

**GEOPHYSIQUE APPLIQUEE A LA RECHERCHE D'EAU EN MILIEU
FISSURE
CAS DE MAGTA-LAHJAR AU CENTRE DE MAURITANIE**

Avant-propos:

Au terme de ce travail, il m'est particulièrement agréable de remercier ici toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Je remercie également Monsieur Mamadou FALL, Maître de Conférence au Département de Géologie, pour avoir accepté de présider mon Jury, malgré votre programme très chargé. Je vous prie de croire à ma gratitude et ma reconnaissance ;

Je tiens à remercier Monsieur Abdoulaye FAYE, Maître de Conférence et responsable du 3eme cycle de Géologie Appliquée, pour avoir accepté mon inscription en AEA d'Hydrogéologie et de m'avoir encadré. Qu'il trouve ici mes remerciements les plus sincères.

Monsieur, Baba SARR Assistant à l'UCAD d'avoir accepté de juger ce travail, vous m'honorez par votre présence dans mon jury.

Monsieur, Maguette Fary NIANG, Maître Assistant à l'UCAD, d'avoir accepté de juger ce travail malgré vos multiples occupations.

Mes remerciements sincère s'adressent aussi à Monsieur Saad Ebih OULD MOHAMED ELHCEN, Directeur Général de CNRE, Monsieur Mohamed Mahmoud OULD EL IYEL Directeur technique de l'ANEPA, Monsieur Bassirou DIAGANA conseillers au MDRHE.

Monsieur Mohamed Lemine OULD YAHYA, PDG de bureau PHY, je remercie l'ensemble du personnel du CNRE qui a tout fait pour le bon déroulement de mon stage. Qu'ils trouvent en ces mots ma sincère reconnaissance ;

Monsieur BARRY Sidi Hemet chef de service SEE au CNRE, Monsieur Samba THIEYE chef de service SIG, Madame Marjorie CHOPAIN Assistante Technique au CNRE, Monsieur Mokhtar ould TEISS chef de service SDI, Monsieur Naji ould Elmamy, Monsieur Hassan GAYE, Monsieur THIAM Mahamadou, Monsieur Mostapha ould Mohamed Val, Cherif Moulaye ould Hasni Monsieur WAIGA, Monsieur BA Mamadou, Monsieur Ba Elmamy ILO.

Je ne saurais terminer sans remercier les Docteurs Alfred Kouly TINE et Olivier Florent ESSOLI, pour les conseils et tout le soutien qu'ils m'ont apporté pour l'aboutissement de ce travail. J'associe à ces remerciements tous les étudiants chercheurs du département Mballo DIAWARA, Mamadou Moustapha CAMARA, Cheikh NDIAYE, Ibrahima DEME, Abdoul Aziz GNIGUE Marième Soda DIALLO, Insa DIA, Babakar KAMA, Oumarou WAGUE, Bah OULD EZEIN, Yahya OULE MAHFOUD, Elwely OULD ELMOKHTAR. Fall THIERNO sans oublier mes amis de MGE, Sarra mint Ismail, Aicha mint Mohamed, Oumsebtin mint Mohamed Salem, Sidi ould Yeslim, Baba ould sidahmed ; Sid'Amed ould Izid bih ;

Je tiens à remercier particulièrement toute ma famille : ma mère Meina, mes cosins, Ishak, Ismail, et Souleymane, mes frères Docteur Moussa ould Cheibetta, Yossef ould Cheibetta

Je remerci également mes amis Elhaj ould Sidbrahim, Elhaj ould Bouhamadi, , Yahya ould Khatri Bah ould Khatri Mohamed Cheikh ,Hacen, Jidou, Abdousslam.

SOMMAIRES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I: METHODES GEOPHYSIQUES.....	2
I.1 INTRODUCTION.....	2
I.2 METHODE ELECTRIQUE.....	3
I.3 METHODE ELECTROMAGNETIQUE.....	10
I.4 CONCLUSION.....	12
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	13
II.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	13
II.5 SYNTHESE GEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE.....	19
CHAPITRE III : TRAVAUX DE TERRAIN ET RESULTATS.....	38
II.1 METHODOLOGIE.....	38
II.3 INTERPRETATIONS DES RESULTATS.....	48
II.6 CONCLUSION GENERALE.....	67
BIBLIOGRAPHIE.....	67

Acronyms

ANEPA : Agence National d'Eau Potable et Assainissement

BRGM: Bureau de Recherches Géologiques Minières

BURGEAP : Bureau d'études de Géologie Appliquée et d'Hydrologie Souterraine

CNRE: Centre National des Ressources en Eau de Nouakchott

Dhaya: une grande mare

DHA: Direction de l'Hydraulique et d'Assainissement de Nouakchott

DEMG: Direction des Mines et de la Géologie de Nouakchott

FAC: Fond d'Aide à la Coopération de la France

Irrivi: Vent chaud

IWACO: Bureau d'Etudes de l'Eau et de l'Environnement

Moughata: Department

Oued: Cours d'eau

PHY: Prospection Hydraulique

PNUD: Programme des Nations Unies pour le Développement

UCAD : Universite Cheikh Anta Diop de Dakar

UNSA: Université de Nice Sophia Antipolis

Wilaya: Région

Résumé

Cette étude a été menée à Magta Lahjar, Ville situé au centre de la Mauritanie qui joue un rôle économique et agropastoral très important.

Sur le plan géologique cette zone d'étude est constituée de schistes et quartzites sur lesquels se sont formées des niveaux superficiels sablo argileux. Ces formations constituent des aquifères fissurés et discontinus.

La prospection géophysique (Méthode électrique) a été réalisée dans le cadre de l'alimentation en eau potable de la ville de Magta Lahjar. La méthodologie adoptée repose fondamentalement sur les investigations géophysiques de terrain.

L'analyse des sondages a permis de dégager pour chaque faciès une plage de résistivités caractéristiques de son état (fracturé ou non).

Les traînées électriques (réalisés en double longueur de ligne) ont permis de caractériser la distribution latérale des plages de résistivités et donc, de localiser les différentes discontinuités électriques.

L'analyse des données géophysiques montre qu'il existe quatre niveaux distincts :

- une zone conductrice à très conductrice représentant les niveaux d'argiles et les niveaux des feldspaths contenus dans les micaschistes de 8 à 25 $\Omega.m$;
- une zone d'altération intermédiaire représentée en générale par des résistivités allant de 30 à 50 $\Omega.m$ environ;
- une zone fracturée représentée par des résistivités de 30 à 150 $\Omega.m$;
- une zone de roche saine représentée par des schistes de 300 à 1200 $\Omega.m$;

Les études géophysique ont confirmé la continuité des fractures reconnues par le BRGM en 1990 au sud de Magta Lahjar et qui sont d'orientations NE-SW.

Cette étude a également mis en évidence l'existence de fractures majeures dans la zone d'Aguerj préalablement observés sur le terrain et matérialisées par un alignement d'arbres d'orientation E-W. Des fractures secondaires ont été détectées dans les zones de Tachott Savia de la Zone 3 et de Karma.

Au droit de ces fractures les études géophysiques ont permis d'implanter 17 sites de forages de reconnaissance.

Mots clés: Magta Lahjar, géophysique appliquée, anomalie géo électrique, traînée DLL, sondage électrique, nappe discontinu.

Introduction :

A l'instar de nombreux Pays d'Afrique sub-saharienne, la Mauritanie est l'un des Pays où sévit une crise croissante liée à la disponibilité de la ressource en eau, corollaire des effets conjugués d'une dégradation climatique sans précédente et d'une démographie croissante.

Si la Mauritanie possède une réserve en eau tout à fait intéressante, son accessibilité demeure difficile et le coût de son exploitation souvent prohibitif.

L'approvisionnement en eau potable de la ville de Magta-Lahjar est une préoccupation constante des autorités mauritaniennes, les études et travaux réalisés depuis près de 30 ans, n'ont pas permis d'assurer la couverture des besoins en eau d'une population dont la croissance démographique est en hausse. Pour résoudre ce problème, le Centre National des Ressources en Eau (CNRE) a décidé de réaliser une étude dont l'objectif général est d'assurer à long terme l'approvisionnement en eau potable de la ville.

Cette étude vise à mettre en évidence l'existence de nouvelles ressources en eau qui pourront être exploitées pour l'alimentation en eau de la population de la ville de Magta Lahjar.

C'est dans ce cadre que j'ai eu à suivre un stage de fin de formation au Centre National des Ressources en Eau (CNRE) pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en hydrogéologie.

Ce mémoire est présenté comme suit :

- le premier chapitre est consacré à l'explication des principes des méthodes géophysiques en milieu fissuré ;
- le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude dans son contexte géographique, géologique et hydrogéologique ;
- le troisième chapitre présente la méthodologie de l'étude et les résultats.

CHAPITRE I : METHODES GEOPHYSIQUES

I.1 Introduction

Les méthodes géophysiques appliquées à la recherche d'eau souterraine reposent toutes sur l'étude, à partir de mesures faites à la surface du sol, d'un paramètre physique lié à la constitution des roches du sous-sol comme par exemple : la densité, la vitesse de propagation des ondes élastiques, les propriétés électriques et magnétiques.

Parmi les méthodes utilisées en Mauritanie on peut citer la :

- Méthode électrique;
- Méthode électromagnétique.

Ce sont les plus utilisées dans les applications hydrogéologiques en milieu discontinu pour cette raison elles feront l'objet essentiel de ce chapitre.

Le rôle principal de la géophysique consiste alors à délimiter les zones supposées favorables à la présence d'eau.

La géophysique appliquée est l'outil le plus efficace pour déterminer la fracturation des terrains et appréhender l'existence d'un système hydrogéologique présumé.

I.2.La méthode électrique :

La recherche d'eau en milieu discontinu repose sur l'emploi de la méthode électrique, car elle permet de différencier les formations aqueuses des formations sèches.

I 2.1.Principes de la méthode électrique :

Les méthodes électriques étudient les variations des résistivités apparentes des terrains par injection de courant continu. En pratique, cette opération se réalise grâce à des électrodes que l'on plante dans le sol et que l'on relie à un générateur de courant.

La loi d'Ohm, $V = R.I$, donne la relation entre la différence de potentiel V du terrain, l'intensité du courant I injecté et la résistance R du milieu dans lequel le courant circule.

La résistivité apparente des terrains est définie par la formule :

$$\rho = K. \frac{\Delta V}{I}$$

ρ : résistivité apparente, en Ohms-mètres ($\Omega.m$)

K : coefficient géométrique du système de mesures pour un montage type Schlumberger k est égal à :

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}\right)}$$

ΔV : différence de potentiel mesurée (V);

I : intensité de courant injecté (A) ;

La résistivité dépend de nombreux facteurs : de la nature des terrains, de la porosité du sol, de la conductivité, de l'eau d'imbibition, de la taille, et de la répartition des fractures du sol.

On ne peut donc attribuer une valeur précise de résistivité à un milieu donné, néanmoins on peut fixer certaines limites comme celles données dans le (**Tableau 1**)

(DIAMENT et DUBOIS, 1997).

Tableau 1: Les valeurs de résistivité apparente pour différents terrains et de types d'eau.

Eaux ou roches	Résistivité ($\Omega.m$)
Eau de mer	0,2
Eau de nappes	10-30
Alluviales	50-100
Eau de sources	1000-10000
Sables et gravier	50-500
Secs	
Sables et graviers	0,5-5
Imbibés d'eau douce	2-20
Sables et graviers	20-100
Imbibés d'eau salée	300-10 000
Argiles	50-300
Marnes	300-10 000
Calcaires	20-100
Grés argileux	300-10 000
Grés, quartzites	0,5-5
Cinériles, tufs	100-300
Volcaniques	300-3000

La profondeur d'investigation du sous-sol dépend de la longueur de la ligne AB.

Pour des terrains conducteurs on choisit une profondeur d'investigation égale à $AB/2$.

Pour les terrains résistants on prend une profondeur d'investigation comprise entre $AB/3$ et $AB/4$, selon la valeur de la résistivité et la profondeur considérée (DIENG, 2003).

I.2.3 Types de dispositifs électriques

Selon que l'on s'intéresse aux variations, latérales ou à la profondeur, de la résistivité on distingue deux techniques : le traîné électrique (ou profil de résistivité) et le sondage électrique.

Quelle que soit la technique employée le principe reste le même. Lors de mesures sur le terrain on injecte du courant dans le sol grâce à une batterie ou à un groupe électrogène relié à deux électrodes A et B plantées dans le sol. On mesure, à l'aide d'un voltmètre, entre les points M et N, les différences de potentiel du sol. C'est le dispositif de type quadripôle AMNB.

Il existe différents types de montages électriques pour le quadripôle AMNB, en fonction de l'écartement relatif des électrodes A, M, N et B

I.2.3.1 Le traîné électrique :

Le profil de résistivité donne, pour des stations de mesure alignées et régulièrement espacées, la valeur de résistivité apparente mesurée à l'aide d'un quadripôle AMNB de longueur constante (**Figure 1**). Il met donc en évidence les variations latérales de la résistivité apparente pour une profondeur d'investigation déterminée.

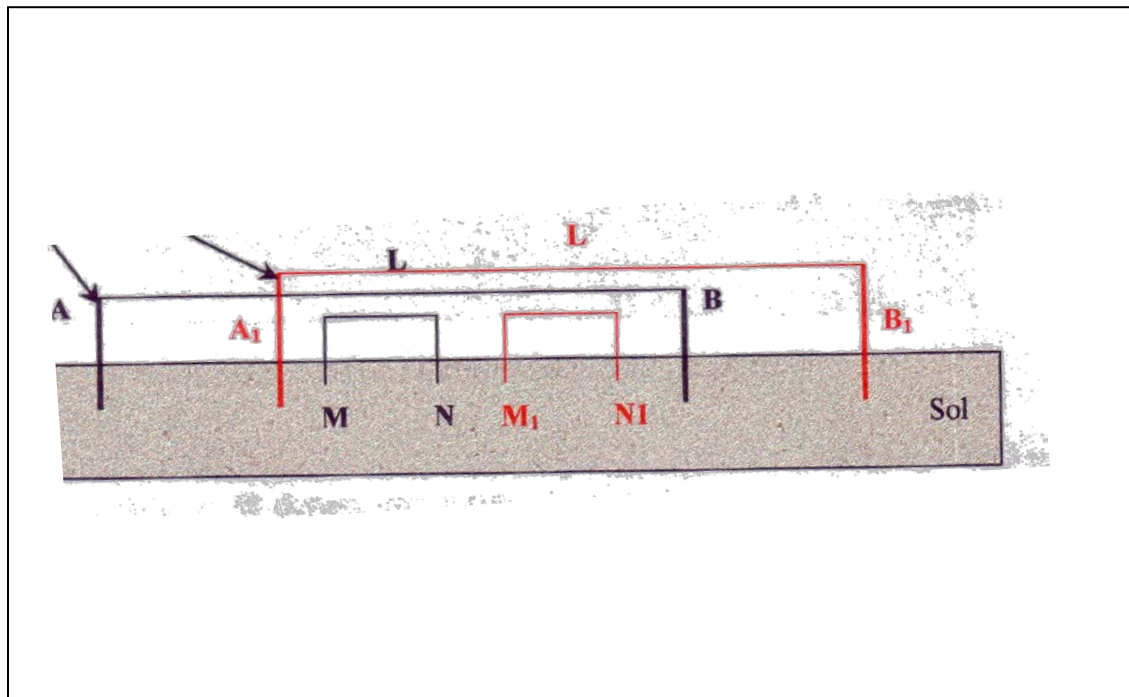


Figure 1 : le dispositif du traîné électrique simple

Le traîné simple s'est révélé peu efficace dans le milieu discontinu : la localisation des anomalies est aléatoire. Il faut trouver d'autres indices pour repérer les contextes géoélectriques présumés favorables, qui seront par la suite confirmés par sondage électrique.

Le bureau P HY (Prospection Hydraulique) utilise une autre méthode pour les profils de résistivité, il s'agit d'effectuer des traînés de résistivité en double longueur de ligne (DLL).

Cette méthode consiste à faire deux traînés de longueurs AB différentes sur un même profil. Ceci permet de suivre l'évolution latérale de la résistivité des horizons situés à deux profondeurs distincts. Cela permet aussi de suivre l'évolution de comportement géoélectrique

des horizons considérés et de mettre en évidence des accidents de résistivité liés à la fracturation et aux contacts géologiques.

Cette méthode permet aussi d'avoir une idée sur l'allure du sondage électrique pour les deux valeurs de AB en tout point du profil de résistivité (OULD YAHYA, 1999).

I.2.3.2 Le sondage électrique :

Pour le sondage électrique, à partir d'un point (o) donnée, centre du quadripôle, on augmente les dimensions du dispositif de mesure en écartant les électrodes A et B (**Figure 2**).

Le courant injecté pénètre de plus en plus profondément dans le sol et la résistivité apparente dépend d'un nombre de plus en plus grand de couches traversées.

Cela permet de suivre l'évolution de la résistivité en fonction de la profondeur et de connaître indirectement la lithologie du sous sol, chaque type de roche ayant une plage de résistivité propre.

On établit ainsi une courbe de variation de la résistivité apparente des terrains en fonction de la profondeur.

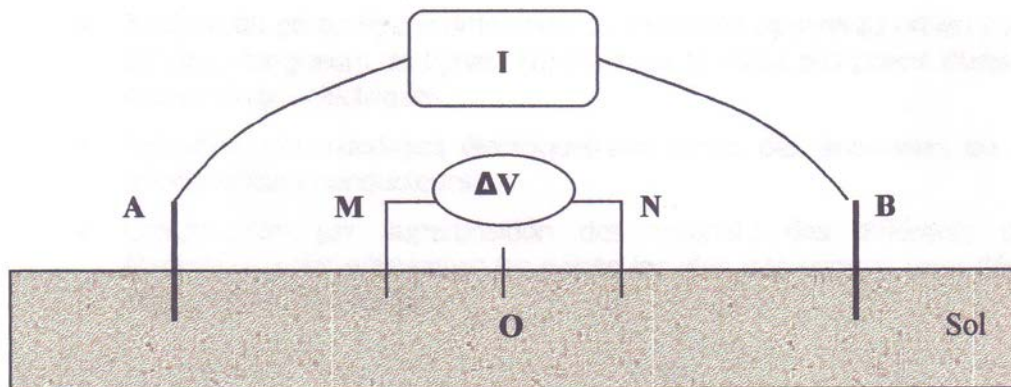


Figure 2 : le dispositif de sondage électrique montage quadripôle (type Schlumberger).

Pour obtenir des résultats de bonne qualité il est important d'écarter les électrodes MN quand la distance AB devient trop importante, ceci afin que la différence de potentiel entre les électrodes puisse rester mesurable : c'est ce qu'on appelle un embrayage.

Le bureau P.HY (Prospection Hydraulique), a établie une méthode standard pour les embrayages (**Tableau2**).

Tableau 2 : Embrayages standards utilisés.

AB/2	1-15	15-30	30-60	>60
MN/2	1	5	10	20

Ces valeurs sont susceptibles de varier si le terrain est globalement conducteur ou résistant.

I.2.4 Etalonnage :

L'étalonnage est une étape importante pour mener efficacement une étude de prospections géoélectriques. Cet étalonnage géoélectrique sur un ouvrage hydraulique local permet d'obtenir une idée sur la profondeur d'investigation nécessaire.

En plus d'indications sur la géologie locale et sur la profondeur des niveaux statiques, les puits à proximité de la zone d'étude peuvent être utilisés pour réaliser un sondage électrique étalon. Celui-ci permet d'obtenir des valeurs de référence de la résistivité pour les terrains rencontrés.

Ce sondage permet de calculer l'épaisseur de recouvrement et d'ajuster la longueur de ligne AB afin que la profondeur d'investigation soit légèrement supérieure au toit de la formation visée ou substratum.

I.2.5 Interprétation des données :

Les méthodes classiques sont basées sur des modèles de terrains isotropes, tabulaires et homogènes.

Dans les milieux discontinus les courbes obtenues présentent des à coups dus aux embrayages d'amplitude anormale et des ruptures de pentes importantes.

I.2.5.1 Interprétation des traînés électrique :

L'interprétation des profils de résistivité ne peut être que qualitative. C'est l'étude des variations latérales des plages de résistivité, et donc des anomalies liées à la fracturation ou aux contacts géologiques anormaux, qui est primordiale.

La forme des anomalies est un élément important. Les formes les plus fréquentes sont des formes en L, V, U et W :

- l'anomalie en **L** correspond à un changement de comportement géologique, probablement dû à un changement de faciès lithologique (**Figure : 3**) ;

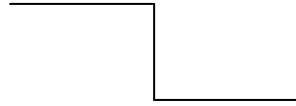


Figure 3 : Schéma d'une anomalie électrique en L

- les anomalies en **V**, les plus fréquentes en milieu discontinu, correspondent à des zones de fractures et de broyages favorables à la présence d'eau (**Figure : 4**) ;

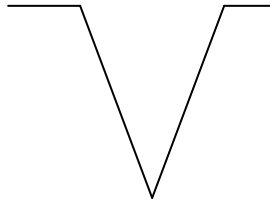


Figure 4 : Schéma d'une anomalie électrique en V

- les anomalies en **U** correspondent à des zones de fractures autour desquelles les terrains sont broyés, décomprimés ou altérés. Ces zones étant très favorables au stockage de l'eau, ces anomalies sont très recherchées (**Figure : 5**) ;

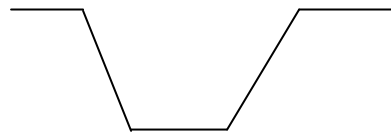


Figure 5: Schéma d'une anomalie électrique en U

- les anomalies en **W** représentent des terrains fissurés affectés par une fracture sèche ou une intrusion de roches basiques (dolérites, diorites, etc.), non aquifère. (**Figure : 6**) ;

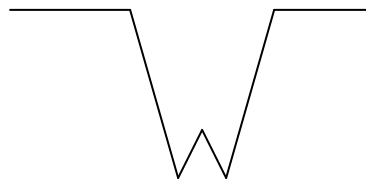


Figure 6 : Schéma d'une anomalie électrique en W.

On peut ainsi définir, en fonction de ces divergences de comportement, trois grands types de terrains :

- les terrains conducteurs, pour lesquels la résistivité décroît avec la profondeur;
- les plateaux électriques, c'est à dire des terrains pour lesquels la résistivité est la même pour les deux longueurs de ligne ;
- les terrains résistants, pour lesquels la résistivité croît avec la profondeur.

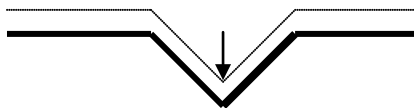
En fonction de la résistivité du contexte général deux types d'horizons sont recherchés pour la prospection d'eau :

- un terrain conducteur dans un contexte général résistant. Dans ce cas les fractures ou zones fracturées contenant de l'eau seront matérialisées par des anomalies conductrices;
- un terrain résistant dans un contexte général conducteur mais non productif.

Dans ce cas, comme par exemple dans un horizon argileux, les fractures ou zones fracturées seront matérialisées par des anomalies résistantes, car ne contenant pas d'argile.

- Exemple d'une anomalie en V liée à une fracture verticale : (**Figure : 7**) ;

* Anomalie conductrice liée à une Fracture verticale. (Faille)



*Anomalie résistance liée à une structure verticale. (Filon)



Figure 7: Schéma de deux configurations de traînée en DLL

I.2.5.2 Interprétation des sondages électriques :

Les sondages électriques réalisés en milieu discontinu, lié à la fracturation, la fissuration et aux des contacts anormaux, présentent des allures de traîné avec des formes qui ne permettent pas l'interprétation des sondages électriques à l'aide de logiciels ou d'abaques.

L'interprétation des sondages électriques en milieu discontinu fait appel à l'observation des accidents de résistivité comme les pentes supérieures à 45°, les variations rapides de résistivité, les successions d'horizons résistants et conducteurs et les à –coups dus aux embrayages.

Les profils recherchés et considérés comme favorables sont ceux qui présentent :

- des conducteurs francs et des paliers subhorizontaux ;
- des variations importantes de résistivité correspondant à des zones fracturées ;
- une grande hétérogénéité perturbée ;
- des variations brutales de résistivités dues aux embrayages, ce qui correspondrait à des à des zones broyées ou fracturées.

I.3 Méthode Electromagnétique :

Les méthodes électromagnétiques reposent sur les phénomènes d'induction. Elles se prêtent bien à la détection de corps conducteurs étroits et verticaux.

I.3.1 Principe de la méthode Electromagnétique :

Le principe de la méthode consiste à mesurer à la surface du sol les déformations du champ primaire afin de détecter la présence de conducteur souterrains (filons ou zones de fracture).

(Figure : 8)

Cette méthode nécessite donc un émetteur (qui crée le champ primaire) et un récepteur (qui permet de mesure les paramètres du champ résultant (ANDREINI, BIAIS 1984).

En prospection électromagnétique, le champ primaire ou source est créée par le passage d'un courant alternatif à travers des corps des formes géométriques diverses telles que des dispositifs circulaires rectangulaires, linéaires, Lorsque une onde électromagnétique pénètre dans le sol elle induit dans tout corps conducteur enfoui des courants de FOUCAULT ; ces courants engendrent un champ magnétique qui perturbe le champ magnétique primaire de l'émetteur.

En prospection par méthode EM34 il est particulièrement important de connaître l'influence du champ primaire au niveau du dispositif de réception ou éliminer son effet puisqu'il y est toujours avec le champ secondaire créée par les courants induits dans le sous- sol.

La profondeur de pénétration ou profondeur d'investigation, est liée à la fréquence de l'onde et à la résistivité du terrain (SAMUEL, 2000).

$$P = \frac{1}{2 * \pi} \sqrt{10 \rho T}$$

P : profondeur d'investigation;

ρ :résistivité de terrain;

T : la période.

En réalité la profondeur d'investigation reste faible allant de quel que mètres à quelque dizaine de mètres car l'amplitude de l'onde décroît exponentiellement en fonction de la profondeur (SAMUEL, 2000).

I.3.2 Mesures par EM34 :

C'est un appareil qui permet de lire directement la conductivité apparente du sous-sol lors des mesures sur terrain. Il est constitué essentiellement d'un émetteur et d'un récepteur liés par un câble de longueur variable.

L'intérieur est constitué d'une boucle circulaire à travers laquelle circule un courant alternatif pour servir de base à la création du champ primaire H_p .

Le récepteur est aussi constitué d'une boucle circulaire mais de dimension plus petite qui permet d'enregistrer le champ magnétique secondaire H_s induit dans le sous-sol en présence du H_p . (loi de Faraday et Ampère).

Si on appelle S la longueur du câble liant les deux boucles. Il existe 3 fréquences (où longueur de câble S) d'opération avec l' EM 34 dont les caractéristiques sont donnée par le (Tableau3)

Tableau 3: Longueurs de câble en EM34

Longueur du câble	Profondeurs d'explorations (m)	
	Dipôle horizontal	Dipôle vertical
10 m	7.5 m	15 m
20 m	15 m	30 m
40 m	30 m	60 m

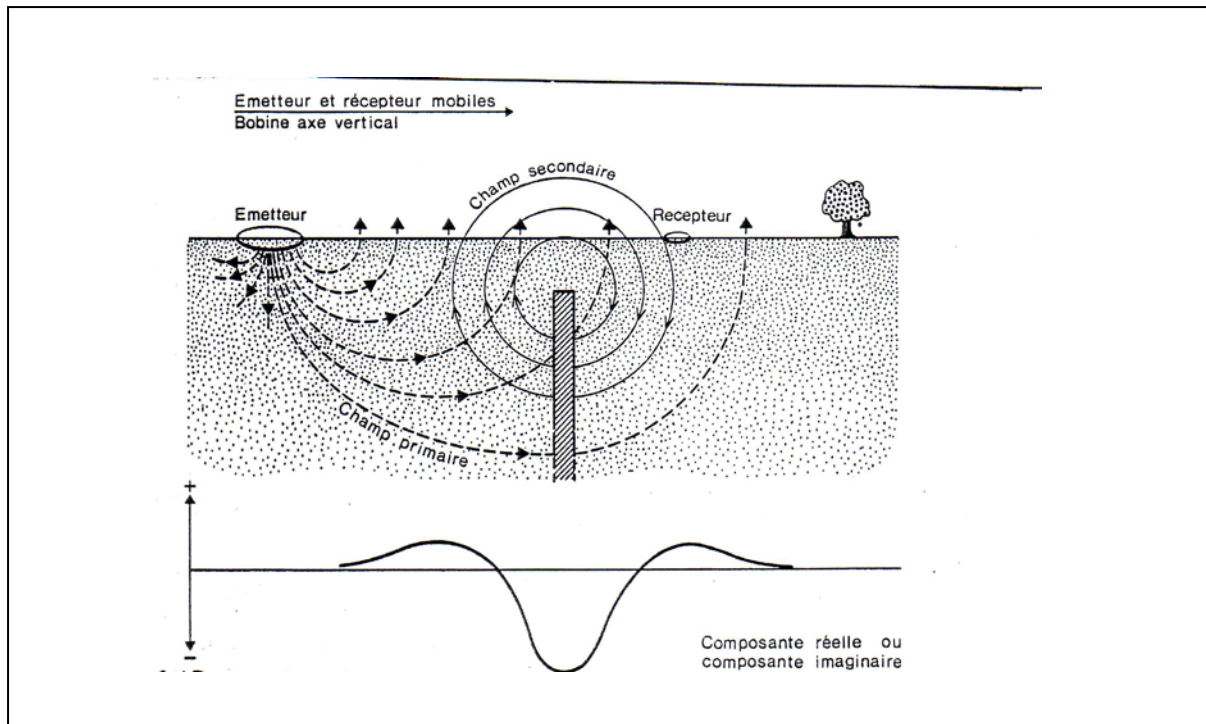


Figure 8: Exemple de profil au dessus d'une cible conductrice (SAMUEL, 2000).

1.4 Conclusion :

En Mauritanie, la Méthode géophysique la plus utilisée pour la recherche d'eau souterraine, reste de loin, la méthode électrique .c'est une méthode qui a certes beaucoup d'avantages mais ses inconvénients (sous sa variante de traîné électrique) ne sont pas à négliger, En effet, il est parfois difficile de soutenir l'existence d'une anomalie électrique dans cas ou la photo-interprétation n'a pas montré de linéaments et ce la notamment à cause de l'extrême sensibilité des électrodes (plus précisément potentielles) aux hétérogamétiques de surface.

Pour diminuer le risque d'implantations sur des anomalies douteuses et améliorer

L'interprétation sur des données géophysiques en terme hydrogéologique, il faut nécessairement utiliser d'autres méthodes géophysiques simultanément avec la méthode Électrique ou indépendamment.

Les méthodes électromagnétiques sont très utilisées pour les recherches hydrogéologiques surtout pour la rapidité des mesures. Mais il faut toujours les considérées comme complémentaires des méthodes électriques. En effet la, combinaison des deux méthodes diminue énormément les taux d'échec des implantations.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1 Situation géographique

La ville de Magta Lahjar, est située à 360 Km à l'Est de Nouakchott, le long de la route de l'espoir (**Figure 9**).

Magta-lahjar, siège d'une préfecture est une zone agropastorale qui joue un rôle économique important pour la Wilaya de Brakna, il joue le rôle de relais entre agriculteurs du sud (région de l'Aftout) et éleveurs du Nord (région de l'Aouker).

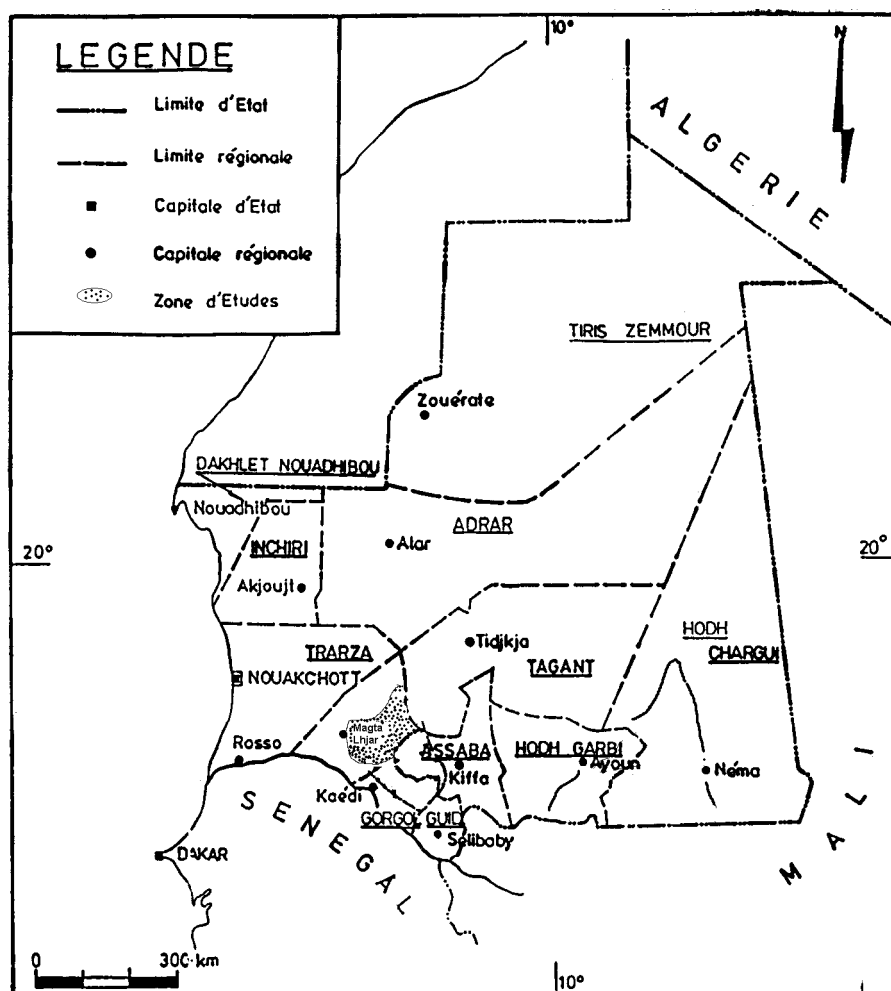


Figure 9: Carte de localisation de la zone de Magta Lahjar (IWACO, 2005)

II.2 Relief et hydrographie

La ville de Magta Lahjar se situe dans la chaîne des Mauritanides mais son relief est peu remarquable.

Au Sud-ouest de la ville, un barrage sur l'oued Guendjfa permet de retenir 2 900.000 m³ d'eau et ainsi d'inonder 900 ha, cultivables en décrue (**figure10**).

Au Nord, un champ de dunes recouvert a été reboisé pour fixer les dunes et freiner l'avancée du sable.

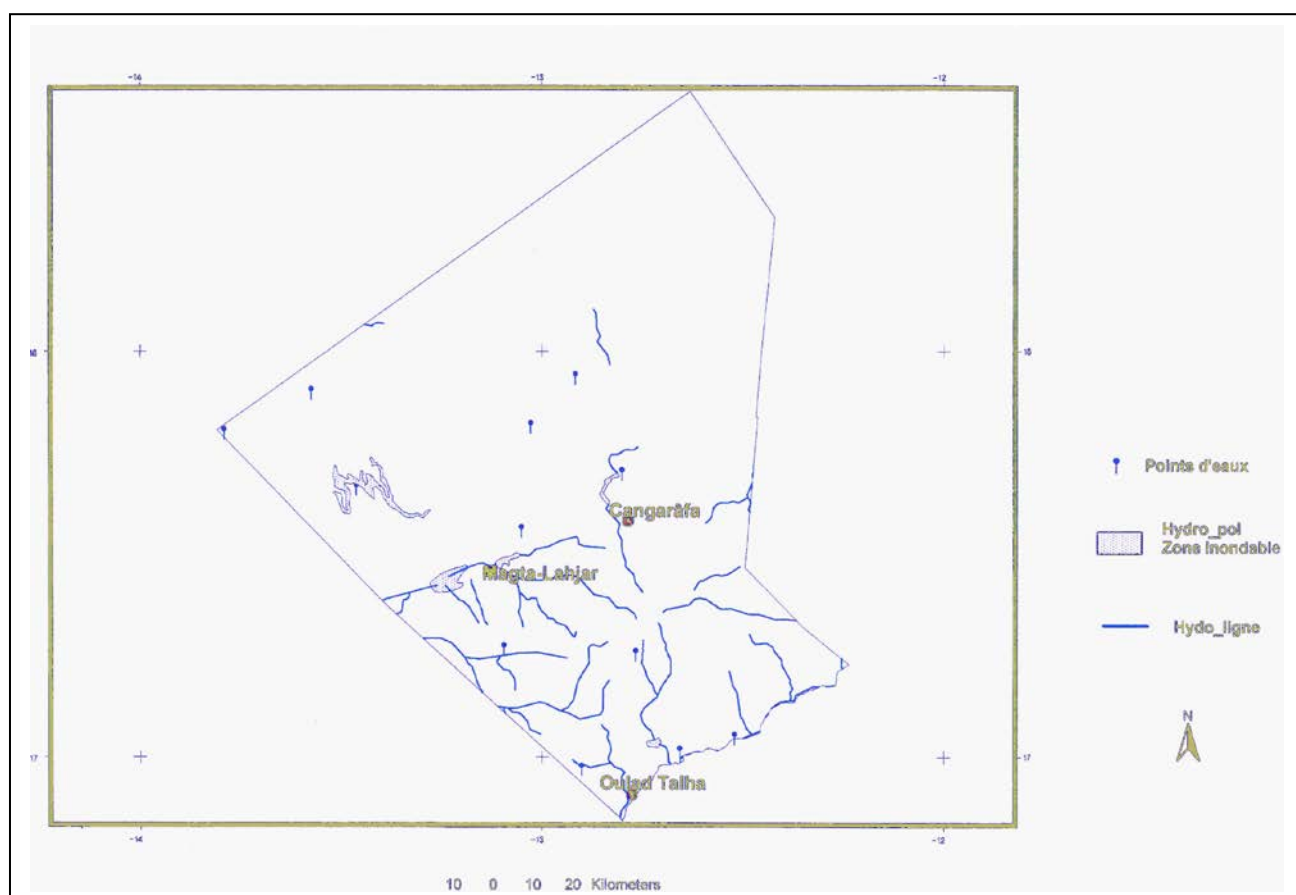


Figure 10: Carte hydrographique de Magta Lahjar (DMG, 2005)

II.3 La végétation

La végétation est dépendante des pluies enregistrées. Dans la zone de Magta –Lahjar on trouve fréquemment : le groupement à *combretum glutinosum*.

La strate arborée composée d'*Andansomia digitata*, le baobab, *Sclerocarya birrea* et de nombreux Acacias comme *Acacia senegal* (Sylvain, 1998)

II.4 Climatologie

II.4.1 Les mécanismes généraux du climat

Ce sont les anticyclones des Açores, de Saint Hélène, du Sahara et la ceinture des basses pressions équatoriales qui contrôlent les mécanismes généraux du climat en Afrique de l'ouest (Dacosta, 1989).

L'anticyclone des Açores est situé dans l'Atlantique Nord, la pression qui y varie entre 1025 et 1020 Hpa en fait un centre d'action permanente.

L'anticyclone de Saint Hélène au sud de l'Atlantique, avec une pression qui varie entre 1018 et 1021 Hpa, sa proximité de l'équateur et son parcours océanique est un centre d'action important.

L'anticyclone du Sahara (sud de Libye), se caractérise par une pression est variable et est remplacé en été dans les basses couches par une dépression thermique qui constitue un centre d'appel du flux provenant de Saint Hélène.

Entre ces zones de hautes pressions se développe, une ceinture de basse pression où convergent les masses d'air des différents anticyclones, c'est la zone intertropicale de convergence (ou front intertropical) qui se déplace de part et d'autre de l'équateur.

II.4.2 Analyse des différents paramètres du climat :

Les données climatiques ont été recueillies à partir des archives du Service National de Météorologie;

La ville de Magta Lahjar ne possède pas de véritable station météorologique et l'unique pluviomètre ne fait pas l'objet de relevés rigoureux. Nous prendrons donc comme référence la station de Boutilimit située à l'ouest de Magta-Lahjar

Le climat de Magta-Lahjar est sahélien avec des saisons distinctes :

- une saison des pluies de juin à octobre et
- une saison sèche le reste de l'année

II.4.2.1 Température :

Les températures sont élevées toute l'année et atteignent deux maxima, au mois de juin (32,65°C) juste avant les précipitations et au mois d'octobre (31,12°C) juste après les précipitations (**Figure 11**) et deux minima qui se situent respectivement en janvier (22,41°C) et décembre (23,54°C).

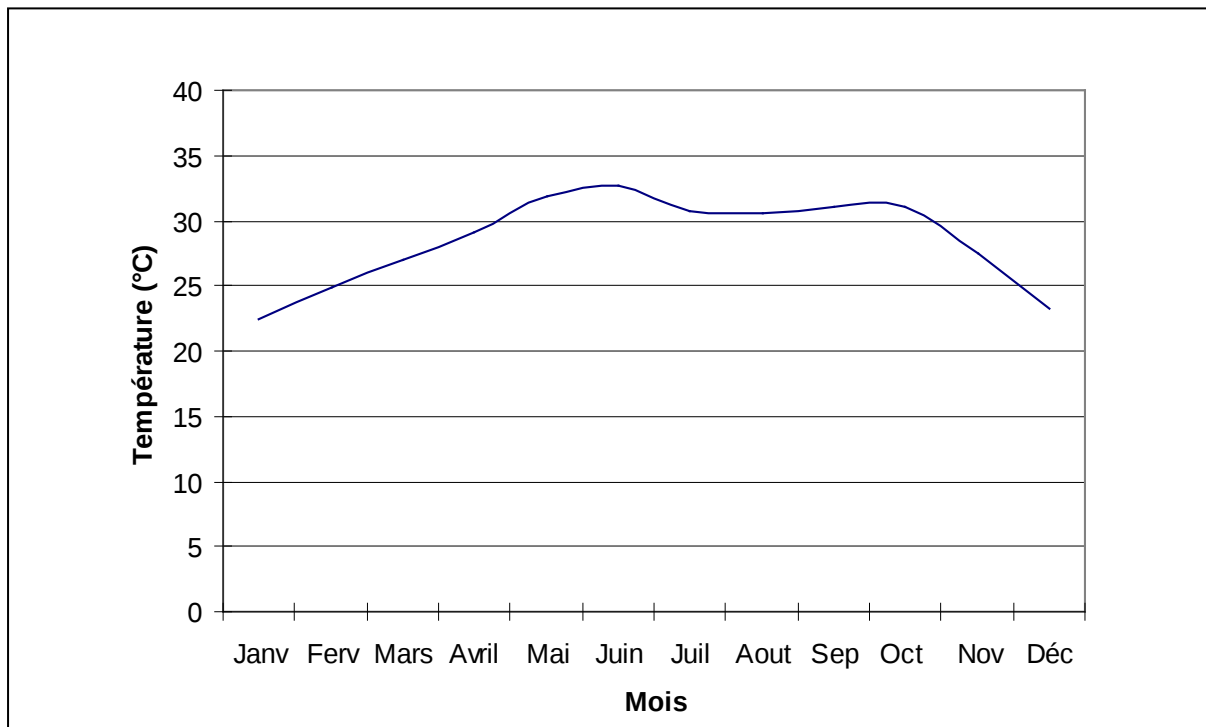


Figure 11: Moyennes mensuelles des températures à la station de Boutilimit (1971-2004)

II.4.2.2 Les vents

La zone de Magta Lahjar est soumise, au cours de l'année, à deux régimes de vents dominants :

- l'Alizé continental, appelé aussi harmattan ou Irivi, vent sec soufflant du nord –est en hiver, sous l'influence des hautes pressions sahariennes liées à l'anticyclone du Sahara et sur la méditerranée en été. La vitesse de ces vents est forte entre le mois de mars et juin ;
- la Mousson, vent humide, provenant des zones de hautes pressions de l'atlantique, auquel sont liées les pluies.

II.4.2.3 La pluviométrie

L'observation des courbes des moyennes mensuelles des précipitations (**Figure 12**) montre que la zone d'étude est caractérisée par l'existence d'une saison pluvieuse qui s'étend de juillet à octobre avec un maximum de pluie au mois d'Août, et une saison sèche qui dure tout le reste de l'année. De faibles précipitations sont enregistrées pendant la saison sèche.

La (**Figure 13**) qui correspond aux pluies interannuelles enregistrées à la station de Boutilimit entre (1971-2004).montre une courbe en dent de scie qui indique une forte irrégularité des précipitations avec des fluctuations interannuelles très fréquentes des années 79 à 90, la Mauritanie a connue une période particulièrement très sèche. Les moyennes pluviométriques enregistrées ces dernières années (1998-2004) sont >100m

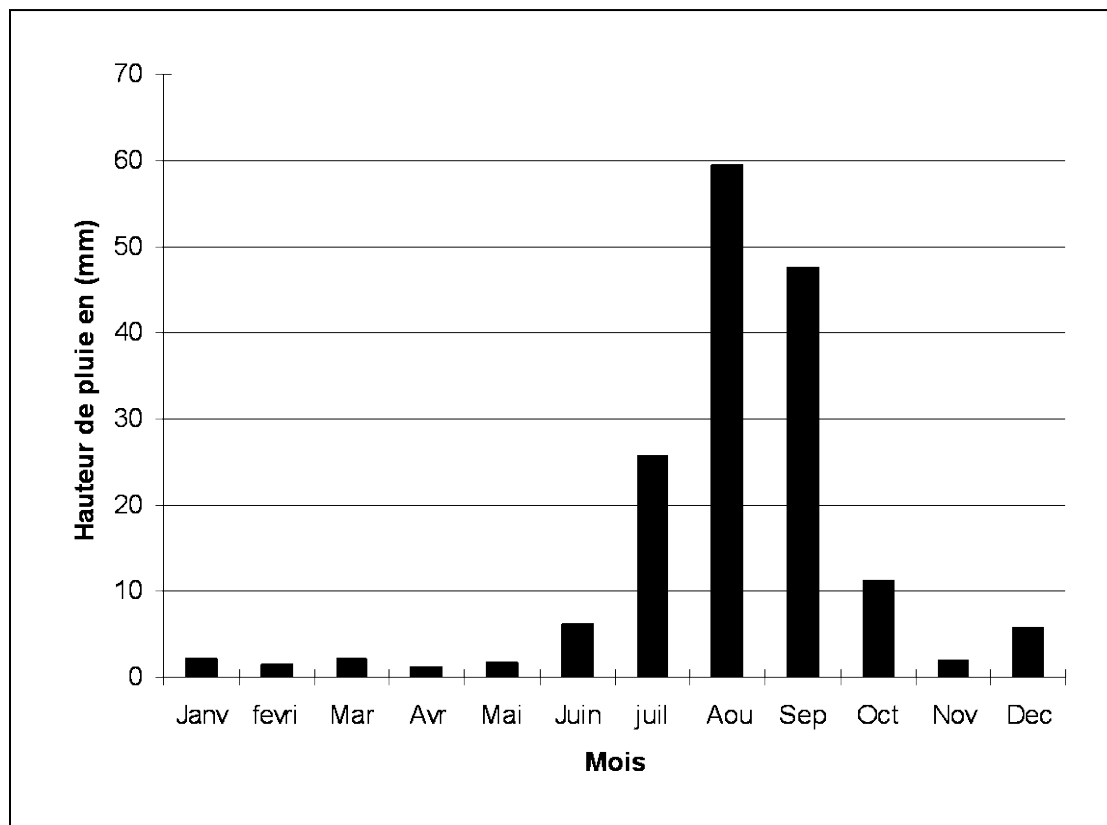


Figure 12: Pluviométrie moyenne mensuelle à la station de Boutilimit (1970-2004)

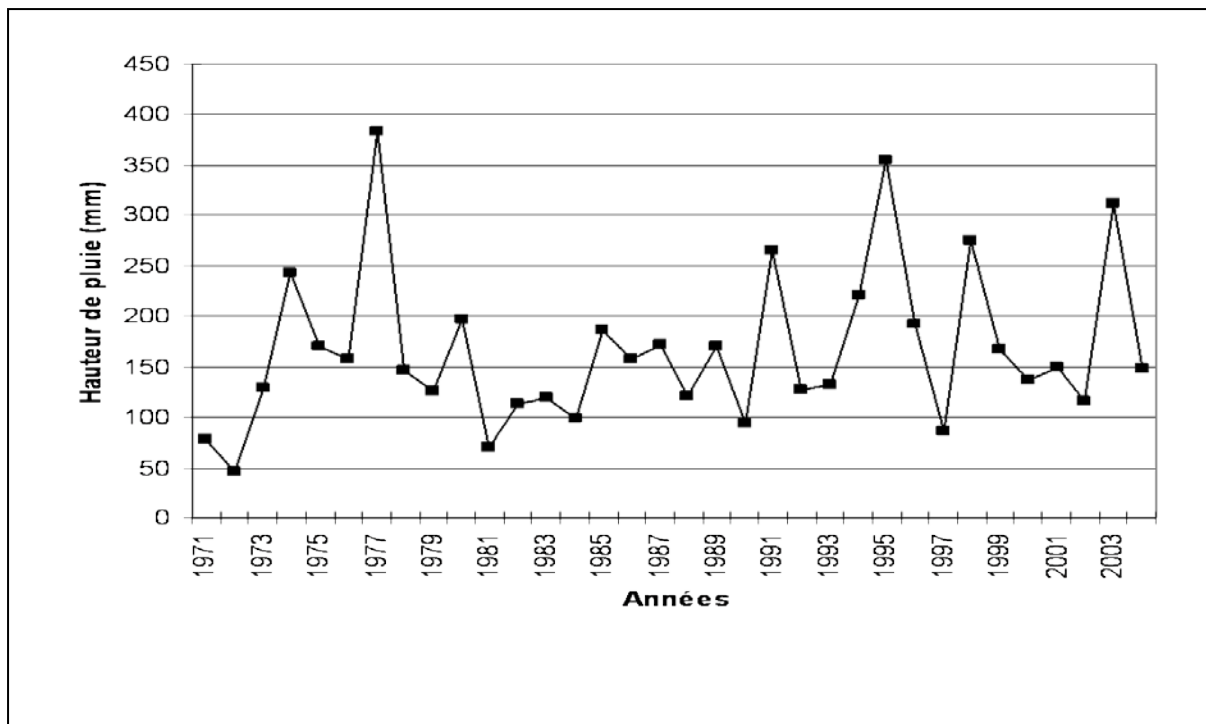


Figure 13: Chronique des précipitations à la station de Boutilimit (1971-2004)

II.4.2.4 L'évaporation

La courbe d'évaporation moyenne mensuelle (**Figure 14**) montre une évolution similaire à celle de la température. Le maximum d'évaporation est observé durant les mois de mars, avril et mai pendant lesquels on observe l'arrivée du vent chaud et le minimum en juillet, août et septembre (la saison pluvieuse).

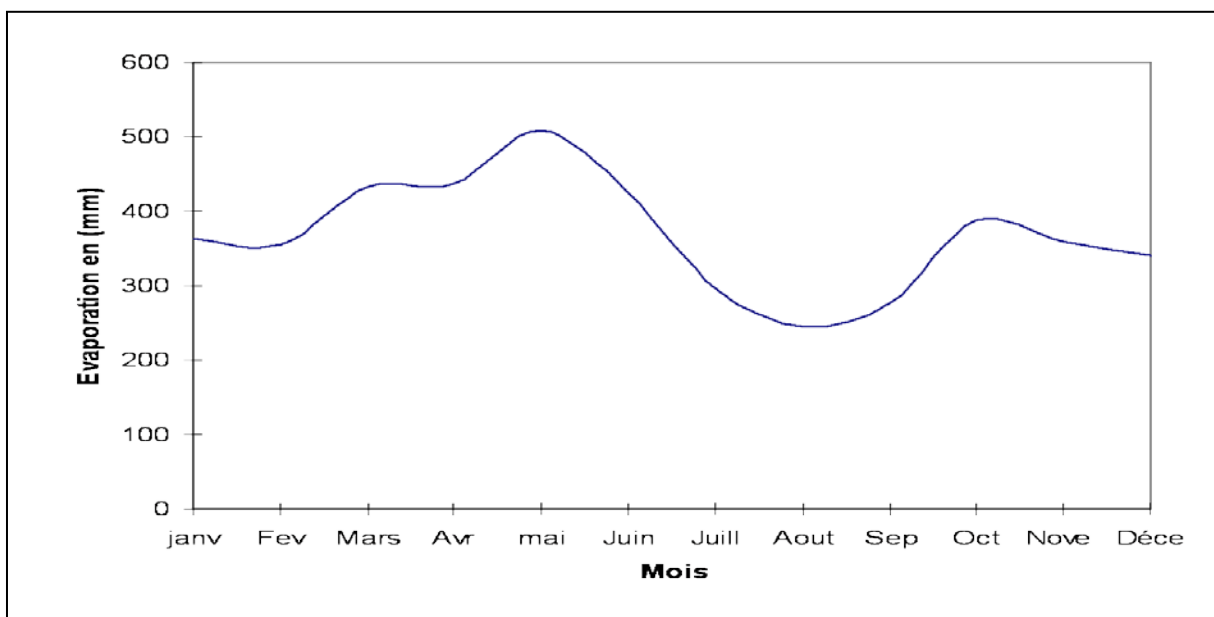


Figure 14: Moyenne mensuelle de l'évaporation à la station de Boutilimit (1971-2004).

II.5 SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

II.5.1 Géologie

Le paysage Mauritanien se caractérise par de vaste plaine sahélienne et saharienne aux grands espaces dunaires ainsi que par des plateaux de grès assez peu élevés.

La Mauritanie renferme quatre ensembles géologiques (**Figure : 15**) :

- 1°) un socle cristallin représenté par la Dorsale Reguibat, couvrant tout le nord du pays et se prolongeant sous des bassins anciens stables et peu profonds (bassin de Tindouf). Cette dorsale présente des séries très anciennes du précambrien, érodées et granitisées. Les séries de Kidia d'Ijil et de M'haoudat (découverte récente) sont moins métamorphisées et contiennent des quartzites riches en hématite ;
- 2°) la chaîne hercynienne des Mauritanides formées de matériel cristallin et métamorphique et affectée par des mouvements tectoniques latéraux important ;
- 3°) le bassin paléozoïque et secondaire de Taoudenni à l'est, dont la partie occidentale présente des formations inclinées vers l'est. Généralement les formations de ce bassin sont masquées par les recouvrements dunaires qui empêchent une meilleure connaissance de leurs compositions et de leurs structures ;
- 4°) le bassin côtier secondaire tertiaire Sénégal-mauritanien orienté vers l'atlantique s'épaissit vers l'ouest. On y distingue les formations du Maestrichtien (secondaire) de l'Eocène et du continental terminal (tertiaire) du Tifariten et Nouakchottien (OULD JIDOU, 1994).

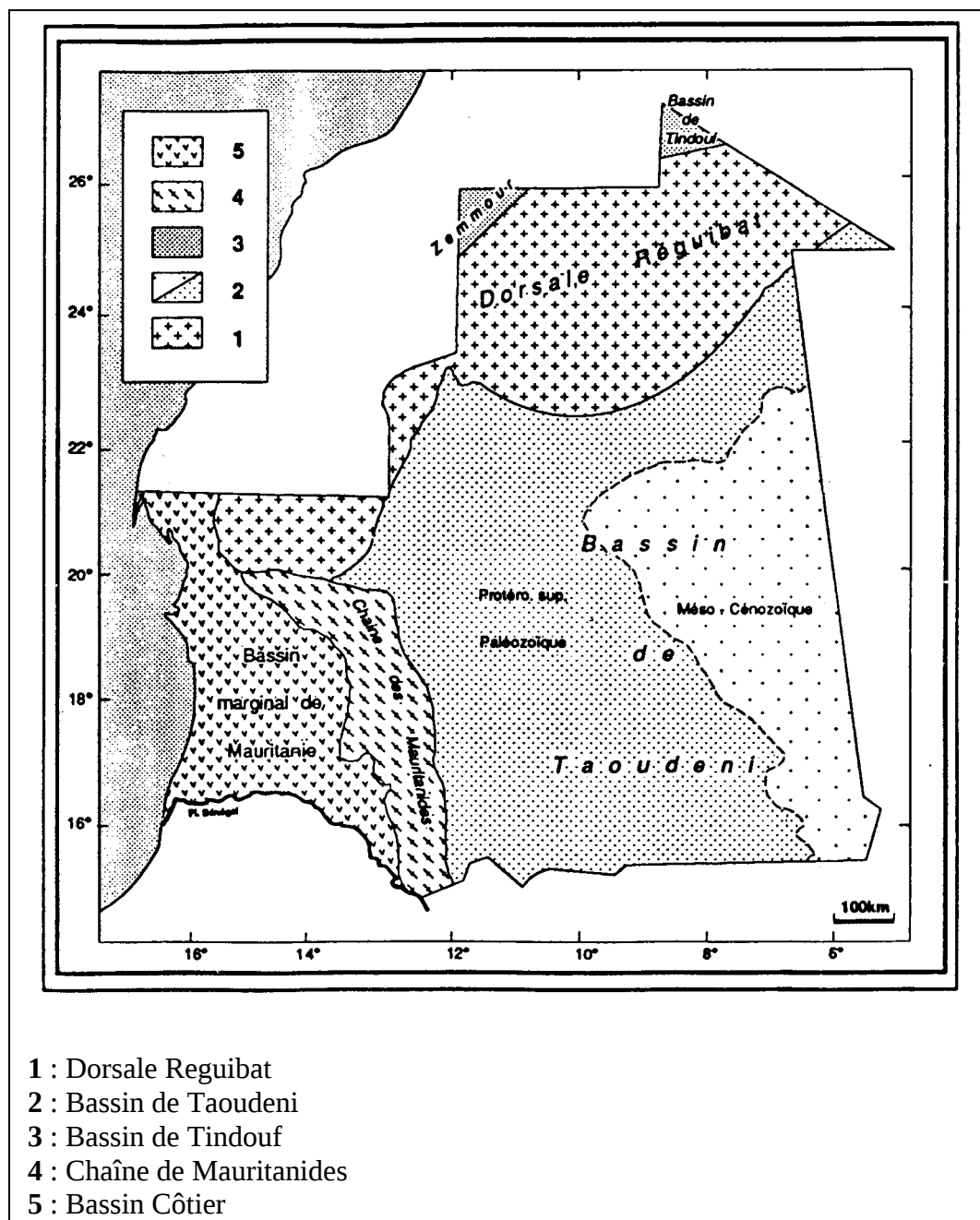


Figure 15: Carte géologique de la Mauritanie (Caruba et Dars, 1991)

La zone de Magta-Lahjar se trouve sur la chaîne des Mauritanides, c'est pour quoi nous étudierons ici de façon plus précise la chaîne des Mauritanides (**Figure 16**).

Elle correspond à des relief isolés (inselberg) et à des crêtes grés-quartzite N-S rectilignes, localisées à une arquée, ouvertes vers l'ouest, d'orientation général subméridienne. Cette

chaîne est de large 100km au maximum, et s'étend de l'extrémité méridionale de la dorsale de Reguibat au fleuve Sénégal, entre les latitudes 20° et 15°N et les longitudes 12° et 15°W. Cette partie médiane de la zone mobile qui borde à l'ouest le craton Ouest Africain est constituée de terrains cristallins, métamorphiques et sédimentaires du Précambrien et du Cambro-Ordovicien qui ont été affectés par une tectonique tangentielle importante à vergence est. Cette structuration est la résultante de trois phases principales de déformations survenues à la fin du Précambrien, avant le Silurien et après le Dévonien. La dernière phase, hercynienne, est à l'origine :

- du plissement de la série sédimentaire de la bordure occidentale du bassin de Taoudenni correspondant à l'avant pays de la chaîne ;
- des structures chevauchantes et des nappes de charriages qui se développent plus à l'ouest.

II.5.1.1 Lithologie

Les mauritanides constituent une série métamorphique et plissée d'origine volcano-sédimentaire d'âge précambrien occupant l'axe de la chaîne et affleurant d'une façon presque continu depuis la frontière du Sénégal jusqu'à l'Aouker (série de Gadel).

Le degré de métamorphisme est variable et passe de l'épizone à la mésozone en allant du sud vers le nord. Le passage continu ayant été observé entre les faciès plus ou moins métamorphique, à partir desquelles on a pu établir des équivalences au sein de chaque séquence sédimentaire (CHIRON, 1975).

Les principaux types lithologiques sont les suivantes (**Figure 17**) ;

1-Schistes et micaschistes (M(p)ζ)

- Sericitoschistes (M(p)ζ), micaschistes (M(p)ζ) à muscovites, biotite, quartz et albite phénoblastique (épizone) ;
- micaschistes (M(p)ζd) à staurtide, disthène et grenats (mésozone) ,
- Quartzite (M(p)q) ;
- quartzites (M(p)q) à sericite, à muscovite(épizone) ;
- quartzites (M(p)qd) à disthène et muscovite, quartzites (M(p)qd) à disthène staurotide, muscovite et almandin ;
- Quartzites ferrugineux (M(p)qf) : il sont à oligiste et magnétite, pauvres en micaschistes et dépourvus de feldspaths. Dans la mésozone on note l'apparition de grenats et d'amphiboles ;

- Roche vertes : les faciès épizonaux (M(p)) représentés par des chloritoschistes, des parasinites (albite, phénoblastique, chlorit, actinote, zoisite) et quelques porphyroïdes sont en partie d'origine volcanique. Les parasinites, en particulier, ont des reliques de structures doléritiques et trachytiques

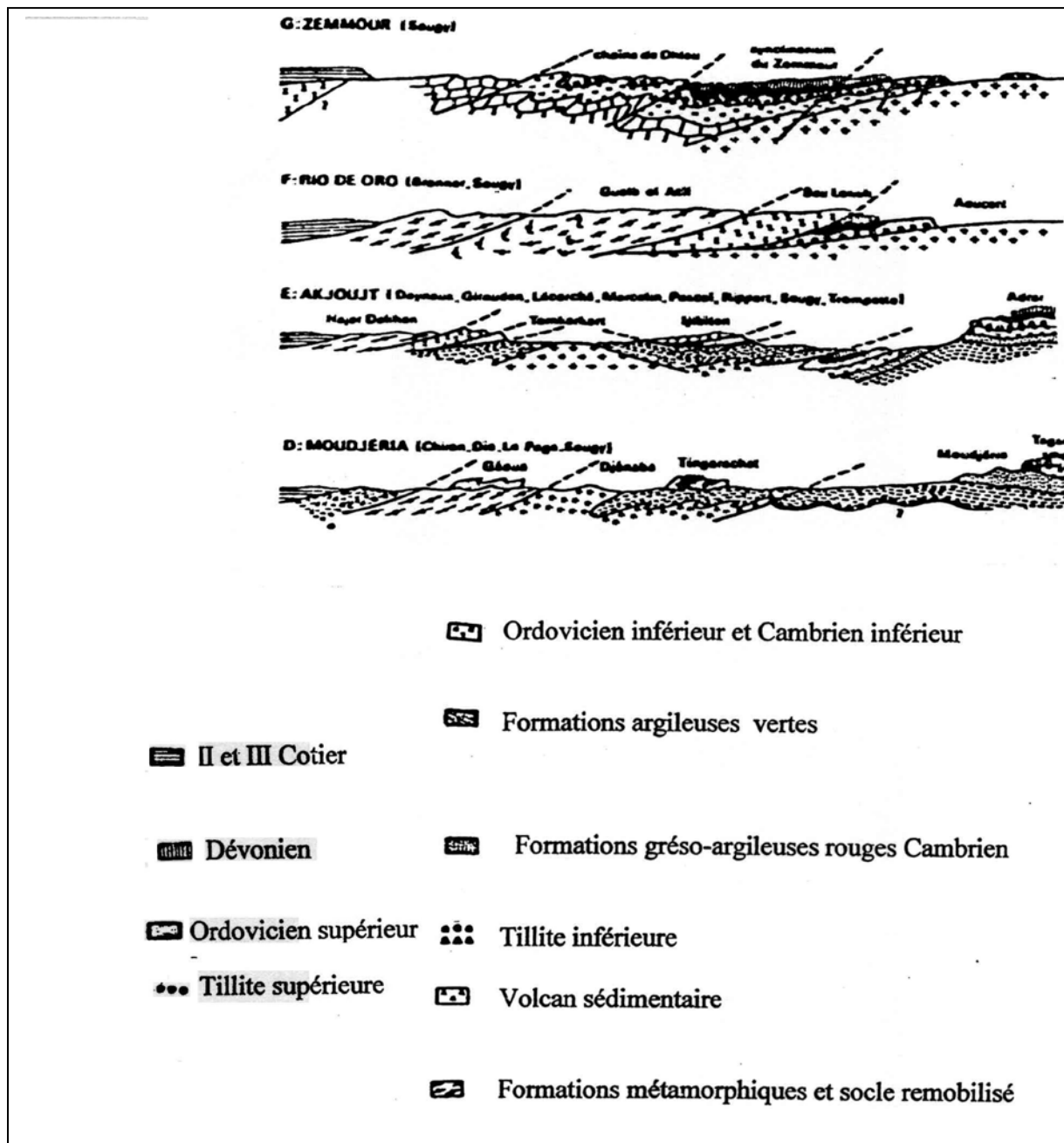


Figure 16 : Coupe schématiques des Mauritanides et de leur avant Pays (Daynoux, 1983)

II.5.1.2 Tectonique :

Dans le secteur étudié, la chaîne des Mauritanides est constituée sémantiquement par une dorsale de socle précambrien bordée de part et d'autre par des séries de couverture plus ou moins métamorphiques suivant que l'on se trouve dans l'axe de la chaîne ou vers l'extérieur. Le contact avec les formations subhorizontales du bassin sédimentaire de Taoudenni se fait par une diminution progressive de l'intensité de la tectonique et du métamorphisme.

Deux tectoniques sont visibles dans toutes les formations précambriennes ainsi que dans la série de M'bout. On observe la première et la seconde dans les grès de la tillite épi-métamorphique et la seconde est visible dans le reste la série de Kiffa. Elles n'ont pas pu être analysées dans la série de Selibabi.

La première tectonique est caractérisée de plis d'axe E.SE-W.NW. Les linéations minérales sont nombreuses. A M'bout elles correspondent à l'existence d'un métamorphisme synchrone. Il semble qu'elle est postérieure au métamorphisme de la série de Gardel.

La seconde tectonique d'axe N-S est de style isoclinal. Elle induit dans les schistes de toutes les formations un clivage de fractures diverses vers l'Est. Elle serait aussi responsable dans certaines parties de la couverture d'un métamorphisme synchrone.

Magta Lahjar est situé sur les terrains de l'Arc des Mauritanides qui sont des sédimentaires plissés et métamorphisés, formés essentiellement de schistes avec des passés de quartzite et de dolomie. Ils sont couverts au sud et à l'ouest de la ville par les formations superficielles sablo argileuses (alluvions fluviales ou dunes). A l'Ouest la série schisteuse affleure largement.

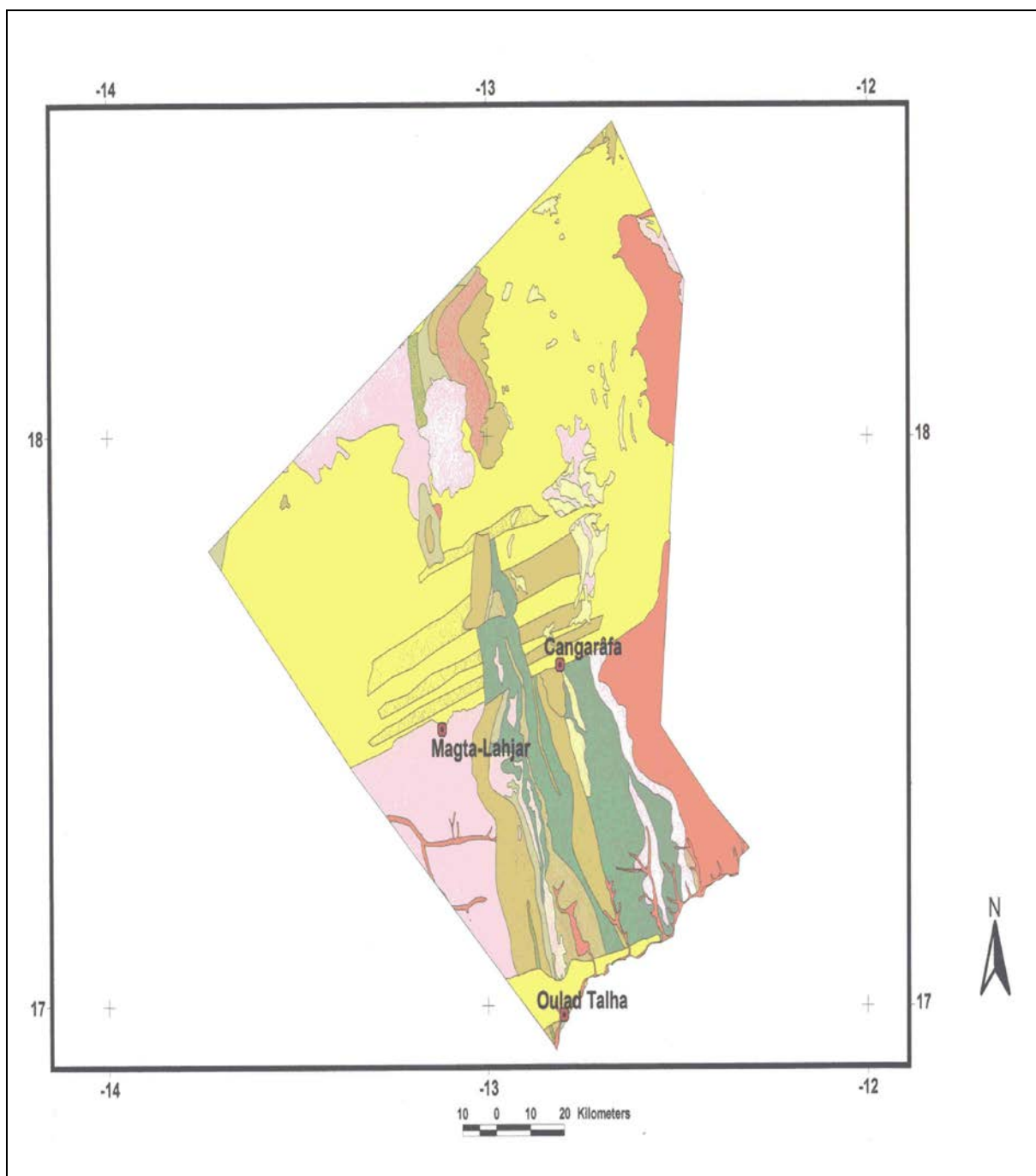


Figure 17: Carte géologique de Magta Lahjar (DMG, 2005)

Légende (voire la page suivante).

Légende Géologique de Magta-Lahjar

	Alluviones fluviales
	Alluviones lacustres
	Amphibolites, serpentinites, quartzites et schistes pelitiques
	Argilites vertes et siltstones
	Dunes actuelles, dépôts éoliens actifs
	Granite à deux micas et leucogranite
	Grès-quartzites
	Grès barioles et sables argileux
	Métabasalt, métagabbros, méta-péridotite, birbirite, divers schistes et calcaires
	Nappe sableuse superficielle récente
	Quartzite schisteux à sericite, Sericitoschistes micro-conglomératiques et grès-quartzites
	Quartzite schisteux à sericite, Sericitoschistes micro-conglomératiques et grès-quartzites
	Quartzites
	Quartzites (ou distinguées)
	Quartzites à sericite, mylonitique
	Quartzites et roches métasédimentaires psammitique
	Régolite
	Roches métasédimentaires, quartzitique, argileux et phosphatique
	Schistes volcanoclastiques; rhyolite, dacite, andesite et tufs basaltiques métamorphosées
	Sebkha actuelle
	Sericite schists
	Siltstones argileux voilines, grès fins carbonatés
	Tillite, grès ruiniformes
	Volcanites andésitiques et dacitiques
	Volcanites felsitiques et granite

Au nord de la ville, à l'aplomb de la ceinture verte¹, la prospection sismique a mis en évidence une vallée fossile orientée est-ouest. Cette vallée serait le témoin du passage d'une zone faillée à l'aplomb de laquelle s'est développée une importante altération des schistes conduisant à la formation d'une forte épaisseur d'argile verte.

Des formations sableuses et graveleuses de type alluviales reconnues par certains forages² s'étendent selon un axe nord sud depuis les dunes vers la zone inondable. Bien qu'indépendantes du couloir d'altération sud ouest elles recouvrent parfois les argiles vertes du couloir d'altération (figure18) :

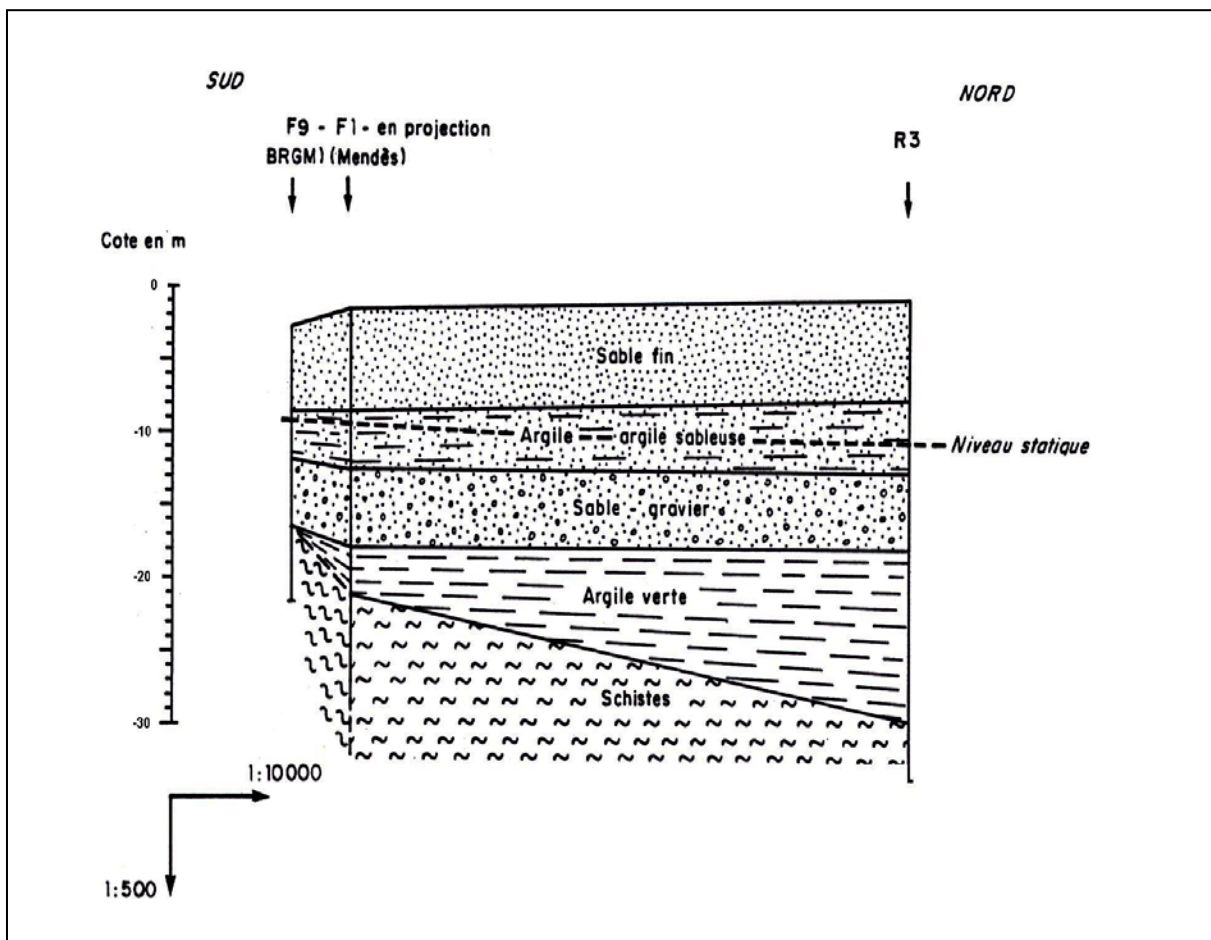


Figure 18: Coupe géologique schématique sud nord de Magta Lahjar (BRGM, 1990).

¹ Le profil sismique N-S réalisé au nord ouest de la préfecture montre un surcreusement du substratum jusqu'à environ 22 mètres de profondeur.

Au droit du barrage et à l'ouest de l'agglomération les schistes et bancs de quartzites affleurent à 980 mètres et en rive gauche de l'Oued on trouve un banc de dolomies cavernueuses.

II.5.2 Hydrogéologie :

Les ressources en eau souterraine de la Mauritanie, ont été classées en sept provinces hydrogéologiques (**Figure 19**). Ce sont le bassin côtier, la chaîne des Mauritanides, le sud-est mauritanien, le bassin secondaire du Taoudenni, l'Adrar, le Tagant et l'Assaba, le Tiris zemmour.

Les provinces sont regroupées en deux grands ensembles :

- les aquifères dits continus : sont situés dans les faciès poreux, le bassin sédimentaire côtier, la couverture dunaire récente de l'Aouker et de l'Assaba, dans les alluvions du quaternaire, les grés d'Aïoun et dans les grés du continental intercalaire du bassin secondaire de Taoudenni. Ces aquifères produisent des débits soutenus (de 10 à 90 m^3h^{-1}) et les eaux sont souvent de bonne qualité ;
- les aquifères dits discontinus : Se rencontrent dans les autres régions de la Mauritanie, ce sont des terrains de socle granitique ou métamorphique, des formations gréseuses, calcaires et pélitiques essentiellement fracturées. Les débits obtenus sont généralement faibles (de 0 à 30 m^3h^{-1}) et les eaux sont souvent de mauvaise qualité.

II.5.2.1 Ressources en eau de la chaîne des Mauritanides

Les ressources en eau de la chaîne des Mauritanides sont liées au caractère discontinu de la formation. La zone d'Akjoujt au Nord est la mieux connue. Les débits sont de l'ordre de 30 m^3h^{-1} dans un ensemble fissuré de roches vertes (**Tableau : 4**), La salinité est de l'ordre 1150 mg l^{-1} .

Au Sud, dans le secteur SE du Brakna et Nord du Gorgol les valeurs de la transmissivité sont faibles (10^{-4} et $10^{-3} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$) et les débits peuvent atteindre 5 m^3h^{-1} . La salinité reste acceptable, 470 $\mu\text{S/cm}$ à Sangrafa et 1050 $\mu\text{S/cm}$ à Magta-Lahjar.

Tableau 4: Caractéristiques des ressources en eau de Mauritanides

Site	Surfaces reconnues 102 km ²	T m ² s ⁻¹	Q m ³ h ⁻¹	Conductivité μScm ⁻¹
B.D Akjoujt	0.8	14	30	1145
Magta Lahjar	16	0.31	2	1050
Moungoul	45	0.182	2	676

II.5.2.2 Les systèmes aquifères à Magta Lahjar

Dans la zone de Magta Lahjar deux unités sont à considérer :

- le substratum formé essentiellement de schistes avec des passés de dolomies et de quartzite.
- les structures superficielles.

II.5.2.2.1 Le substratum :

Dans les terrains de socle, la circulation de l'eau se fait à la faveur des discontinuités : failles, fractures, fissures et diaclases. Le substratum schisteux a été reconnu dans la région par des forages d'hydraulique. Il semblerait que le substratum soit relativement sain dans cette zone car de nombreux forages effectués dans la région se sont révélés improductifs voire secs. les forages productifs qui ne représentent que 40 % des sondages réalisés fournissent des débits compris entre 1 et 5 m³h⁻¹ de plus l'eau extraite est très chargée en sels minéraux (conductivité entre 1000 et 10 000 μScm⁻¹) (**Tableau :5**)

Tableau 5: Caractéristiques des forages dans la zone de Magta Lahjar

<i>Localité</i>	<i>Date de réalisation</i>	<i>Projet</i>	<i>Profondeur</i>	<i>Débit m³h⁻¹</i>	<i>Conductivité μS cm⁻¹</i>	<i>Géologie</i>
AGUERJ	1985	CEAO	54	1.3	1 050	Schistes
GUIMI	1987	CEAO	48.8	0.1	10 000	Micaschistes
GUIMI	1987	CEAO	61	0		
GUIMI	1987	CEAO	19.5	0.7	858	Alluvions
KREIMI	1987	CEAO	82	2.2	1 508	Micaschistes
SANGARAFA	1985	CEAO	90	4.8	1 550	Quartzite
SANGRAFA	1887	CEAO	45	1.8	508	Quartoschistes
TICHOUTTEN	1985	CEAO	60	0.25	5 800	Schiste Quartzite
AGMAMINE		AFVP	57.6	3.1	700	Schiste
CHELKHET TOURJE		AFVP	41.25	3	880	Schiste

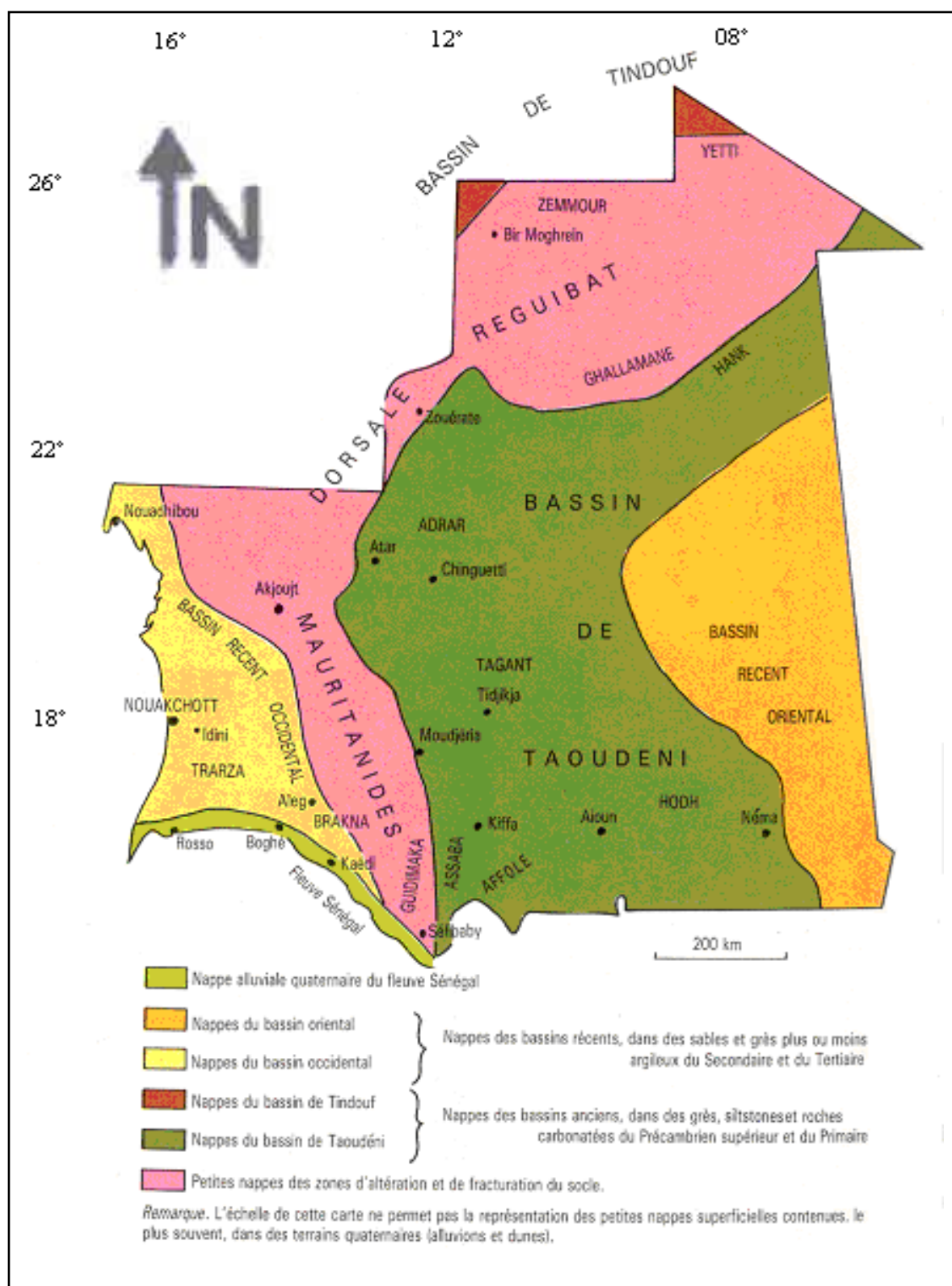


Figure 19: Carte hydrogéologique simplifiée de la Mauritanie (CARITE, 1989).

II.5.2.2 Les structures superficielles :

Les ressources en eau exploitables sont déterminées par la position des structures superficielles et la nature rocheuse de l'encaissant.

Les forages réalisés en 1990 (R2 à l'est et R4 à l'ouest) (**Figure 20**), bien que confirmant le surcreusement du substratum n'ont pas rencontré le niveau sablo graveleux et déterminent la limite latérale de l'extension de ce niveau. En revanche, l'extension de cette formation vers le sud au-delà de la route de l'espoir et vers le nord au-delà des dunes n'est pas connue.

Toutefois des alluvions ont été identifiées dans deux forages réalisés au nord de la ville.

L'interprétation des pompages d'essai réalisés en R 3 et R 6 (**Figures 21,22**) ont permis de déterminer un coefficient d'emmagasinement $S=8.10^{-3}$ pour une transmissivité comprise entre 10^{-4} et $10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Ces caractéristiques hydrodynamiques et la succession lithologique montrent que cette nappe est sem-captive et a une épaisseur d'une dizaine de mètre. De plus, la carte piézométrique établie en juillet 1990 par le BRGM met en évidence un écoulement divergent depuis la zone inondable vers le nord. Le fort gradient hydraulique observé vers l'ouest traduit une zone à plus faible perméabilité proche de la limite d'extension des niveaux sableux (**Figure 23**).

En ce qui concerne la quantité et la qualité de l'eau, le caractère superficiel (18 m et 17 m successivement R 3 et R 6) et la nature des terrains (sable, sable argileux et sable grossier) rendent la ressource très vulnérable aux pollutions de surface et à la baisse de la pluviométrie.

II.5.2.3 Situation actuelle de AEP de Magta Lahjar:

La desserte en eau potable de la ville de Maghta lahjar est assurée par un réseau d'adduction d'eau potable alimenté par deux forages R 3 et R 6 financés par la Caisse Française de Développement. (CFD) Les débits instantanés de ces ouvrages sont de $14,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ pour R 3 et $3,24 \text{ m}^3/\text{h}$ pour R 6. Ils sont mis en marche de 20 heures à 15 heures soit 19 heures de fonctionnement tous les 24 heures. Ce qui donne une production journalière de 330 m^3 La distribution se fait par gravité à partir de deux châteaux d'eau sur élevés ayant une capacité de 80 m^3 chacun et d'un réseau de 6, 38 km.

II.5.2.3.1 Caractéristiques techniques du Captage :

Les forages en exploitation ont été réalisés dans les années 90 dans le cadre du projet Alimentation en Eau Potable (AEP) de 5 centres (Agchourguit, Maghama, Tiguent R’Kiz et de Magta Lahjar) . Ce programme était financé par le CFD de la France.

Les études sont réalisées par le BRGM en 1990 et les travaux de foration par l’entreprise de la Direction de l’Hydraulique. Les caractéristiques des ouvrages de captage (**Tableau 6**)

Tableau 6 : Les caractéristiques des ouvrages de captage

Forage	Coordonnées GPS	Prof. Totale (m)	Prof. Equi. (m)	Débit oration m3/h)	Débit d’exp. Initial	Débit d’exp. actuel	Niveau statique (m)
R3	13°03’35"O 17°31’34"N	33,00	23,63	36	27	14,7	9,70
R6	13°03’01"O 17°31’34"N	30,0	23,74	4	4	3,24	9,80

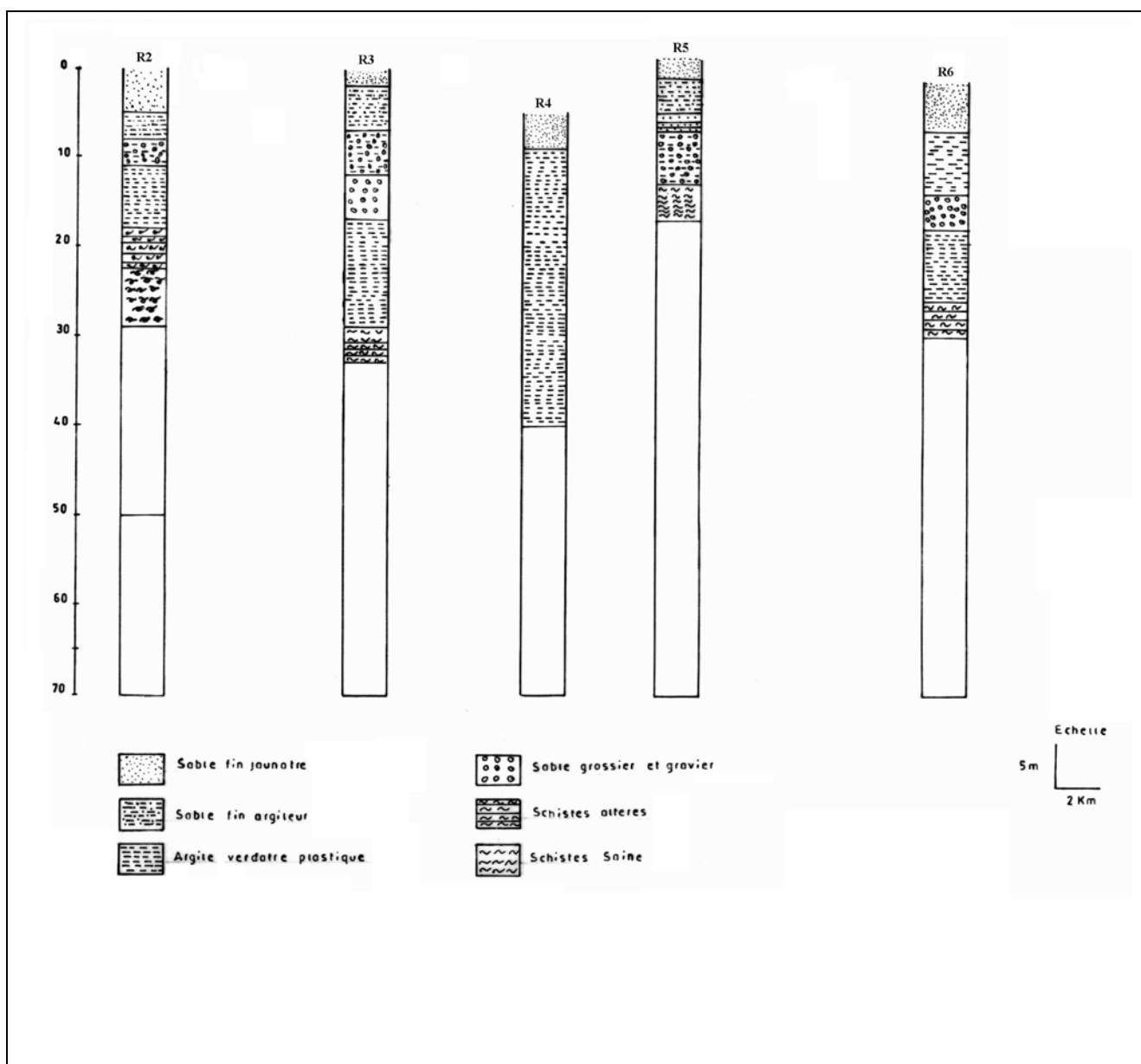


Figure 20: Coupe lithologique Est-ouest de Magta Lahjar

II.5.2.3.2 Les besoins en eau potable

Les besoins actuels en eau de la ville sont estimés à environ 500 m³ par jour soit 50 m³/h pour 10 heures de pompages aux débits d'exploitation des forages actuels ; le déficit est très important. L'exploitation des points d'eau traditionnels captant la nappe des formations superficielles ne peut compenser ce déficit.

II.5.2.4 La recharge des nappes

La recharge des nappes s'effectue pendant la saison des pluies, appelée hivernage.

Les eaux de surface empruntent le réseau hydrographique existant, inactif en saison sèche qui les emmène. C'est pendant ce trajet que s'effectue la majeure partie des infiltrations d'eau dans le sous sol :

Les oueds ont donc des zones de recharge préférentielle. De plus, pendant l'hivernage les précipitations assurent l'alimentation de nombreuses poches alluviales.

Finalement, il existe de nombreuses mares temporaires, appelées *dayas* ou *tamourts*, où l'eau de pluie stagne après la saison des pluies. Ces mares peuvent atteindre de grandes dimensions et constituent elles aussi des zones de recharge potentielles des aquifères

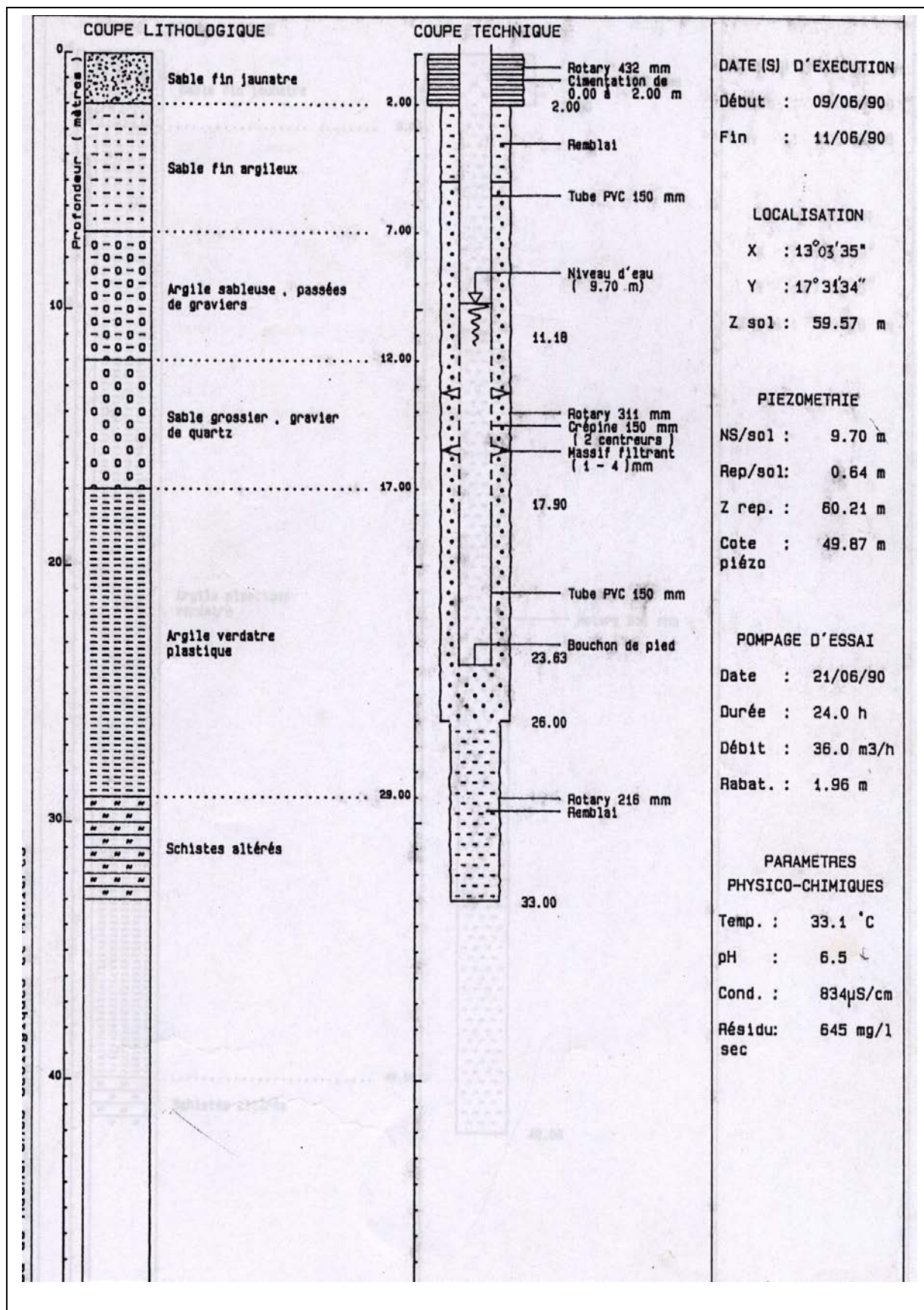


Figure 21: Coupe technique du forage R3

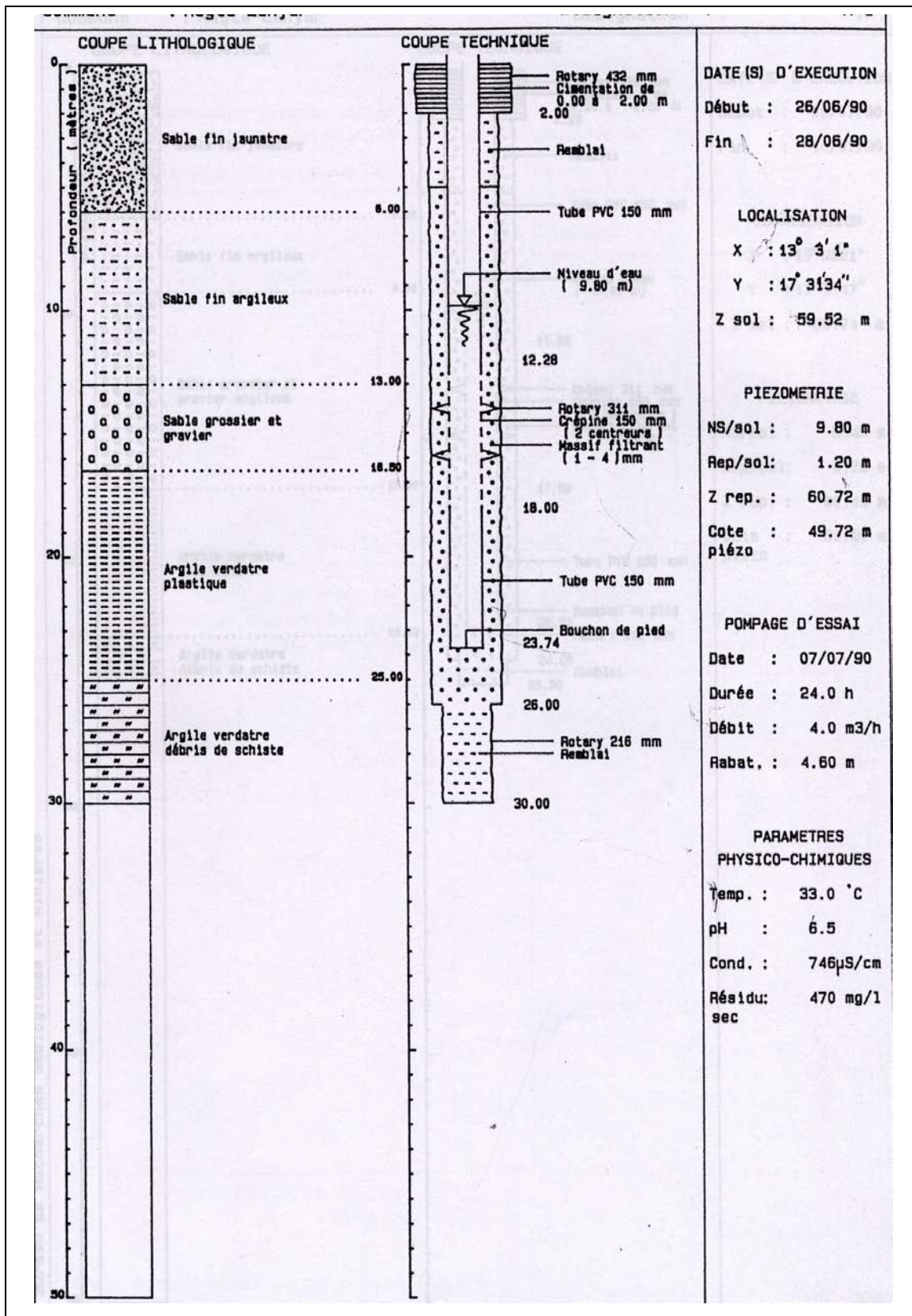


Figure 22: Coupe technique du forage R6.

II.5.2.5 Qualité de l'eau :

Les eaux captées à Magta Lahjar sont celles de l'aquifère des alluvions peu profondes.

La faible profondeur de ces ressources les rend très vulnérables aux pollutions de surface (pollutions domestiques, épandage d'engrais dans les périmètres agricoles (**Figure 23**).

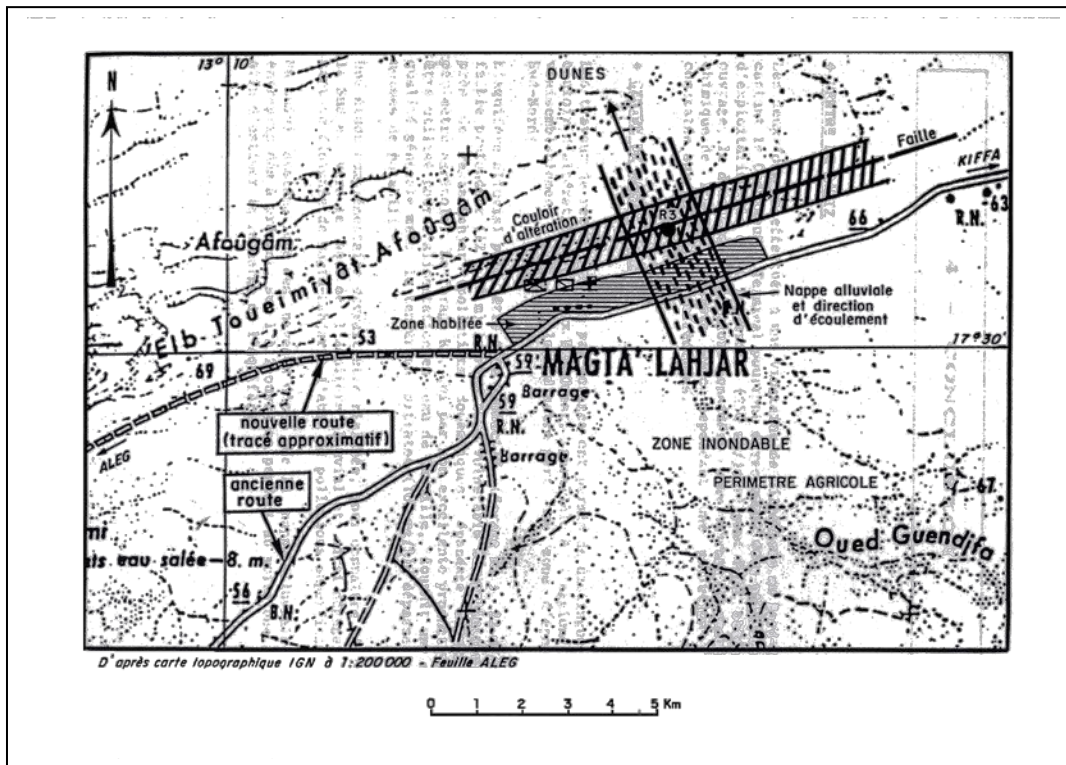


Figure 23:Schéma des conditions hydrogéologiques (BRGM, 1990)

La qualité de l'eau est suivie depuis la réalisation des forages R 3 et R 6 par des analyses physico-chimiques et quelques rares analyses bactériologiques.

Les eaux sont en générale de faiblement minéralisées mais le nitrate est parfois présent en quantité élevée (7,11-73,88 mg/l) et provoque des maladies hydriques.

Le suivi de la quantité de nitrate dans les points d'eau du réseau piézométrique du CNRE a montré une propagation spatiale de la pollution en nitrate de la zone inondée (B177) en direction du forage R3 (**Figure : 24**).

Le suivi de la propagation de la pollution en nitrate montre au début une concentration anormale aux alentours du puits B 177 au mois de septembre 2003. Cette pollution a subi une progression vers le nord et atteint le puits B 216 au mois de novembre 2003, ensuite les puits

B 384 et B 501 au mois d'avril 2004 et commencer à atteindre ou à dépasser le forage R 3 au mois juin 2004

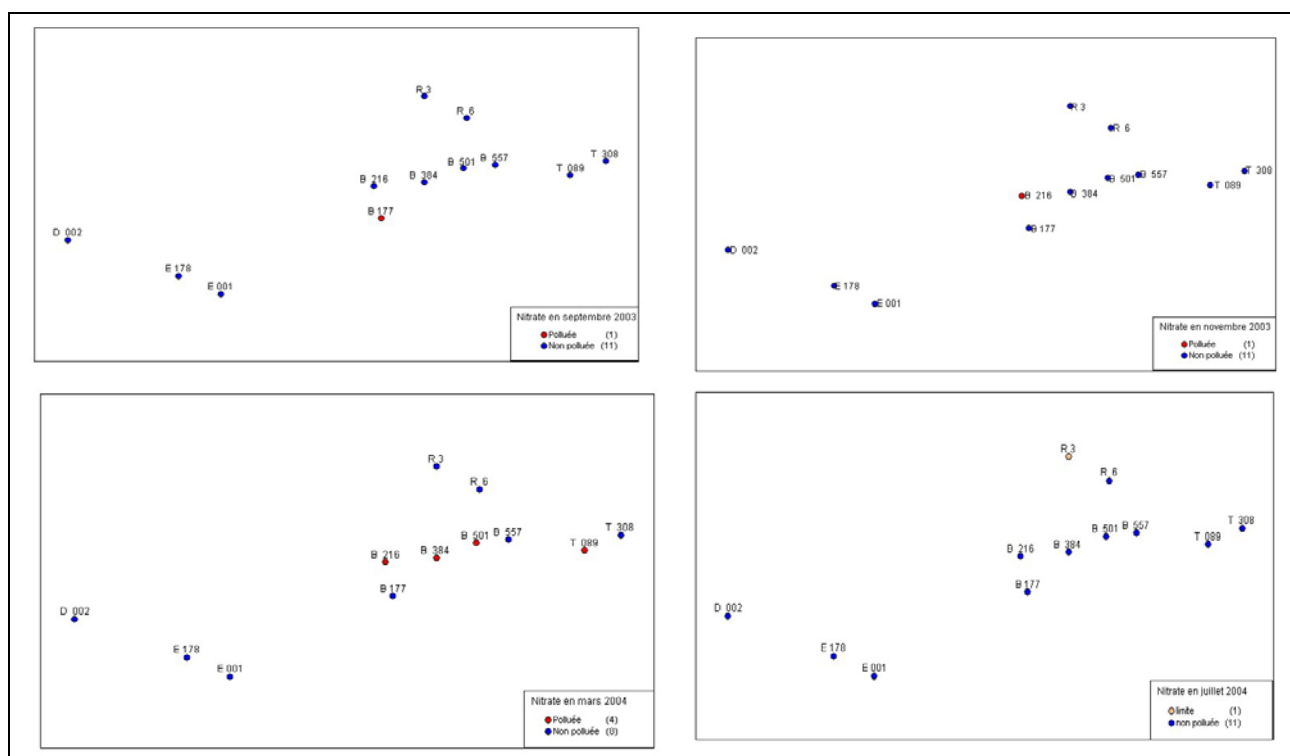


Figure 24: Propagation de la pollution en Nitrate.

Cette pollution en nitrate aux alentours du puits B177 serait due à l'utilisation des produits chimiques (épandage d'engrais) pour rendre les terres du jardin dans lequel le puits se trouve plus fertiles.

Il faut signaler qu'il y a un phénomène de dilution qui serait liée aux conditions d'écoulements et d'alimentation des eaux souterraines.

Cette évolution du taux de nitrate confirme le sens d'écoulement des eaux souterraines du sud vers le nord. Les eaux souterraines coulent depuis la zone inondée et traversent toute la ville avant d'alimenter les forages d'exploitation en suivant le couloir des alluvions.

.

CHAPITRE III : TRAVAUX DE TERRAIN ET RESULTATS

III.1 Methodologie :

La méthodologie de notre travail consiste à réaliser les trois phases suivantes :

- recherche bibliographique ;
- élaboration du programme de la campagne géophysique ;
- réalisation de l'étude géophysique.

III.1.1 Collecte des données

Les données issues des études antérieures, ainsi que tous les documents disponibles relatives à la zone du projet, ont été recueillies auprès des Directions concernées. Toute la documentation collectée a été centralisée au siège du Bureau PHY à Nouakchott pour l'analyse et le traitement.

III.1.2 Elaboration du programme

La reconnaissance sur le terrain est une étape incontournable qui permet de localiser les zones de fracture, la zone de recharge et de relever de nombreux indices pouvant renseigner sur le contexte hydrogéologique local. Parmi ces indices on peut citer :

- les alignements d'arbre : ils peuvent indiquer la présence de failles ou zones de fracture dans lesquelles se présentent l'eau nécessaire à leur survie ;
- la topographie : La présence d'oueds et de dépressions collectrices d'eaux météoriques sont des indices précieux pour déterminer les zones à priori favorables à la présence d'eau ;
- les indicateurs de quantité ou de qualité relative de l'eau ; le diamètre des troncs des arbres et la présence de certaines espèces, notamment ceux de la famille des acacias ou de certaines fougères, donnent des indications sur la présence d'eau et de sa salinité ;
- les données morpho structurales visibles, comme les affleurements ou les zones d'intrusions de roches basiques, pour la détermination des zones de broyage dues à la fracturation ;

Il a résulté de ce traitement, l'élaboration d'un programme de géophysique qui testera les zones cibles des voisinages immédiats de la ville en zone hydrauliquement active plus ou moins influencée par le barrage.

III.1.3 Réalisation de l'étude géophysique

La prospection géophysique utilisée dans le cadre de cette étude est la méthode électrique qui est basée sur l'utilisation des traînés (profils de résistivité) et des sondages électriques. Ce concept est spécialement adapté au milieu fissuré ;

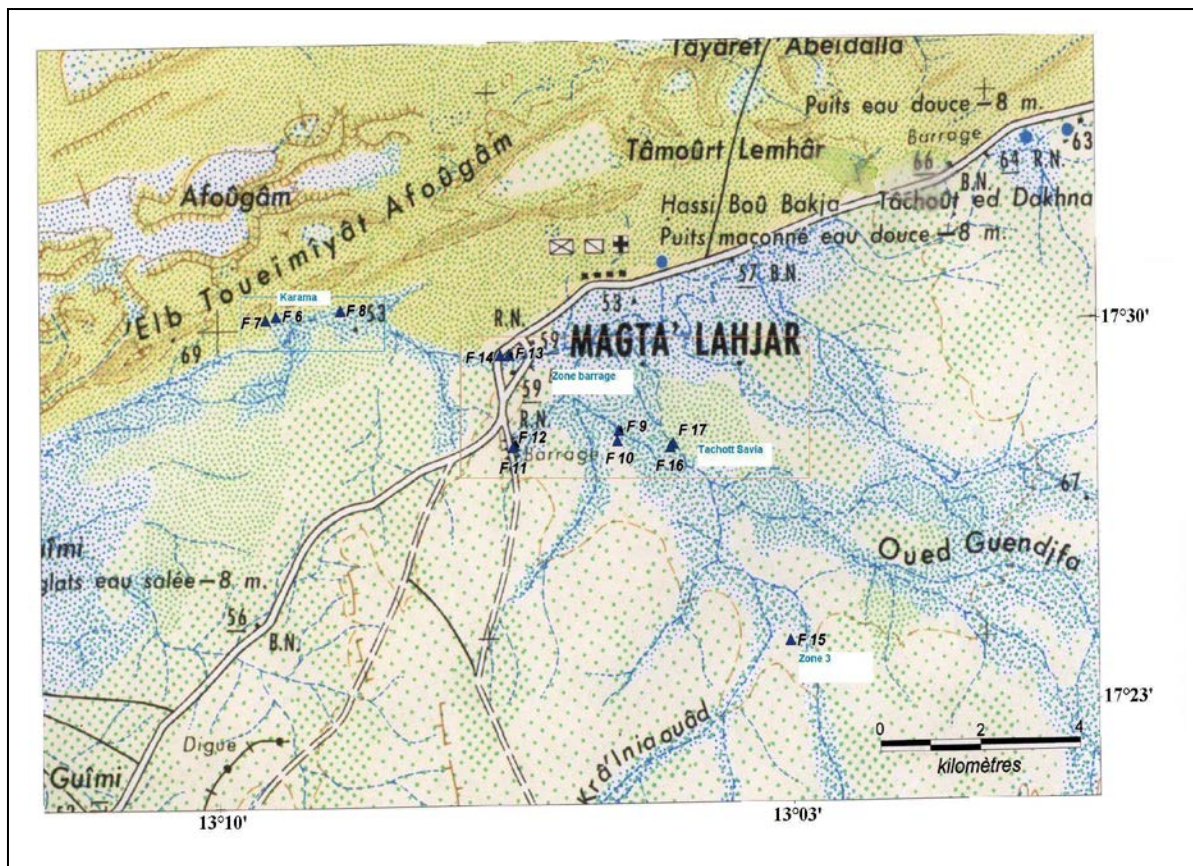
Les traînés électriques sont réalisés en double longueur de ligne par des profils parallèles, ce qui permettra :

- de localiser avec précision les anomalies conductrices ainsi que les variations latérales des plages de résistivité apparente (fractures préalablement observées sur affleurements) ;
- de déterminer la direction de ces fractures (profils parallèles) et avoir une idée sur leur pendage (double longueur de ligne).

Les sondages électriques sont exécutés au droit des anomalies conductrices présentant une configuration géoélectrique favorable au niveau des variations latérales des plages de résistivité. Cette disposition des sondages permettra de mettre en évidence les contrastes et perturbations liées aux à-coups structuraux et de la profondeur des horizons prospectifs, ce qui permet de fixer la profondeur cible des forages de reconnaissance.

La superposition des sondages électriques réalisés sur un même site permet de dégager sur le terrain l'ordre de priorité des sites, les plus favorables seront retenus pour la réalisation de forages de reconnaissance.

Au cours de la campagne géophysique 21 traînés, électriques (en Double Longueur de Ligne DLL AB=100 et 80 m) et 32 sondages électriques, ont été réalisés dont 4 sondages ont servi d'étalons sur des forages et puits existants donnant une eau de bonne qualité. Dans cinq zone au sud de Magta Lahjar (**Figure 25,26**): Les caractéristiques des profils et sondages sont résumés dans les (**Tableaux 7 à 16**).



Mare temporaire



Forage implanté

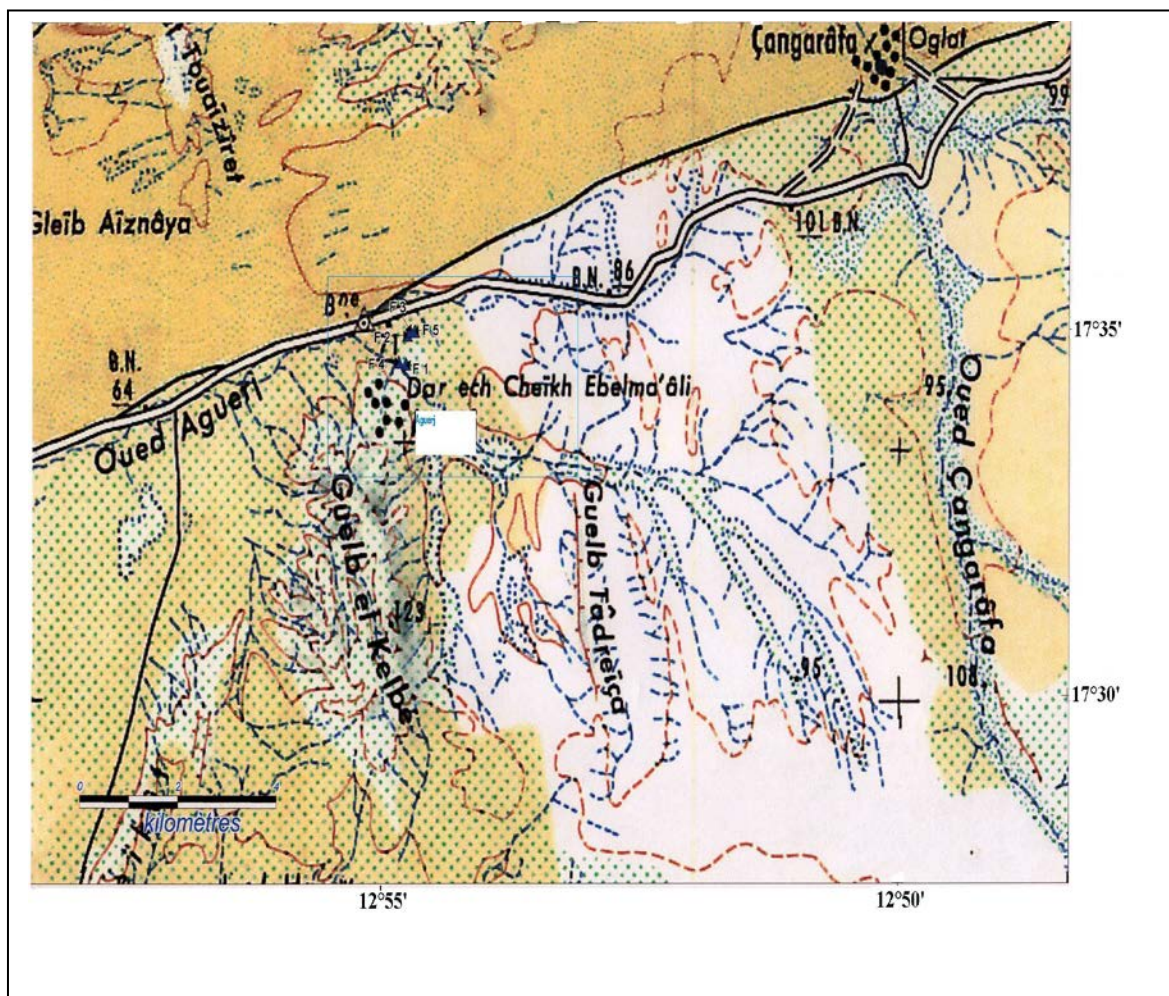


Route Nationale



Oued principal

Figure 25: Localisation des zones prospectées Sud Ouest (PHY, 2004).



Route National



Forage implanté



Mare temporaire



Oued principal

Figure 26: Localisation des zones prospectées Sud est (PHY, 2004).

Tableau 7: Traînés électriques réalisées dans la Zone du barrage

Désignation	Longueurs de profils en m	Coordonnées	Azimut
TE1	260	17°28'49,6 '' N 13°06'31,8'' W	N260°E
TE2	200	17°29'41,5 '' N 13°06'41,1 '' W	N 330° E
TE3	135	17°29'41,0'' N 13°06'46,6'' W	N 335°E
TE4	300	17°29'46,4'' N 13°07'01,5''W	N 223° E
TE6	410	17°28'54,5'' N 13°05'33,1''W	N 235° E

Tableau 8: Sondages électriques réalisés dans la Zone du barrage

Désignation	Longueur AB/2 en m	Coordonnées	Observation
SE1	100	17°29'43,3'' N 13°06'42,0'' W	50 m /TE2
SE2	100	17°29'44,9'' N 13°06'44,2'' W	130 m/TE2
SE3	100	17°29'46,0'' N 13°06'44,4'' W	170 m/TE2
SE4	100	17°28'49,0'' N 13°06'38,6'' W	30 m/TE1
SE5	100	17°28'48,4'' N 13°06'40,3'' W	190 m/TE1
SE6	100	17°29'46,1'' N 13°07'01,9'' W	30 m/TE4
SE7	100	17°29'42,6'' N 13°06'47,8'' W	30 m/TE3
SE10	100	17°28'46,8'' N 13°05'51,5'' W	30 m/TE6
SE11	100	17°28'44,8'' N 13°06'01,8'' W	350 m/TE6

Tableau 9: Traînés électriques à Tachott Savia

Désignation	Longueurs de profils en m	Coordonnées	Azimut
TE5	350	17°29'00,7'' N 13°05'23,9'' W	N60°E
TE7	350	17°29'52,9 '' N 13°05'24,4'' W	N 325° E
TE18	340	17°28'43,7'' N 13°05'00,1'' W	N 65°E

Tableau 10: Sondages électriques à Tachott Savia

Désignation	Longueur AB/2 en m	Coordonnées	Observation
SE8	100	17°29'00,0'' N 13°05'23,0'' W	320 m /TE5
SE9	100	17°28'57,5'' N 13°05'28,4'' W	150 m/TE5
SE12	100	17°28'53,7'' N 13°05'23,7'' W	300 m/TE7
SE4	100	17°28'50,6'' N 13°05'28,6'' W	230 m/TE7
SE25	100	17°28'48,9'' N 13°04'51,0'' W	310 m/TE18
SE26	100	17°28'47,5'' N 13°04'52,8'' W	240 m/TE18

Tableau 11: Traînés électriques à Aguerj

Désignation	Longueurs de profils en m	Coordonnées	Azimut
TE8	120	17°32'51,3 '' N 12°55'39,4'' W	N50°E
TE9	170	17°32'55,5 '' N 12°55'47,0'' W	N 75° E
TE10	350	17°33'10,8'' N 12°55'38,8'' W	N 85°E
TE11	210	17°33'40,1'' N 12°54'43,1'' W	N 265° E
TE12	250	17°32'50,9'' N 13°55'55,6'' W	N 85° E

Tableau 12: Sondages électriques à Aguerj

Désignation	Longueur AB/2 en m	Coordonnées	Observation
SE14	150	17°32'53,7'' N 12°55'41,6'' W	150 m /TE9
SE15	100	17°33'09,5'' N 12°55'41,1'' W	30 m /TE10
SE16	100	17°33'10,8'' N 12°55'39,3'' W	100 m /TE10
SE17	100	17°33'10,7'' N 12°55'36,3'' W	180 m /TE10
SE18	100	17°33'39,0'' N 12°54'46,2'' W	160 m /TE11
SE19	100	17°32'55,5'' N 12°55'47,4'' W	220 m /TE12
SE32	100	17°32'34,1'' N 12°55'52,2'' W	Etalon sur forage CEAO1 (Aguerj)

Tableau 13: Traînés électriques à Karama

Désignation	Longueurs de profils en m	Coordonnées	Azimut
TE13	370	17°30'16,9'' N 13°08'36,9'' W	N180°E
TE14	230	17°30'16,1'' N 13°08'54,2'' W	N 190° E
TE15	350	17°30'05,3'' N 13°09'29,2'' W	N 70°E
TE16	190	17°29'53,0'' N 13°10'26,0'' W	N 265° E
TE16	190	17°32'50,9'' N 13°55'55,6''W	N 85° E
TE17	210	17°29'49,8'' N 13°10'30,0'' W	N 250° E

Tableau 14: Sondages électriques à Karama

Désignation	Longueur AB/2 en m	Coordonnées	Observation
SE20	100	17°30'05,7'' N 13°05'23,0'' W	350 m /TE13
SE21	100	17°30'10,6'' N 13°05'28,4'' W	200 m /TE13
SE22	100	17°30'09,6'' N 13°05'23,7'' W	200 m /TE14
SE23	100	17°30'07,7'' N 13°09'20,4'' W	240 m/TE7
SE24	100	17°30'05,8'' N 13°09'26,7'' W	50 m /TE15
SE31	100	17°29'51,0'' N 13°10'29,2'' W	Etalon sur puits à eau salée

Tableau 15: Traînés électriques à Zone 3

Désignation	Longueurs de profils en m	Coordonnées	Azimut
TE19	370	17°26'28,3'' N 13°04'20,1'' W	N 135° E
TE20	270	17°26'40,6'' N 13°04'10'' W	N 70° E
TE21	370	17°26'10,8'' N 13°03'07,4'' W	N 70° E

Tableau 16: Sondages électriques à Zone 3

Désignation	Longueur AB/2 en m	Coordonnées	Observation
SE27	100	17°27'38,8'' N 13°10'28,4'' W	Intersection de deux oueddes actifs
SE28	100	17°26'50,7'' N 13°03'33,2'' W	40 m /TE21
SE29	100	17°26'51,0'' N 13°03'34,5'' W	90 m /TE21
SE30	100	17°30'25,5'' N 13°08'38,1'' W	Etalon sur puits à eau douce

II.2 Moyen mis en Ouvres

L'équipe géophysique était composée de :

- d'un docteur Géophysicien - Hydrogéologue, Expert International (superviseur du projet) ;
- un ingénieur Géophysicien – Hydrogéologue (chef de Mission, réalisation des études géophysiques sur le terrain) ;
 - un ingénieur Hydrogéologue CNRE (stagiaire) ;
 - un chauffeur ;
 - de quatre ouvriers de géophysique ;

Le matériel utilisé lors de cette mission de prospection était le suivant :

- un résistivimètre type SYSCAL R2 ;
- un convertisseur DC/DC (12V/800V) ;
- des boussoles TOPOCHAIX ;
- un appareil de positionnement par satellite (GPS) ;
- un support cartographique de la zone ;
- des outils informatiques et logiciels scientifiques adaptés.

III.3 Interprétations des résultats

Les études de prospection ont été réalisées non loin de la ville de Magta-Lahjar pour pouvoir établir l'implantation de forages à proximité des habitations. Les sondages électriques sont interprétés qualitativement du fait du milieu dans lequel ces mesures ont été effectuées (milieu fissuré). 28 sondages et 4 sondages étalons ont été réalisés au sud de Magta-Lahjar.

Les dossiers géophysiques sont regroupés en annexes.

Les sondages étalons sont utilisés comme référence (calage géoélectrique) ces sondages étalons s'effectuent au niveau de points d'eau (forage, puits existants et dont le résultats positif ou négatif est connu). Les sondages étalons sont aussi utilisés pour les longueurs de ligne de AB pour les traînés.

TE1 : ce traîné ne présente pas des anomalies bien marquées deux sondages SE4 et SE5 ont été effectués au droit des anomalies les plus remarquables (**Figure : 27**).

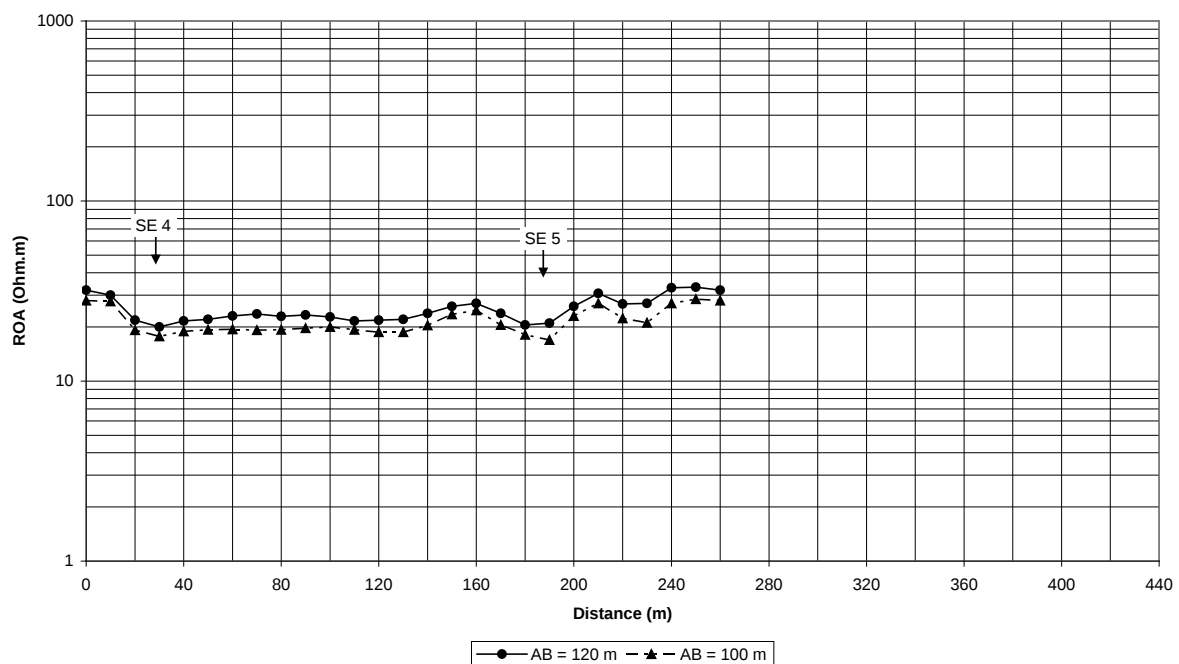


Figure 27:Traîné électrique N°1

SE5 : présente 3 horizons géoélectriques distincts (**Figure 28**) :

de 0-10 m un résistif superficiel de 40 $\Omega.m$;

de 10-30 m un conducteur de 12 $\Omega.m$ (niveau d'argile);

de 30-66 m résistif intermédiaire de 30 $\Omega.m$

au-delà de 66 m résistif infini représentant la roche saine.

Ce point a été retenu comme cible pour l'implantation d'un forage de reconnaissance

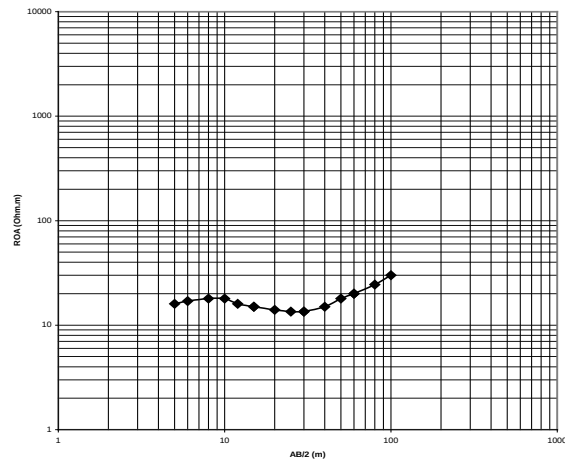


Figure 28: Sondage électrique N°1

TE2 : ce traîné présente trois anomalies moins marquées et trois sondages SE1, SE2 et SE3 ont été effectués au droit des anomalies les plus remarquables (**Figure 29**).

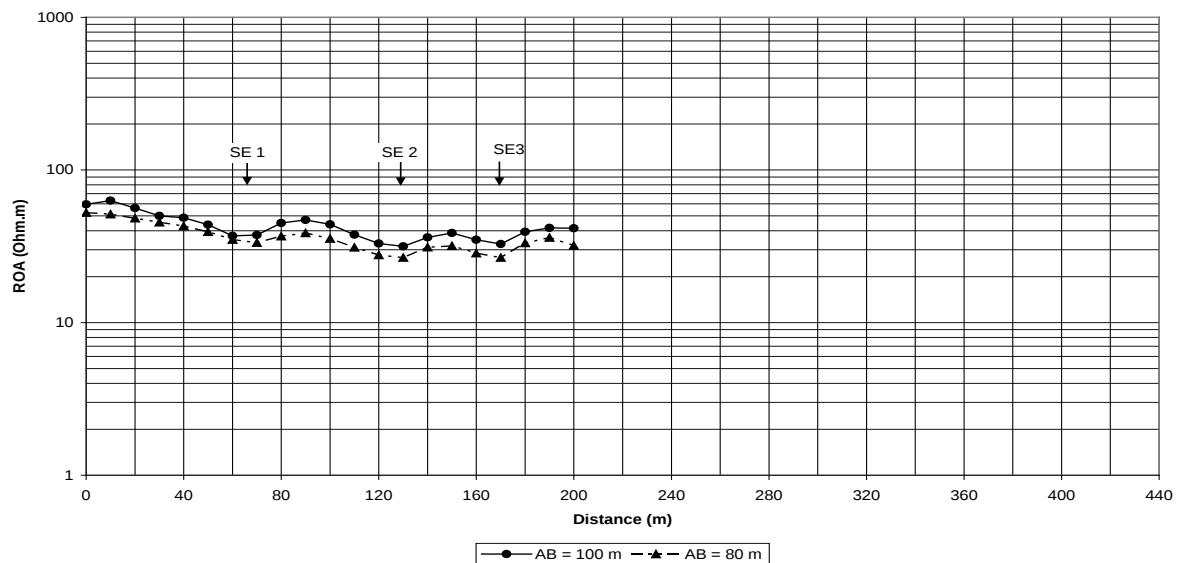


Figure 29: Traîné électrique N°2

SE2 : présente 3 horizons géoélectriques distincts (**Figure 30**) :

de 0-15 m un conducteur de $18 \Omega.m$ (niveau d'argile) ;

de 15 – 30 m un résistant intermédiaire de $40 \Omega.m$;

au-delà de 40 m résistant infini représentant la roche saine.

Ce point a été retenu comme cible pour l'implantation d'un forage de reconnaissance

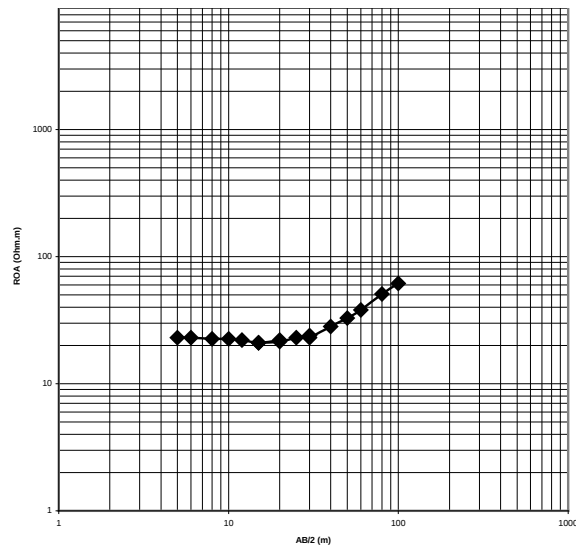


Figure 30: Sondage électrique N°2

TE 3 : on observe sur ce traîné (**Figure 31**) une légère anomalie de faible amplitude Cette anomalie a été testé par SE7.

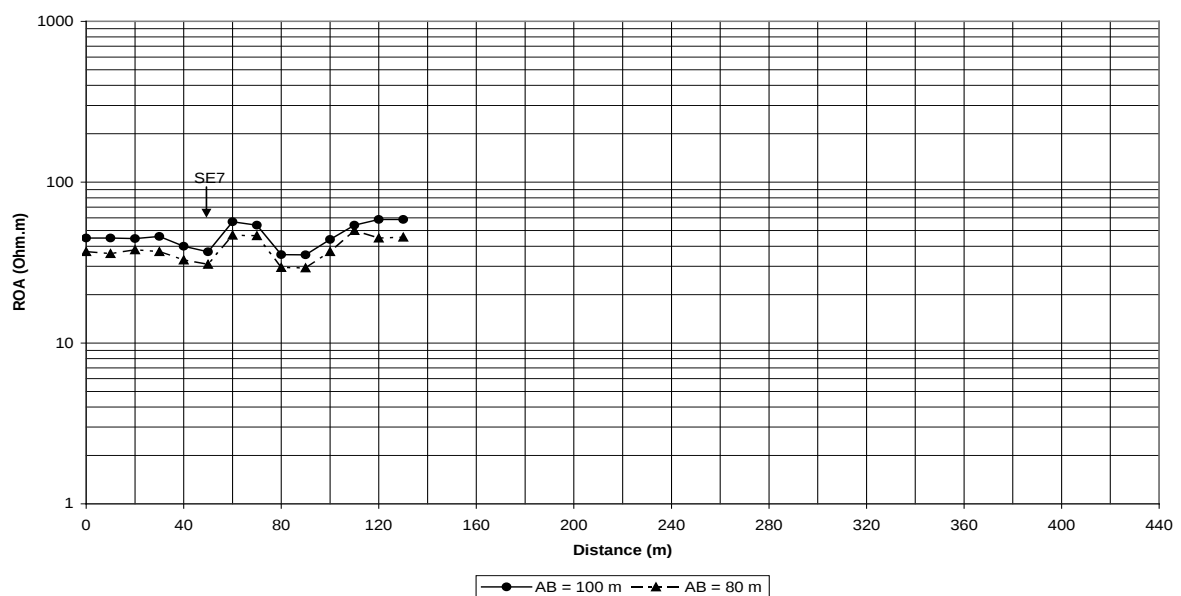


Figure 31: Traîné électrique N°3

SE7 : l'interprétation de SE7 (**Figure 32**) montre la coupe géoélectrique suivante :

- de 0-5 m zone altérée de 60 $\Omega.m$;
- de 5-40 m zone de schistes fracturés de 40 $\Omega.m$;
- Au-delà de 40 m les schistes sains et compacts.

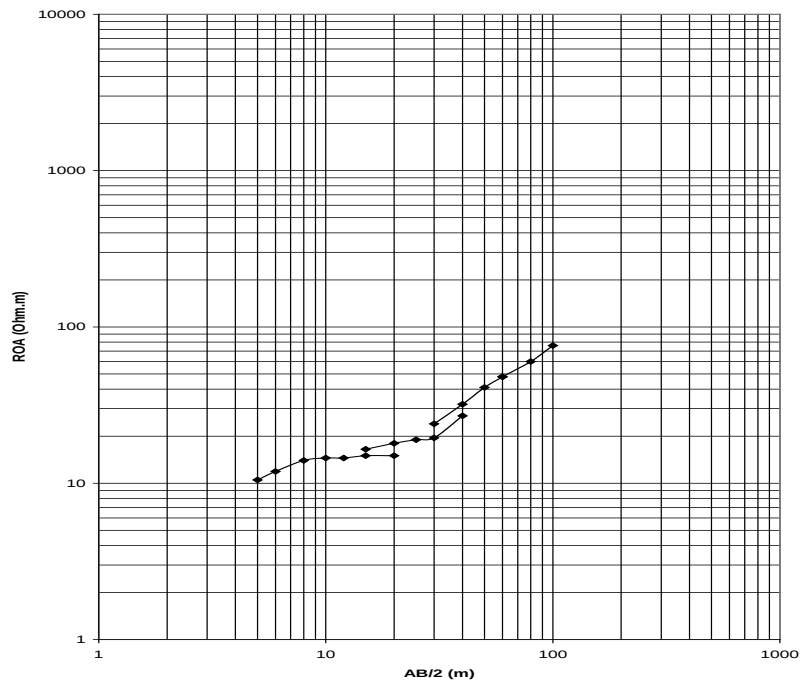


Figure 32: Sondage électrique N°7

TE6: ce profil (**Figure33**) relativement homogène avec (background à 30 $\Omega.m$) présente deux anomalies de faible amplitude, donc il ne présente aucun intérêt hydrogéologique.

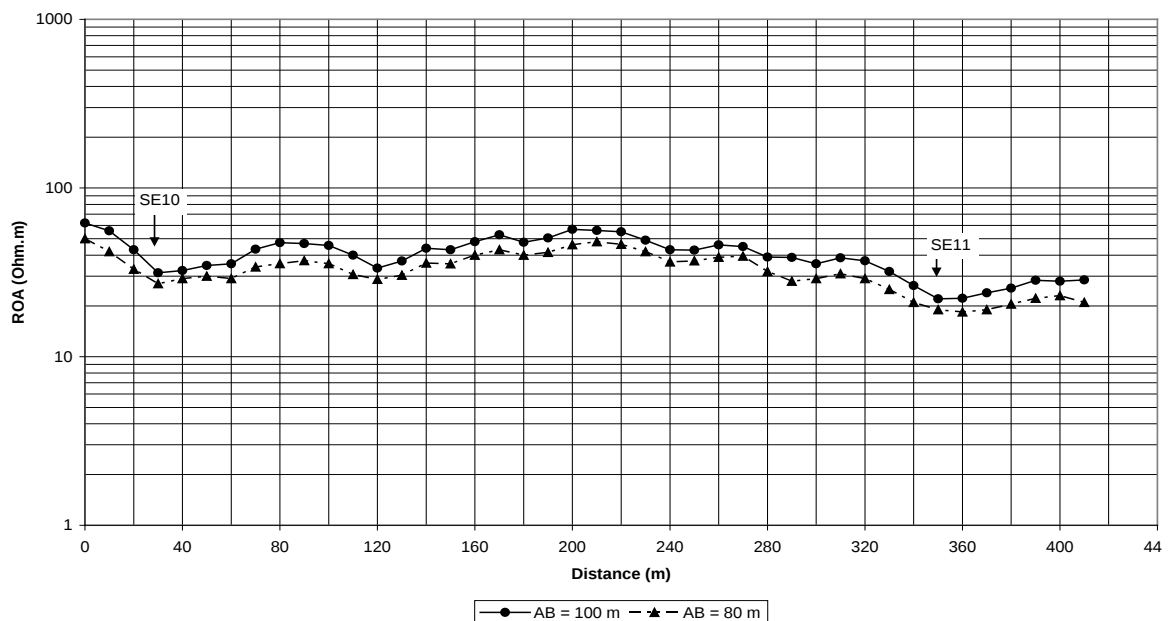


Figure 33: Traîné électrique N°6

TE5 : Géoélectriquement, ce traîné présente une belle configuration avec deux anomalies (**Figure 34**) dont la première est bien marquée en forme V et la deuxième moins significative. La première anomalie, située à 150 m du point de départ, se caractérise par une résistivité de $100\Omega.m$, avec $\Delta\rho=0$ sur une 200m d'amplitude elle a été testée par le sondage SE9.

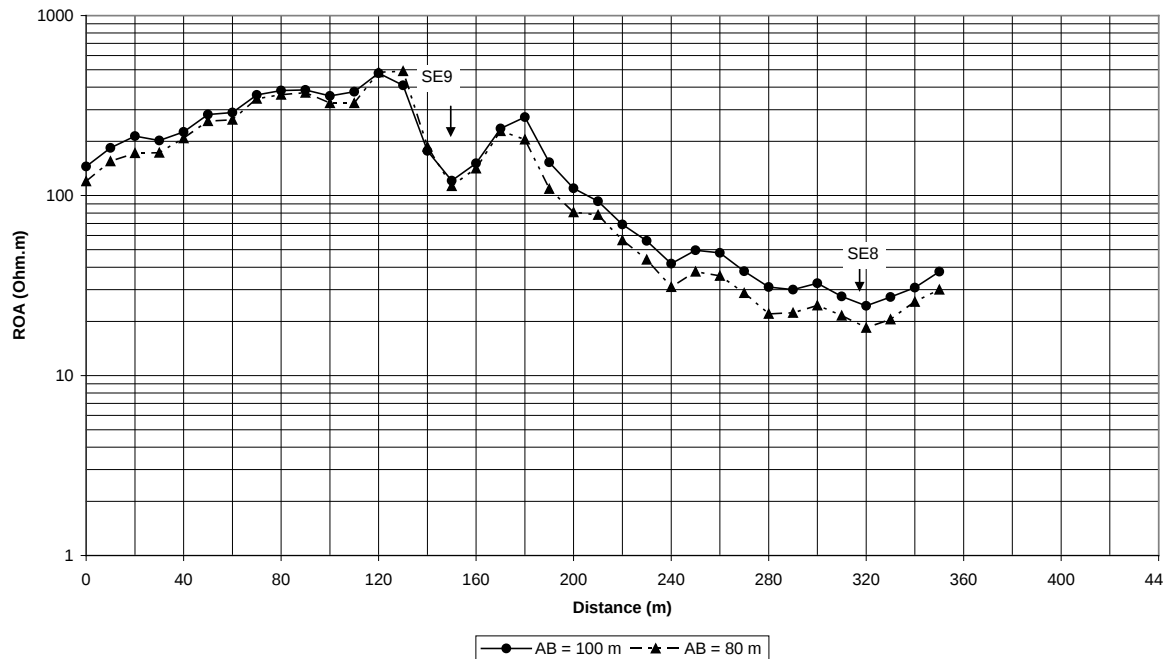


Figure 34:Traîné électrique N°5

SE9 : Ce sondage (**Figure 35**), présente une configuration du type RCR (résistant conducteur résistant) avec :

- un résistif superficiel à $100\Omega.m$ jusqu'à une dizaine de mètres ;
- un résistif intermédiaire de $(100-120\Omega.m)$ avec un palier horizontal présentant quelques à-coups structuraux (fracturation) ;
- un résistif de base représentant la roche saine.

Ce point a été retenu pour forage de reconnaissance.

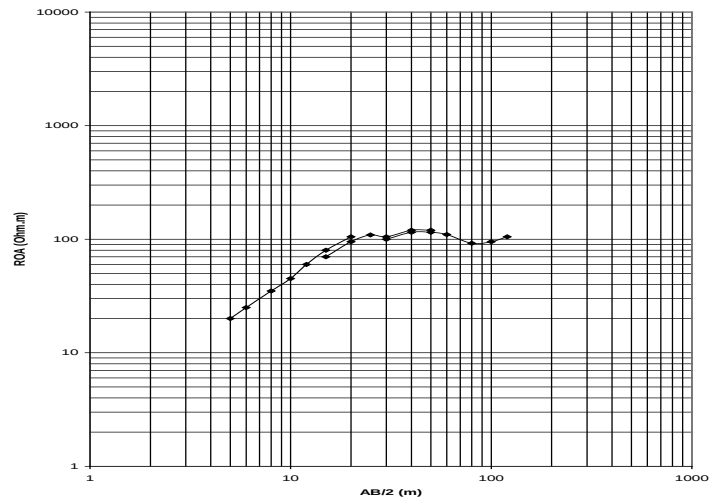


Figure 35: Sondage électrique N°9

TE7: sur ce profil (**Figure 36**) on observe une évolution de la résistivité sur qui montre deux anomalies plus ou moins significatives. La deuxième SE13 située à 220m du point de départ est très nette et présente une résistivité de 200 $\Omega.m$ en V ouvert dans un contexte résistant de 800 $\Omega.m$ est à été testée par le sondage (SE13).

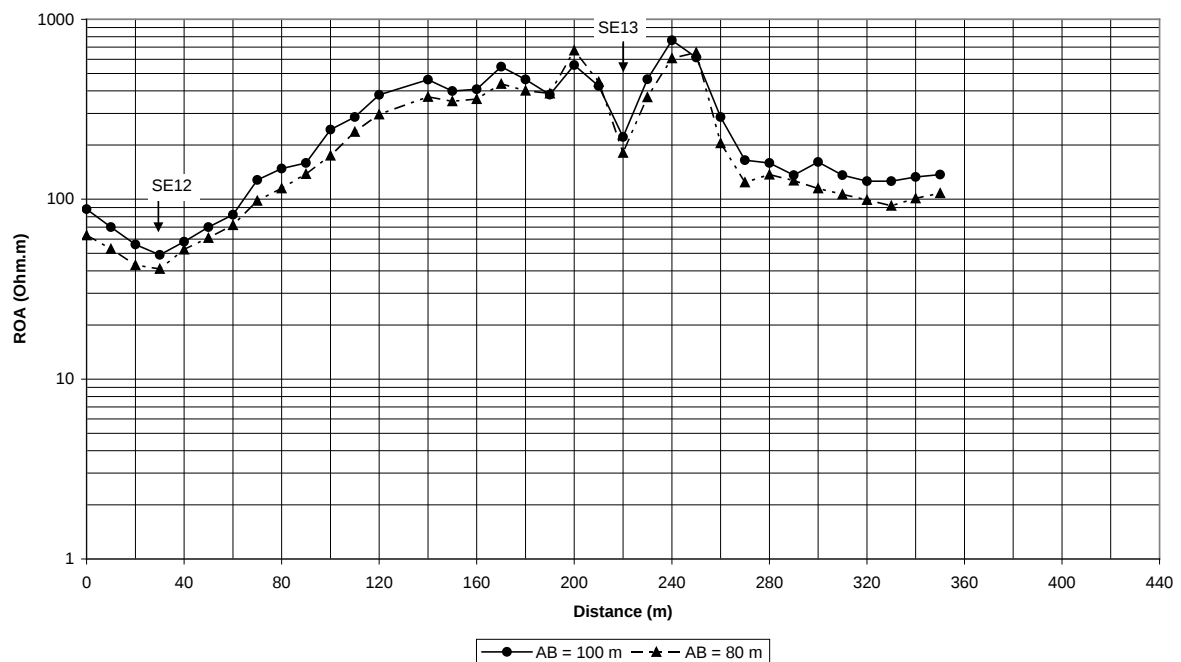


Figure 36: Traîné électrique N°7

SE13 : ce sondage présent (**Figure 37**)

- un résistant superficiel de 200 $\Omega.m$ jusqu'à 20 m ;
- un conducteur avec deux ((à coup)) qui tend vers une résistivité de 120 $\Omega.m$ correspondant à une tranche de terrains supposée aquifère jusqu'à 80 m ;

>100m un résistivité de base résistivité de base qui tend vers 600 $\Omega.m$ (roche saine).

Ce point a été retenu pour la réalisation d'un forage de reconnaissance.

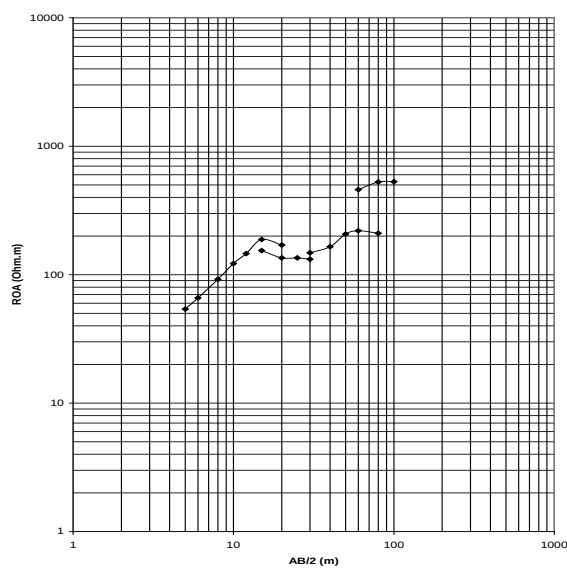


Figure 37: Sondage électrique N°13

TE9: ce traîné (**Figure 38**) présente une belle configuration avec une anomalie bien marquée en forme de V située à 150m du point de départ, présente (45-50 $\Omega.m$) d'amplitude sur une centaine de mètres elle a été testée par le sondage SE14.

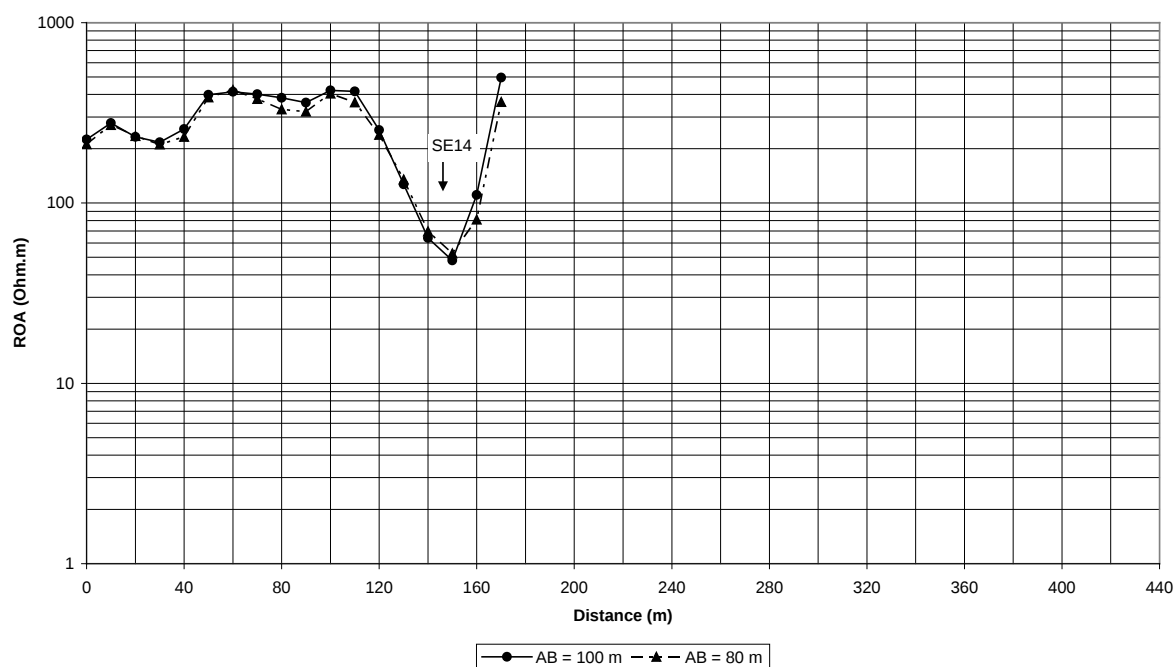


Figure 38: Traîné électrique N°9

SE14 : ce sondage (**Figure 39**) présente une configuration du type RCR (résistant conducteur résistant) avec :

- un résistant superficiel ($50\Omega.m$) jusqu'à 20m
- un conducteur avec deux « à-coup » qui tend vers $60\Omega.m$ correspondant à une tranche de terrain aquifère jusqu'à une soixantaine de mètres

Au-delà de 66m récitant infini présentant la roche saine.

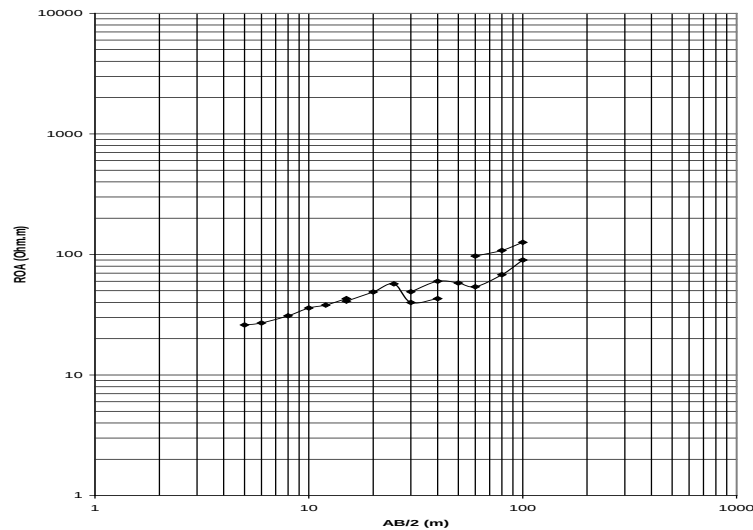


Figure 39: Sondage électrique N°14

TE 10 : Ce profil (**Figure40** :) présentant un background relativement conducteur ($40 - 50\Omega.m$) avec de légères anomalies de faible amplitude. Ces anomalies ont été testées par les SE15, SE16, et SE17.

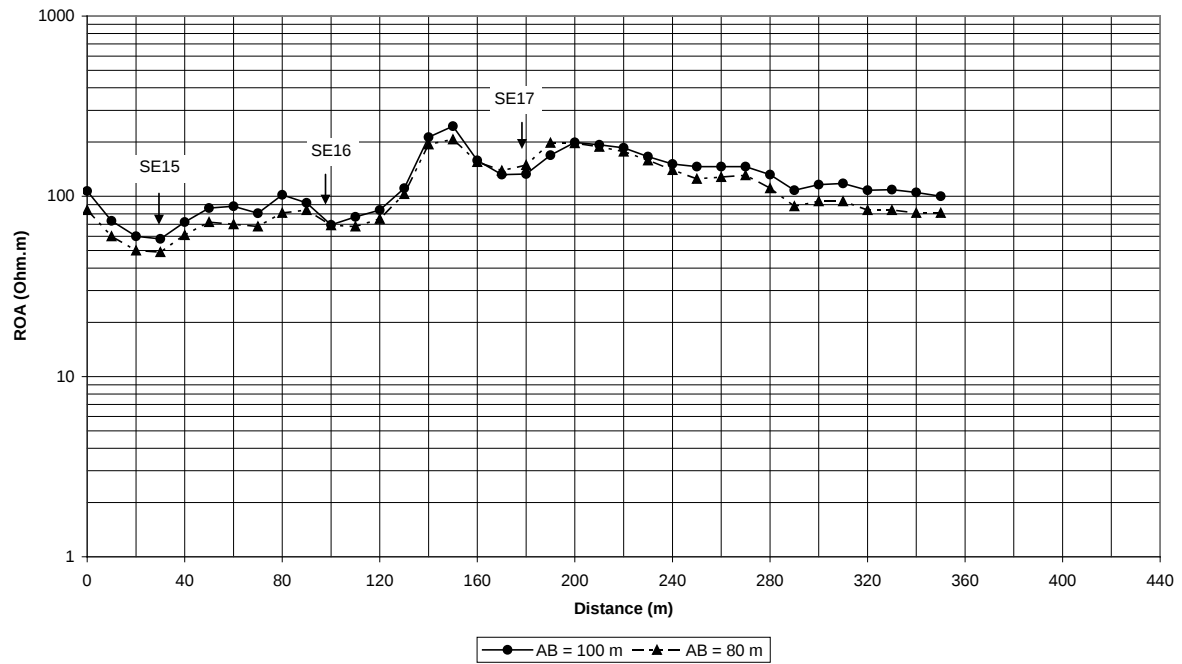


Figure 40: Trainé électrique N°10

SE 15 : présente (**Figure : 41**) trois horizons distincts :

de 0-10 m conducteur de 10 $\Omega.m$ niveaux d'argileux ;

de 10 -30 m schistes fracturés (300 $\Omega.m$) ;

de 30 – 70 m schistes altérés ;

au-delà de 70 m la roche saine ;

Ce point a été retenu pour l'implantation d'un forage de reconnaissance.

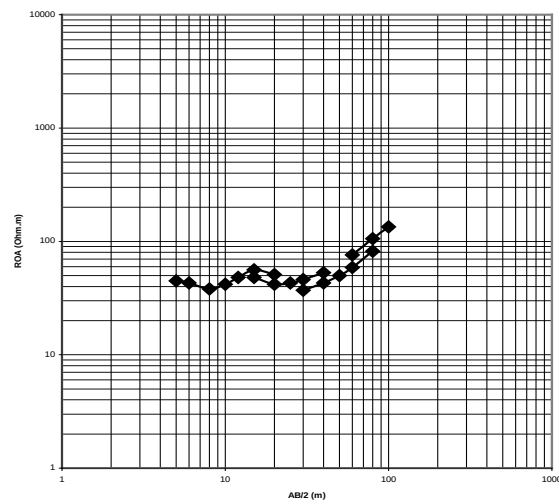


Figure 41: Sondage électrique N°15

SE16 (**Figure 42**) présente quatre horizons géoélectriques distincts :

de 0 -10 m schiste altéré ;

de 10-30 m conducteur de $8 \Omega.m$ (argile) ;

de 30-50 m schiste fracturé ;

au-delà de 50 m le substratum schisteux.

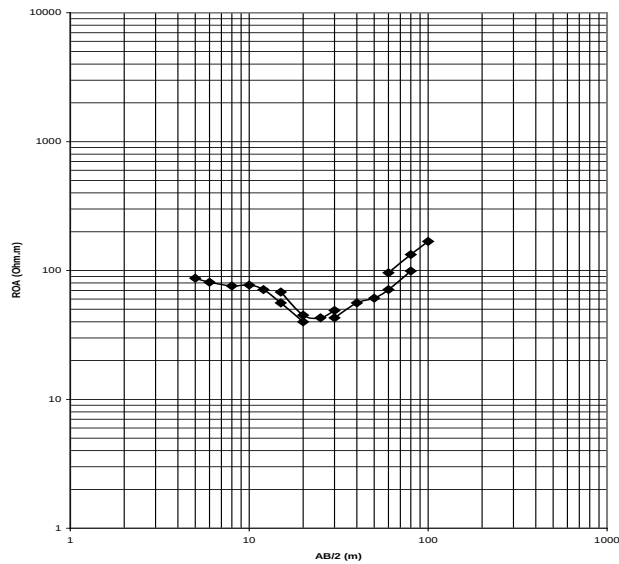


Figure 42: Sondage électrique N°16

SE 17 :l'interprétation de SE17 (**Figure : 43**) donne la coupe géoélectrique suivante :

de 0-12 m quartzo-schiste avec une résistivité de $300 \Omega.m$;

de 12 -40 m schiste altéré de $40 \Omega.m$;

au-delà de 40 schistes sains.

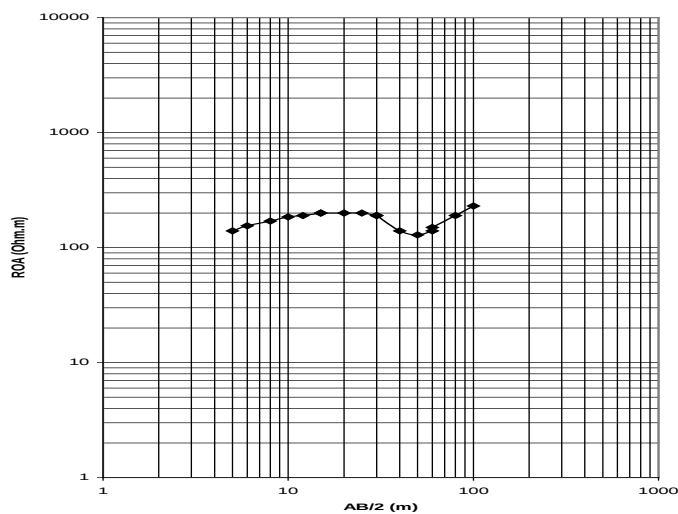


Figure 43: Sondage électrique N°17

TE12 : on observe sur ce traîné (**Figure : 44**) une anomalie à 220 m du point de départ cette anomalie a été testé par le SE19.

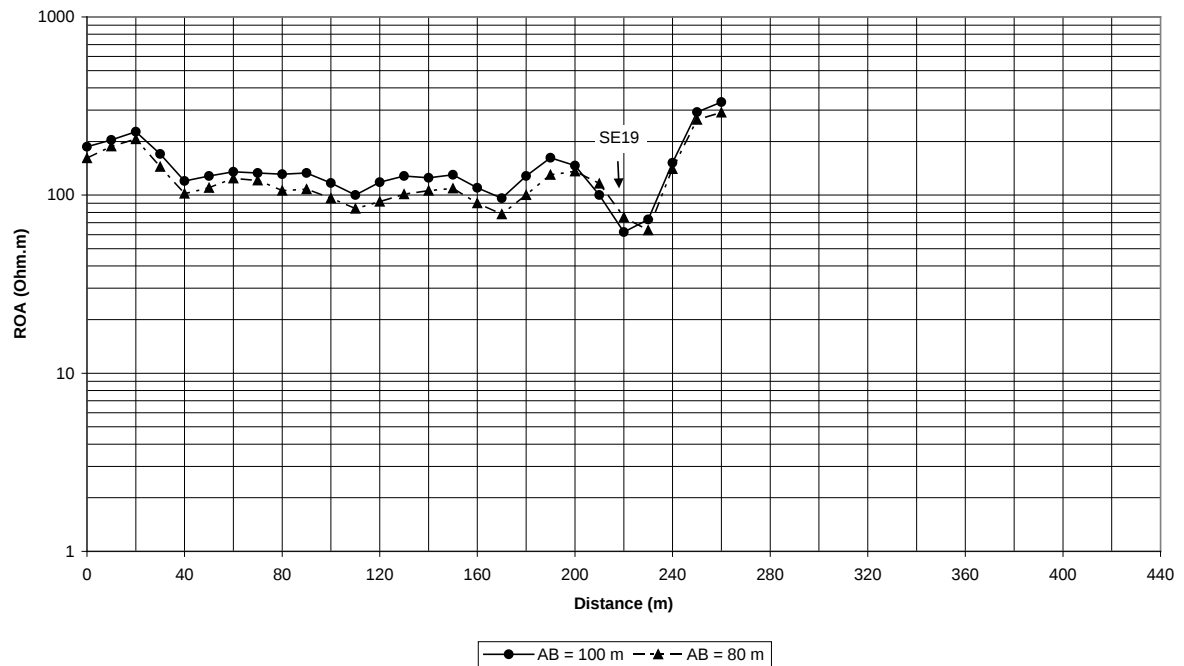


Figure 44: Traîné électrique N°12

SE19 (**Figure : 45**) présente trois horizons géoélectriques distincts :
 de 0-30 m une tranche résistante de 400 $\Omega.m$ environ ;
 de 30 -60 m schiste fracturés supposés aquifère ;
 au-delà de 60 m la roche saine (schiste);

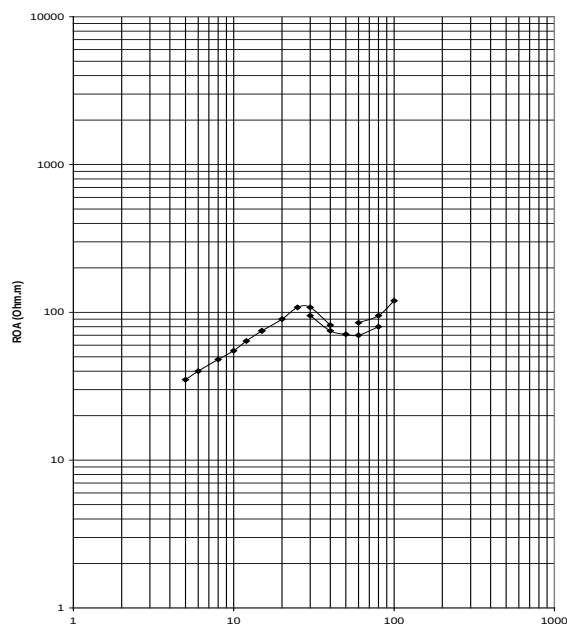


Figure 45: Sondage électrique N°19

TE13 : ce profil (**Figure:46**) présente relativement conducteur avec de légères anomalies de faible amplitude. Ces anomalies ont été testées par SE21 et SE20.

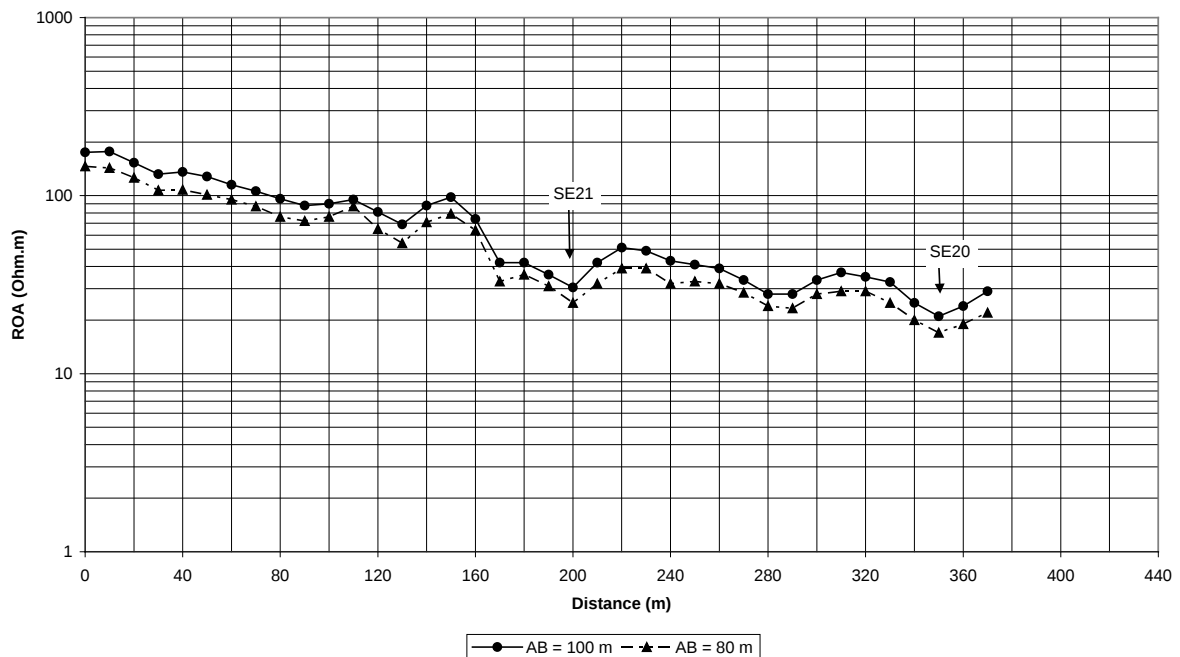


Figure 46: Traîné électrique N°13

SE21 : l'interprétation de ce sondage (**Figure : 47**) montre trois horizons géoélectriques distincts : de 0-20 m la roche altérée à fracturées (schistes); de 20-40 m les schistes fracturés ; Au-delà les schistes compacts.

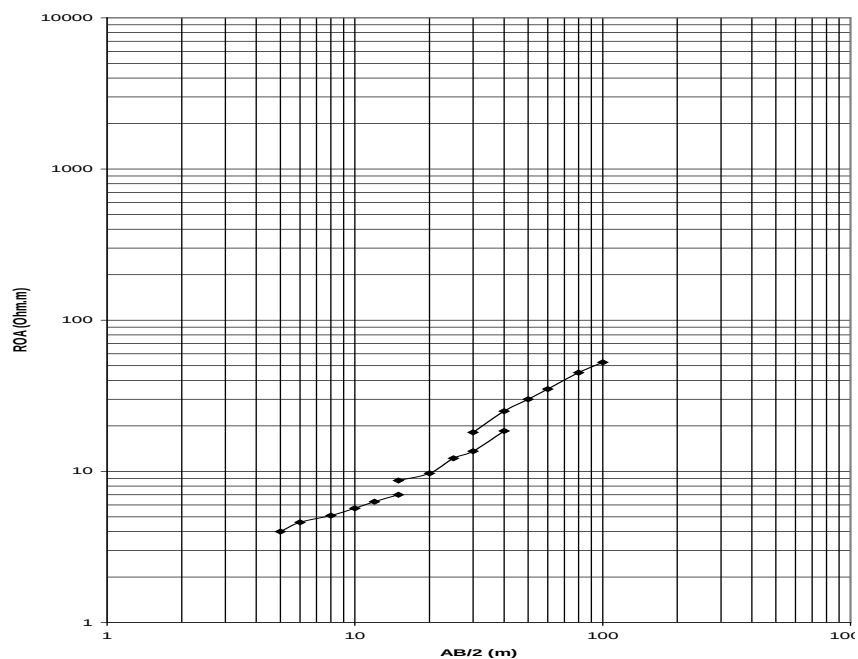


Figure 47: Sondage électrique N°21

TE15 : Ce profil (**Figure : 48**) présentant un background relativement conducteur ($60 - 50 \Omega.m$) avec de légères anomalies de faible amplitude. Ces anomalies sont testée par les SE24, et SE23.

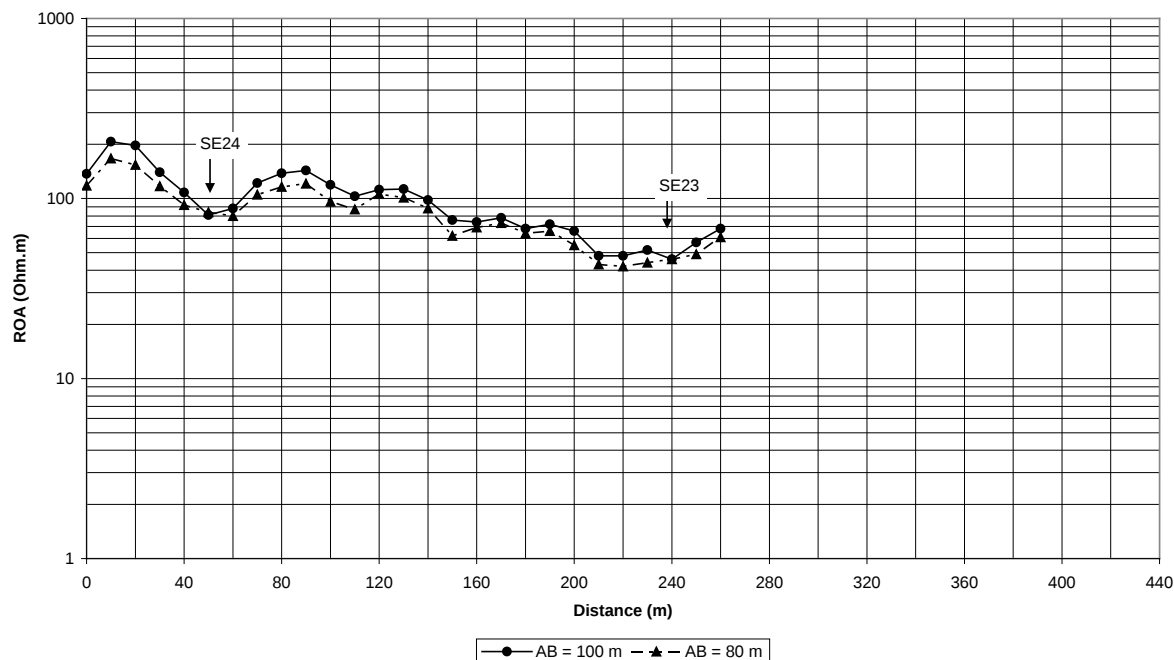


Figure 48:Trainé électrique N°15

SE23 : l'interprétation de ce sondage (**Figure : 49**) montre trois horizons géoélectriques distincts : de 0-10 m schistes compacte de $300 \Omega.m$;
de 20-50 m les schistes fracturés de $40 \Omega.m$;
au-delà les schistes compacts.

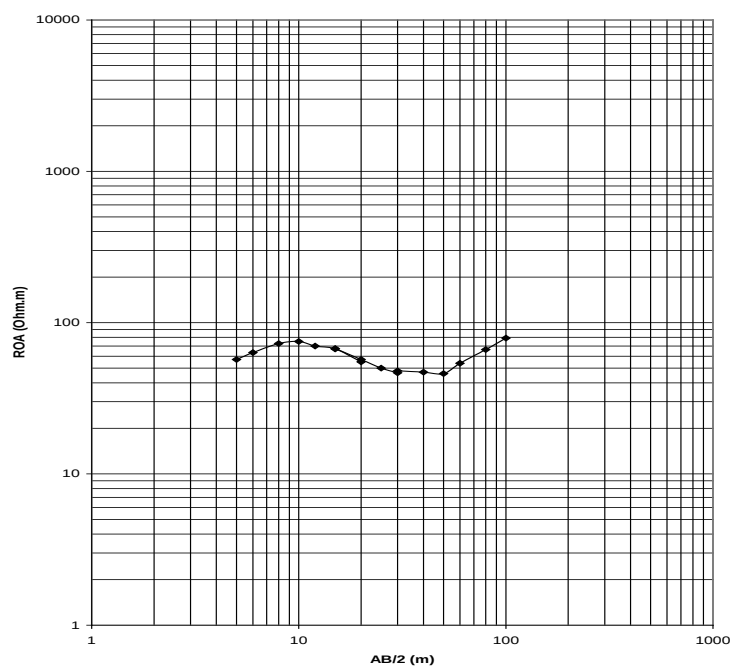


Figure 49:Sondage électrique N°23

III.3.1 Analyse par superposition des sondages électriques :

La superposition des sondages électriques d'un même contexte hydrogéologique permet de visualiser leur allure générale et de les classer par famille suivant leur caractère résistif, conducteur ou perturbé (**Figure : 50**).

Ce classement permet de sélectionner la famille de sondages électriques les plus proches de l'horizon recherché (fixé après les calages).

L'analyse individuelle des sondages électriques sélectionnés permet de localiser de manière qualitative au niveaux de chaque sondage , la profondeur et la résistivité qui varie des horizons recherchés , ce qui constitue une aide à la décision quant au choix et à l'ordre de priorité suivant l'intérêt hydrogéologique .

L'analyse des sondages électriques dans leur globalité (Annexes1), montre la complexité géoélectrique de la région. En effet on observe quatre familles de sondages :

- 1-une famille très résistante (résistant infini) ;
- 2-une famille avec un palier horizontal,
- 3- une famille très conductrice (argileuses)
- 4- une famille marquée par de nombreux effets latéraux (perturbé)

Seule les familles 2 et 4 sont les plus intéressantes du point de vue hydrogéologique.

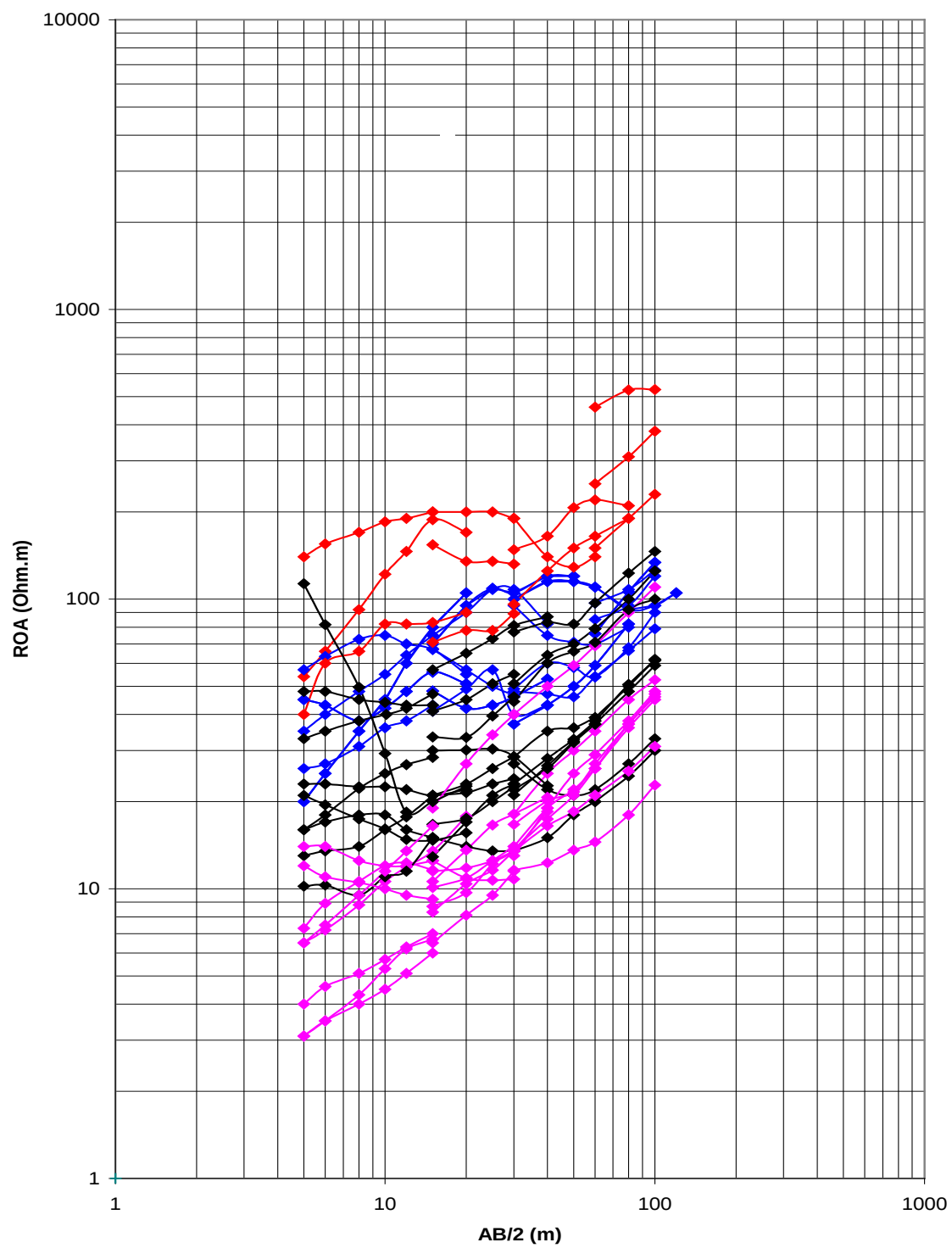


Figure 50 : Superposition des sondages électriques

III.4 Coupes géo électriques prévisionnelles des sondages :

L'analyse et l'interprétation des résultats ont permis d'établir les coupes géoélectriques

Prévisionnelles suivant (Figures 51, 52,53) :

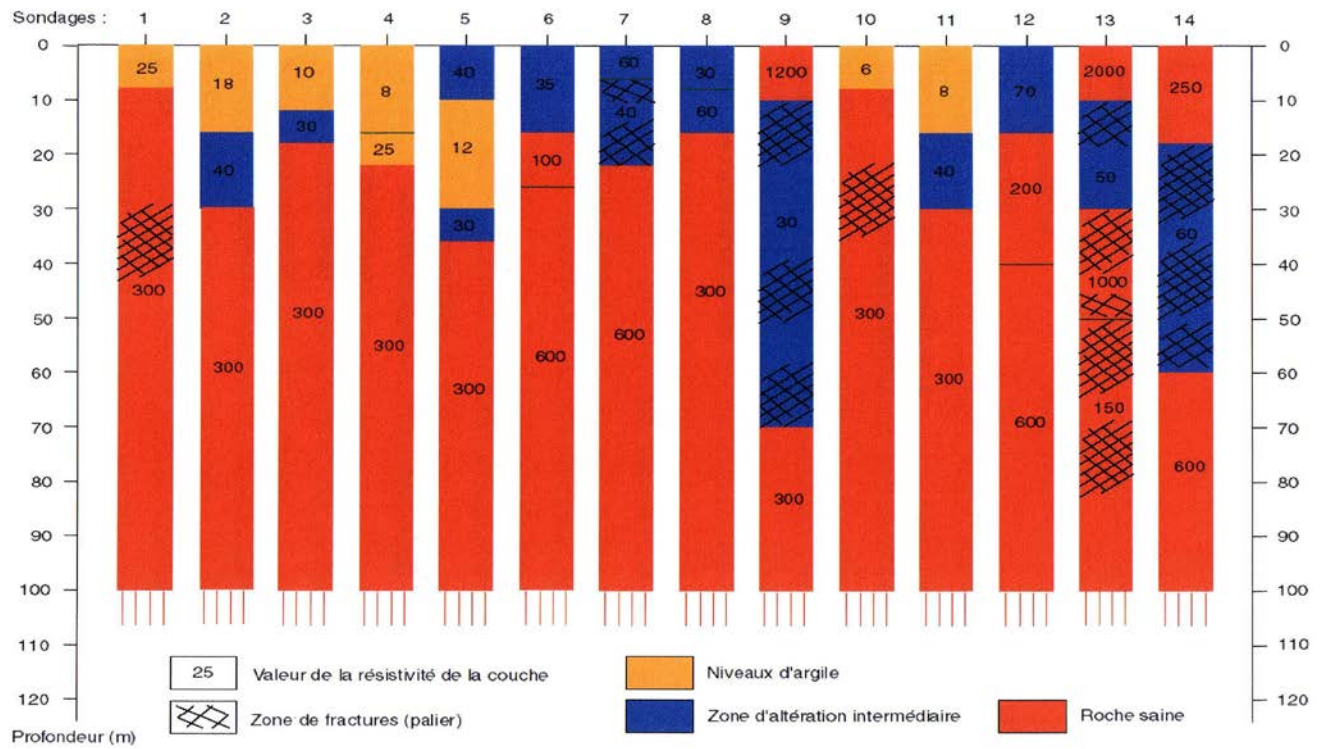


Figure 51: Graphe d'interprétation qualitative des sondages SE1 à SE14

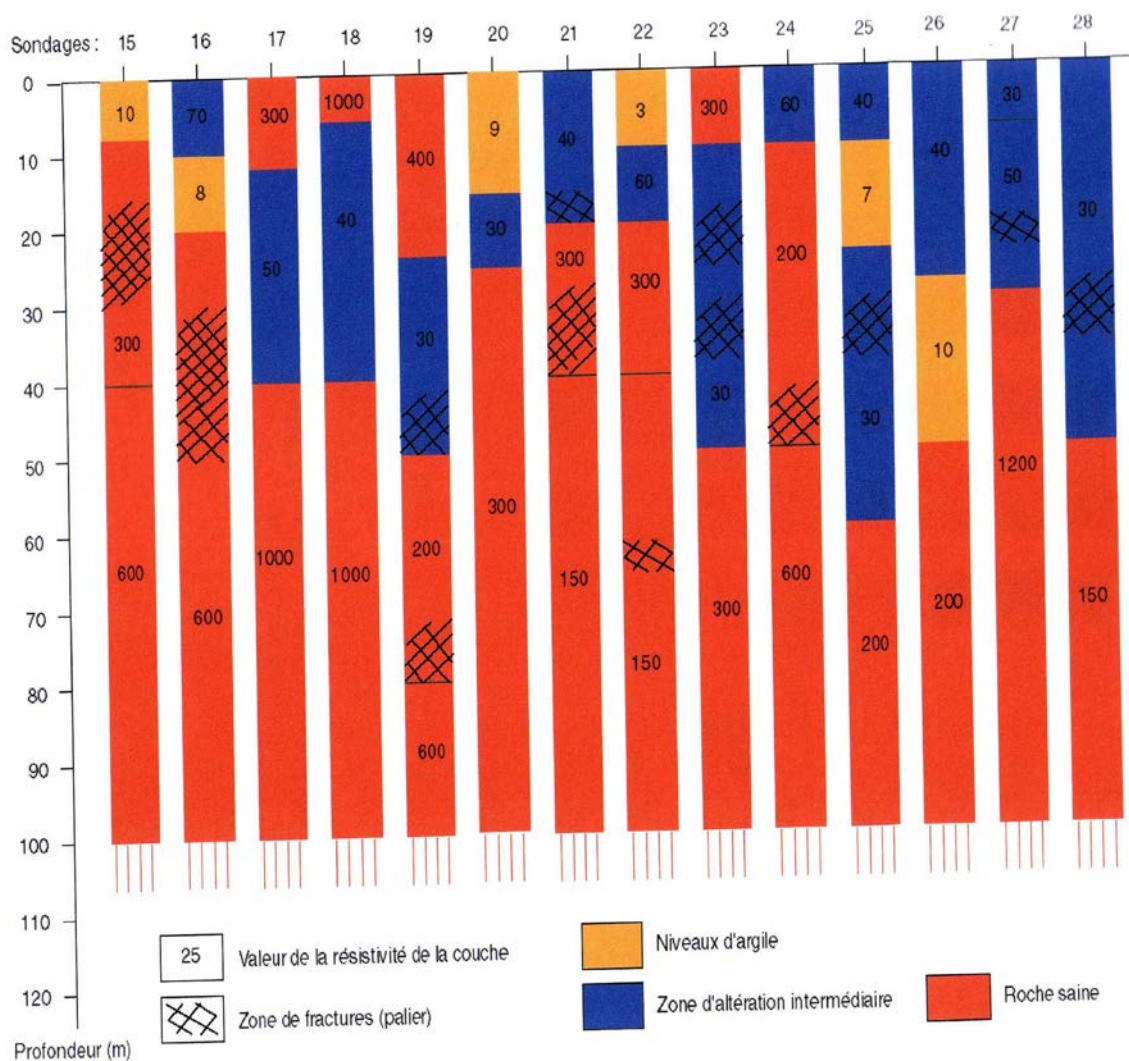


Figure 52: Graphe d'interprétation qualitative des sondages SE15 à SE28

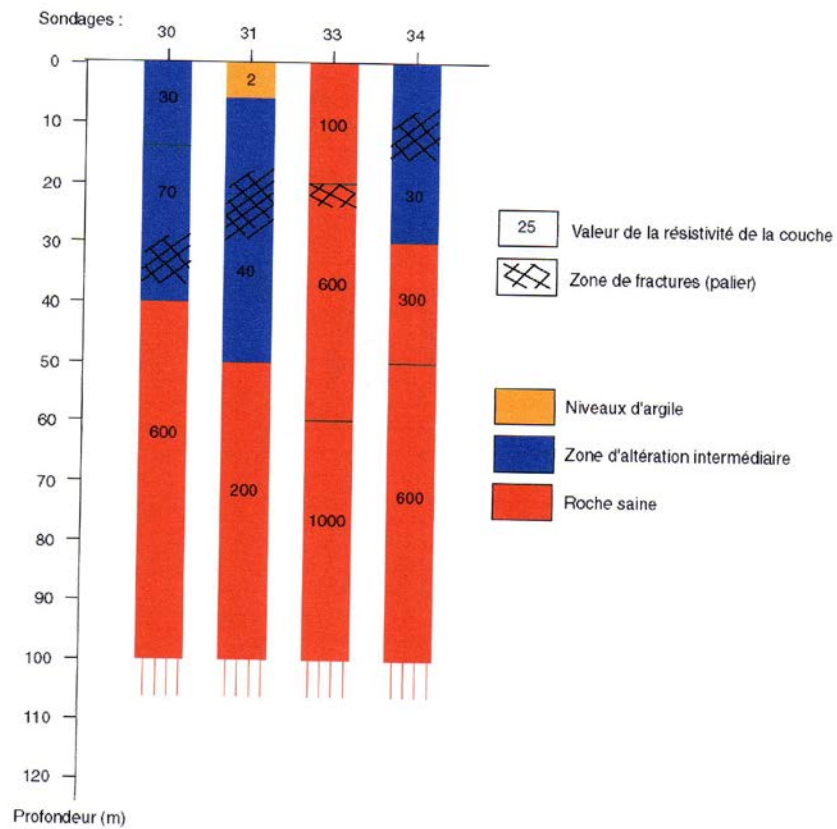


Figure 53: Graphe d'interprétation qualitative des sondages étalon.

III.5 Implantation définitive

Après l'interprétation des résultats des travaux géophysiques à Magta Lahjar, On retiendra pour la réalisation d'un sondage de reconnaissance transformable en forage d'exploitation, les points dont les caractéristiques prévisionnelles sont résumés dans le (**Tableau : 17**) :

Tableau 17 : recapitulatif des points retenus

Points	Coordonnées	Profondeur	Formation géologique	Mode de foration
F 1/ SE 14	17° 32 '53.7'' N 12° 55'41.6'' W	100 m	Schiste	MFT
F2/ SE 15	17 °33' 09.5'' N 12° 55'41.1'' W	70 m	Schiste	MFT
F3/ SE 16	17° 33'10.8 '' N 12° 55'39.3'' W	70 m	Schiste	MFT
F4/ SE 19	17° 32 '55.5'' N 12° 55'47.4'' W	86 m	Schiste	MFT
F5/ SE 17	17°33'10.7'' N 12° 55'36.3'' W	66 m	Schiste	MFT
F6/ SE 23	17° 30' 07.7'' N 13° 09' 20.4'' W	60 m	Schiste	MFT
F7/ SE 24	17° 30' 05.8'' N 13° 09' 26.7'' W	60 m	Schiste	MFT
F8/ SE 21	17° 30' 10.6 ''N 13° 08' 36.0''W	60 m	Schiste	MFT
F9/ SE 9	17° 28' 57.5'' N 13°05' 28.4'' W	100 m	Schiste	MFT
F10/ SE 13	17° 28' 50.6'' N 13° 05' 28.6'' W	100 m	Schiste	MFT
F11/ SE 5	17° 28' 48.4'' N 13° 06' 40.3'' W	60 m	Schiste	MFT
F12/ SE 4	17° 28' 49.0'' N 13°06' 38.6'' W	60 m	Schiste	MFT
F13/ SE 1	17° 29' 43.3'' N 13° 06' 42.0'' W	50 m	Schiste	MFT
F14/ SE 7	17° 29' 42.6''N 13° 06' 47.8'' W	46 m	Schiste	MFT
F15/ SE 28	17° 26' 50.7'' N 13° 03' 33.2'' W	66 m	Schiste	MFT
F16/ SE 26	17° 28' 47.5'' N 13° 04' 52.8'' W	76 m	Schiste	MFT
F17/ SE 25	17° 28' 48.9 '' N 13° 04' 51.0'' W	66 m	Schiste	MFT

III.6 Conclusion générale :

La zone de Magta Lahjar est un centre agropastoral qui joue un rôle très important dans la mesure où il est le relais entre les éleveurs au nord région de l'Aouker et les agriculteurs ou sud zone de l'Aftout, et compte 17902 habitants.

Dans cette région on a principalement deux unités hydrogéologiques bien distinctes :

- le substratum formé essentiellement de schistes a passés quartzitique et dolomitique, les débits de forages effectués dans ces formations sont généralement faibles (0 à 5 m³/h) avec quelque rares exceptions (10 à 12 m³/h) ;
- les formations superficielles sablo argileuses offrent des niveaux d'eaux de faible profondeur 17 m avec une qualité d'eau assez bonne, des coefficient d'emmagasinerements de l'ordre de $S = 8.10^{-3}$ et des transmisivités comprise entre 10^{-4} et $10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

En relation avec une faible pluviométrie (100 mm/an), les aquifères de cette zone bénéficient d'un faible taux de recharge qui s'effectue essentiellement par les eaux de ruissellements à travers les fractures du sol.

Les eaux sont en générale faiblement minéralisées. Ce pendant on note une certaine pollution aux nitrates (73,88 mg/l) qui est due à l'utilisation d'engrais chimiques dans les cultures maraîchères environnantes.

La prospection géophysique (Méthode électrique) a été réalisée dans les formations schisteuses (milieu discontinu) dans le cadre de l'alimentation en eau potable de la ville de Magta Lahjar.

La méthodologie adoptée repose fondamentalement sur les investigations géophysique de terrain.

Les sondages électriques ont fait l'objet d'une analyse qualitative en raison de l'anisotropie des terrains qui leurs confèrent différentes formes ne correspondant pas aux diagrammes théoriques.

Cette analyse a permis de dégager pour chaque faciès une plage de résistivités caractéristiques de son état (fracturé ou non).

Les traînés électriques (réalisés en double longueur de ligne) ont permis de caractériser la distribution latérale des plages de résistivités et donc, de localiser les différentes discontinuités électriques.

L'analyse des données géophysiques montre qu'il existe quatre niveaux distincts :

- une zone conductrice à très conductrice représentant les niveaux d'argiles et les niveaux des feldspaths contenus dans les micaschistes de 8 à 25 $\Omega.m$;
- une zone d'altération intermédiaire représentée en générale par des résistivités allant de 30 à 50 $\Omega.m$ environ;
- une zone fracturée représentée par des résistivités de 30 à 150 $\Omega.m$;
- une zone de roche saine représentée par des schistes de 300 à 1200 $\Omega.m$

Les études géophysique ont confirmé la continuité des fractures reconnues par BRGM en 1990 au sud de Magta Lahjar et qui sont d'orientations NE-SW.

On a également mis en évidence l'existence de fractures majeures dans la zone d'Aguerj préalablement observés sur le terrain et matérialisées par un alignement d'arbres d'orientation E-W. Des fractures secondaires ont été détectées dans les zones de Tachott Savia de la Zone 3 et de Karma.

Au droit de ces fractures les études géophysiques ont permis d'implanter 17 sites de forages de reconnaissance.

Tous les forages seront réalisés au Marteau Fond de Trou en diamètre 8''.

BIBLIOGRAPHIE

- B.R.G.M. (1975)** - Notice explicative de la carte géologique de la Mauritanie au 1/1000000. Editions BRGM-74, Paris France, 255 p.
- B.R.G.M. (1990)** -Alimentation en eau potable de R'kiz et de Magta Lahjar localisation des ressources en eaux souterraines. Rapport d'études géophysiques, 35 p et annexes.
- B.R.G.M. (1990)** - Alimentation en eau potable de R'kiz et de Magta Lahjar. Rapport sur les travaux de forages. 50 p et annexes.
- BIAIS, B. et ANDREINI. J.C. et L.BOURGUET. (1984)** - Contribution de la méthode VLF en zone de socle. Editions BURGEAP S.A, France, 37 p.
- CARITE, D. (1989)** - Géologie en Mauritanie. Editions Edisud, France, 284 p.
- CARUBA, R. et DARS, R. (1991)** - Géologie de la Mauritanie. Editions C.R.D.P de NICE, 321 p.
- CHIRON, J.C. (1975)** - Notice explicative de la carte géologique de la Mauritanie au 1/1000000 : étude géologique de la chaîne des Mauritides entre le parallèle de Moujeria et le fleuve Sénégal. Editions BRGM-74, pp 121-125 p.
- DACOSTA, H. (1989)** - Précipitation et écoulement sur le bassin de la Casamance. Thèse de troisième cycle. FLSH UCAD, 278 p.
- DAYNOUX, M. (1983)** - L'hydrogéologie de l'Afrique de l'ouest, synthèse des connaissances socle cristallin et cristallophyllien et sédimentaire ancien. Editions AGRIDOC INTERNATIONAL, Paris France, 145 p
- DIENG, B. (2003)** -Technique d'implantation des forages prospection géophysique appliquée à l'hydrogéologie des régions de socle. Rapport de l'EIER Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 20 p.

DUBOIS, J. et DIAMENT, M. (1997) - Géophysique appliquée. Editions Masson, Paris, 205 p.

DMG. (2005) - Carte géologique et hydrologique de Magta Lahjar. Eshelle : 1/500.000

IWACO. (1990) - Projet alimentation des conditions d'approvisionnement en eau des zones rurales de l'Aftout et alimentation en eau potable de huit préfectures. Rapport sur l'étude d'implantation et campagne géophysique, 39 p.

MAMADOU, D. (1994) - utilisation du EM34 (Appareil électromagnétique) dans la prospection géophysique appliquée à l'hydrogéologie exemple en Mauritanie (*in* colloque international eau et environnement). Editions Direction de l'Hydraulique Nouakchott, pp 95-113 p.

OULD JIDOU, H. (1994) - Les ressources en eau de la Mauritanie (*in* colloque international eau et environnement). Editions Direction de l'hydraulique Nouakchott, pp 24-27 p.

OULD YAHYA.M.Lemine. (1999) - La recherche d'eau en milieu discontinu, zone aride cas de la région de Zouerat nord de la Mauritanie. Thèse de doctorat, UNSA, 120 p et annexes.

PHY. (2004) – Etude hydrogéologique et géophysique pour AEP de Magta Lahjar. Rapport, 20 p et annexes.

SYLVAIN, H. (1998) - de la ressource en eau à sa gestion dans le cadre d'une zone sahélien le cas du lac de Mal (Mauritanie). Laboratoire des Sciences de l'Environnement Université d'Angers Canada. mémoire de Maîtrise en géographie, 80 p.

SAMEL, N. (2000) -Technique d'implantation des forages géophysique électromagnétique. Rapport de l'EIER Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 17 p et annexes.

TABLE DE MATIERES

Introduction :	1
CHAPITRE I : METHODES GEOPHYSIQUES	2
I.1 Introduction	2
I.2.LA METHODE ELECTRIQUE :	3
I 2.1.Principes de la méthode électrique :	3
I.2.3 Types de dispositifs électriques	4
I.2.3.1 Le traîné électrique :	5
I.2.3.2 Le sondage électrique :	6
I.2.4 Etalonnage :	7
I.2.5 Interprétation des données :	7
I.2.5.1 Interprétation des traînés électrique :	7
I.2.5.2 Interprétation des sondages électriques :	10
I.3 METHODE ELECTROMAGNETIQUE :	10
I.3.1 Principe de la méthode Electromagnétique :	10
I.4 Conclusion :	12
CHAPITREII : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	13
II.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	13
II.2 RELIEF ET HYDROGRAPHIE	14
II.3 LA VEGETATION	14
II.4 CLIMATOLOGIE	15
II.4.1 Les mécanismes généraux du climat	15
II.4.2 ANALYSE DES DIFFERENTS PARAMETRES DU CLIMAT :	15
II.4.2.1 Température :	16
II.4.2.2 Les vents	16
II.4.2.3 La pluviométrie	17
II.4.2.4 L'évaporation	18
II.5 SYNTHESE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	19
II.5.1GEOLOGIE	19
II.5.1.1 Lithologie	21
II.5.1.2 Tectonique	23
II.5.2 HYDROGEOLOGIE :	27
II.5.2.1 Ressources en eau de la chaîne des Mauritanides	27
II.5.2.2 Les systèmes aquifères à Magta Lahjar	28
II.5.2.2.1 Le substratum :	28
II.5.2.2.2 Les structures superficielles :	30
II.5.2.3 Situation actuelle de AEP de Magta Lahjar:	30
II.5.2.3.1 Caractéristiques techniques du Captage :	31
II.5.2.3.2 Les besoins en eau potable	33
II.5.2.4 La recharge des nappes	33
II.5.2.5 Qualité de l'eau :	36
CHAPITRE III : TRAVAUX DE TERRAIN ET RESULTATS	38
III.1METHODOLOGIE :	38
III.1.1 Collecte des données	38
III.1.2 Elaboration du programme	38
III.1.3 Réalisation de l'étude géophysique	39
II.2 Moyen mis en Ouvres	47
III.3 Interprétations des résultats	48
III.3.1 Analyse par superposition des sondages électriques :	61

III.4 Coupes géo électriques prévisionnelles des sondages :	63
III.5 Implantation définitive	66
III.6 Conclusion générale :	67
BIBLIOGRAPHIE	69
TABLE DE MATIERES.....	71
ANNXE I : SONDAGES ELECTRIQUES	75
ANNEXE2	84
LES PROFILS DE RESISTIVITE.....	84

Listes des figures

Figure 1 : le dispositif du traîné électrique simple	5
Figure 2 : le dispositif de sondage électrique montage quadripôle (type Schlumberger).	6
Figure 3 : Schéma d'une anomalie électrique en L	8
Figure 4 : Schéma d'une anomalie électrique en V	8
Figure 5: Schéma d'une anomalie électrique en U	8
Figure 6 : Schéma d'une anomalie électrique en W.....	8
Figure 7: Schéma de deux configurations de traînée en DLL	9
Figure 8: Exemple de profil au dessus d'une cible conductrice (SAMUEL, 2000).	12
Figure 9: Carte de localisation de la zone de Magta Lahjar (IWACO, 2005).....	13
Figure 10: Carte hydrographique de Magta Lahjar (DMG, 2005).....	14
Figure 11: Moyennes mensuelles des températures à la station de Boutilimit (1971-2004) ...	16
Figure 12: Pluviométrie moyenne mensuelle à la station de Boutilimit (1970-2004)	17
Figure 13: Chronique des précipitations à la station de Boutilimit (1971-2004).....	18
Figure 14: Moyenne mensuelle de l'évaporation à la station de Boutilimit (1971-2004).	18
Figure 15: Carte géologique de la Mauritanie (Caruba et Dars, 1991)	20
Figure 16 : Coupe schématiques des Mauritanides et de leur avant Pays (Daynoux, 1983) ...	22
Figure 17: Carte géologique de Magta Lahjar (DMG, 2005)	24
Figure 18: Coupe géologique schématique sud nord de Magta Lahjar (BRGM, 1990).	26
Figure 19: Carte hydrogéologique simplifiée de la Mauritanie (CARITE, 1989).	29
Figure 20: Coupe lithologique Est-ouest de Magta Lahjar	32
Figure 21: Coupe technique du forage R3	34
Figure 22: Coupe technique du forage R6.	35
Figure 23: Schéma des conditions hydrogéologiques (BRGM, 1990).....	36
Figure 24: Propagation de la pollution en Nitrate.	37
Figure 25: Localisation des zones prospectées Sud Ouest (PHY, 2004).	40
Figure 26: Localisation des zones prospectées Sud est (PHY, 2004).	41
Figure 27: Traîné électrique N°1.....	48
Figure 28: Sondage électrique N°1	49
Figure 29: Traîné électrique N°2.....	49
Figure 30: Sondage électrique N°2	50
Figure 31: Traîné électrique N°3.....	50
Figure 32: Sondage électrique N°7	51
Figure 33: Traîné électrique N°6.....	51
Figure 34: Traîné électrique N°5.....	52
Figure 35: Sondage électrique N°9	53
Figure 36: Traîné électrique N°7.....	53
Figure 37: Sondage électrique N°13	54
Figure 38: Traîné électrique N°9.....	54
Figure 39: Sondage électrique N°14	55
Figure 40: Traîné électrique N°10.....	56
Figure 41: Sondage électrique N°15	56
Figure 42: Sondage électrique N°16	57
Figure 43: Sondage électrique N°17	57
Figure 44: Traîné électrique N°12.....	58
Figure 45: Sondage électrique N°19	58
Figure 46: Traîné électrique N°13.....	59
Figure 47: Sondage électrique N°21	59
Figure 48: Traîné électrique N°15.....	60

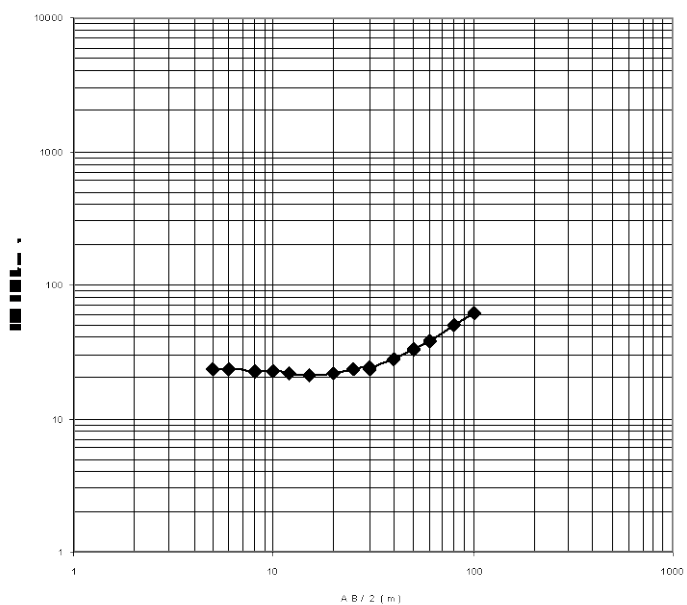
Figure 49: Sondage électrique N°23	60
Figure 50 : Superposition des sondages électriques.....	62
Figure 51: Graphe d'interprétation qualitative des sondages SE1 à SE14	63
Figure 52: Graphe d'interprétation qualitative des sondages SE15 à SE28	64
Figure 53: Graphe d'interprétation qualitative des sondages étalon.....	65

Listes des tableaux :

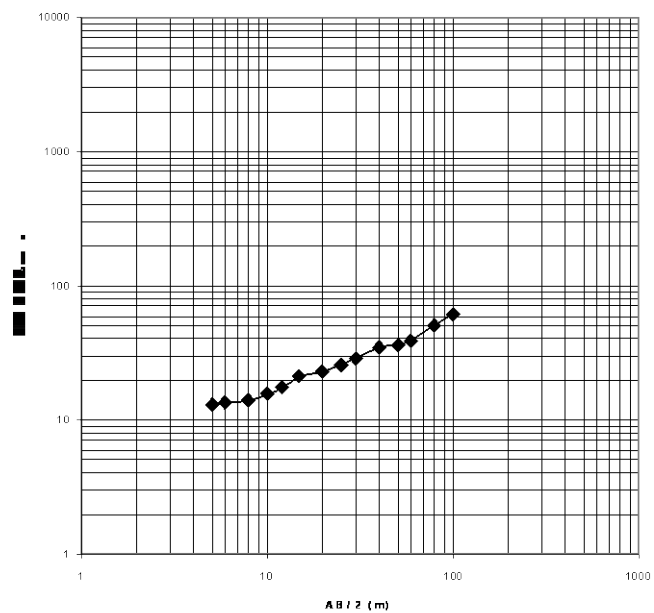
Tableau 1: Les valeurs de résistivité apparente pour différents terrains et de types d'eau.....	4
Tableau 2 : Embrayages standards utilisés.....	7
Tableau 3: Longueurs de câble en EM34.....	11
Tableau 4: Caractéristiques des ressources en eau de Mauritanides.....	28
Tableau 5: Caractéristiques des forages dans la zone de Magta Lahjar.....	28
Tableau 6 : Les caractéristiques des ouvrages de captage	31
Tableau 7: Traînés électriques réalisées en Zone de barrage	42
Tableau 8: Sondages électriques réalisés en Zone de barrage	42
Tableau 9: Traînés électriques à Tachott Savia.....	43
Tableau 10: Sondages électriques à Tachott Savia	43
Tableau 11: Traînés électriques à Aguerj.....	44
Tableau 12: Sondages électriques à Aguerj	44
Tableau 13: Traînés électriques à Karama	45
Tableau 14: Sondages électriques à Karama.....	45
Tableau 15: Traînés électriques à Zone 3.....	46
Tableau 16: Sondages électriques à Zone 3	46
Tableau 17 : recapitulatif des points retenus.....	66

ANNXE I : SONDAGES ELECTRIQUES

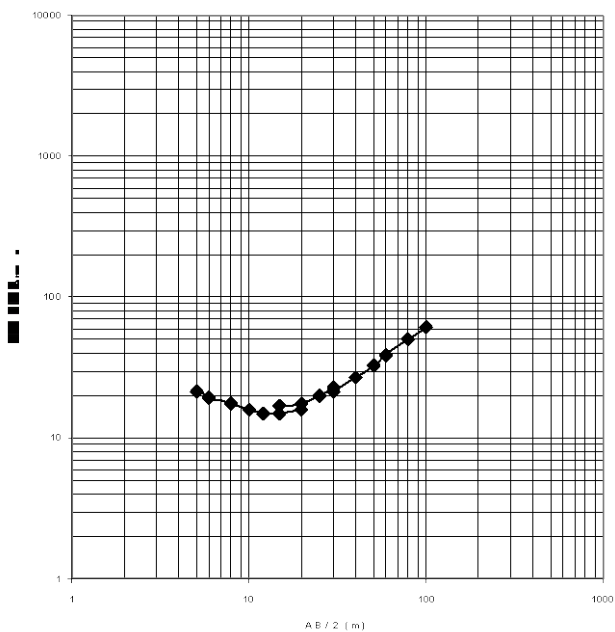
Sud Mogta Lahjar SE 2 :



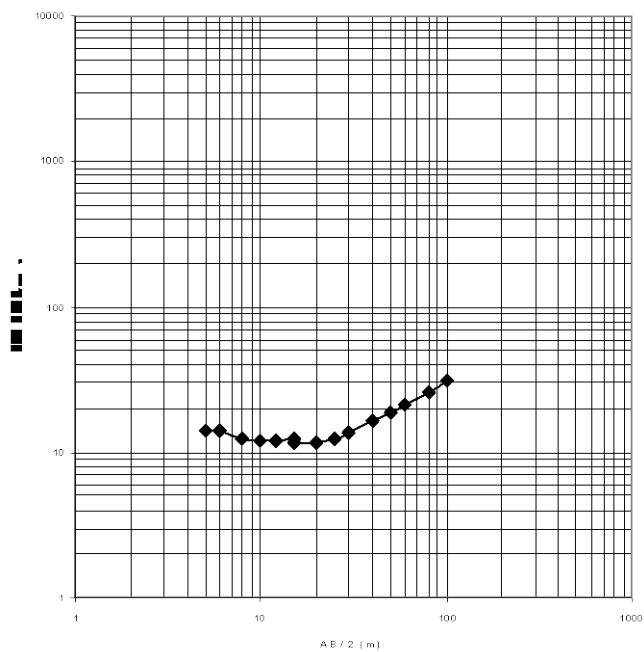
Site retenu pour forage de reconnaissance de 66 m
F 13



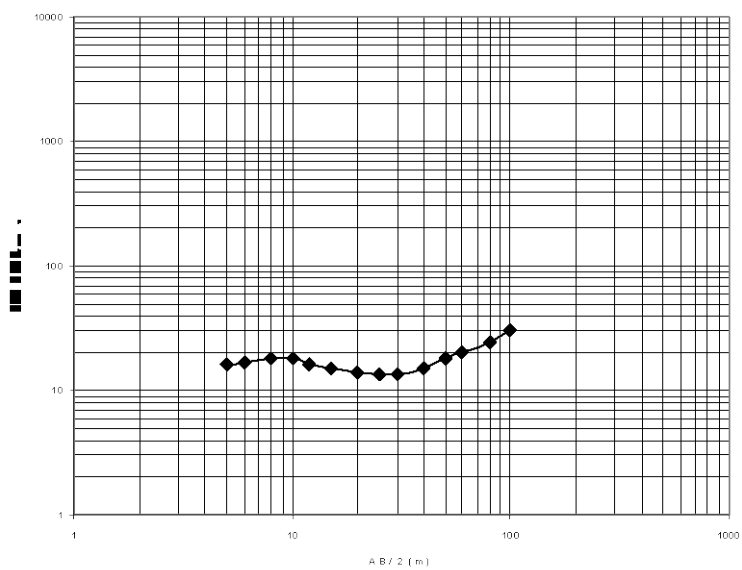
Sud Mogta Lahjar SE 3 :



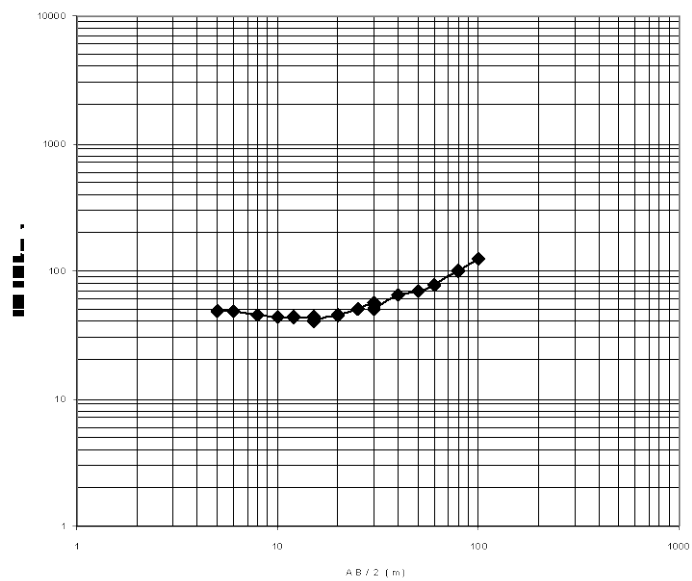
Sud Mogta Lahjar SE 4



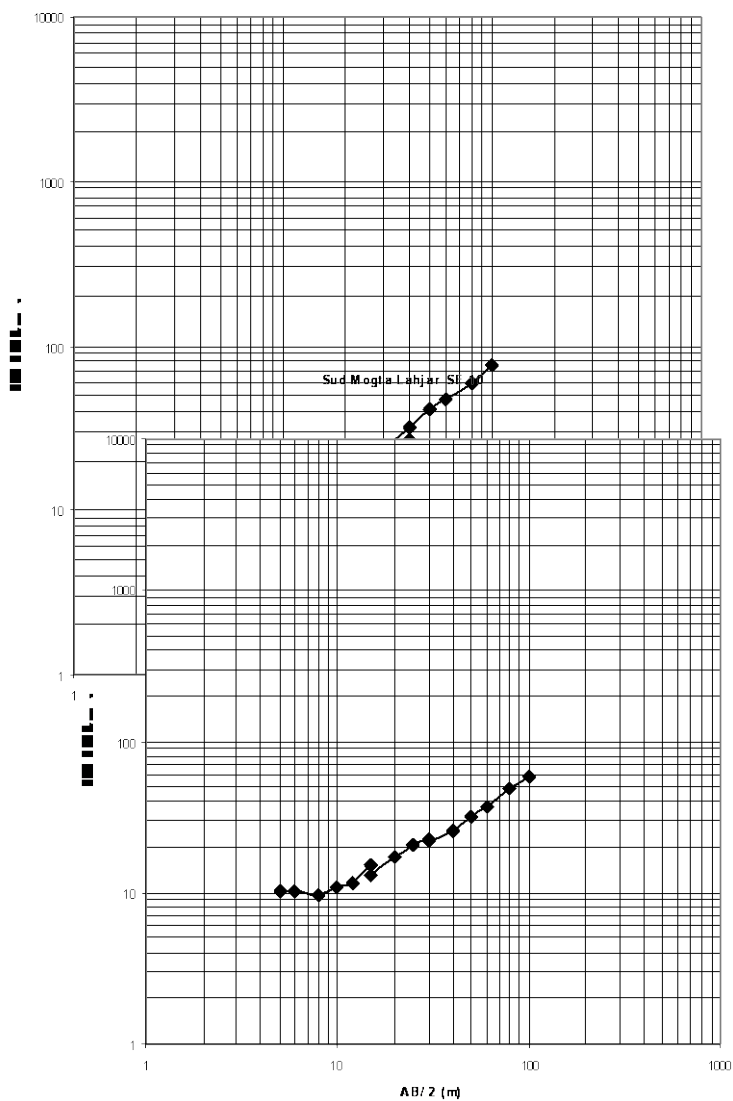
Sud Mogta Lahjar SE 1 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 60 m
F 11



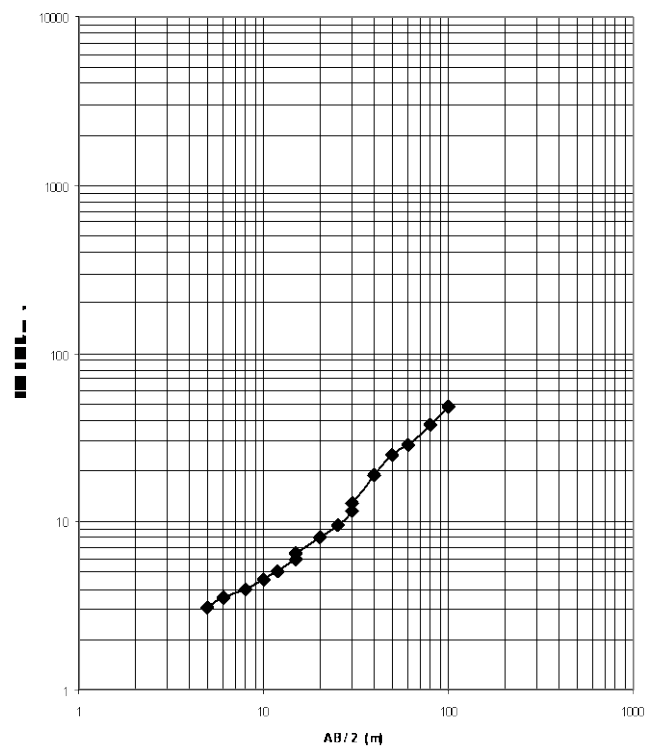
Sud Mogta Lahjar SE 6



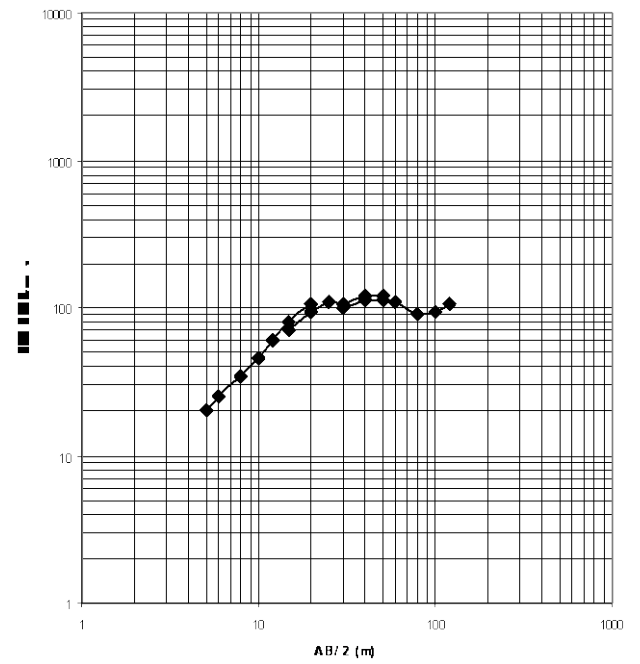
Sud Mogta Lahjar SE 7



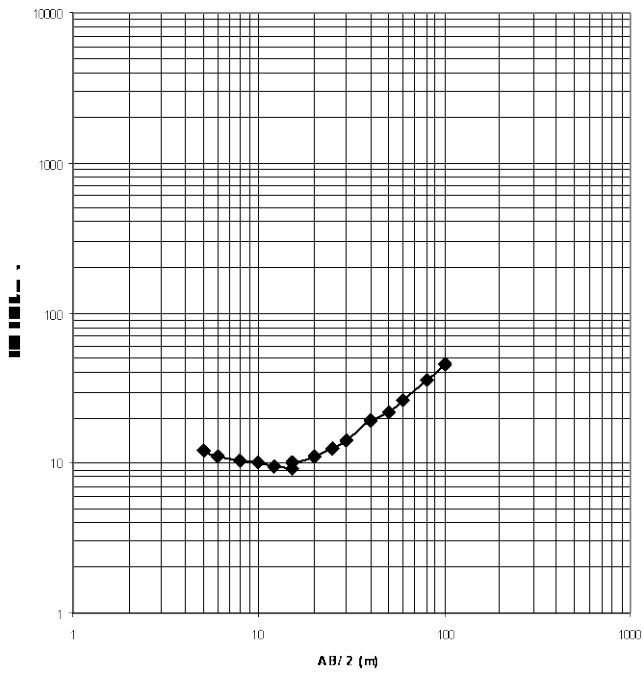
Sud Mogta Lahjar SE 8



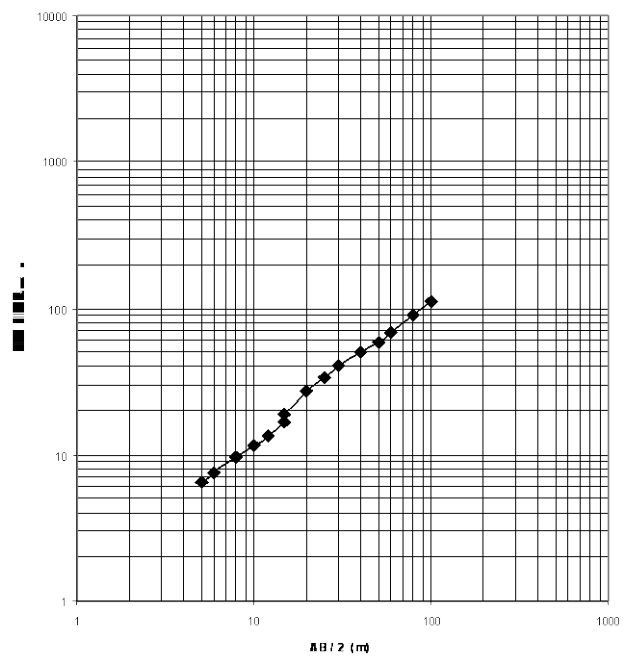
Sud Mogta Lahjar SE 1 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 100 m
F 9



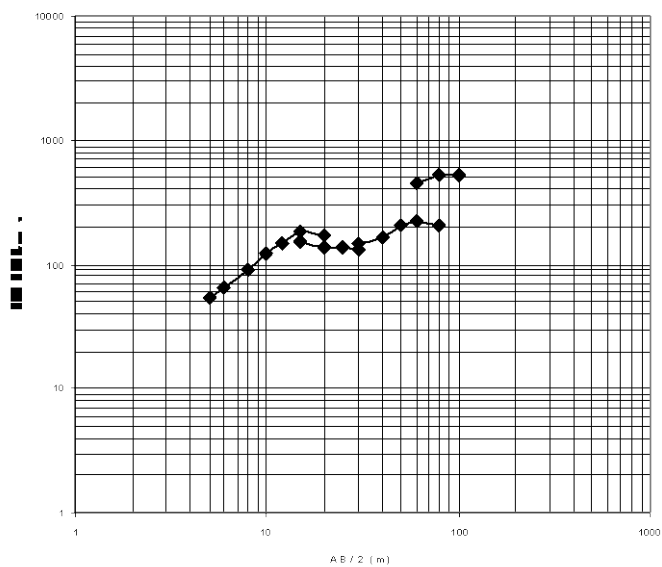
Sud Mogta Lahjar SE 11



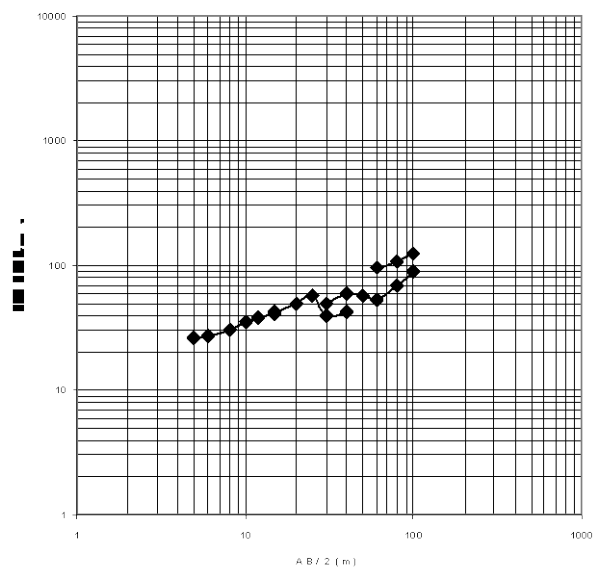
Sud Mogta Lahjar SE 12



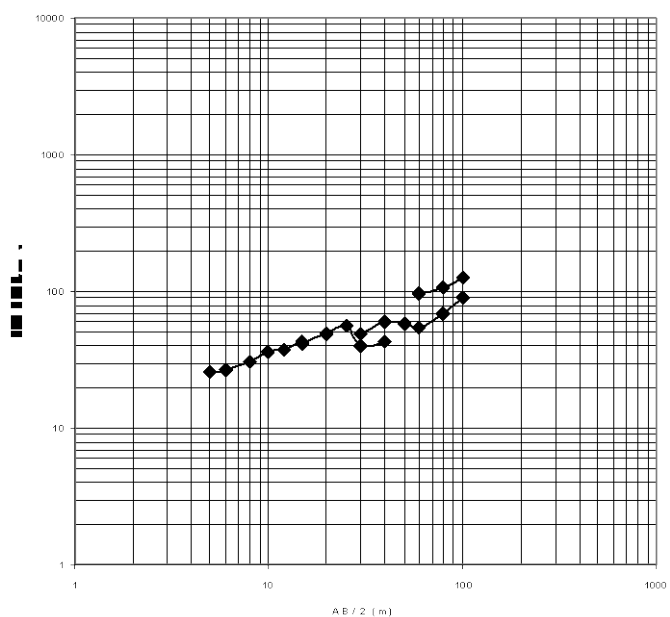
Sud Mogta Lahjar SE 13 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 100 m
F 10



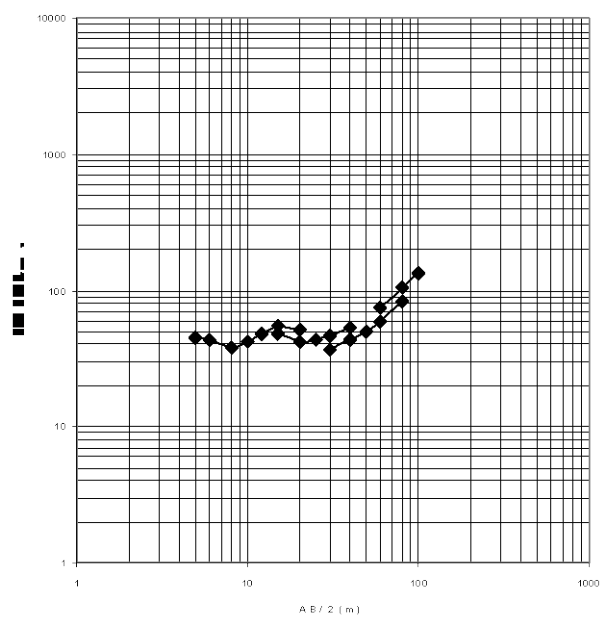
Sud Mogta Lahjar SE 1 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 66 m
F 13



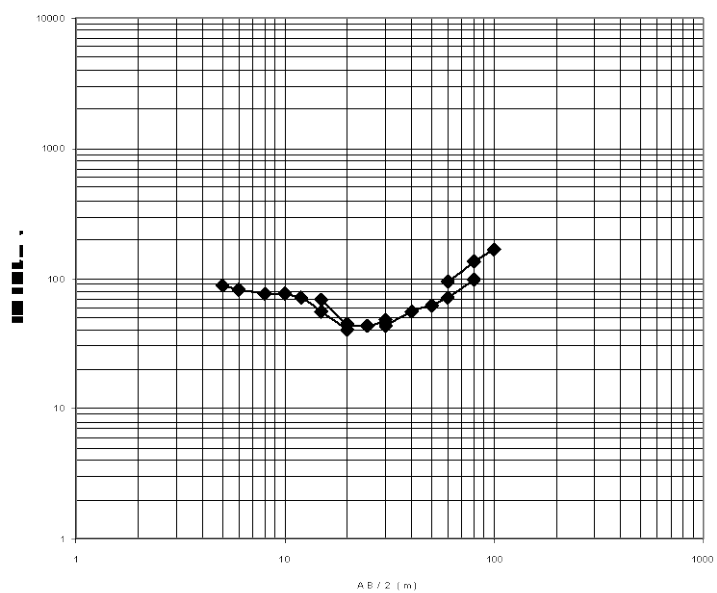
Sud Mogta Lahjar SE 1 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 66 m
F 13



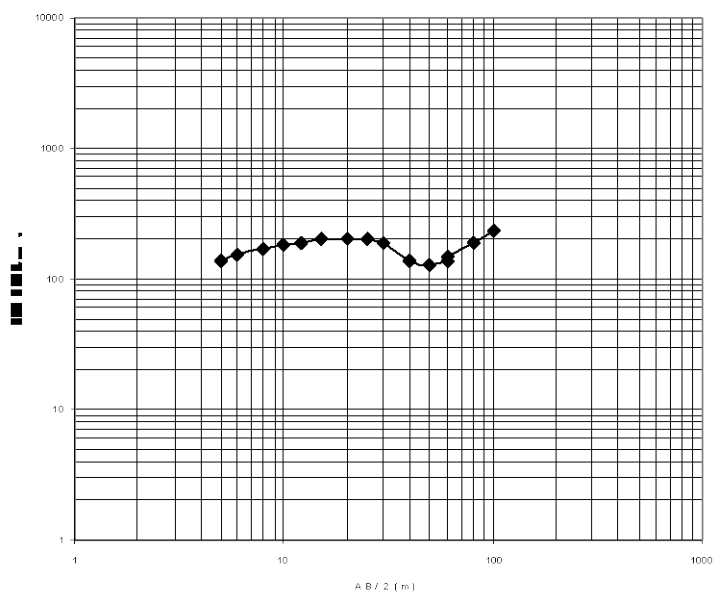
Sud Sud Mogta Lahjar SE 15:
Site retenu pour forage de reconnaissance de 70 m
F 2



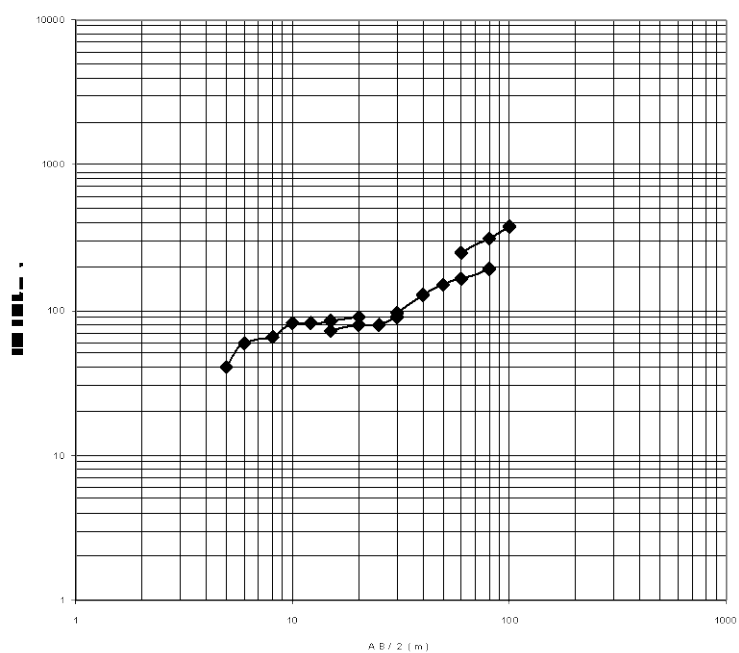
Sud Mogta Lahjar SE 16 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 70 m
F 3



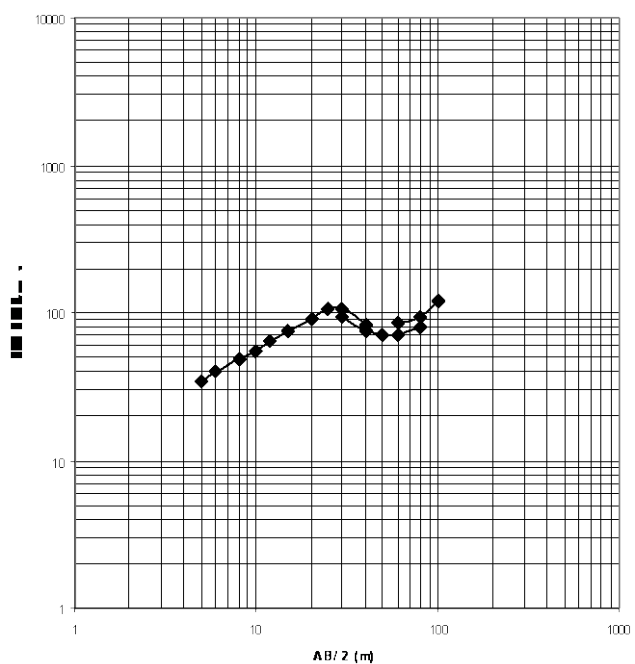
Sud Mogta Lahjar SE 17 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 58 m
F 5



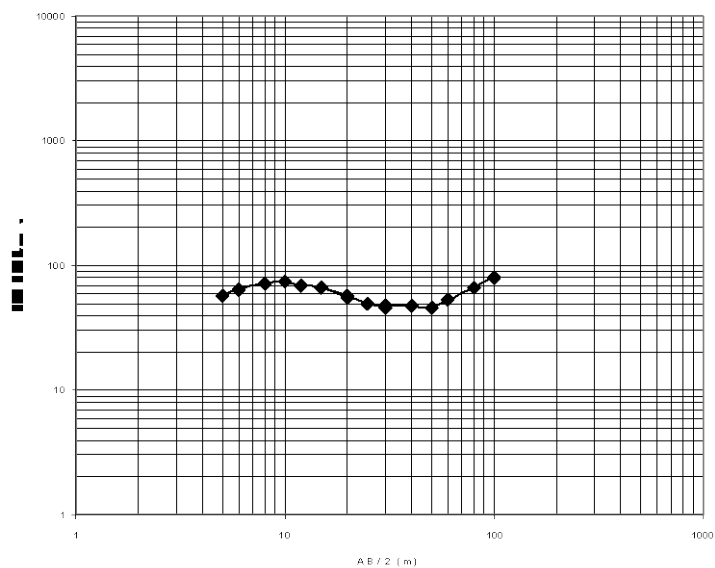
Sud Mogta Lahjar SE 18



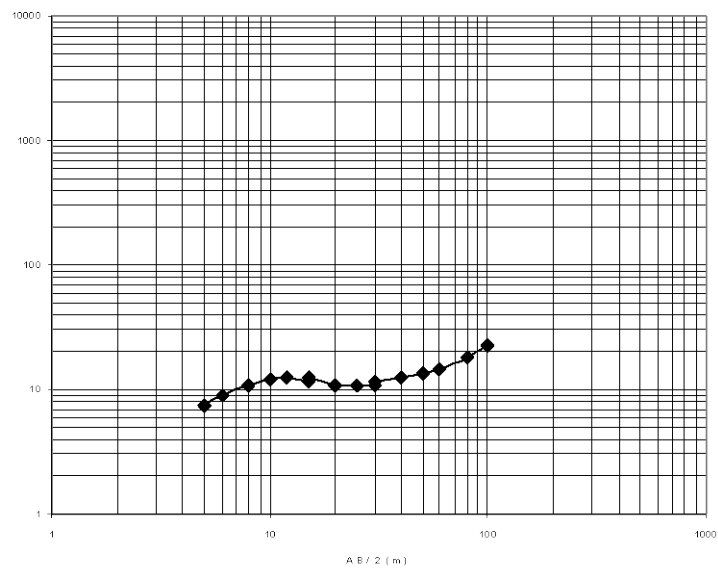
Sud Mogta Lahjar SE 19 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 86 m
F 4



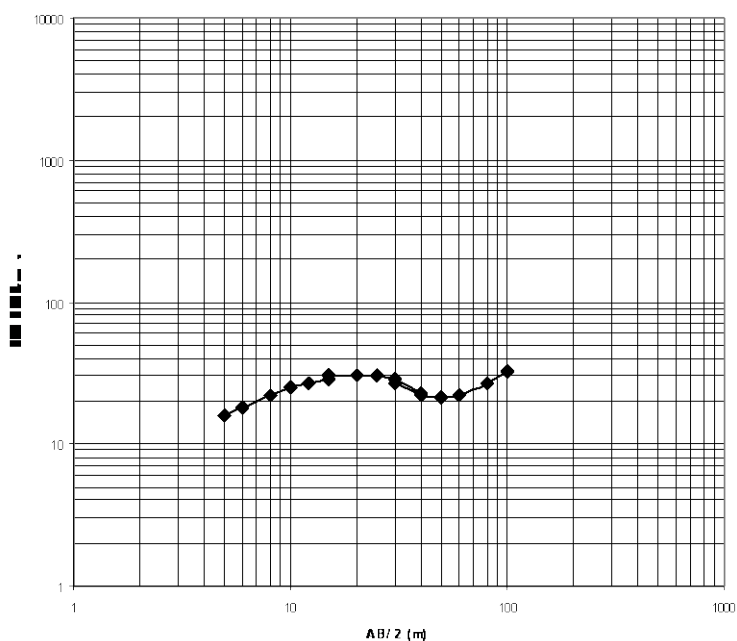
Sud Mogta Lahjar SE 23 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 60 m
F 6



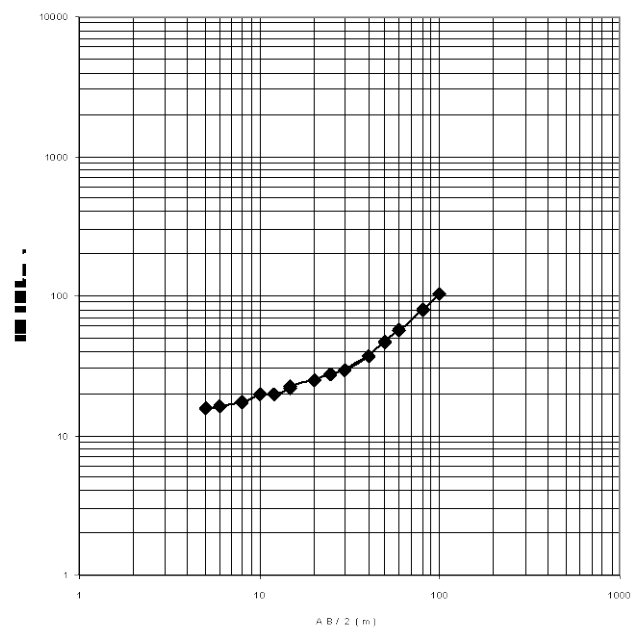
Sud Mogta Lahjar SE 25 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 66 m
F 17



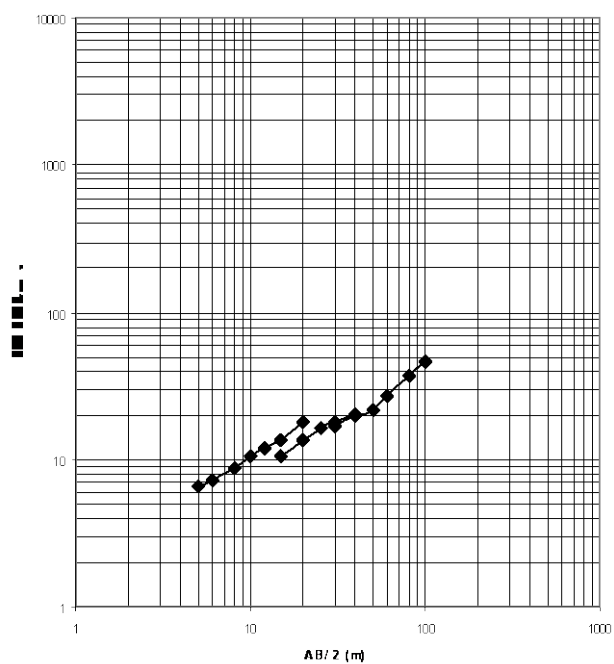
Sud Mogta Lahjar SE 26 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 76 m
F 16



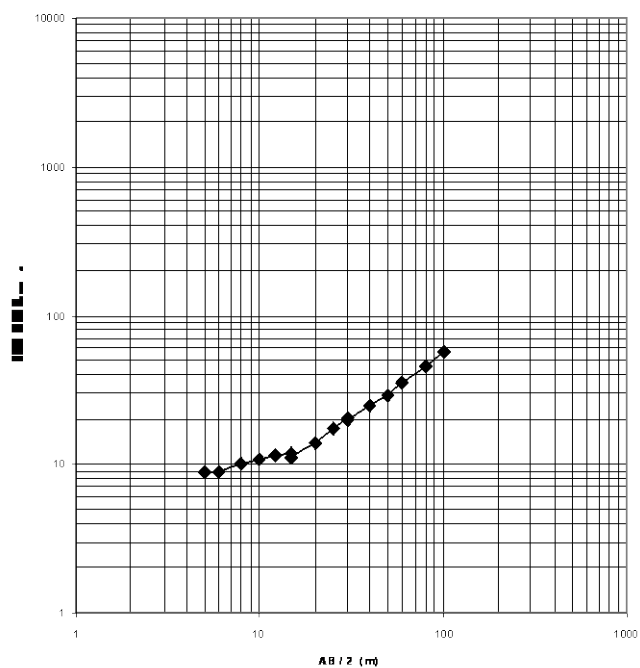
Sud Mogta Lahjar SE 27



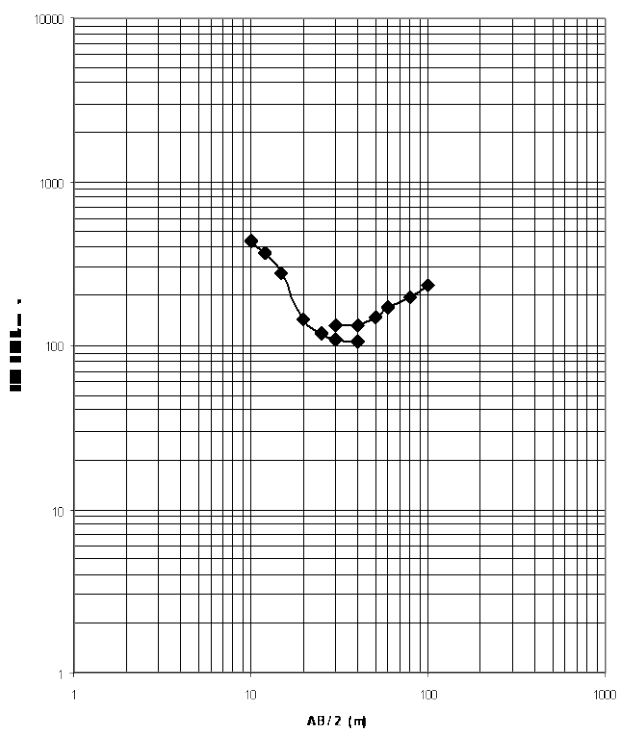
Sud Mogta Lahjar SE 28 :
Site retenu pour forage de reconnaissance de 66 m
F 15



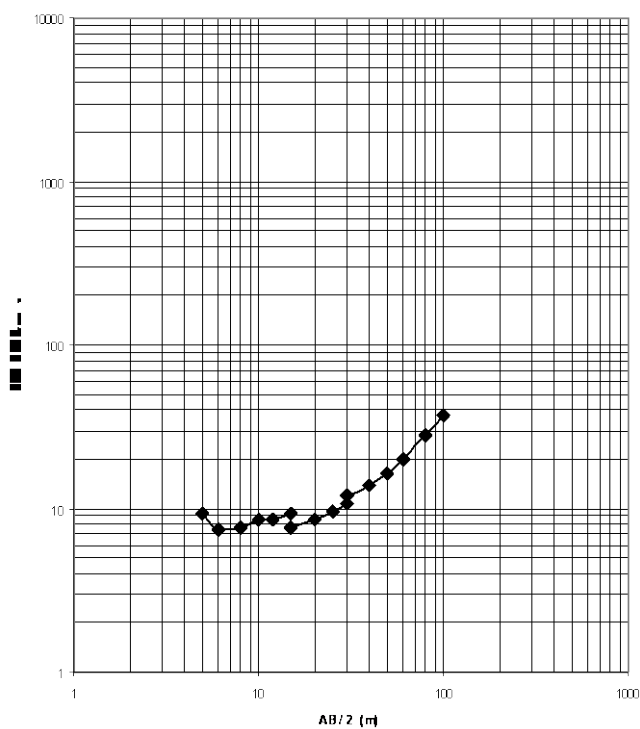
Sud Mogta Lahjar SE 29



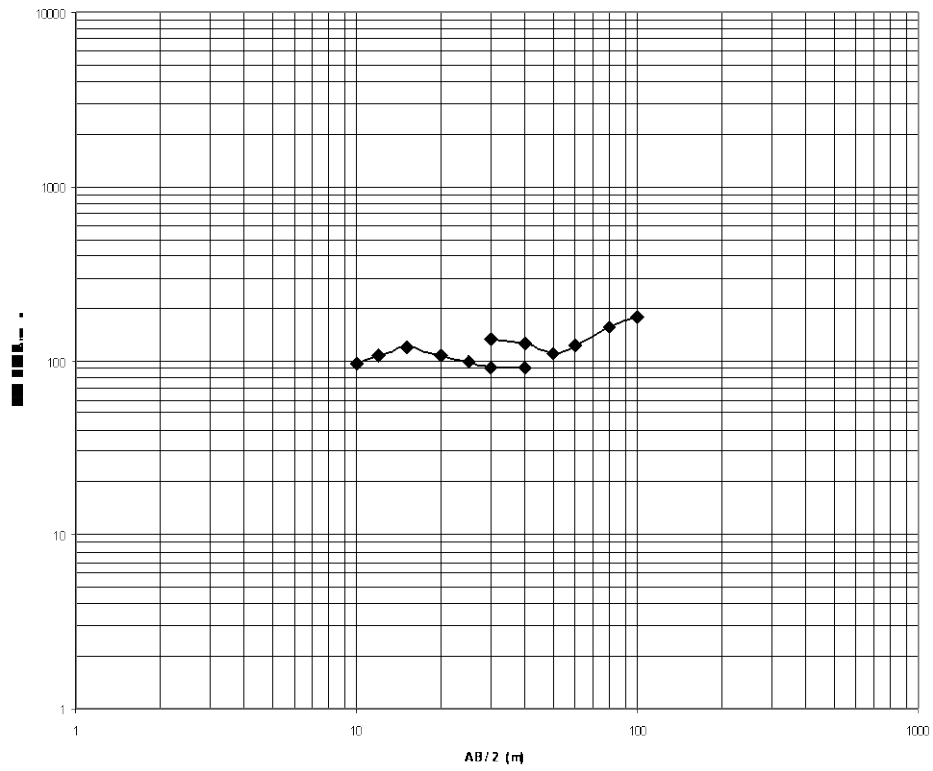
Sud Mogta Lahjar SE 30 :
Etalon sur puits à eau douce



Sud Mogta Lahjar SE 31 :
Etalon sur puits à eau salée

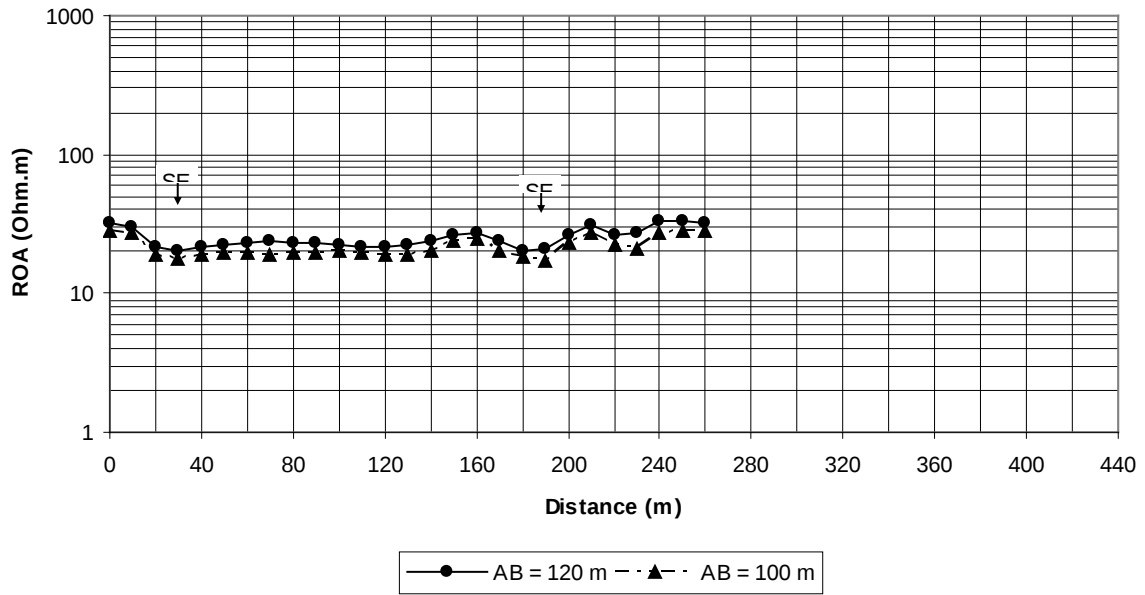


Sud Mogta Lahjar SE 32 :
Etalon sur forage CEAO1 (pompe ver gnet)

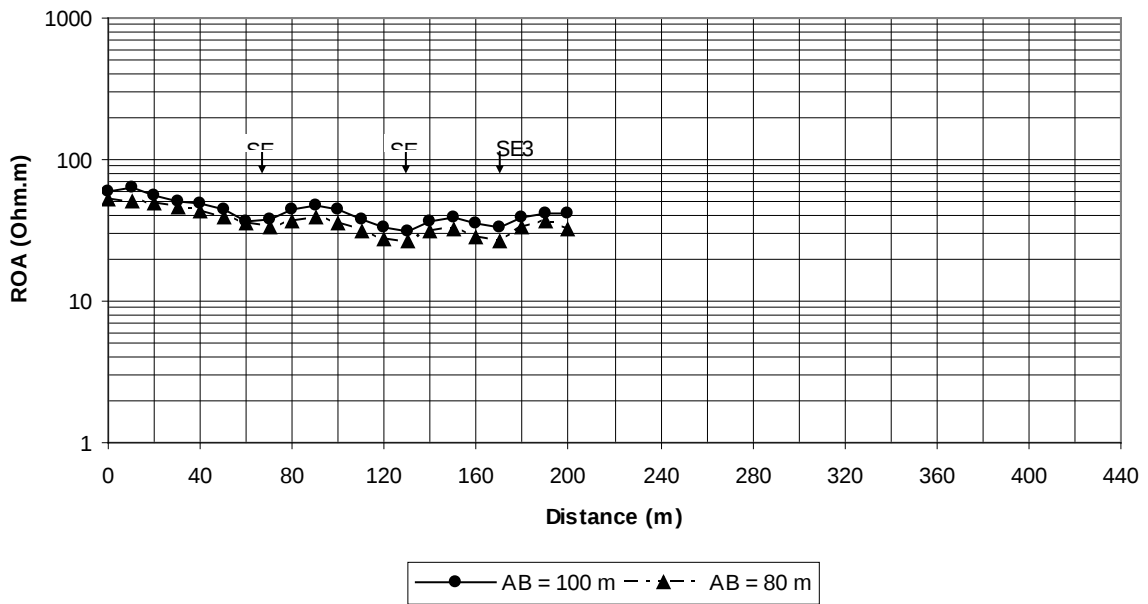


ANNEXE2
LES PROFILS DE RESISTIVITE

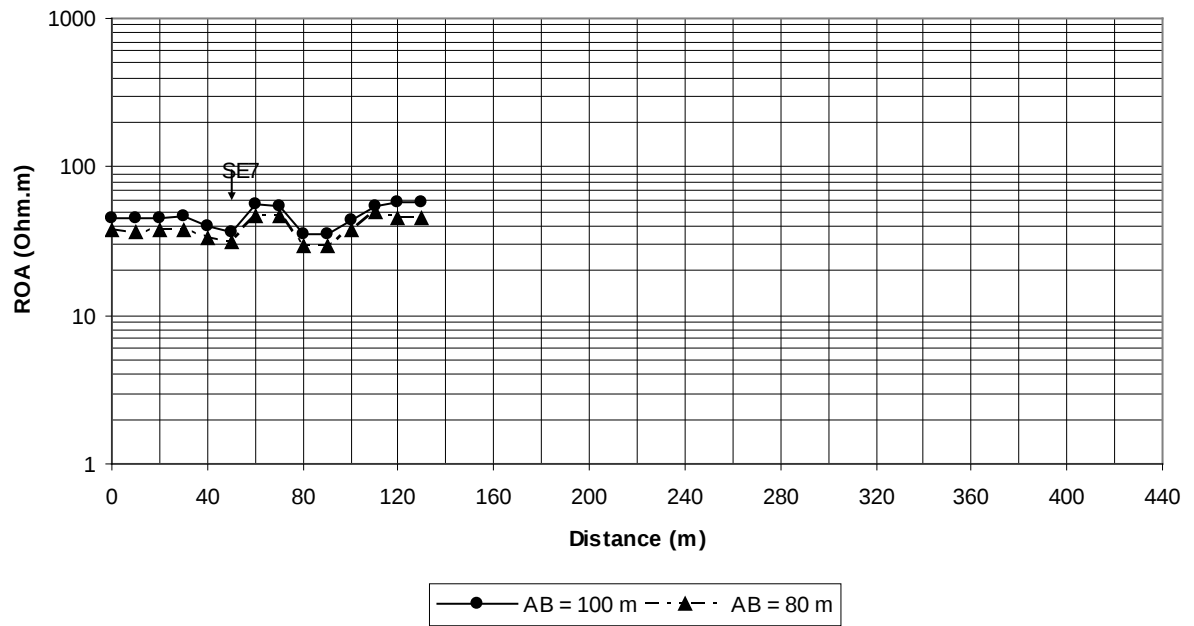
Etudes géophysiques au Brakna : TE 1 - 260°N



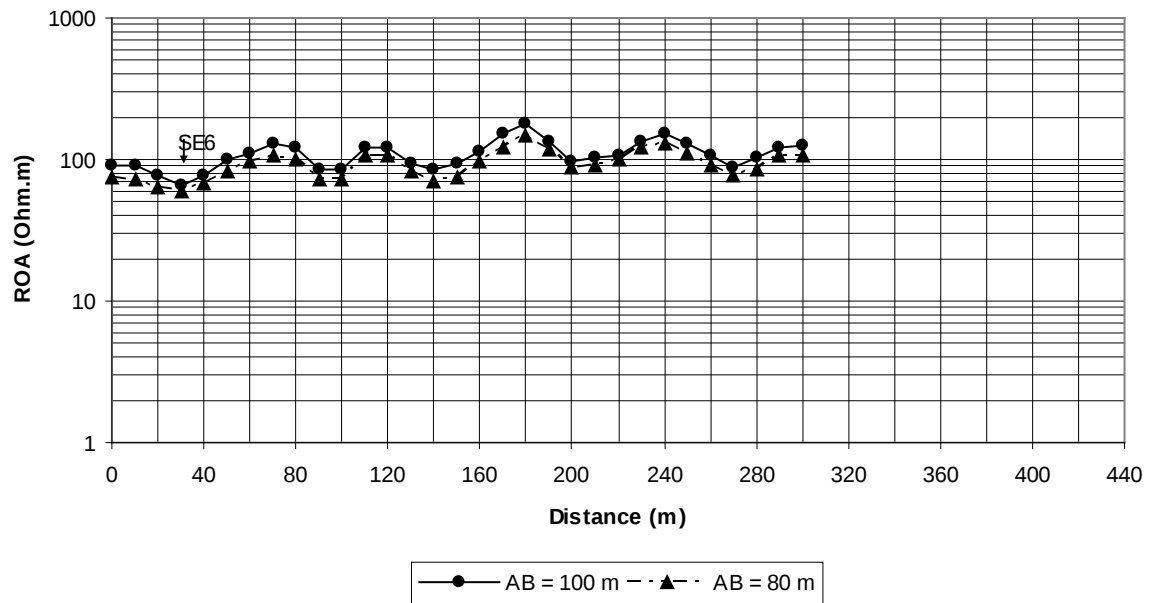
Etudes géophysiques au Brakna : TE 2 - 330°N



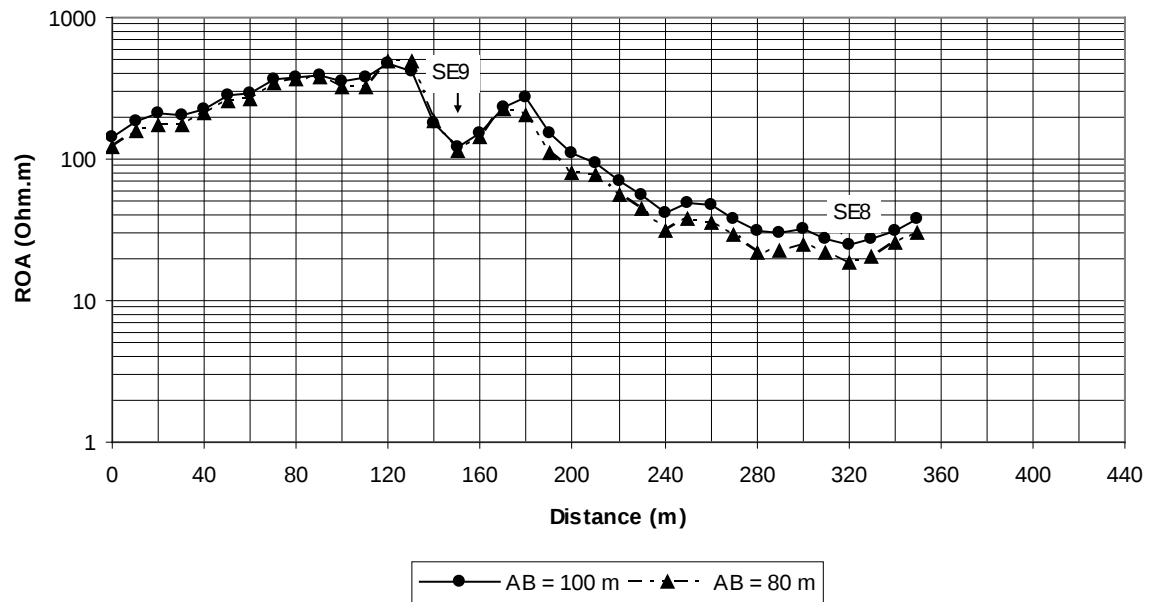
Etudes géophysiques au Brakna : TE 3 - 335°N



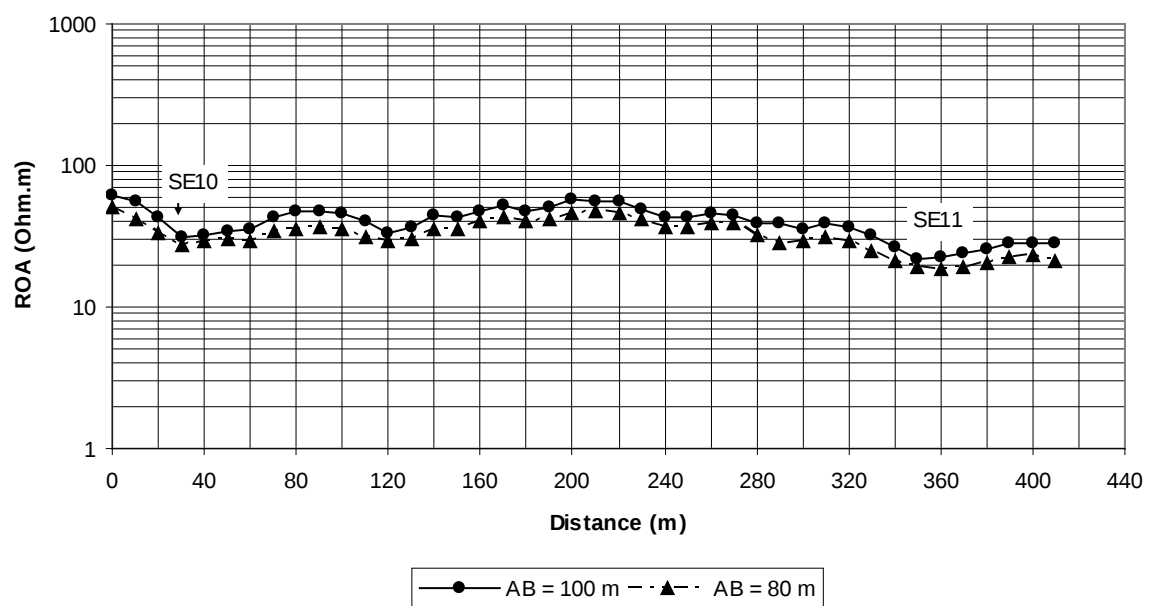
Etudes géophysiques au Brakna : TE 4 - 223°N



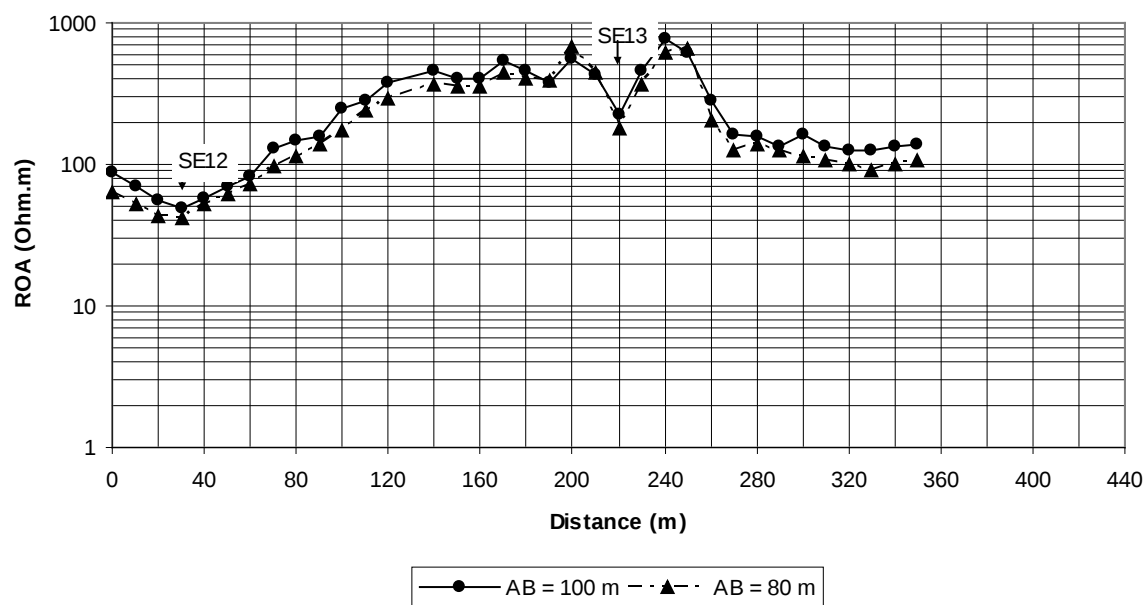
Etudes géophysiques au Brakna : TE 5 - 60°N



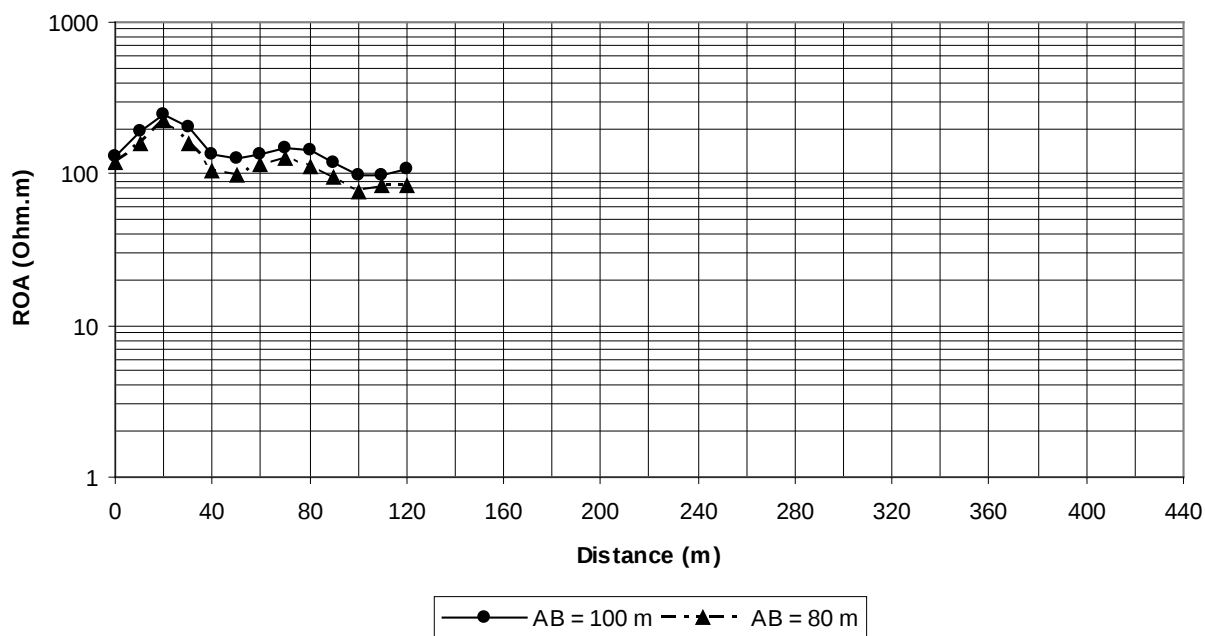
Etudes géophysiques au Brakna : TE 6 - 260°N



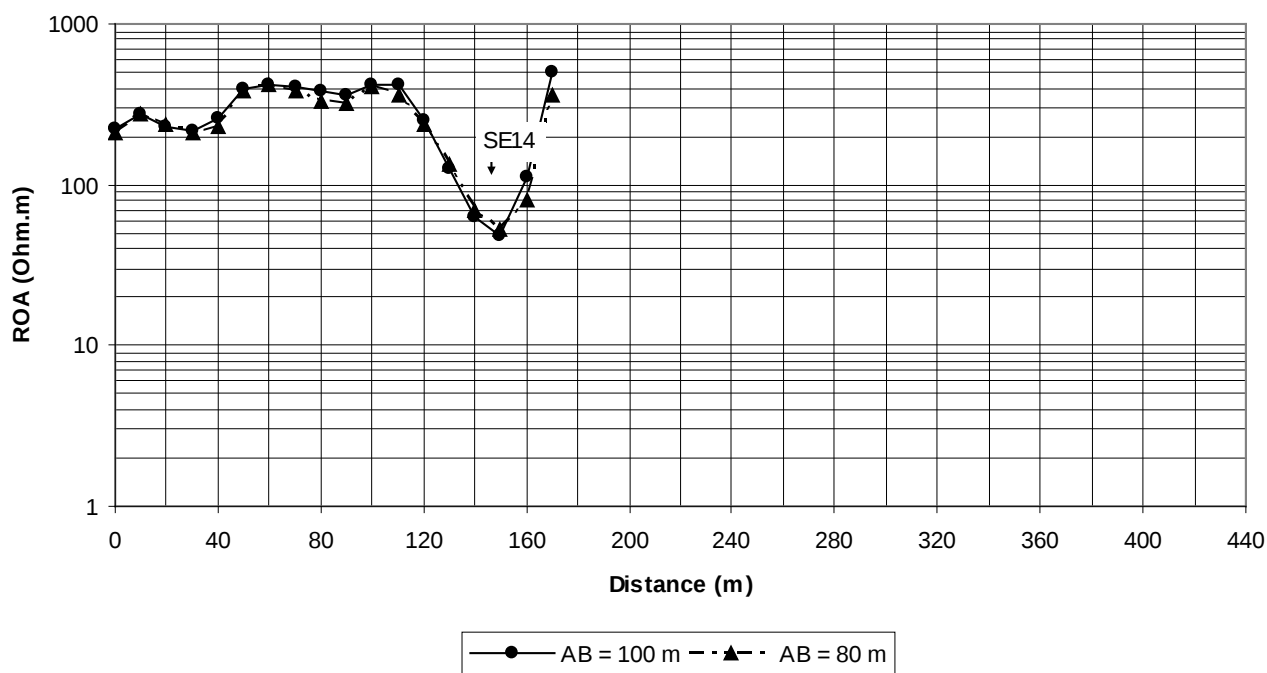
Etudes géophysiques au Brakna : TE 7 - 235°N



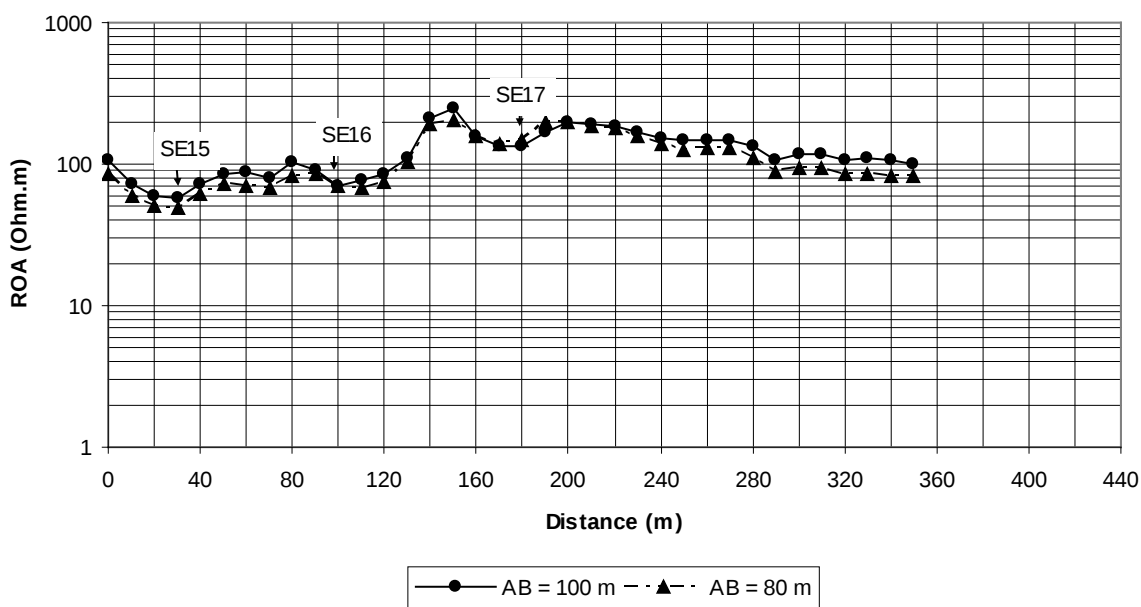
Etudes géophysiques au Brakna : TE 8 - 50°N



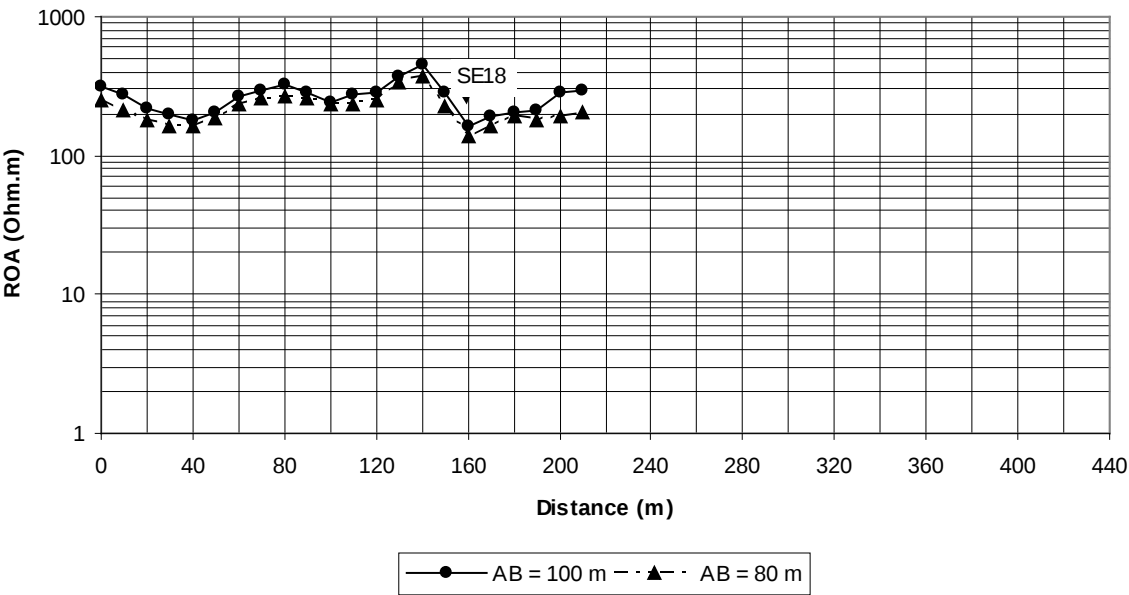
Etudes géophysiques au Brakna : TE 9 - 75°N



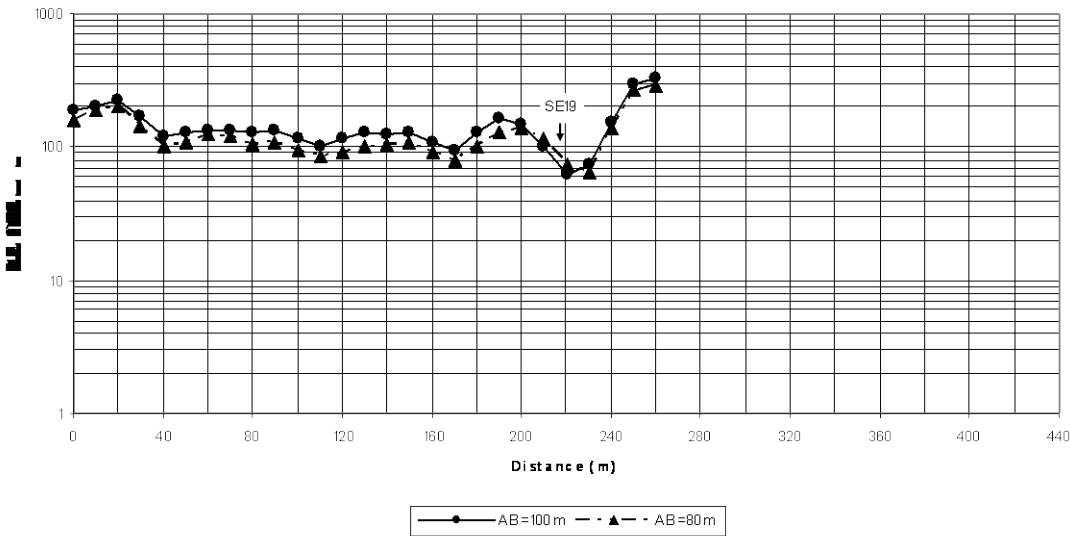
Etudes géophysiques au Brakna : TE 10 - 85°N



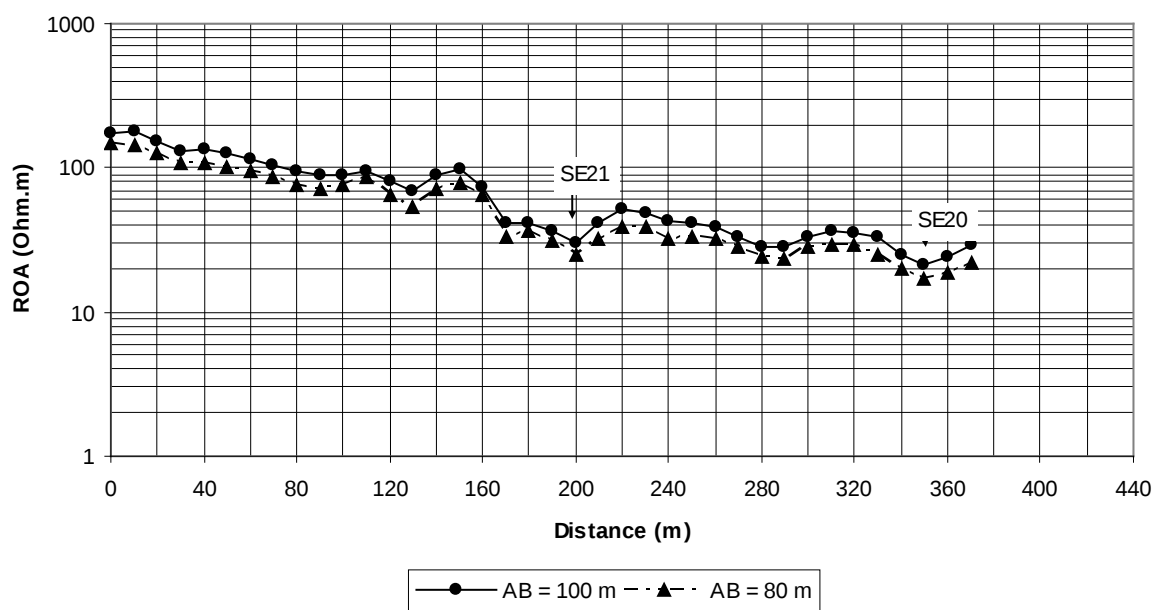
Etudes géophysiques au Brakna : TE 11 - 265°N



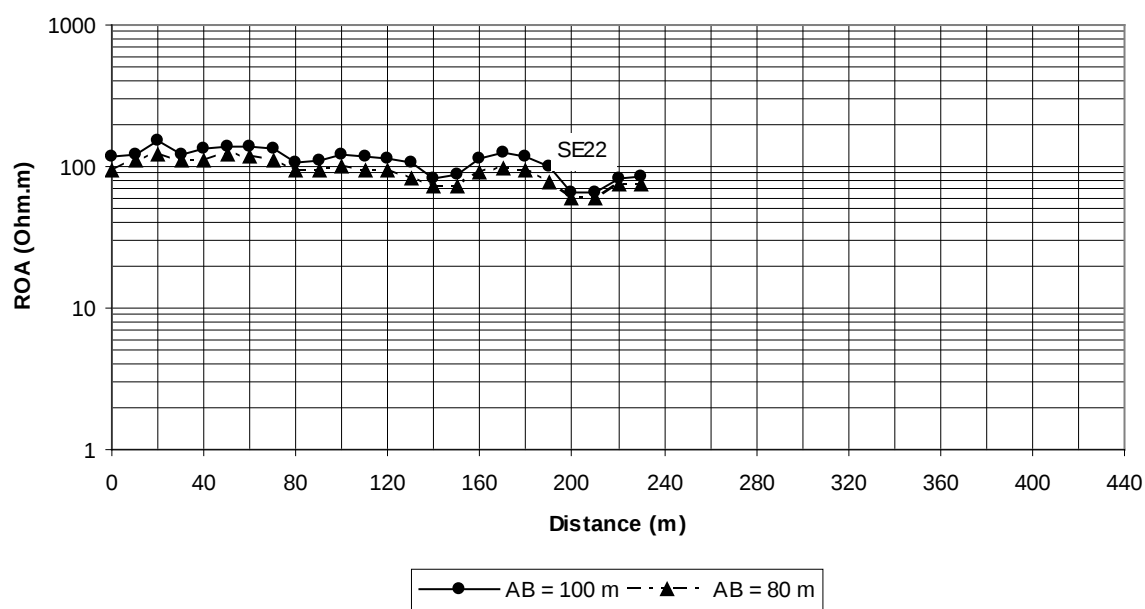
Etudes géophysiques au Brakna : TE 12 - 80°N



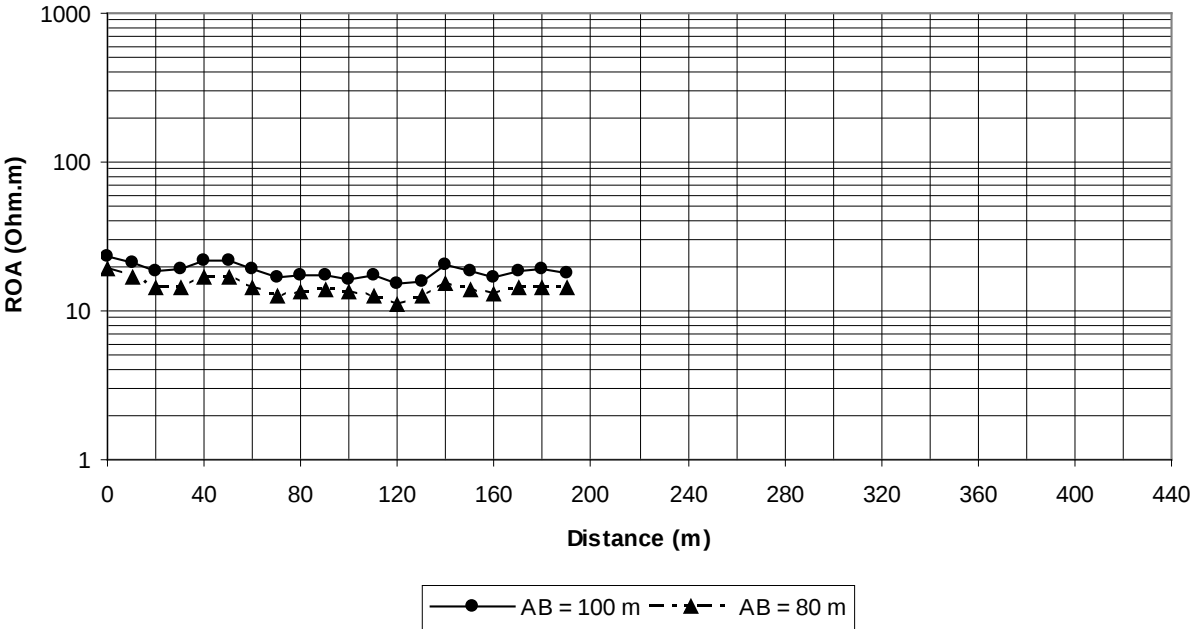
Etudes géophysiques au Brakna r : TE 13 - 180°N



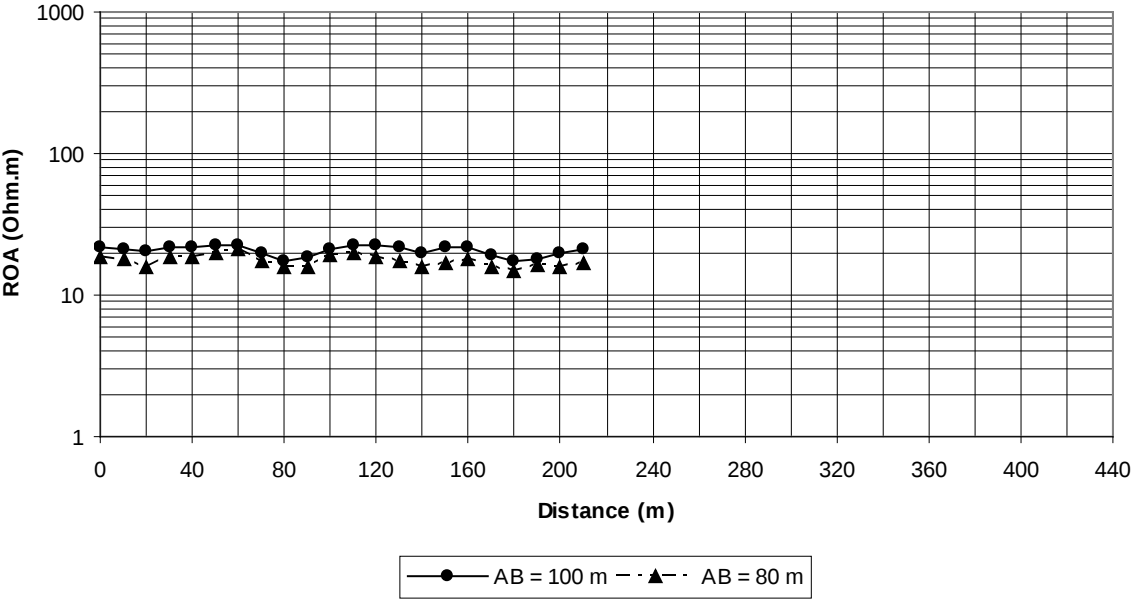
Etudes géophysiques au Brakna : TE 14 - 190°N



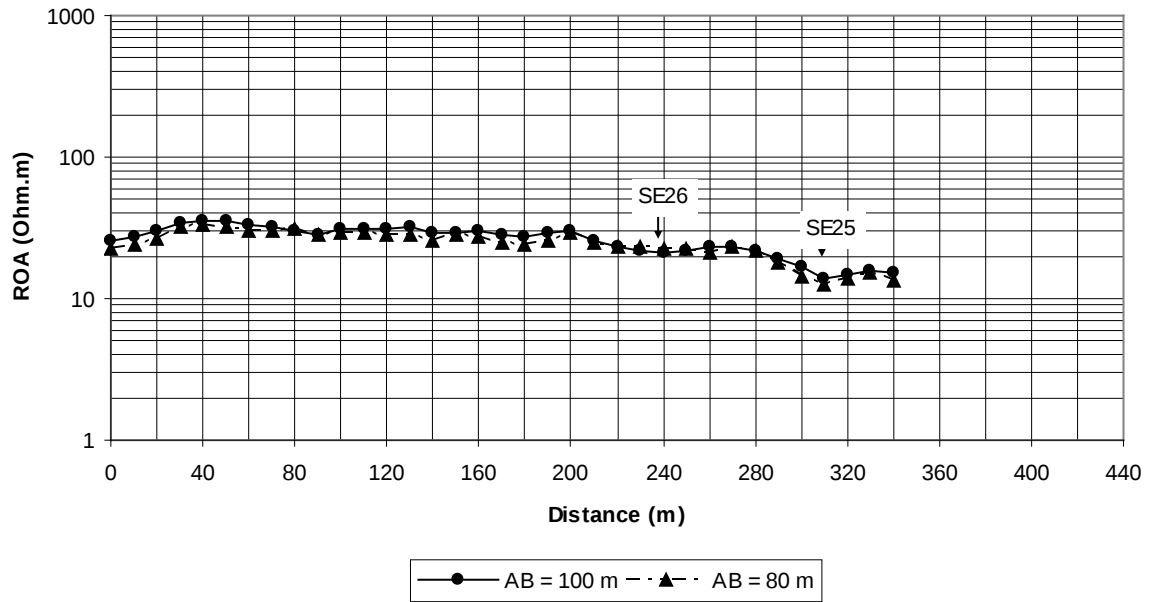
Etudes géophysiques au Brakna : TE 16 - 250°N



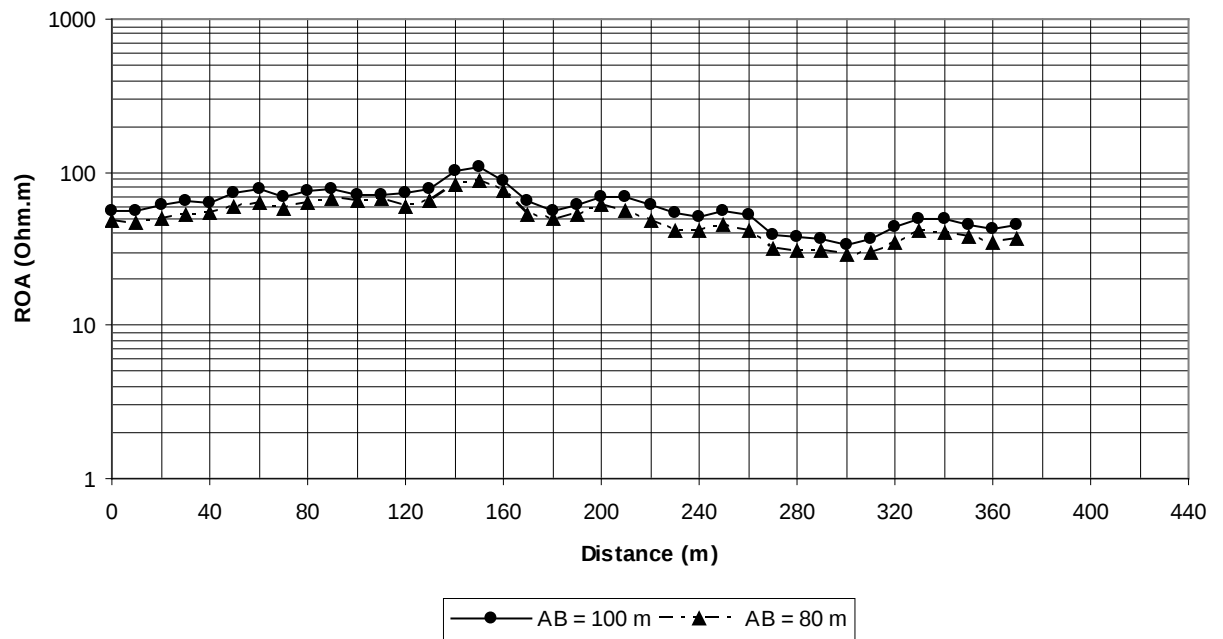
Etudes géophysiques au Brakna : TE 17 - 250°N



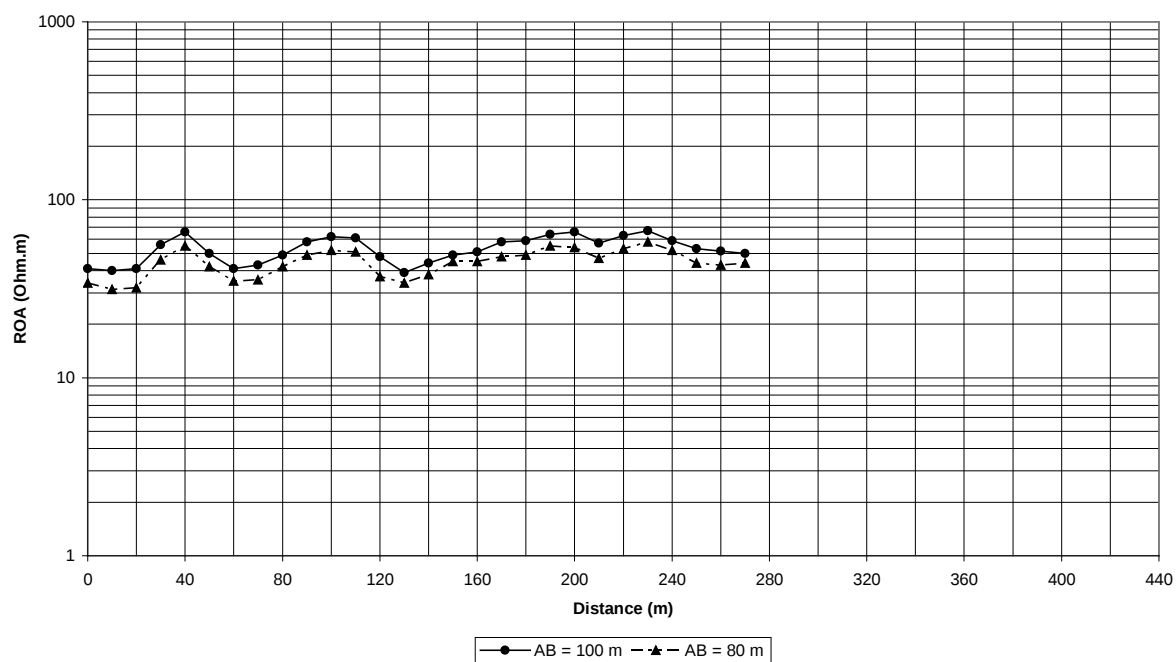
Etudes géophysiques au Brakna : TE 18 - 65°N



Etudes géophysiques au Brakna : TE 19 - 135°N



Etudes géophysiques au Brakna : TE 20 - 70°N



Etudes géophysiques au Brakna r : TE 21 - 70°N

