
		7680	87,67	10,17	20,14
		7740	87,68	10,18	20,10
		7800	87,69	10,19	20,09
		7860	87,69	10,19	20,12
		7920	87,70	10,20	20,11
28/10/2014	00H00	7980	87,71	10,21	20,09
		8040	87,71	10,21	20,05
		8100	87,72	10,22	20,05
		8160	87,72	10,22	20,03

		8220	87,73	10,23	20,00
		8280	87,74	10,24	20,03
	6H00	8340	87,76	10,26	20,02
		8400	87,78	10,28	20,02
		8460	87,80	10,30	20,05
		8520	87,81	10,31	20,05
		8580	87,82	10,32	20,05
		8640	87,84	10,34	20,07
	12H00	8700	87,82	10,32	20,09
		8760	87,81	10,31	20,05
		8820	87,82	10,32	20,01
		8880	87,82	10,32	20,03
		8940	87,82	10,32	20,03
		9000	87,83	10,33	20,02
	18H00	9060	87,84	10,34	20,02
		9120	87,85	10,35	19,99
		9180	87,88	10,38	20,00
		9240	87,90	10,40	20,01
		9300	87,90	10,40	20,02
		9360	87,91	10,41	20,02
29/10/2014	00H00	9420	87,92	10,42	20,15
		9480	87,92	10,42	20,01
		9540	87,93	10,43	20,01
		9600	87,95	10,45	20,01
		9660	87,96	10,46	20,03
		9720	87,96	10,46	20,01
	6H00	9780	87,98	10,48	20,00
		9840	87,99	10,49	20,00
		9900	88,01	10,51	20,00
		9960	88,02	10,52	20,01
		10020	88,03	10,53	20,03
		10080	88,04	10,54	20,00
	12H00	10140	88,05	10,55	20,00
		10200	88,04	10,54	20,02
		10260	88,03	10,53	20,02
		10320	88,03	10,53	20,02
		10380	88,03	10,53	20,00
		10440	88,03	10,53	20,04
	18H00	10500	88,05	10,55	19,94
		10560	88,07	10,57	19,94
		10620	88,09	10,59	19,89
		10680	88,10	10,60	19,91
		10740	88,11	10,61	19,98
		10800	88,11	10,61	19,85
30/10/2014	00H00	10860	88,12	10,62	19,91
		10920	88,11	10,61	19,99

		10980	88,12	10,62	19,92
		11040	88,12	10,62	19,88
		11100	88,12	10,62	19,93
		11160	88,14	10,64	19,88
	6H00	11220	88,15	10,65	19,89
		11280	88,17	10,67	19,89
		11340	88,19	10,69	19,88
		11400	88,19	10,69	19,89
		11460	88,20	10,70	19,90
		11520	88,20	10,70	19,88
	12H00	11580	88,20	10,70	19,87
		11640	88,19	10,69	19,84
		11700	88,19	10,69	19,85
		11760	88,19	10,69	19,87
		11820	88,20	10,70	19,85
		11880	88,20	10,70	19,83
	18H00	11940	88,21	10,71	19,84
		12000	88,23	10,73	19,95
		12060	88,24	10,74	19,82
		12120	88,26	10,76	19,83
		12180	88,28	10,78	19,83
		12240	88,29	10,79	19,79
31/10/2014	00H00	12300	88,30	10,80	19,85
		12360	88,30	10,80	19,90
		12420	88,32	10,82	19,84
		12480	88,32	10,82	19,86
		12540	88,33	10,83	19,80
		12600	88,33	10,83	19,87
	6H00	12660	88,34	10,84	19,87
		12720	88,36	10,86	19,84
		12780	88,38	10,88	19,88
		12840	88,40	10,90	19,85
		12900	88,41	10,91	19,79
		12960	88,41	10,91	19,83
	12H00	13020	88,41	10,91	19,83
		13080	88,41	10,91	19,85
		13140	88,41	10,91	19,83
		13200	88,40	10,90	19,85
		13260	88,40	10,90	19,79
		13320	88,40	10,90	19,83
	18H00	13380	88,42	10,92	19,84
		13440	88,43	10,93	19,81
		13500	88,45	10,95	19,85
		13560	88,47	10,97	19,83
		13620	88,49	10,99	19,81
		13680	88,50	11,00	19,80

01/11/2014	00H00	13740	88,51	11,01	19,84
		13800	88,51	11,01	19,83
		13860	88,51	11,01	19,85
		13920	88,52	11,02	19,85
		13980	88,52	11,02	19,83
		14040	88,53	11,03	19,83
	6H00	14100	88,54	11,04	19,83
		14160	88,55	11,05	19,80
		14220	88,56	11,06	19,81
		14280	88,58	11,08	19,84
		14340	88,59	11,09	19,81
		14400	88,59	11,09	19,81
	12H00	14460	88,59	11,09	19,78
		14520	88,61	11,11	19,83
		14580	88,62	11,12	19,78
		14640	88,64	11,14	19,65
		14700	88,64	11,14	19,66
		14760	88,64	11,14	19,65
	18H00	14820	88,65	11,15	19,66
		14880	88,66	11,16	19,67
		14940	88,68	11,18	19,73
		15000	88,70	11,20	19,62
		15060	88,71	11,21	19,64
		15120	88,73	11,23	19,64
02/11/2014	00H00	15180	88,75	11,25	19,65
		15240	88,75	11,25	19,58
		15300	88,75	11,25	19,57
		15360	88,75	11,25	19,59
		15420	88,76	11,26	19,62
		15480	88,77	11,27	19,65
	6H00	15540	88,78	11,28	19,65
		15600	88,79	11,29	19,57
		15660	88,80	11,30	19,61
		15720	88,83	11,33	19,58
		15780	88,84	11,34	19,50
	11H00	15840	88,85	11,35	19,60
				débit moyen	20,54

Remonté

DATE	HEURE	Temps (T')	Tp/T'	NIVEAU D'EAU m/sol	Rabattement résiduel
		(mn)	(mn)		
03/11/2014	11H00	0	15840,00	88,85	11,35
	11H05	5	3168,00	85,72	8,22
		10	1584,00	85,71	8,21
		15	1056,00	85,70	8,20
		20	792,00	85,69	8,19
		25	633,60	85,67	8,17
		30	528,00	85,65	8,15
		40	396,00	85,63	8,13
		50	316,80	85,62	8,12
	12H00	60	264,00	85,61	8,11
		70	226,29	85,60	8,10
		80	198,00	85,60	8,10
		90	176,00	85,60	8,10
		100	158,40	85,59	8,09
		110	144,00	85,59	8,09
		120	132,00	85,59	8,09
		140	113,14	85,59	8,09
		160	99,00	85,58	8,08
		180	88,00	85,56	8,06
		210	75,43	85,53	8,03
		240	66,00	85,51	8,01
		300	52,80	85,50	8,00
		360	44,00	85,48	7,98
	18H00	420	37,71	85,45	7,95
		480	33,00	85,44	7,94
		540	29,33	85,44	7,94
		600	26,40	85,44	7,94
		660	24,00	85,43	7,93
		720	22,00	85,43	7,93
04/11/2014	00H00	780	20,31	85,43	7,93
		840	18,86	85,42	7,92
		900	17,60	85,41	7,91
		960	16,50	85,41	7,91
		1020	15,53	85,41	7,91
		1080	14,67	85,41	7,91
	6H00	1140	13,89	85,41	7,91
		1200	13,20	85,41	7,91
		1260	12,57	85,41	7,91
		1320	12,00	85,41	7,91
		1380	11,48	85,41	7,91
		1440	11,00	85,41	7,91

	12H00	1500	10,56	85,41	7,91
		1560	10,15	85,41	7,91
		1620	9,78	85,41	7,91
		1680	9,43	85,41	7,91
		1740	9,10	85,41	7,91
		1800	8,80	85,41	7,91
	18H00	1860	8,52	85,41	7,91
		1920	8,25	85,41	7,91
		1980	8,00	85,41	7,91
		2040	7,76	85,41	7,91
		2100	7,54	85,41	7,91
		2160	7,33	85,41	7,91
05/11/2014	00H00	2220	7,14	85,41	7,91
		2280	6,95	85,41	7,91
		2340	6,77	85,41	7,91
		2400	6,60	85,41	7,91
		2460	6,44	85,41	7,91
		2520	6,29	85,41	7,91
	6H00	2580	6,14	85,41	7,91
		2640	6,00	85,41	7,91
		2700	5,87	85,41	7,91
		2760	5,74	85,41	7,91
		2820	5,62	85,41	7,91
		2880	5,50	85,41	7,91
	12H00	2940	5,39	85,41	7,91
		3000	5,28	85,41	7,91
		3060	5,18	85,41	7,91
		3120	5,08	85,41	7,91
		3180	4,98	85,41	7,91
		3240	4,89	85,41	7,91
	18H00	3300	4,80	85,41	7,91
		3360	4,71	85,41	7,91
		3420	4,63	85,41	7,91
		3480	4,55	85,41	7,91
		3540	4,47	85,41	7,91
		3600	4,40	85,41	7,91
06/11/2014	00H00	3660	4,33	85,41	7,91
		3720	4,26	85,41	7,91
		3780	4,19	85,41	7,91
		3840	4,13	85,41	7,91
		3900	4,06	85,41	7,91
		3960	4,00	85,41	7,91
	6H00	4020	3,94	85,41	7,91
		4080	3,88	85,41	7,91
		4140	3,83	85,41	7,91
		4200	3,77	85,41	7,91

		4260	3,72	85,41	7,91
		4320	3,67	85,41	7,91
	12H00	4380	3,62	85,41	7,91
		4440	3,57	85,41	7,91
		4500	3,52	85,41	7,91
		4560	3,47	85,41	7,91
		4620	3,43	85,41	7,91
		4680	3,38	85,41	7,91
	18H00	4740	3,34	85,41	7,91
		4800	3,30	85,41	7,91
		4860	3,26	85,41	7,91
		4920	3,22	85,41	7,91
		4980	3,18	85,41	7,91
		5040	3,14	85,41	7,91
07/11/2014	00H00	5100	3,11	85,41	7,91
		5160	3,07	85,41	7,91
		5220	3,03	85,41	7,91
		5280	3,00	85,41	7,91
		5340	2,97	85,41	7,91
		5400	2,93	85,41	7,91
	6H00	5460	2,90	85,41	7,91
		5520	2,87	85,41	7,91
		5580	2,84	85,41	7,91
		5640	2,81	85,41	7,91
		5700	2,78	85,41	7,91
		5760	2,75	85,41	7,91
	12H00	5820	2,72	85,41	7,91
		5880	2,69	85,41	7,91
		5940	2,67	85,41	7,91
		6000	2,64	85,41	7,91
		6060	2,61	85,41	7,91
		6120	2,59	85,41	7,91
	18H00	6180	2,56	85,41	7,91
		6240	2,54	85,41	7,91
		6300	2,51	85,41	7,91
		6360	2,49	85,41	7,91
		6420	2,47	85,41	7,91
		6480	2,44	85,41	7,91
08/11/2014	00H00	6540	2,42	85,41	7,91
		6600	2,40	85,41	7,91
		6660	2,38	85,41	7,91
		6720	2,36	85,41	7,91
		6780	2,34	85,41	7,91
		6840	2,32	85,41	7,91
	6H00	6900	2,30	85,41	7,91
		6960	2,28	85,41	7,91

		7020	2,26	85,41	7,91
		7080	2,24	85,41	7,91
		7140	2,22	85,41	7,91
		7200	2,20	85,41	7,91
	12H00	7260	2,18	85,41	7,91
		7320	2,16	85,41	7,91
		7380	2,15	85,41	7,91
		7440	2,13	85,41	7,91
		7500	2,11	85,41	7,91
		7560	2,10	85,41	7,91
	18H00	7620	2,08	85,41	7,91
		7680	2,06	85,41	7,91
		7740	2,05	85,41	7,91
		7800	2,03	85,41	7,91
		7860	2,02	85,41	7,91
		7920	2,00	85,41	7,91
09/11/2014	00H00	7980	1,98	85,41	7,91
		8040	1,97	85,41	7,91
		8100	1,96	85,41	7,91
		8160	1,94	85,41	7,91
		8220	1,93	85,41	7,91
		8280	1,91	85,41	7,91
	6H00	8340	1,90	85,41	7,91
		8400	1,89	85,41	7,91
		8460	1,87	85,41	7,91
		8520	1,86	85,41	7,91
		8580	1,85	85,41	7,91
	12H00	8700	1,82	85,41	7,91
		8820	1,80	85,41	7,91
		8940	1,77	85,41	7,91
	18H00	9060	1,75	85,41	7,91
		9180	1,73	85,41	7,91
		9300	1,70	85,41	7,91
10/11/2014	00H00	9420	1,68	85,41	7,91
		9540	1,66	85,41	7,91
		9660	1,64	85,41	7,91
	06H00	9780	1,62	85,41	7,91
		9900	1,60	85,41	7,91
		10020	1,58	85,41	7,91
	12H00	10140	1,56	85,41	7,91
		10260	1,54	85,41	7,91
		10380	1,53	85,41	7,91
	18H00	10500	1,51	85,41	7,91
		10620	1,49	85,41	7,91
		10740	1,47	85,41	7,91
11/11/2014	00H00	10860	1,46	85,41	7,91

		10980	1,44	85,41	7,91
		11100	1,43	85,41	7,91
	06H00	11220	1,41	85,41	7,91
		11340	1,40	85,41	7,91
		11460	1,38	85,41	7,91
	12H00	11580	1,37	85,41	7,91
		11700	1,35	85,41	7,91
		11820	1,34	85,41	7,91
	18H00	11940	1,33	85,41	7,91
		12060	1,31	85,41	7,91
		12180	1,30	85,41	7,91
12/11/2014	00H00	12300	1,29	85,41	7,91
		12420	1,28	85,41	7,91
		12540	1,26	85,41	7,91
	06H00	12660	1,25	85,41	7,91
		12780	1,24	85,41	7,91
		12900	1,23	85,41	7,91
	12H00	13020	1,22	85,41	7,91
		13140	1,21	85,41	7,91
		13260	1,19	85,41	7,91
	18H00	13380	1,18	85,40	7,90
		13500	1,17	85,40	7,90
		13620	1,16	85,40	7,90
13/11/2014	00H00	13740	1,15	85,40	7,90
		13860	1,14	85,40	7,90
		13980	1,13	85,40	7,90
	06H00	14100	1,12	85,40	7,90
		14220	1,11	85,40	7,90
		14340	1,10	85,40	7,90
	11H00	14460	1,10	85,40	7,90