



HAL
open science

Reconnaissance du système aquifère du Nord-Ouest de la plaine du Tadla (Maroc oriental) par imagerie électrique

Fadwa Radouani, Abdessamad Najine, Tahar Aifa, Zakaria Ouzerbane

► To cite this version:

Fadwa Radouani, Abdessamad Najine, Tahar Aifa, Zakaria Ouzerbane. Reconnaissance du système aquifère du Nord-Ouest de la plaine du Tadla (Maroc oriental) par imagerie électrique. *Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research*, 2013, 4 (1), pp.33-41. insu-00929883

HAL Id: insu-00929883

<https://insu.hal.science/insu-00929883>

Submitted on 14 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Reconnaissance du système aquifère du nord-ouest de la plaine du Tadla (Maroc central) par imagerie électrique

Fadwa Radouani^{1,*}, Abdessamad Najine¹, Tahar Aïfa² and Zakaria Ouzerbane³

¹ Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences et Technologie, Université Sultan Moulay Slimane, BP 523 Mghila, 23000 Béni Mellal, Morocco

² Géosciences-Rennes, CNRS UMR6118, Université de Rennes 1, Bat.15, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France

³ Equipe de recherche « Sciences de l'eau et Ingénierie de l'Environnement », Laboratoire de Géo-Ingénierie et Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, BP 11201 Zitoune, 50000 Meknès, Morocco

Received : 17 August 2012

Accepted after revision: 19 September 2013

Published online: 19 September 2013

Résumé : Une investigation géo-électrique a été effectuée dans la zone nord-ouest de la plaine du Tadla pour imager la structure de ses unités aquifères. Les mesures de sondages et de tomographie électrique ont été traitées, analysées puis corrélées avec les données de certains forages et puits existants dans la zone. L'analyse de l'ensemble des résultats montre que d'un bout à l'autre de la zone prospectée, les profils et sections de résistivité établis ont généralement des allures mettant en évidence la superposition de plusieurs terrains d'épaisseurs variables (15-300 m) et de résistivités électriques différentes (2,5-350 Ω .m). Ces terrains dessinent grosso-modo une structure monoclinale qui plonge du NE vers le SW. Cette structure est affectée par une série de failles qui sont à l'origine de l'affaissement des compartiments situés au sud. La limite plateau-bassin est marquée également par une série de flexures orientées ENE-WSW se traduisant par des discontinuités géo-électriques sur les profils de résistivité. Ce système de flexures n'affecte pas la continuité lithostratigraphique entre le plateau des phosphates et le bassin du Tadla mais influe considérablement sur les propriétés hydrodynamiques du système aquifère.

Mots clés : Tadla, aquifère, résistivité, section, structure.

Reconnaissance of the aquifer system of northwest Tadla Plain (central Morocco) using electrical tomography

Abstract : A Geoelectric investigation was conducted in the northwest area of the Tadla plain in order to image the structure of its aquiferous units. Data of electrical soundings and tomography were processed, analyzed and correlated with data from existing wells in the area. The analysis of the whole of the results indicates that resistivity sections show the superposition of several geological levels with varying thicknesses (15-300 m) and resistivities (2.5-300 Ω .m). The geological layers dip from the NE to the SW. This structure is affected by a series of faults at the origin of the compartments located in the South. The plateau-basin boarder is also represented by a series of folds oriented ENE-WSW. These discontinuities identified in the geoelectrical profiles do not affect the lithostratigraphic continuity between the Phosphate Plateau and the Tadla Basin but affect significantly the hydrodynamic properties of the aquifer system.

Keywords : Tadla, aquiferous, resistivity, section, structure

1. Introduction

Dans les pays arides une préoccupation grandissante est liée à l'aménagement des régions rurales. La gestion de ces grands espaces passe par la mise en valeur des terres cultivables, l'exploration et l'utilisation des ressources en eau disponibles en particulier celles des nappes souterraines.

La présente étude s'intègre dans le cadre des études géophysiques entreprises dans la plaine du Tadla. Cette immense région du Maroc central, autrefois dénudée est devenue une zone agricole fertile depuis sa mise en valeur par l'installation d'un réseau d'irrigation.

Elle s'est transformée actuellement en une région qui participe activement dans la production nationale (Belhacene et Chayat, 1992). Néanmoins, ce développement est contrarié par une problématique qui se manifeste par la rareté et l'irrégularité des apports d'eaux superficielles. Ainsi, beaucoup d'efforts ont été déployés pour l'exploration des réservoirs souterrains. Ces réservoirs offrent une capacité de régularisation annuelle qui les rend précieuses pour assurer en toute sécurité un approvisionnement régulier. Leurs réserves permettent en outre de satisfaire des besoins saisonniers grâce à une surexploitation temporaire dans la mesure où la reconstitution est possible (Bolelle, 1948). Partant de ces considérations, une reconnaissance géophysique par

* Corresponding author: fadwaradouani@yahoo.fr (F. Radouani)

méthodes géoélectriques du système aquifère du Tadla en particulier sa formation éocène pourrait constituer un jalon appréciable pouvant aider à mieux connaître sa structure et par conséquent son potentiel hydrique.

2. Présentation de la zone d'étude

La plaine du Tadla couvre une superficie d'environ 3600

km². Elle est limitée vers le Nord par le Plateau des Phosphates et vers le Sud par la chaîne du Haut Atlas. Vers l'Est, elle se rétrécit le long de l'oued Oum Er-Rbia en direction des reliefs accusés des pays Zayan. Enfin à l'Ouest, aucune limite géographique ne sépare le Tadla de la Bahira qui lui fait suite. La plaine ainsi définie atteint une longueur de 125 km et sa largeur maximum au centre est de 50 km (Fig.1).

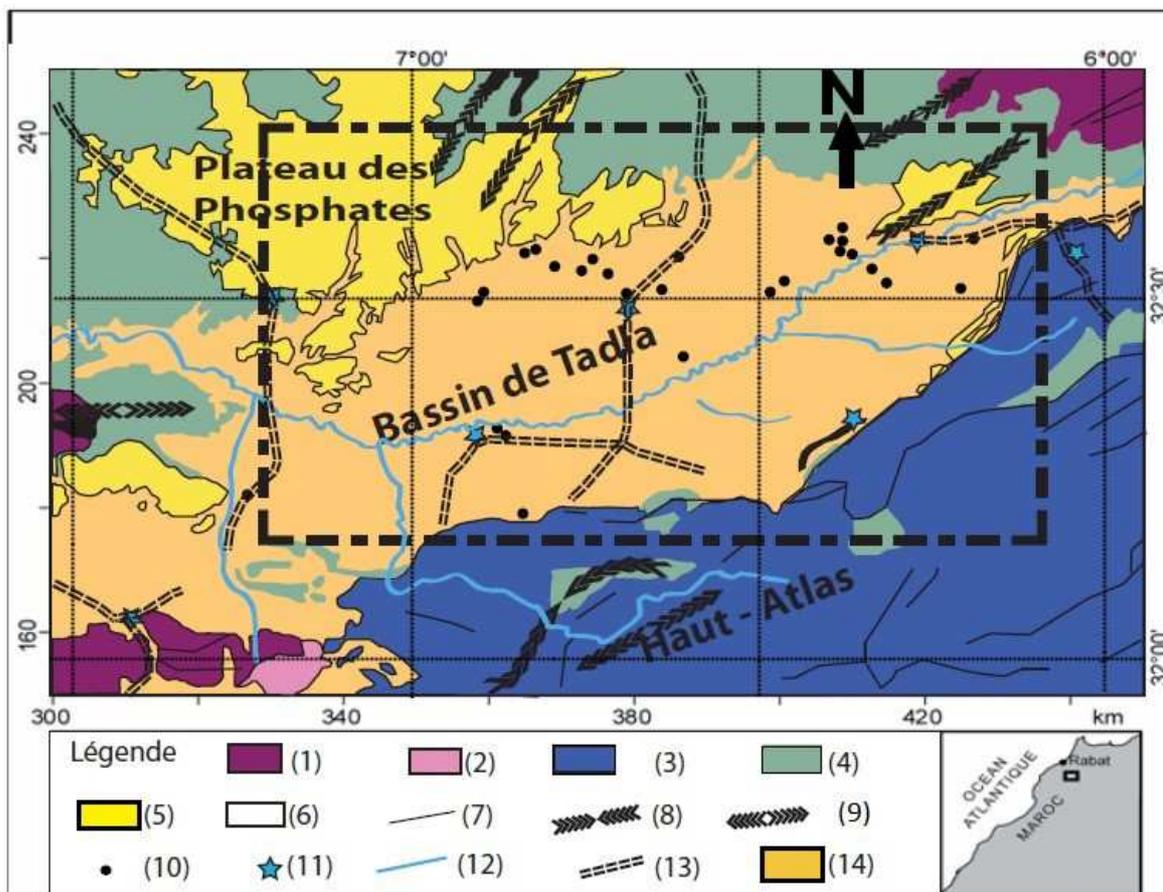


Fig.1. Carte géologique du bassin de Tadla. (1) Paléozoïque (schistes et quartzites), (2) Trias (argiles rouges et basalte), (3) Jurassique (a, calcaires et dolomies, b, diorite et gabbro), (4) Crétacé (faciès détritique rouge), (5) Tertiaire (calcaires, marnes et sables phosphatés), (6) Quaternaire (alluvions), (7) faille, (8) axe synclinal (9) axe anticlinal, (10) forage, (11) ville, (12) rivière, (13) route, (14) zone prospectée. Geological map of the Tadla Basin. (1) Palaeozoic (schists and quartzites), (2) Trias (red clays and basalt), (3) Jurassic (a, limestones and dolomites; b, diorite, gabbro), (4) Cretaceous (red detritic facies), (5) Tertiary (limestones, marls and phosphatic sands), (6) Quaternary (alluvium), (7) fault, (8) synclinal axis, (9) anticlinal axis, (10) drilling, (11) city, (12) river, (13) road, (14) prospected area.

Géologiquement, le Tadla se présente comme une vaste dépression asymétrique recouverte de dépôts mio-plio-quaternaires hétérogènes (Choubert et Faure-Muret, 1956). Il s'agit d'un synclinal dont l'axe est situé près de la bordure sud du haut Atlas et dans lequel se sont déposées de puissantes séries allant du Trias au Quaternaire (Fig.2). Ces dépôts sont constitués généralement par une alternance de marnes argileuses, marno-calcaires, calcaires lacustres et conglomérats. En fait, il s'agit d'un complexe alluvionnaire présentant une multitude d'horizons aquifères et d'innombrables variations de faciès (Bourcart, 1942). Le Miocène, plus

ou moins conglomératique, impliqué dans la phase de déformation atlasique, n'est individualisé que dans la partie basse du sillon ou au contact de l'Atlas dans la partie épaisse du prisme sédimentaire. Ailleurs, on parle surtout de Plio-Quaternaire dans lequel les faciès fluviolacustres du Villafranchien prennent une grande place, notamment près de l'oued Oum Er-Rbia. A proximité de l'Atlas, les grandes épaisseurs de dépôts sont partiellement dues à de grands cônes de piémont formés de produits de démantèlement de la chaîne (Fig.3) (Bouchaou, 1995).

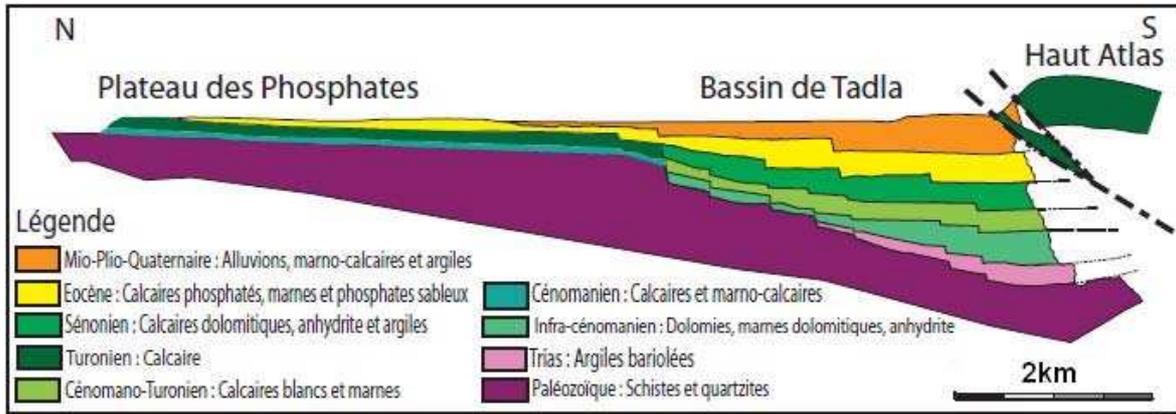


Fig.2. Coupe géologique montrant la structure du système aquifère du bassin de Tadla. Geological section showing the structure of the Tadla Basin aquiferous system.

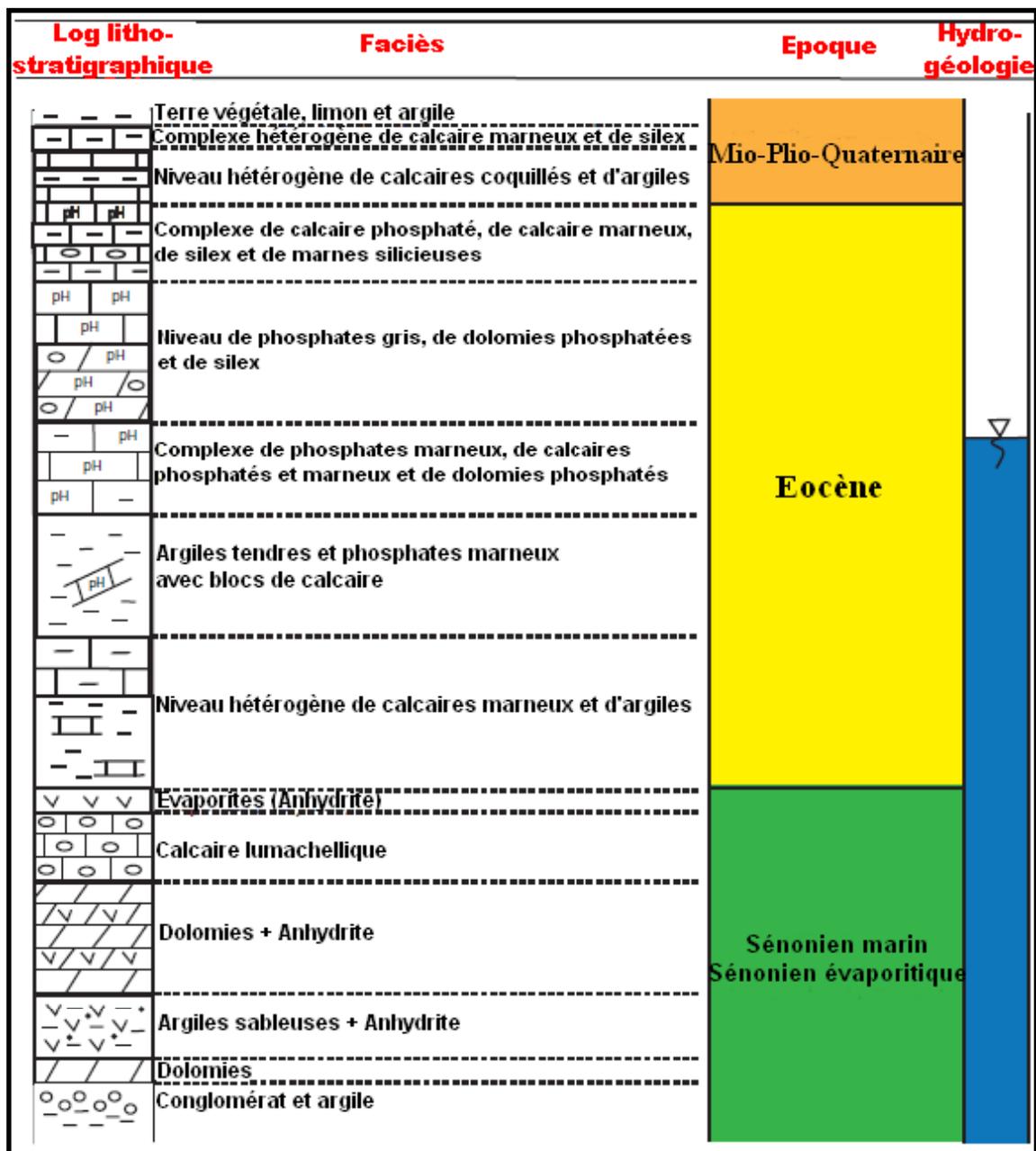


Fig.3. Log lithostratigraphique BK1 montrant la série géologique de la zone d'étude. Lithostratigraphic log BK1 showing the geologic series of the study area.

Les précipitations sont réparties irrégulièrement dans le temps et dans l'espace passant d'une moyenne annuelle de 590 mm près de la chaîne atlasique à environ 329 mm au nord-ouest de la plaine. Les températures sont sujettes à de très importantes variations saisonnières passant d'un minima de 0 à 5°C en hiver à un maxima de 38 à 42°C en été.

3. Méthodes et moyens utilisés

L'étude géophysique entreprise a commencé par quelques sondages électriques d'étalonnage sur des affleurements et au droit de certains forages. Par la suite une vingtaine de sondages électriques a été effectué dans la zone d'étude avec une longueur maximum de 2 km. Ces sondages ont été repartis sur l'ensemble du bassin du Tadla en fonction du contexte géologique et des conditions de terrain. Sept sections de résistivité (A-E) totalisant une longueur de 105 km ont été également établis en utilisant la méthode de tomographie électrique et un système d'acquisition multi-électrodes. Ces profils ont été orientés NE-SW et exécutés dans des zones considérées a priori comme plus avantageuses.

Le dispositif de mesures est constitué notamment d'un résistivimètre de type Syscal R1-Plus d'IRIS Instruments et d'un système de connexion pouvant recevoir jusqu'à 32 électrodes espacées de 1 m. Les données acquises sont présentées sous forme de panneaux de résistivité apparente dont les axes horizontal et vertical correspondent respectivement à la distance le long du profil et à la séparation entre les deux électrodes mobiles. Sur les panneaux, les mesures sont reportées au milieu du dispositif d'acquisition à une cote correspondant à la valeur de la séparation courante des électrodes mobiles (Telford et al., 1995; Parasnis, 1997). Des modèles du sous-sol montrant la distribution en coupe de la résistivité, sont calculés à partir des panneaux en utilisant la méthode d'inversion des données de Loke et Barker (1996).

L'interprétation des données acquises a été effectuée en deux étapes. D'abord, on a analysé les courbes des sondages électriques pour identifier les différents niveaux de la série stratigraphique, puis tenté des corrélations latérales à l'échelle de l'ensemble de la zone concernée par les mesures géophysiques afin de suivre la continuité spatiale de ces niveaux en s'appuyant sur les données de quelques forages existants. Le traitement a été effectué à l'aide d'un logiciel approprié basé sur une technique inverse (Loke et Barker, 1996). Il s'agit d'un programme interactif qui calcule la réponse théorique d'un terrain constitué de plusieurs couches horizontales ayant chacune une résistivité propre. On modifie à volonté le nombre de couches, leur épaisseur et leur résistivité afin d'obtenir un résultat compatible avec les données recueillies sur le terrain. Comme plusieurs solutions sont possibles, on impose au modèle certaines limites fondées sur les données géologiques de la région étudiée. Dans la zone qui nous intéresse, les données géologiques recueillies dans le secteur immédiat, nous ont permis de mieux caler la modélisation.

Par ailleurs, les mesures de tomographie électrique ont été réalisées selon une séquence prédéfinie. Les valeurs de résistivités apparentes ρ_a obtenues pour chacun des quadripôles de mesure sont reportées dans un plan vertical appelé pseudo-section. Dans cette représentation synthétique, l'abscisse représente généralement le centre du quadripôle et la profondeur est choisie égale à la moitié de l'espace inter-électrodes (Deceuster et Kaufmann, 2003).

Afin d'obtenir la résistivité réelle du sol en chaque point de la coupe verticale, les valeurs de résistivité apparente ont été inversées (Reynolds, 1997). Le principe de l'inversion consiste à trouver des modèles de sol (résistivité réelle) permettant d'expliquer les résistivités apparentes mesurées (pseudo-section). L'objectif de l'inversion est de minimiser l'écart entre la pseudo-section calculée pour un modèle de sol et la pseudo-section mesurée, celui-ci étant généralement quantifié par une fonction RMS (Root Mean Square) exprimée par la formule suivante :

$$RMS (\%) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

où x_i représente l'écart entre la résistivité apparente mesurée et la résistivité calculée en chaque point de pseudo-section. Cette fonction d'erreur RMS décrite par l'équation précédente correspond à la norme L2 ($\sim x_i^2$). La minimisation de cette fonction au cours du processus d'inversion a tendance à atténuer les contrastes, relativement à l'utilisation d'une fonction d'erreur de type norme L1 ($\sim x_i$). Divers algorithmes existent pour minimiser la fonction d'erreur (Loke et Barker, 1996 ; Loke et Dahlin, 2002) et tendre ainsi vers un modèle de sol permettant d'expliquer au mieux les mesures. Le modèle de sol obtenu au terme de l'inversion constitue une solution qui n'est pas nécessairement unique pour représenter la résistivité réelle du sol (Oldenburg et Li, 1999).

4. Résultats : Interprétation et discussion

L'analyse de l'ensemble des résultats montre que d'un bout à l'autre de la zone prospectée, les profils et sections de résistivité établis ont généralement des allures mettant en évidence la superposition de plusieurs terrains de résistivités électriques différentes. Ces terrains dessinent une structure monoclinale qui plonge du NE vers le SW. Les courbes géoélectriques et les sections de résistivité ont permis d'identifier les niveaux suivants :

- (i) un recouvrement hétérogène de résistivité variable allant de 2,5 à environ 350 $\Omega.m$;
- (ii) une formation résistante (200 à 280 $\Omega.m$) d'épaisseur et de profondeur variables ;
- (iii) un niveau conducteur de grande épaisseur et de résistivité comprise entre 100 et 160 $\Omega.m$;

Une formation très résistante constituant le substratum de la série géologique, sa résistivité dépasse 300 $\Omega.m$.

Le complexe hétérogène correspond au remplissage mio-plio-quadernaire. Son épaisseur est variable et augmente considérablement du nord vers le sud (15 m au nord à plus de 300 m au sud et au SW). Les résistivités très basses rencontrées en certaines stations (moins de 10 $\Omega.m$) sont significatives de passées argileuses imperméables ou d'une salinité élevée des eaux de la nappe. Les résistivités élevées sont au contraire caractéristiques de lentilles calcaires incorporées dans la

masse alluvionnaire (Bolelli, 1948). La base de ce complexe est formée d'un horizon conducteur de faible épaisseur constituant le mur imperméable de la nappe mio-plio-quadernaire. La consultation des fiches techniques des sondages carottés BK1, BK2 et BK3 (Fig.4) montrent qu'il s'agit d'un niveau argileux identique à celui observé au nord à proximité du front d'exploitation des gisements phosphatés des Ouled Abdoun.

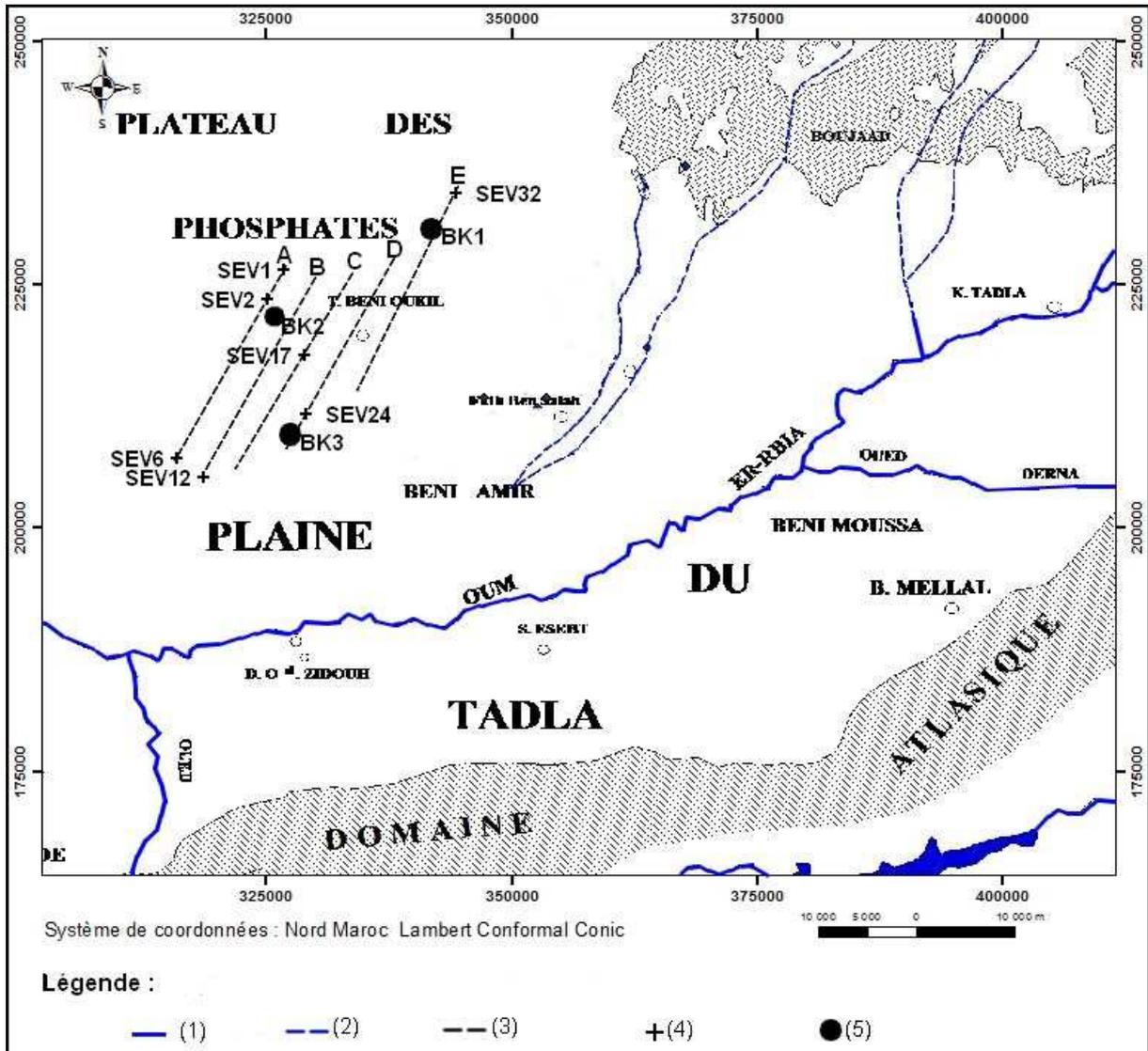


Fig.4. Zone concernée par les mesures géophysiques. (1) cours d'eau principal, (2) cours d'eau secondaire, (3) profil électrique, (4) sondage électrique, (5) forage. Area concerned by the geophysical measurements. (1) main water flow, (2) secondary water flow, (3) electrical profile, (4) electrical sounding, (5) drilling.

Le niveau résistant superficiel R_e correspond aux calcaires de la série phosphatée (Yprésien en particulier). L'analyse de l'ensemble des résultats montre que cette série est présente partout dans la zone prospectée. Son épaisseur est variable, elle fait une cinquantaine de mètres sur le plateau des phosphates puis elle s'épaissit considérablement vers le SW du bassin en particulier vers Dar Ouled Zidouh (Figs.2,5) pour atteindre une valeur de 160 m. Les sections de résistivité B et C montrent en outre que la couche phosphatée subit certaines ondulations structurales en relation sans doute

avec les déformations post-atlasiques observées également dans la partie Est du bassin du Tadla en bordure du Haut-Atlas (Fig.6).

Le niveau résistant profond R_t a été attribué au Turonien qui constitue le réservoir le plus important du bassin du Tadla par sa capacité d'emmagasinement et la qualité de ses eaux (Najine, 2004). La nature du faciès de ce réservoir est de type carbonaté formé essentiellement de calcaires, de calcaires dolomitiques et de calcaires oolithiques. Ces faciès sont caractérisés par des valeurs relativement élevées de résistivité. Ils contiennent par

endroits des intercalations marneuses ou argileuses relativement conductrices matérialisées par des chutes locales de la résistivité électrique (SEV5 et SEV6). Ce niveau disparaît au centre de la zone d'étude, il est vraisemblablement affaissé à cet endroit où le Sénonien marin s'épaissit considérablement comme le montrent les sections B-E et le laisse supposer le forage BK3 (Fig.4).

On note toutefois, une remontée du toit du substratum résistant Rt, attribué au Turonien, et des formations sus-jacentes entre les SEV1 et 3 où le toit de Rt est atteint à

une profondeur de 50m environ, ainsi qu'au Sud à partir du SEV5.

Les terrains imperméables sont représentés par les niveaux très conducteurs détectés sur les sections électriques. Il s'agit des marnes grises et dolomies du Sénonien marin et argiles et argiles sableux à anhydrite du Sénonien évaporitique et par certains niveaux argileux de la base du Miocène. Ces faciès très épais (épaisseur moyenne de 110 m) représentent le toit imperméable de la nappe éocène (Belhacene et Chayat, 1992).

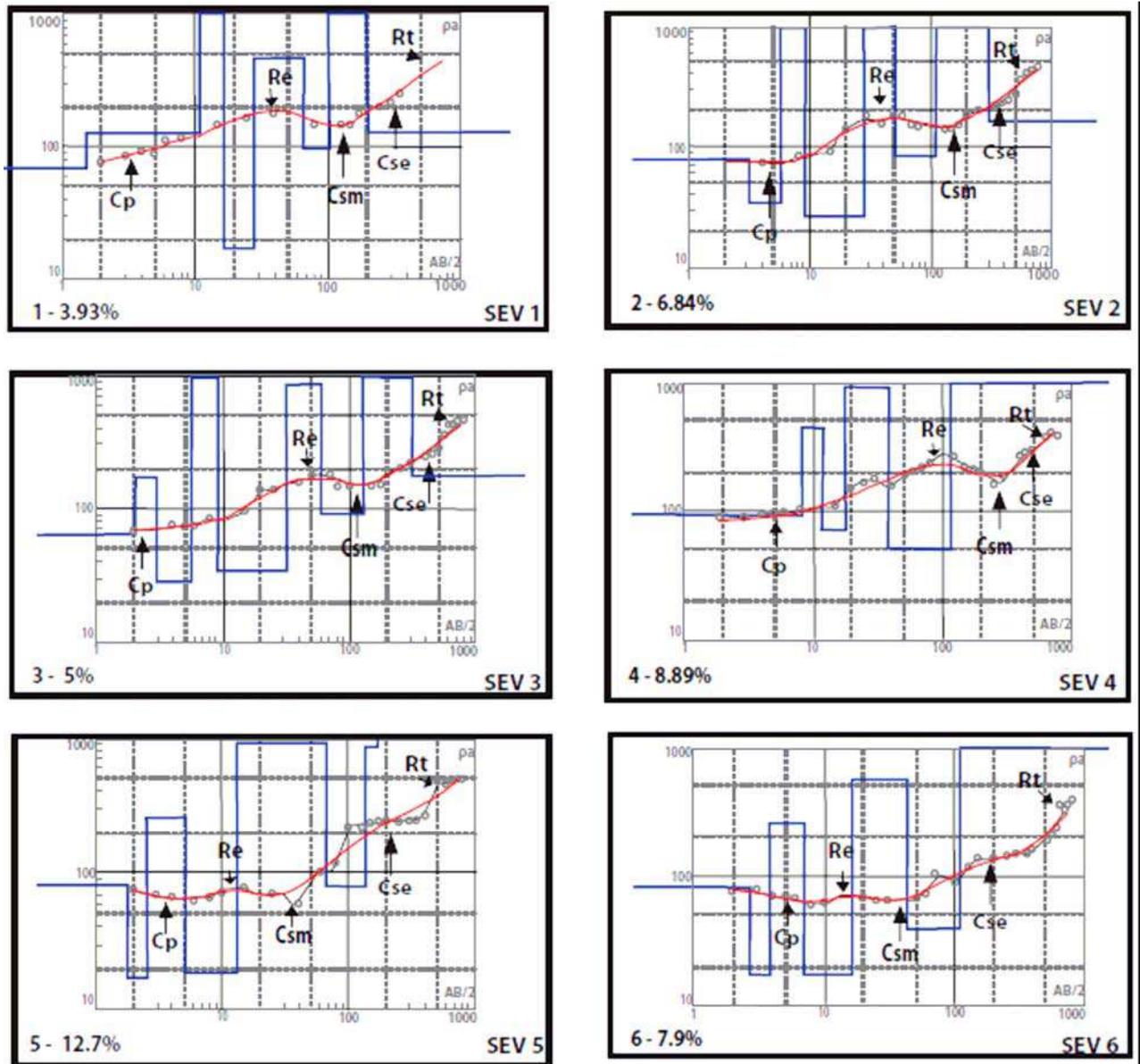


Fig.5. Courbes de sondages électriques interprétées { ρ_a ($\Omega.m$) en fonction de $AB/2$ (m)}. Cp : Quaternaire, Re : Eocène, Csm : Sénonien marin, Cse: Sénonien évaporitique, Rt : Turonien. Interpreted curves of electrical soundings { ρ_a ($\Omega.m$) versus $AB/2$ (m)}. Cp : Quaternary, Re : Eocene, Csm : marine Senonian, Cse: evaporitic Senonian, Rt : Turonian.

Les résultats des investigations montrent que le bassin investigué présente grosso-modo une structure monoclinale pendage irrégulier du NE vers le SW. Le pendage des niveaux géologiques est doux dans la partie nord mais à partir de la localité des Béni-Oukil le pendage augmente considérablement laissant la place à un important dépôt prismatique plio-quaternaire. Le

socle est marqué également par un système de horsts et grabens de direction NE-SW qui détermine la superposition de plusieurs unités emboîtées.

Sur toutes les coupes, on remarque aussi la présence dans leur partie sud, de discontinuités électriques correspondant à des failles normales dont le rejet dépasse parfois 110 m. Ces failles sont à l'origine de

l'affaissement des compartiments situés au Sud de la localité des Béni-Oukil.

On observe toutefois un axe NE-SW marqué par une zone de faible profondeur correspondant à un repli des terrains antérieurs. Cette structure correspondant à une flexure se traduit par une discontinuité géoélectrique sur

les profils de résistivité. La limite plateau-bassin est marquée également par une flexure majeure orientée WNW-ESE. Cette flexure n'affecte pas la continuité lithostratigraphique entre le plateau des phosphates et le bassin du Tadla mais influence considérablement sur les propriétés hydrodynamiques de la nappe éocène.

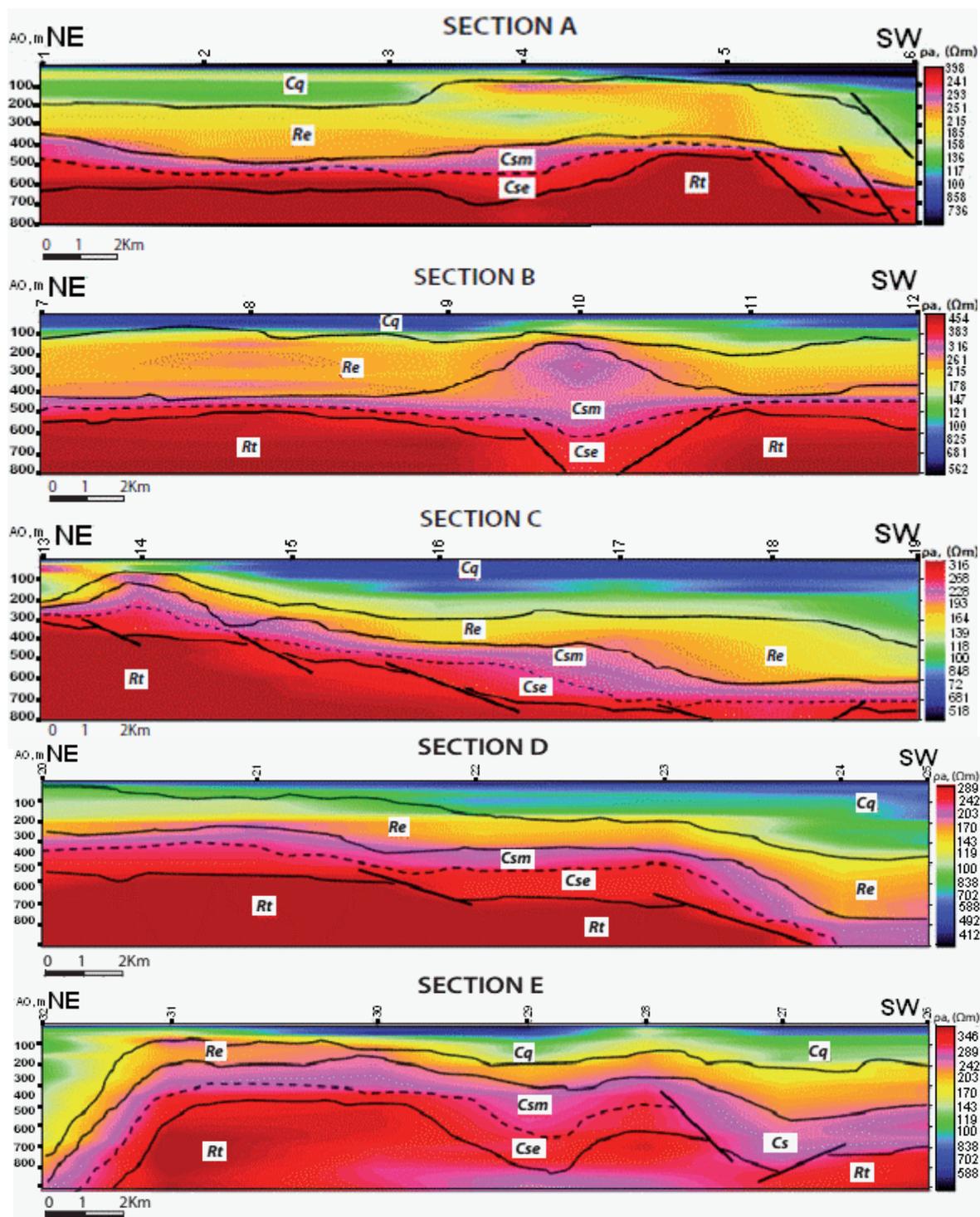


Fig.6. Courbes de sondages électriques interprétées. Cq : Quaternaire, Re : Eocène, Csm : Sénonien marin, Cse: Sénonien évaporitique, Rt : Turonien. Interpreted curves of electrical soundings. Cq : Quaternary, Re : Eocene, Csm : marine Senonian Cse: evaporitic Senonian Rt : Turonian

On en déduit donc que les séries méso-cénozoïques sont les mêmes que celles du plateau des phosphates, mais plus épaisses et envahies au niveau du Crétacé inférieur et moyen par des sédiments détritiques et lagunaires à

évaporites abondantes; il s'y ajoute en complément un Oligo-Miocène marneux et d'épaisses séries plio-quaternaires d'origine continentale et lacustre.

La tectonique compressive à l'origine de la structuration de l'Atlas influe dans le même sens sur la géométrie du bassin qui se replie pour former un sillon. Parallèlement, ce dernier est comblé au Néogène et au Quaternaire par les produits de démantèlement de la chaîne. Ils forment des cônes alluviaux puissants appuyés contre les reliefs. Les cartes de la résistance transversale établies pour les nappes quaternaire et éocène (Fig.7) montrent de très larges variations des valeurs mesurées entre la partie nord et la partie sud du bassin. Ces variations influent considérablement sur les propriétés hydrodynamiques de ces nappes. En effet, la consultation des données hydrogéologiques montre que la majorité des

transmissivités enregistrées dans la partie nord du bassin s'étend entre $1.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et $5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, avec toutefois de fortes valeurs dans des zones particulières. Vers le sud, on observe une augmentation significative des valeurs de la transmissivité hydraulique dépassant $5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ sur environ 90% des données disponibles.

Contrairement aux valeurs des transmissivités, celles du coefficient d'emmagasinement sont très peu nombreuses. A l'échelle de toute la région, ces valeurs demeurent insuffisantes et peu représentatives. La majeure partie des chiffres est mesurée dans la partie sud et est comprise entre 1 et 5.10^{-2} avec près de 50% se trouvent entre 1.5 et $3.5.10^{-2}$.

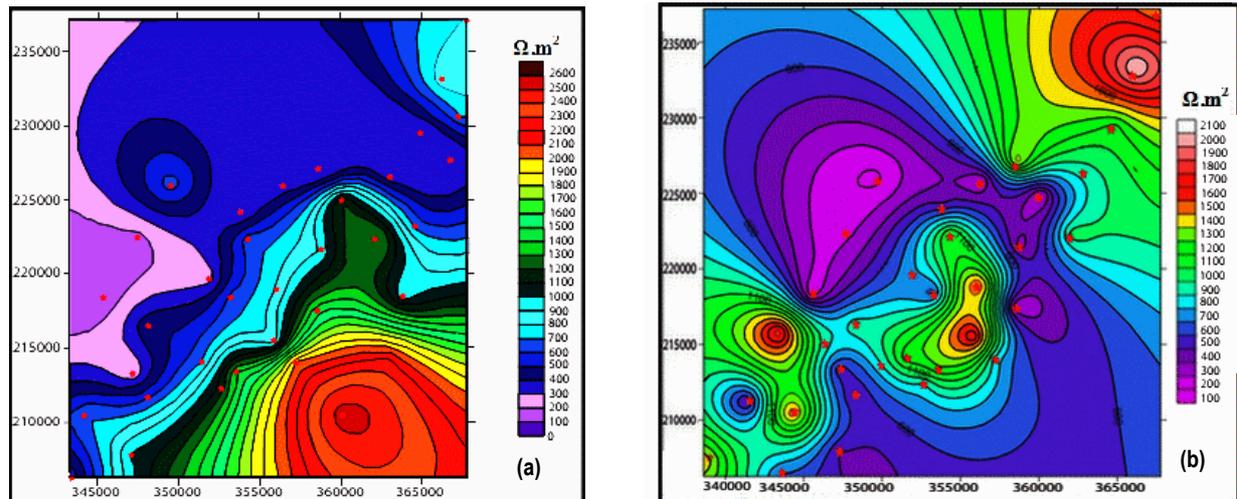


Fig.7. Carte de résistance transversale des niveaux (a) quaternaires et (b) éocènes. Transverse resistance map of the (a) Quaternary and (b) Eocene layers.

5. Conclusion

En combinant toutes les données fournies par les coupes et les cartes électriques et en les comparant avec les données des sondages carottés BK1, BK2 et BK3, on peut considérer que les sondages électriques effectués ont généralement des allures mettant en évidence la superposition de plusieurs terrains de résistivités électriques différentes : (i) un recouvrement hétérogène de résistivité variable allant de 25 à environ 350 $\Omega.m$; (ii) un niveau conducteur de faible épaisseur ; (iii) une formation résistante d'épaisseur variable.

Le complexe hétérogène correspond au remplissage mio-plio-quaternaire. Son épaisseur est variable et augmente considérablement du Nord vers le Sud. Les résistivités très basses rencontrées en certaines stations (moins de 40 $\Omega.m$) sont significatives de passées argileuses imperméables ou d'une salinité élevée des eaux de la nappe. Les résistivités élevées sont au contraire caractéristiques de lentilles calcaires incorporées dans la masse alluvionnaire. La base de ce complexe est formée d'un horizon conducteur de faible épaisseur constituant le mur imperméable de la nappe mio-plio-quaternaire. Le niveau résistant correspond aux calcaires de la série phosphatée. L'analyse de l'ensemble des résultats montre que cette série est présente partout dans la zone

prospectée. Son épaisseur est variable, elle fait une cinquantaine de mètres sur le plateau des phosphates puis elle s'épaissit considérablement vers le sud ouest du bassin.

A l'issue de l'interprétation quantitative des sondages électriques, et à partir des résistivités relevées sur les modèles géoélectriques, il a été possible de dresser des cartes des résistivités pour trois niveaux correspondant à des lignes AB croissantes. L'exploitation des résultats ainsi obtenus nous a permis de dévoiler un ensemble de points liés à la structure du bassin dans les zones prospectées. Dans leur ensemble, les cartes de résistivité montrent, une structure ondulée du niveau résistant attribué aux calcaires dolomitiques du Maastrichtien-Eocène. Celui-ci montre une structure "collinaire" avec notamment la présence de surélévations locales de forme anticlinale entourées de terrains conducteurs sénoniens. Le niveau moins résistant attribué à l'horizon éocène suit généralement l'allure du Turonien mais présente un épaississement relativement important, notamment dans la zone sud et sud-est. L'allure générale de ces niveaux est probablement liée à la configuration géométrique des formations paléozoïques façonnées par l'orogénèse hercynienne. Elles semblent être affectées par un système de failles à fort rejet orientées NE-SW. Ce qui explique l'absence d'horizon permo-triasique dans certains endroits de la plaine du Tadla.

L'allure générale des courbes d'isorésistivité montre également une dépression de vaste étendue allongée NE-SW, caractérisée par un enfouissement de la série sédimentaire. Ce constat a été attribué à une flexure régionale reconnue à l'est de la plaine, jouant un rôle déterminant dans l'écoulement des eaux du système aquifère.

Il paraît donc que la tectonique hercynienne a joué un rôle déterminant dans la mise en place du socle paléozoïque et par conséquent de la forme générale du bassin du Tadla. L'étendue des aquifères souterrains éocène et turonien et leur comportement hydrodynamique semble être affecté par cette configuration en terme de puissances, de profondeurs et de structures.

Au terme des résultats de cette investigation, nous recommandons de focaliser les travaux sur la cartographie détaillée des terrains paléozoïques en utilisant des méthodes potentielles gravimétriques et magnétiques étant donnée l'existence d'un fort contraste de densité et de susceptibilité magnétique entre le socle et la couverture.

Remerciements

Nous remercions vivement l'Otan (Brussels) pour son financement par une bourse CLG983954. Nos vifs remerciements vont également au rapporteur anonyme de ce travail et ses remarques pertinentes qui ont permis d'améliorer sa qualité.

Références

- Belhacene, H., Chayat, M., 1992. Evaluation des problèmes d'engorgement des sols, de drainage et de la qualité des eaux et des sols dans le périmètre du Tadla. *Thèse de 3ème cycle*, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 154p.
- Bolelle, E., 1948. Hydrogéologie du Maroc (Béni-Amir, Béni-Moussa). *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 97, 205-215.
- Bouchaou, L., 1995. Fonctionnement des aquifères karstiques et leur relation avec les aquifères de la plaine : cas de l'Atlas de Béni-Mellal et de la plaine du Tadla (Maroc). *Thèse de Doctorat d'état*, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences, Marrakech-Semlalia, 154p.
- Bourcart, J., 1942. Notice explicative de la carte géologique d'exploration du territoire autonome du Tadla au 1/200.000. *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 58bis, 44p.
- Choubert, G., Faure-Muret, A., 1956. Lexique stratigraphique du Maroc. *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 134, 165p.
- Deceuster, J., Kaufmann, O., 2003. Application des tomographies en résistivité électrique 3D à la reconnaissance de zones karstifiées, Belgique. *Actes du 4^{ème} Colloque GEOFCAN*, Paris, 23-24 Septembre, 137-142.
- Loke, M.H., Barker, R.D., 1996. Rapid least-square inversion of apparent resistivity pseudosection by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, 131-152.
- Loke, M.H., Dahlin, T., 2002. A comparison of the gauss-newton and quasi-newton methods in resistivity imaging inversion. *Journal of Applied Geophysics*, 49(3), 149-162.
- Najine, A., 2004. Contribution à l'étude de la vulnérabilité et la sensibilité à la pollution de la nappe phréatique du Tadla. *Thèse de Doctorat*, Université Mohammed V, 250p.
- Oldenburg, D.W., Li, Y., 1999. Estimating depth of investigation in dc resistivity and IP surveys. *Geophysics*, 64, 403-416.
- Parasnis, D.S., 1997, Principles of applied geophysics. Fifth Edition, *Chapman & Hall*, London, 429p.
- Reynolds, J.M., 1997. An introduction to applied and environmental geophysics. Chichester: John Wiley & Sons, 796p.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1995. Applied Geophysics. Second Edition, *Cambridge University Press*, 770p.