



APPLICATION DES METHODES GEOPHYSIQUES A L'ETUDE STRUCTURALE ET DANS L'IDENTIFICATION DES FISSUREES AQUIFERES DANS LE PLATEAU DE MEKNES, MAROC

| Salahddine didi ^{*1} | et | Abdessamad najine ¹ |

¹: Université Sultan Moulay Slimane | Département de Géologie | Valorisation et gestion des ressources naturelles | Béni Mellal | Maroc |

|Received | 19 April 2017|

|Accepted | 25 April 2017|

|Published 02 May 2017 |

RESUME

Contexte : Une investigation géo-électrique a été effectuée dans la zone Sud-Ouest du plateau de Meknes sur une superficie d'environ 8km², cette étude concentrée sur la couche première qui constitue l'aquifère superficiel du Plio_Quaternaire. **L'objectif** : ce travail vise à l'identification de la profondeur de l'aquifère et de déterminer les sites favorables à l'implantation des forages à bons débits. **Méthodes** : Pour répondre à notre objectif, nous avons employé des méthodes géo-électriques fondé sur le dispositif Schlumberger, avec une profondeur d'investigation plus importante. Les mesures des Sondages et de trainés électriques ont été traitées, analysées puis corrélées avec les données de certains forages et puits existant dans la zone d'étude. **Résultats** : Les résultats des Sondages montrent l'existence de 3 niveaux géo-électriques où la profondeur de la couche du Plio-quaternaire atteint 153 m, d'autre part, les trainés électriques montrent l'existence des anomalies électriques très importantes. **Conclusion** : La prospection électrique a permis d'identifier les formations géologiques de l'aquifère superficiel et de localiser les anomalies électriques qui présentent un grand intérêt de point de vue hydrogéologique.

Mots-clés: sondage électrique, Trainé électrique, plateau de Meknes, Anomalie, Plio-Quaternaire,

ABSTRACT

Background: A Geoelectric investigation was conducted in the south-west area of the Meknes plateau, with a total surface of 8Km², this study concentrated on the first layer which constitutes the superficial aquifer of the Plio_Quaternary. **Objective**: This work aims at the identification of the depth of the aquifer and to determine the sites favorable to the implantation of drilling at good flows.. **Methods**: To meet our objective we have used a geoelectrical method based on Schlumberger With a depth of investigation more important. The measures of electrical soundings and electric trains were processed, analyzed and correlated with data from existing wells in the area. **Results**: The results of the soundings show the existence of 3 geo-electric levels where the depth of a Plio-quaternary layer is 153 m, On the other hand, the electric trains show the existence of the electrical anomalies very important. **Conclusion**: The electrical prospecting has allowed to identify the geological formations of the Aquifer superficial and locate the electrical anomalies which present a great interest of point of view hydrogeological.

Key words: Electrical sounding, Electric trains, Meknes plateau, Anomaly, Plio-Quaternary.

1. INTRODUCTION

L'eau est un des problèmes majeurs propres aux pays au climat aride à semi aride, car elle représente un facteur limitatif clé du développement durable et de l'amélioration de la qualité de la vie [1]. La gestion quantitative et qualitative des ressources en eaux souterraines et superficielles est actuellement une nécessité, compte tenu d'une part de l'accroissement continu des besoins, et d'autre part de la dégradation constatée durant ces dernières décennies de la qualité de l'eau dans ces pays en voie de développement [2]. De surcroît, lorsque les ressources sont limitées et que la sécheresse qui touche l'ensemble du pays devient conjoncturelle, cette nécessité devient urgence.

La zone économique Meknès_Fes est une région caractérisée par une importante activité humaine et agricole [3]. L'accroissement démographique et le développement agroalimentaire que connaît la région durant ses dernières années ont augmenté la demande en eau. Par ailleurs, la recharge des réservoirs est très faible à cause de la rareté des pluies efficaces, [4] Cela a conduit les autorités compétentes à conjuguer les efforts pour prospecter, développer et mettre en valeur de nouveaux aquifères qui pourraient combler le déficit en eau, Partant de ces considérations, nous espérons apporter une contribution utile grâce à l'étude des potentialités hydriques de la région de Ras Jerry en appliquant les méthodes géophysiques comme de techniques de reconnaissance indirectes non destructives.

1.1 Le contexte géographique et géomorphologique

La zone d'étude fait partie du bassin de Meknès-Fès, dont la superficie est d'environ 2200 Km² et occupe une bonne partie du bassin versant du Sebou. Elle est limitée au Nord par les rides pré-rifaines et au Sud par les affleurements du Causse moyen atlasique. A l'Ouest, elle s'étend jusqu'aux affluents de l'oued Beht et à l'Est elle est limitée par la vallée de l'oued Sebou [5].

Le bassin de Meknès-Fès est une dépression aplatie entourée de régions à surfaces topographiques tourmentées (rides pré-rifaines, causse, le Maroc central...). Un accident topographiquement franc, d'orientation globalement WNW-ESE appelé flexure d'Ain Taoudjat, tourné vers le NE, dénivelé nettement deux paliers (figure 1) [6]:

- ❖ le plateau de Meknès à l'Ouest ;
- ❖ et la plaine de Saïss à l'Est abaissée par rapport au premier.

Le plateau de Meknès, dont fait partie Notre étude occupe la partie Ouest du bassin. L'altitude du sol varie entre 600 et 700 m, avec une pente de 1.5%. Il se redresse brutalement au contact des rides pré-rifaines (Jbels de Zerhoun et Kafs) [7,8].

Le climat du plateau est du type semi-aride à hiver tempéré. On note une pluviométrie annuelle assez importante (550 mm/an à la station de Meknès). Les hauteurs pluviométriques mensuelles varient entre moins de 2 mm pendant le mois de juillet (le plus sec) et environ 84 mm (station de Meknès) pour le mois de décembre (le plus pluvieux). La température moyenne annuelle est de 17.3 °C à Meknès [9,10-3].

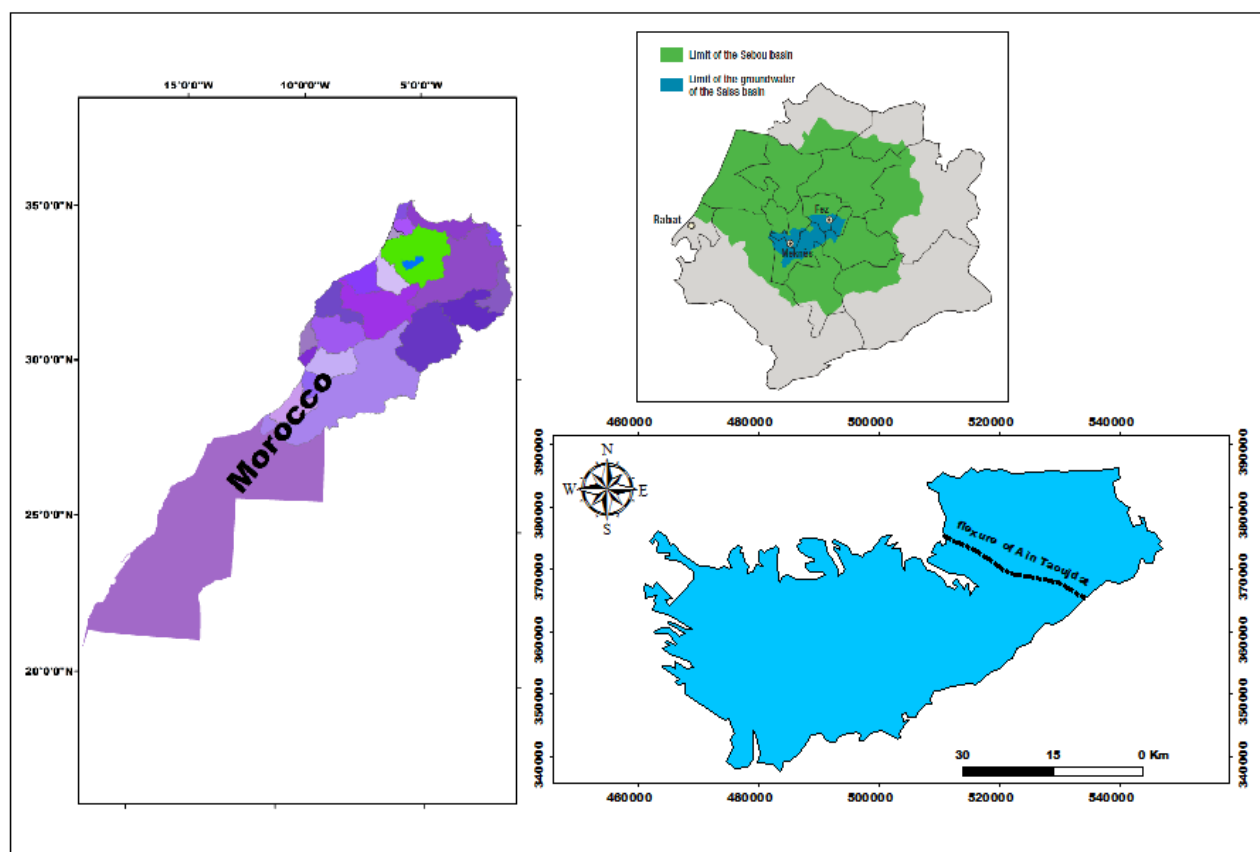


Figure 1 : La carte montre la situation géographique de la zone d'étude.

1.2 Hydrographie :

Les principaux cours d'eau qui traversent le bassin entre ces limites sud et nord, ce sont (d'ouest en est) les oueds El Kell (affluent de l'oued Beht), R'Dom (confluence des oueds Boufekrane et Ouislane) et Mikkès. Ces oueds ont généralement une direction SSE-NNW. Les oueds El Kell, R'Dom et les affluents de la rive gauche de l'oued Mikkès drainent le plateau de Meknès. Tous ces oueds sont issus du causse moyen atlasique [11-9-12,13] .

Ces oueds sont très encaissés sur le plateau de Meknès (40 à 100 m au-dessous de la surface structurale), ce qui est à l'origine de nombreuses petites sources en bordure des vallées.

À l'intérieur du bassin, ces oueds sont alimentés par le ruissellement des eaux de pluie, par des émergences plus ou moins diffuses des nappes phréatiques et profondes au niveau de leurs lits, par la fonte des neiges sur le Causse et par le rejet des eaux usées des grandes villes (Meknès,...) du bassin.

En aval du bassin (limite nord), les oueds s'écoulent sur des formations marneuses du Tertiaire au contact des rides pré-rifaines, où ils reçoivent une contribution réduite de ruissellement superficiel. Leur alimentation se fait par le drainage des nappes phréatiques et profondes du bassin [11,12].

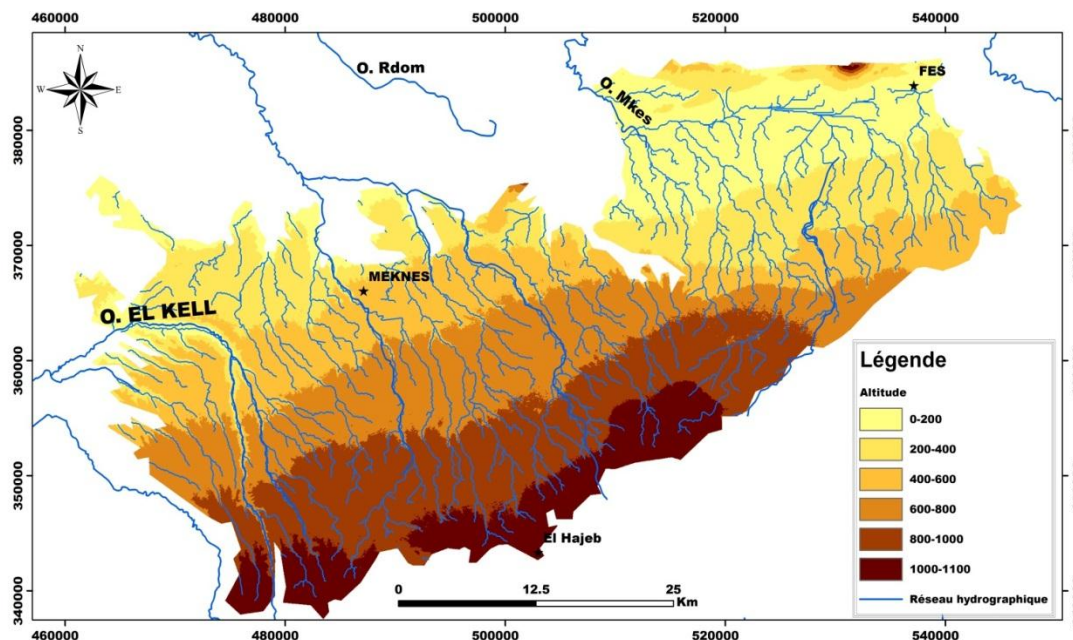


Figure 2 : la carte montre le réseau hydrographique du bassin de saïs.

1.3 Hydrotgéologie :

Dans le bassin de Meknès, deux principaux aquifères sont mis en évidence

- Un premier aquifère profond abritant les formations du Lias et les grès transgressifs du Miocène. Cet aquifère est libre en bordure du Causse moyen atlasique et captive plus au Nord sous les puissantes marnes du Miocène qui emprisonne les eaux [14-10].
- Un deuxième aquifère phréatique qui siège dans les formations plio-villafranchiennes. De par son étendue et sa bonne productivité, ce réservoir joue un rôle déterminant dans le développement économique de la région, particulièrement dans le développement du secteur hydro-agricole [14-3].

Ces deux nappes communiquent entre elles par endroits, à travers des flexures et failles ou indirectement par drainance ascendante.

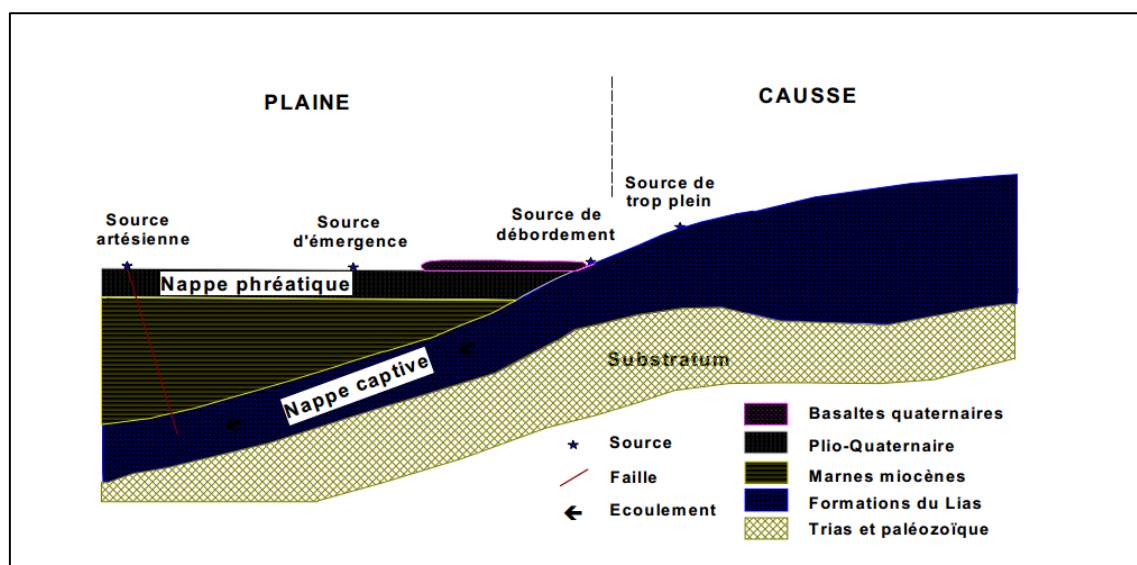


Figure 3: Le schéma montre le contexte hydrogéologique du bassin de saïs (Amraoui 2005) [5]

1.4 Le contexte géologique:

Le bassin de Saïss correspond à un bassin continental intramontagneux qui est comblé par des dépôts d'âge Miocène supérieur à Quaternaire recouvrant un socle Mésozoïque et Paléozoïque. La Lithostratigraphie du bassin est résumée du bas en haut comme suit :

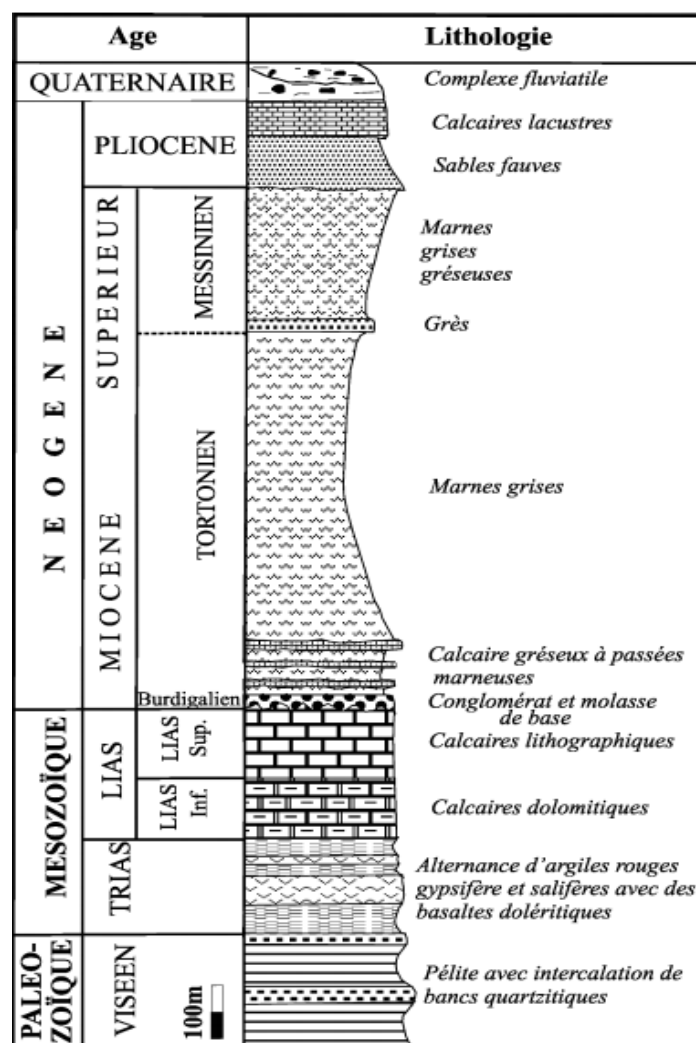


Figure 4 : La figure montre la colonne lithostratigraphique synthétique du bassin de Méknes-Fés (Riss,2001 in Harmouzi, 2009) [15-20]

2. MATERIELS ET METHODES

Les méthodes électriques sont des méthodes très utilisées en hydrogéologie, Elles se fondent sur la mesure de la résistivité des formations géologiques. Selon le procédé, nous distinguons entre les sondages, les traînés et le profilage électrique [16,17].

Le sondage électrique (SE) permet d'étudier la variation de la résistivité du sol avec la profondeur [18]. L'acquisition des données sur le terrain s'effectue de la façon suivante:

On envoie dans le sol, par l'intermédiaire de deux électrodes A et B, un courant d'intensité (I) au moyen de batteries ou de groupe électrogène. On mesure, à l'aide d'un potentiomètre (lecture directe) ou d'un enregistreur, la différence de potentiel (d.d.p.) qui se produit entre deux autres électrodes M et N de mesures dû ΔV tout en augmentant à chaque mesure la longueur de ligne AB. Les valeurs des résistivités apparentes obtenues représentent ainsi des profondeurs de plus en plus importantes [18].

L'application de la loi d'ohm permet de calculer, pour chaque longueur de ligne AB, une valeur de résistivité apparente définie par la formule suivante :

$$\rho = K \cdot \Delta V / I \quad (1)$$

K étant un coefficient qui dépend de la géométrie du dispositif AMNB.

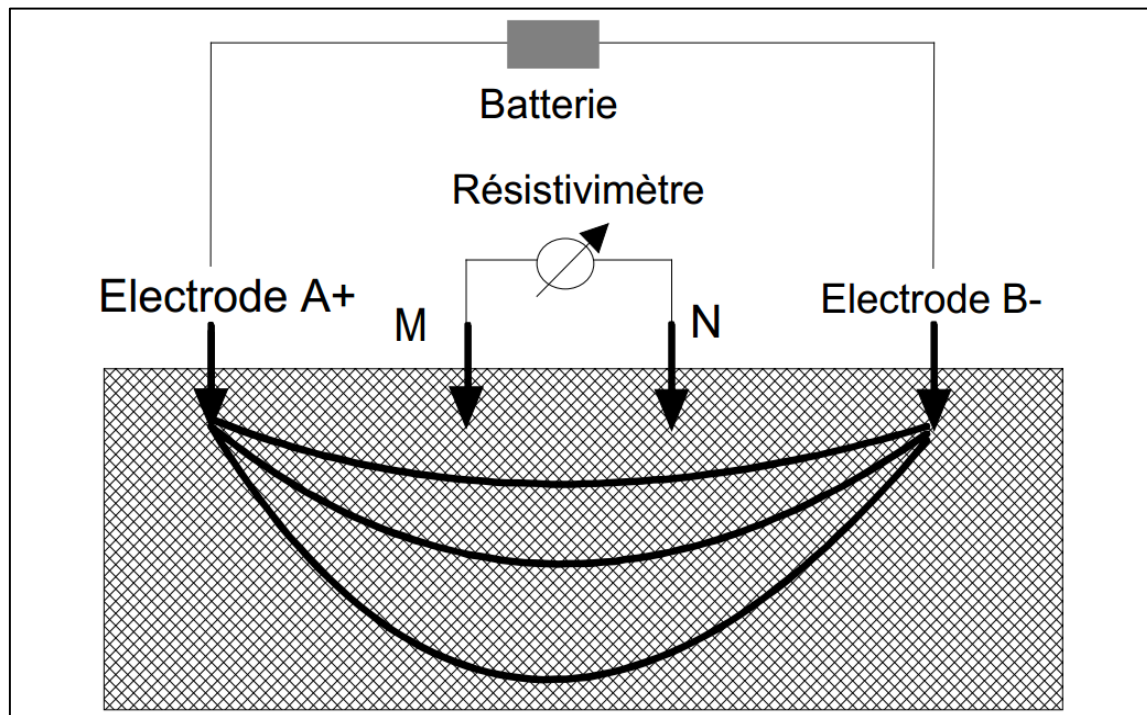


Figure 5 : La figure présente le schéma du principe de sondage électrique en dispositif Schlumberger.

Le Trainé électrique consiste à déplacer un quadripôle AMNB de dimension fixe sur le site à explorer, à chaque station, on calcule la résistivité apparente. La profondeur d'investigation est relativement constante et la résistivité apparente mesurée dépend des variations latérales des résistivités rencontrées. Cette technique d'investigation permet de localiser, entre autres, les failles, les karsts, les filons, les fractures, etc [19].

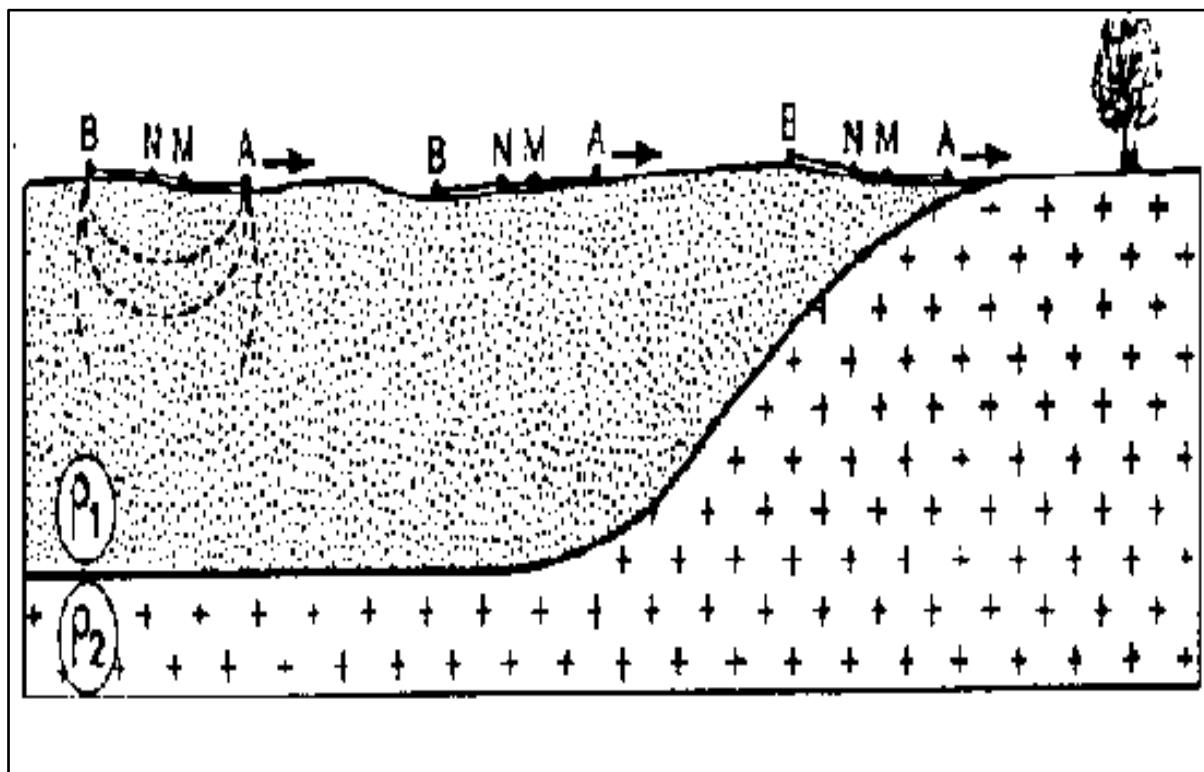


Figure 6 : La figure montre le schéma du principe de Trainé électrique.

Cette étude a commencé par quelques sondages électriques dans des endroits présélectionnés avec une longueur d'émission maximum de 4000m, pour déterminer les différentes formations du sous-sol et l'épaisseur de la formation résistante de l'aquifère superficiel. Par la suite, nous avons appliqué 3 Trainé électrique avec une longueur d'AB=200m

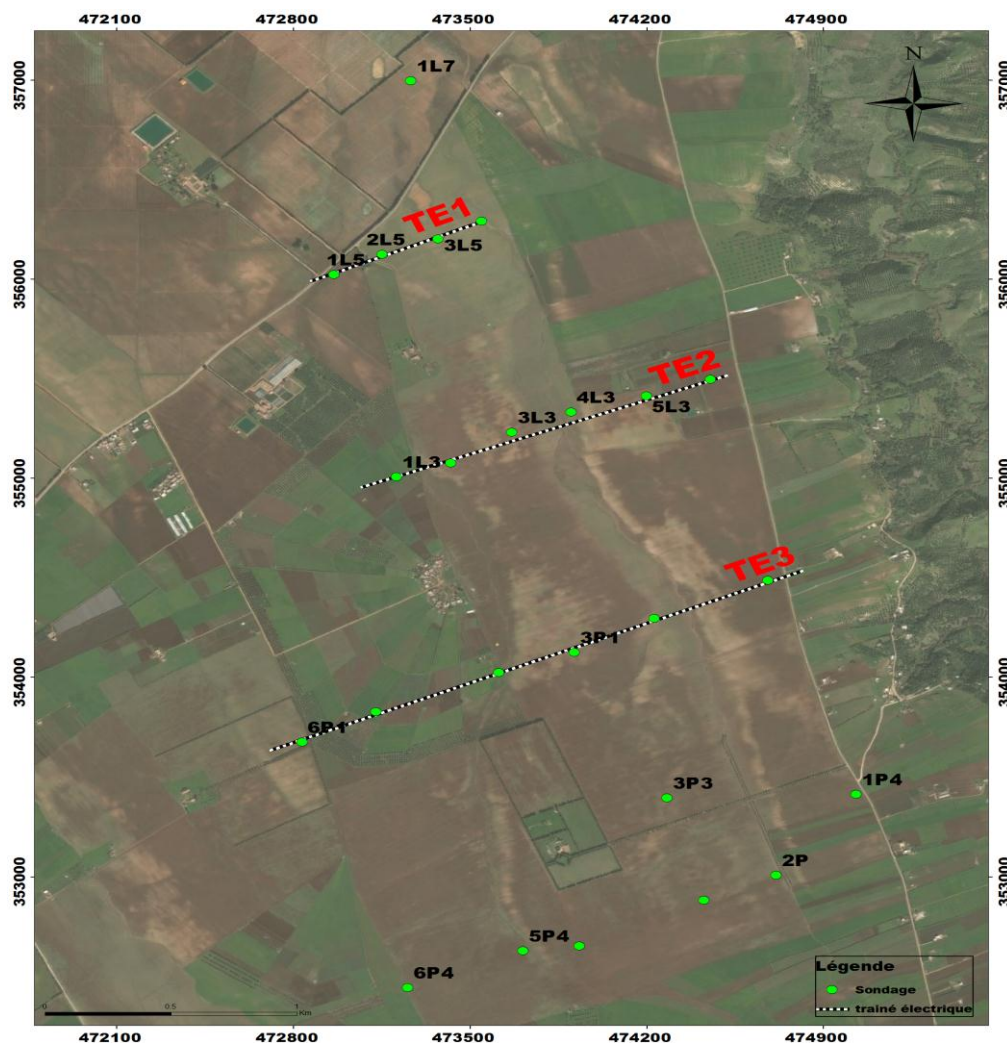


Figure 7 : La figure montre la carte de localisation des SEV et trainés électriques.

Le matériel d'acquisition des données géophysiques utilisé est constitué d'un résistivimètre de type GéoTrade avec ses accessoires (bobines de raccordement, électrodes, des masses, une boussole, un GPS, générateur de courant continu etc.). Pour le traitement des données, on a utilisé des logiciels de traitement géophysique(Winsev,Excel) et de cartographie (Arcgis 10.3).



Figure 8 : la figure montre le matériel utilisé.

3. RESULTATS

1.1 Résultats des sondages électriques:

L'analyse et la comparaison des résultats d'interprétation de tous les diagrammes des sondages électriques obtenus ont montré une ressemblance en termes de succession de niveaux électriques. Les différences sont constatées plutôt au niveau des valeurs des résistivités. Cette différence est expliquée essentiellement par la variation des épaisseurs de ces horizons électriques.

On présentera en particulier les résultats du sondage électrique profond 3P2 représentatif de l'ensemble des sondages (Fig. 23) exécutés dans la région d'étude et qui a atteint l'ensemble des formations géologiques du domaine étudié en profondeur. L'interprétation du diagramme de ce sondage électrique montre du haut vers le bas :

- ✚ Un terrain résistant superficiel d'épaisseur de 153 m. Ce terrain correspond à la formation du plio-quaternaire composé essentiellement de sables et des grès;
- ✚ Un horizon conducteur situé à 153 m de profondeur. Cet horizon est de résistivité électrique $6 \Omega \cdot m$ et d'épaisseur 70m. Il correspond vraisemblablement aux marnes du miocène ;
- ✚ Un substratum résistant situé à une profondeur de 223m.

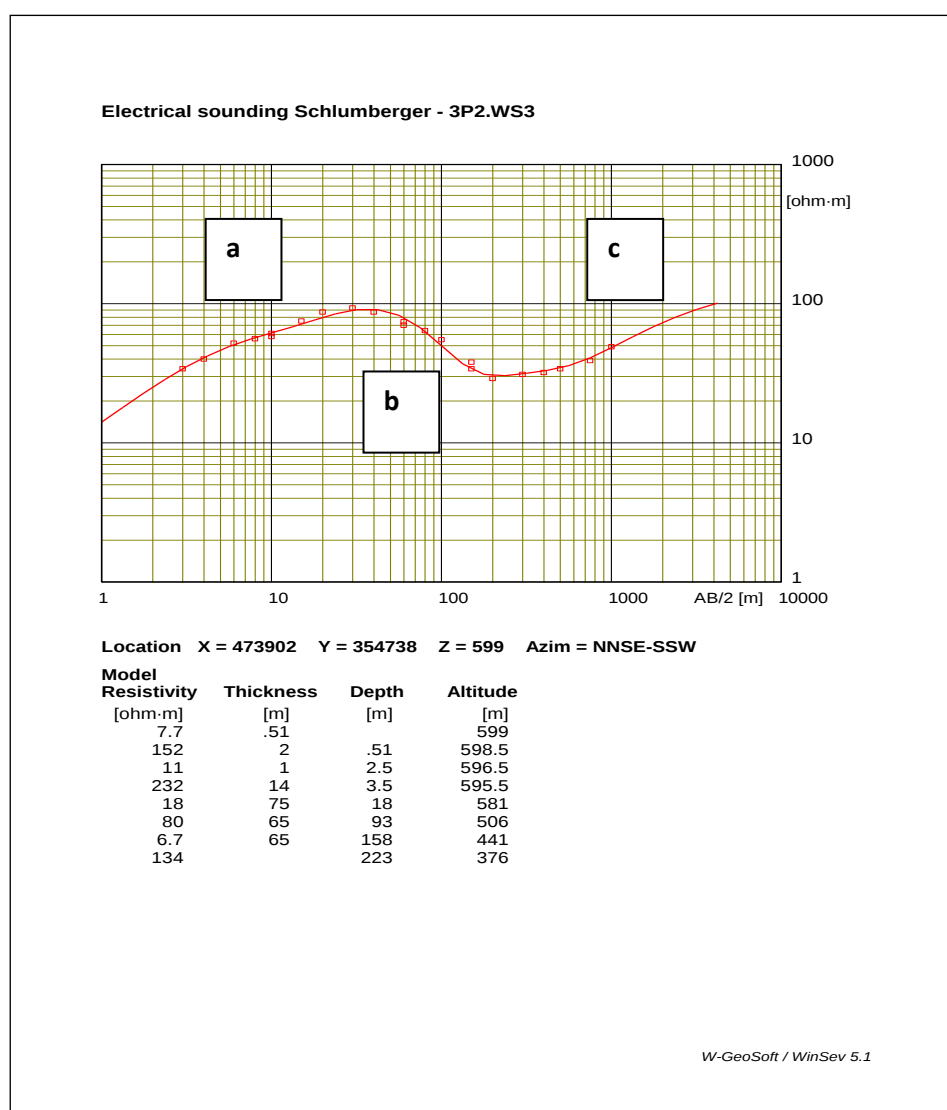


Figure 9 : La figure montre le sondage électrique représentatif (a) : sables et des grés ; (b) : marnes du miocène; (c) : substratum résistant.

1.2 Résultat des Trainé électrique

Tableau 1. Le tableau montre la localisation des Trainé électrique.

Trainé	Coordonne	Début	Fin	Longueur (m)
Trainé électrique1	X	472993	473567	640
	Y	356063	356368	
Trainé électrique2	X	473221	474476	132
	Y	355111	355519	
Trainé électrique3	X	473588	474651	1110
	Y	354041	354507	

L'analyse des profils obtenus a permis de mettre en évidence des anomalies électriques intéressantes (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7). Ces anomalies correspondent à des fractures au niveau des grès du plio-quaternaire présentant un intérêt hydrogéologique important.

1.2.1 Trainé électrique1 :

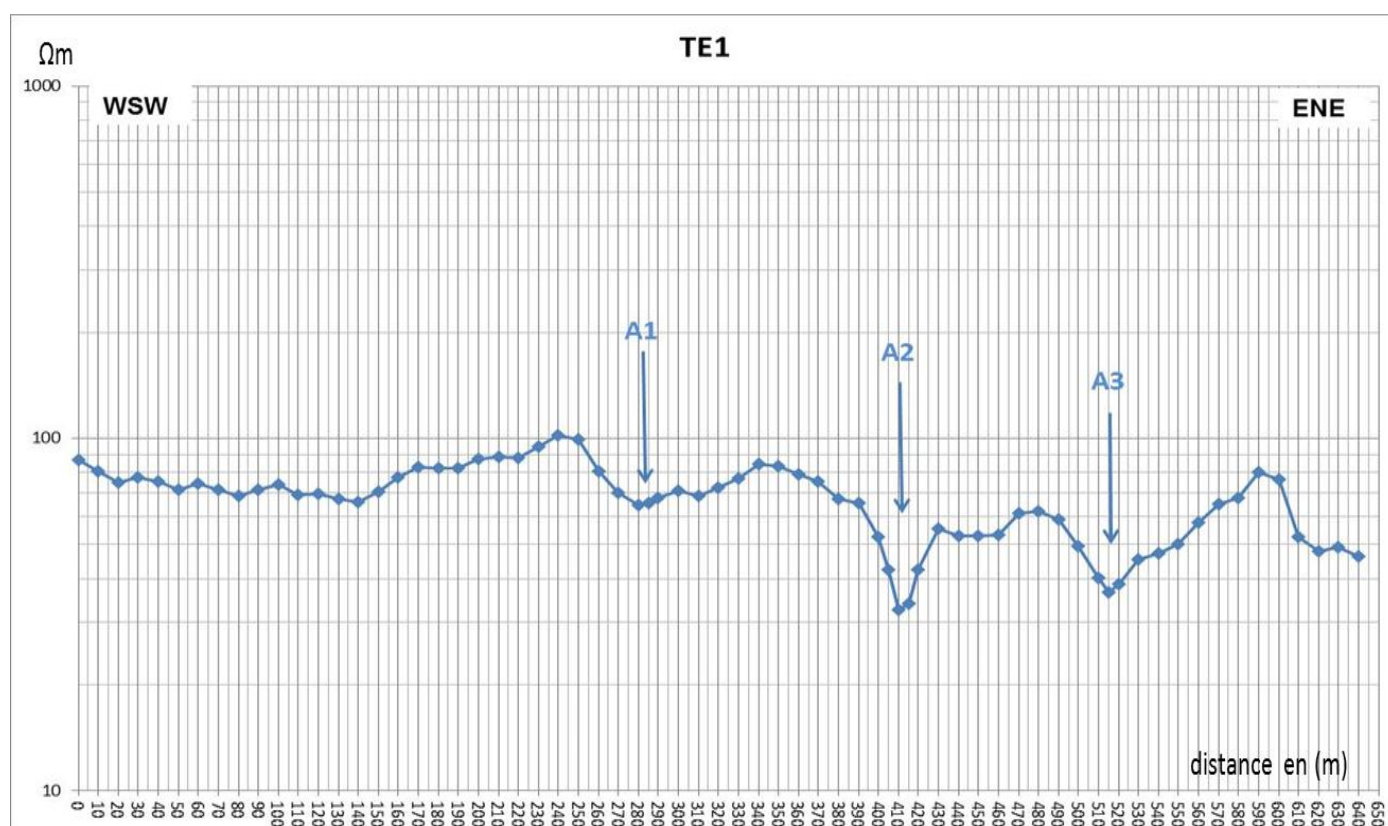


Figure 10: La figure montre le profil du trainé électrique TE1. (TE : Trainé électrique)

1.2.2 Trainé électrique2 :

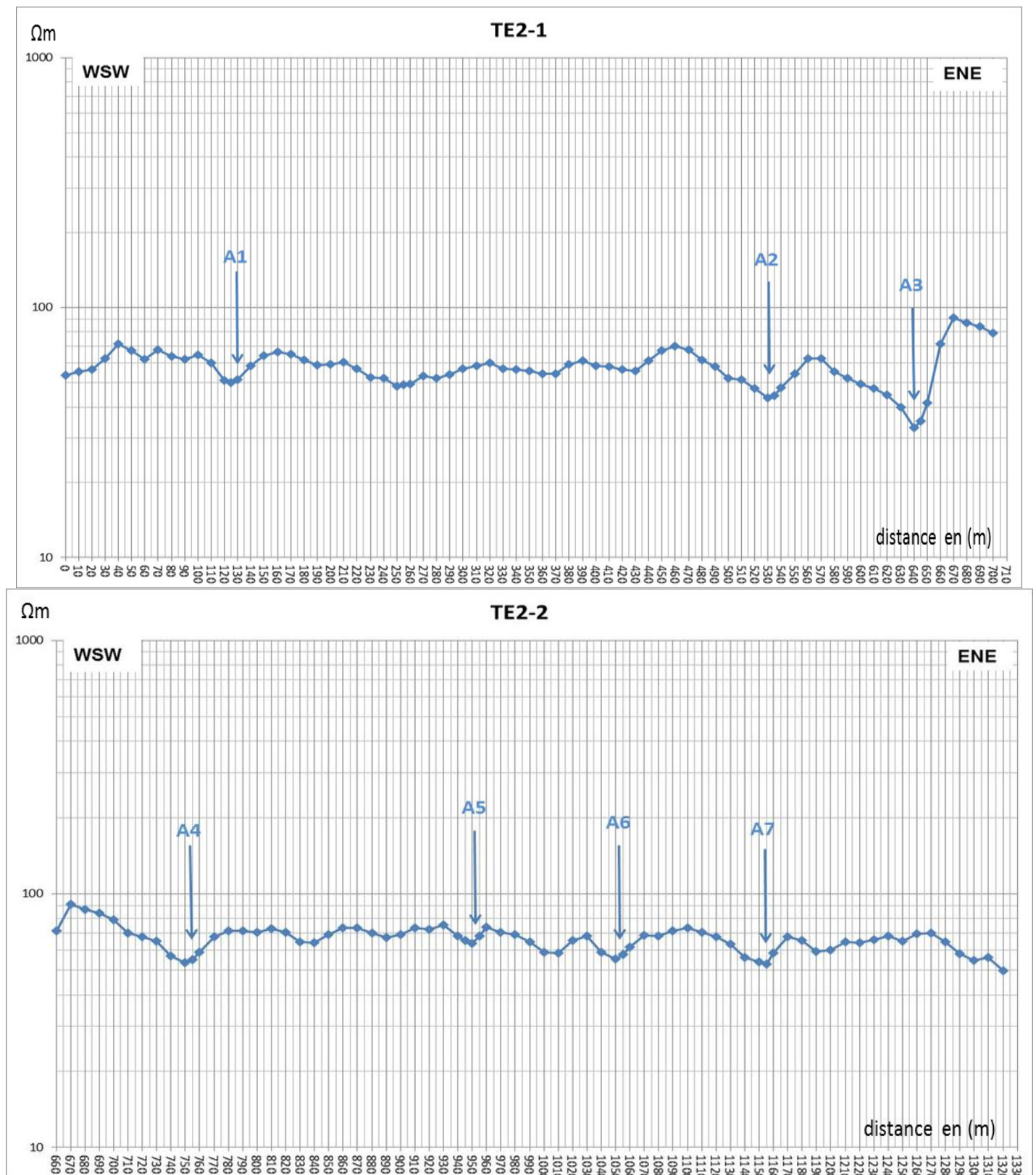


Figure 11: La figure montre le profil du traîné électrique TE2. (TE : Trainé électrique)

1.2.3 Trainé électrique 3:

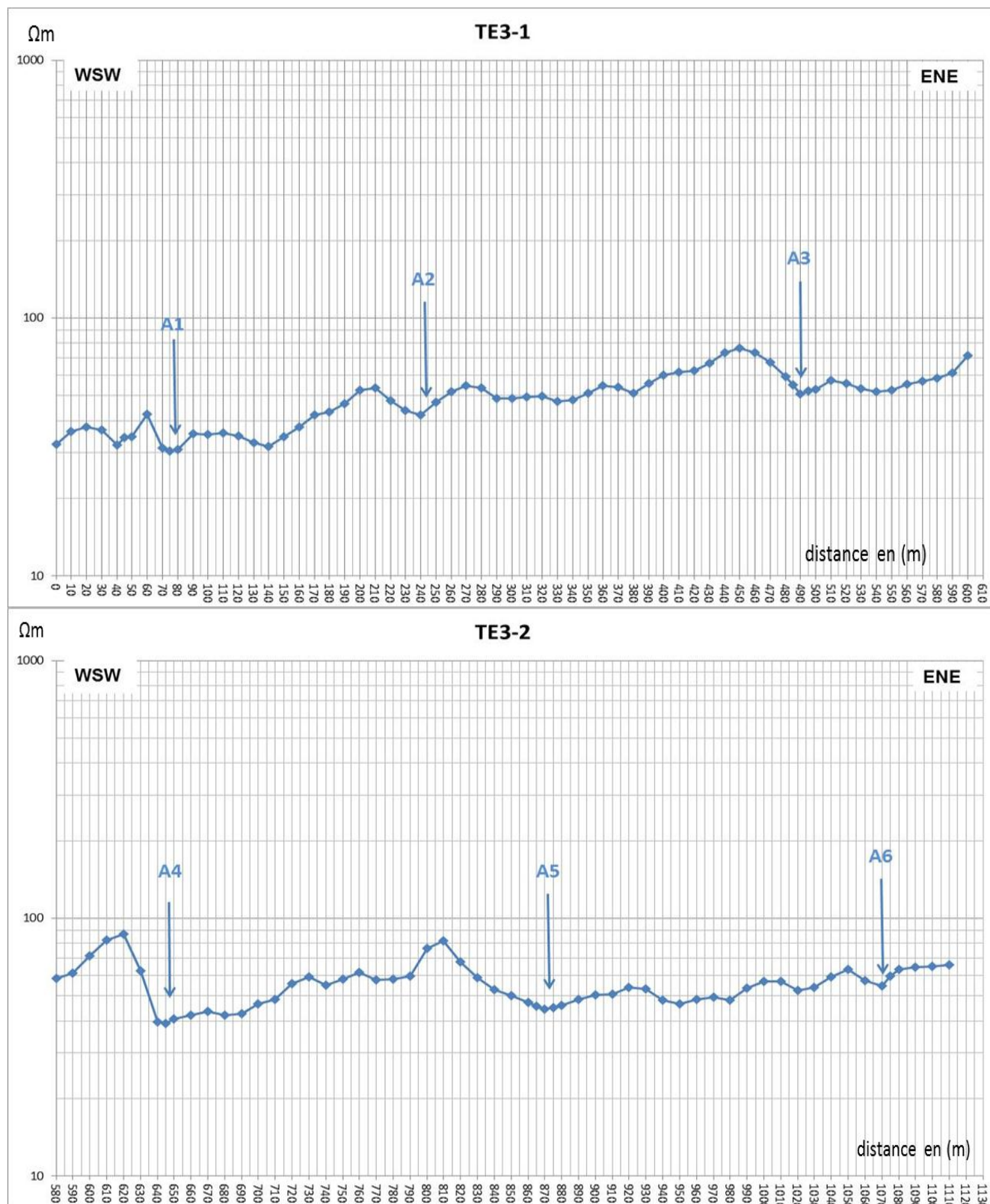


Figure 12: La figure montre le profil du traîné électrique TE3. (TE : Trainé électrique)

5. CONCLUSION

Les méthodes électriques réalisées sont très utilisées en hydrogéologie. Elles se basent sur la mesure de la résistivité des formations géologiques. Selon le procédé, nous distinguons entre les sondages, les traînés électrique.

À la lumière de cette étude de reconnaissance hydrogéologique par prospection géophysique utilisant la méthode géoélectrique (sondages et traînés électriques), il en ressort les points importants suivants :

- L'aquifère superficiel du plio-quaternaire constitué de sables et des grés est généralisé dans la zone étudiée ;
- De point de vue tectonique, les terrains de cette zone sont touchés par un ensemble des fractures traduit par des discontinuités électriques obtenu lors d'analyses de traînés.

6. REFERENCES

- [1] O. Petit, La surexploitation des eaux souterraines : enjeux et gouvernance. *Natures Sciences Sociétés*. 2012; 12(2): 146–156. Available: <http://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2004-2-page-146.htm>
- [2] D. Michel, D. Diane, S. Pierre, La gestion des ressources en eaux souterraines en région parisienne ouest. *La Houille Blanche*. 1992; 4: 295 - 308. Available: <http://www.shf-lhb.org/articles/lhb/abs/1992/03/lhb1992029/lhb1992029.html>
- [3] Monographie générale, la région de Fès-Meknès, Royaume du Maroc ministère de l'intérieur direction générale des collectivités locales, 2015; P62. Available: <http://rgph2014.hcp.ma/>
- [4] E. Touria, E. Abdelhamid, B. Abdennasser, C. Amine, étude de l'impact des variations pluviométriques sur les fluctuations piézométriques des nappes phréatiques superficielles en zone semi-aride (cas de la plaine de saïss, nord du maroc). *European Scientific Journal* .2015; 11(27): 64–80. Available: <http://ejournal.org/index.php/esj/issue/view/201>
- [5] A. Fouad, Contribution to the recognition of the aquifers Karst: Case of the Lias of the plain of know and the cause average Atlas tabular (Morocco), Doctorate dissertation. *University Ain Chock, Faculty of sciences, Casablanca*. 2005
- [6] C. Mohammed , C. Bouamama, B. Mohammed, and F. Christophe, Impact de la néotectonique quaternaire sur la dynamique sédimentaire du Saïs (Maroc) : du bassin d'avant fosse pliocène au plateau continental quaternaire. *Quaternaire*. 2007;18(4): 327-334. Available: <http://quaternaire.revues.org/1199>
- [7] L. Ahmed, E. Abdellah, G. Lahcen, and E. Mourad, Apports Du Modele Numerique De Terrain Mnt A La Modelisation Du Relief Et Des Caracteristiques Physiques Du Bassin Versant Du Moyen Beht En Amont Du Barrage El Kansera (Sillon Sud Rifain, Maroc), *European Scientific Journal* .2016; 12(29): 258–288. Available: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p258>
- [8] H. Hanane, Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou, Doctorate dissertation. *école doctorale mer et sciences- toulon (france) centre d'etudes doctorales « sciences et technologie » - fès (maroc)*. 2014.
- [9] E.R. Mohamed, Differenciations Des Sols Du Plateau De Meknès, Doctorate dissertation. *Université pierre et marie curie paris vi • u.f.r. des sciences de la terre*, p. 322, 1992.
- [10] Bassin Hydraulique, Contrat de la nappe de Fes-Meknes, 2014; P22. Availabale: <http://www.abhsebou.ma/>.
- [11] D. Abdallah, F. Bouaza, Rôle du contrôle structural dans la mise en place du réseau hydrographique de Sebou et d'Inaouène entre Fès et oued Amlil (Maroc). *Bulletin de l'Institut scientifique*. 2001; 23: 67–77. Available: http://www.israbat.ac.ma/?page_id=251
- [12] E. Abdellah, M. Naoual, E. Morad, E. Ali, A. Abdelaziz, and E. Abdelhadi, Outils SIG et caractérisation physiographique et climatique du bassin versant du barrage Sidi Chahed (NE de Meknès , Maroc). *International Journal of Innovation and Applied Studies* .2014; 8(1): 29–45. Available: <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [13] D. Salahddine, S. EL mouatassime, N. Abdessamad, W. Amina, H. Fatima Ezzahra, hydrogeological recognition by geo-electrical method in the basin of saïss-morocco. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2017; 4(3): 64-73. Available: www.american-jiras.com
- [14] Belhassan K., Hessane M., A. E. Ali, Interactions eaux de surface–eaux souterraines: bassin versant de l'Oued Mikkes (Maroc). *Hydrological Sciences Journal*. 2010; 55(8):1371–1384. Available: <http://www.tandfonline.com/loi/thsj20>
- [15] JR. Joëlle, F.M Juan Luis, S. Colette, H. Ouassima, M. Antoine, E. Ali, A methodology for converting traditional vertical electrical soundings into 2D resistivity models: Application to the Saïss basin, Morocco. *Geophysics*. 2011; 76(6):225–236. Available: <http://library.seg.org/journal/gpysa7>
- [16] D. chapellier, prospection électrique de surface. université de lausanne. institue francais du pétrole.2000
- [17] P. Sébastien, Modélisation et inversion de données électriques en courant continu : vers une prise en compte efficace de la topographie, Doctorate dissertation. *l'École nationale supérieure des mines de Paris*, p181. 2012.
- [18] L. Anny-Christine, Application de la méthode des sondages électriques à la caractérisation des aquifères et des dépôts meubles , Basses-Terres du St-Laurent , région Nord de Montréal. *Institut National de la Recherche Scientifique - Eau*, 1998.
- [19] K. Konan Emmanuel, B. K. Arthur, Approche interprétative des données de prospection hydrogéologique et géophysique pour le choix des meilleurs sites de forages en milieu de socle cristallin et métamorphique en Côte d'Ivoire. *Vingtièmes journées techniques du Comité Français d'Hydrogéologie de l'Association Internationale des Hydrogéologues*. 2015
- [20] H. Ouassima, recognition of the northeastern part of the basin of saïss (Morocco): interpretation of vertical electric survey by combination of statistics, geostatistical methods and inversion, Doctoral dissertation. *University of Bordeaux*. 2010.

Citer cet article : didi Salahddine, et Najine Abdessamad. APPLICATION DES METHODES GEOPHYSIQUES A L'ETUDE STRUCTURALE ET DANS L'IDENTIFICATION DES FISSUREES AQUIFERES DANS LE PLATEAU DE MEKNES, MAROC. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 2017; 4(4): 163-173.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>