

Apport des méthodes de résistivité électrique en milieu semi-aride méditerranéen. Application au lac d'El Gouazine (Tunisie centrale)

Myriam SCHMUTZ⁽¹⁾, Jean-Pierre MONTOROÏ⁽²⁾, Pierre ANDRIEUX⁽¹⁾, Alexei BOBACHEV⁽³⁾, Slah NASRI⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Université Pierre et Marie Curie, UMR 7619 Sisyphe, 4 place Jussieu, case 105, 75252 Paris Cedex 05, France (schmutz@ccr.jussieu.fr, andrieux@ccr.jussieu.fr)

⁽²⁾ IRD, UR027 Geovast, 32 avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy Cedex, France (montoroi@bondy.ird.fr)

⁽³⁾ Université M.V. Lomonosov, Faculté de géologie, Département de Géophysique, Moscou, Russie (boba@geophys.geol.msu.ru)

⁽⁴⁾ INRGREF, Rue Hédi Karray, BP10, 2080 Ariana, Tunisie (slah.nasri@iresa.tn)

Abstract

Electromagnetic method (EM31) and Direct Current method (multielectrodes) were applied in the vicinity of a Tunisian hill reservoir to determine the geometry of the alluvial aquifer and the structural pattern of the superficial formations. The EM31 mapping shows a resistant body on the left embankment of the reservoir due to soils formed by sandstone weathering. Longitudinal soundings enable to localize a downstream shallow (less than 3 m) and narrow (less than 20 m) aquifer which is more resistant than a deeper conductive layer (clayey soil formed by marl weathering). Azimuthal resistivity soundings and anisotropy measurements leads to an estimation of a 90° dip corresponding to vertical layers and a 50° strike direction corresponding to the local outcrop orientation. Geophysical approach gives complementary information to other approaches such as pedology and hydrogeochemistry.

Introduction

Au début de la décennie 90, l'Etat tunisien a promulgué une Stratégie Nationale de Conservation des Eaux et des Sols pour limiter l'érosion des sols, augmenter la mobilisation des ressources hydriques et améliorer le niveau de vie des populations. Dans cette politique, les lacs collinaires (retenues d'eau de petite et moyenne dimension) occupent une place essentielle. Ils ont pour vocation de retenir un maximum de sédiments, de lutter contre l'envasement des grands barrages, et ce dans le but de disposer d'une ressource en eau plus ou moins pérenne dans un milieu frappé par la rareté des précipitations. Notre recherche s'est inscrite dans le programme international Hydromed (Ird, Dg Acta, Inrgref), initié en 1996 sur les lacs collinaires méditerranéens, dont les principaux objectifs étaient de déterminer (i) l'intérêt des barrages de petite et moyenne dimension, (ii) leur impact sur l'environnement et l'économie locale, (iii) leur fonctionnement hydrologique et hydrochimique (bilans en eau et

matière, modélisation) et (iv) comment gérer l'eau et les sols dans leur bassin versant (Albergel et Rejeb, 1997).

Site d'étude et objectifs

Notre recherche a été réalisée à proximité du lac artificiel d'El Gouazine situé à environ 110 km au sud-ouest de Tunis et à 50 km au nord-ouest de Kairouan. L'environnement géologique est assez complexe d'autant qu'aucune carte géologique précise n'est disponible (feuille de Maktar au 1/200 000). Le site d'étude est localisé au nord-ouest d'un bassin éocène, en limite est d'un synclinal. L'orientation générale des structures est NE-SO. Des couches subverticales de marnes, de calcaires coquilliers, d'argiles et de grès, de l'Eocène à l'Oligocène, affleurent autour du lac. Le barrage de terre est construit perpendiculairement à l'oued sur un terrain recouvert d'alluvions grossiers (Montoroi *et al.*, 2002).

Pour répondre aux besoins de caractérisation de la géométrie de l'aquifère alluvial et de l'organisation structurale précise des formations superficielles autour de la retenue d'El Gouazine, l'utilisation des méthodes non destructives de la géophysique a été envisagée. Il s'agit de montrer la pertinence de l'outil géophysique pour apporter de nouvelles informations venant compléter celles obtenues par d'autres approches (pédologique, géochimique...).

Méthodologie

Deux méthodes géophysiques ont été mises en œuvre : la méthode électromagnétique Slingram avec l'appareil EM-31 (Geonics Ltd.) et la méthode de profilage électrique avec un appareillage multi-électrodes (Iris Instruments). La première méthode a été utilisée pour cartographier la conductivité électrique sur une zone de 6 ha, située en amont et en aval de la retenue, selon un maillage 5x5 m. La seconde méthode a été employée à deux fins : tout d'abord, déterminer la distribution verticale de la résistivité électrique (profils longitudinaux et azimutaux en configuration Wenner alpha et bêta), ensuite réaliser une étude d'anisotropie grâce aux sondages azimutaux réalisés en configuration étoilée (Figure 1).

Les profils longitudinaux 2D ont été inversés avec le logiciel Res2Dinv (Loke, 1999). Pour justifier la validité de cette inversion, certaines zones ont été étudiées de manière plus approfondie par des profils azimutaux (3D-1 à 3D-3) (Figure 1). L'anisotropie des formations a été déterminée sur une zone quasi-1D avec le programme Anis2L de l'Université de Moscou (Bolshakov *et al.*, 2001). Pour ce site (3D-3), le dispositif en étoile possède les caractéristiques suivantes : distance inter-électrode sur chaque ligne perpendiculaire = 2 m, AM max = 28 m, AN max = 30 m, angle de rotation = 30° (Figure 1).

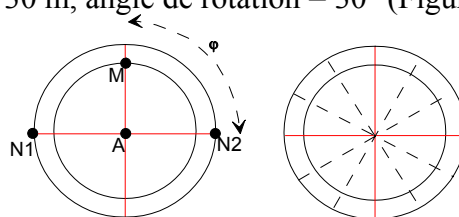


Figure 1 : Pour le dispositif électrique en étoile (profil et sondage azimutaux)

Résultats

Une dissymétrie entre les deux rives de la retenue apparaît sur une carte de conductivité électrique (Figure 2) et, en profondeur, sur les profils longitudinaux : la rive droite est électriquement très conductrice, tandis que la rive gauche est beaucoup plus résistante. Dans le premier cas, les sols sont formés sur des marnes gypseuses, alors que, dans le second cas, ils proviennent de l'altération d'un affleurement gréseux. Cette cartographie a fourni une information préalable à l'implantation des profils et sondages électriques.

Les profils longitudinaux donnent une localisation de l'aquifère alluvial aval qui est peu profond (moins de 3 m) et étroit (moins de 20 m). Il est plus résistant que la couche sous-jacente conductrice (sol argileux formé par altération des marnes). D'après l'étude des profils azimutaux (Figure 3), au moins deux modèles plausibles à deux couches peuvent être proposés (Figure 4). Dans les deux cas le pendage serait de 90°, ce qui correspond au pendage de couches verticales et l'azimut d'environ 50°, ce qui correspond à l'orientation des affleurements du bassin versant, notamment des marnes. Ainsi, d'un point de vue géologique, il n'existe pas de grande différence entre les deux modèles.

Pour vérifier la pertinence de la méthodologie d'étude de l'anisotropie (dispositif et logiciel), une comparaison a été effectuée avec :

- un sondage azimutal issu des séquences Wenner alpha : les diagrammes polaires sont nécessairement symétriques. Ce dispositif ne permet donc pas de différencier l'anisotropie de l'hétérogénéité 2D-3D.
- un sondage azimutal en configuration en étoile réalisé dans une zone clairement 2D et montrant une importante asymétrie.

Le dispositif en étoile est donc bien adapté à une étude d'anisotropie.

Conclusion

Grâce à la méthodologie adoptée (cartographie, profilage, étude azimutale et d'anisotropie), le contexte géologique autour du lac d'El Gouazine est maintenant mieux connue : localisation d'une terrasse sableuse, forte anisotropie liée aux couches de marnes subverticales... Ces informations sont d'une grande importance pour comprendre les circulations d'eau dans le bassin versant. La méthode électromagnétique, qui se révèle très performante en milieu calcaro-marneux, devrait être employée plus systématiquement pour choisir le site de futures retenues collinaires en fonction de leur usage (recharge de nappe alluviale aval, stockage dans la retenue...). Les avantages du dispositif en étoile et sa sensibilité à l'anisotropie et aux effets 2D sont confirmés. En conditions favorables (pas d'hétérogénéités majeures), une interprétation quantitative est possible. Néanmoins, les atouts du profilage multi-électrodes ont également été démontrés.

Bibliographie

- Albergel J., Rejeb M., 1997. Les lacs collinaires en Tunisie : enjeux, contraintes et perspectives. *Comptes-Rendus Acad. Agric. Fr.*, 83, 2, 77-88.
- Bolshakov D.K., Modin I.N., Pervago E.V., Shevnin V.A., 2001. Anis_Pack, software package for azimuthal resistivity diagrams modeling and processing. Notice d'instruction, 10 p.
- Loke M.H., 1999. Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys. Report, 57 p.
- Montoroi J.P., Grünberger O., Nasri S., 2002. Groundwater geochemistry of a small reservoir catchment in Central Tunisia. *Appl. Geochem.*, 17, 8, 1064-1071.

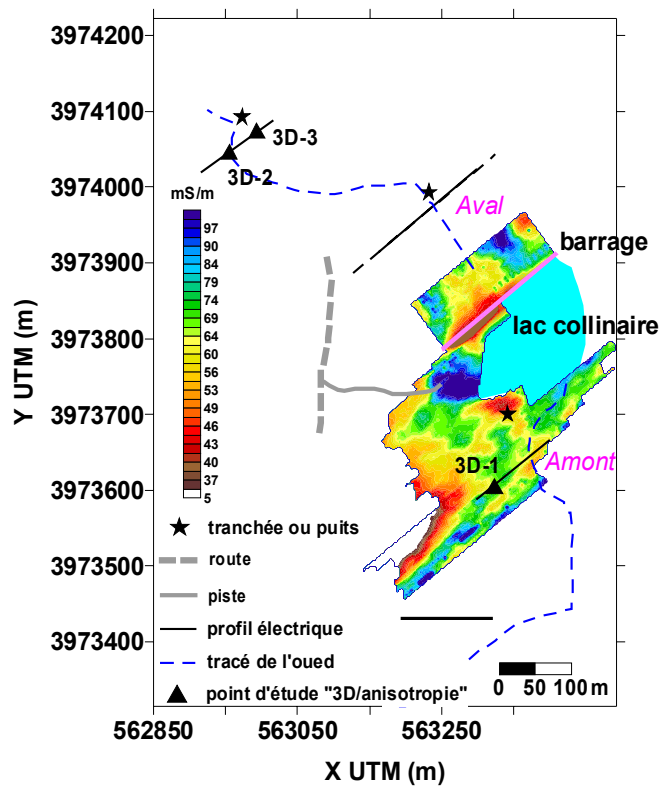


Figure 2 : Cartographie de la conductivité apparente (méthode Slingram)

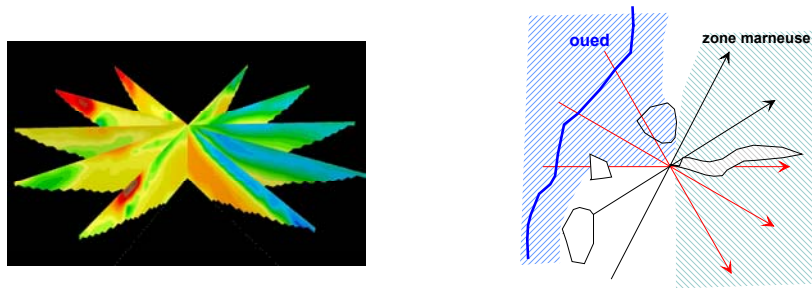


Figure 3 : Sections électriques azimutales au point 3D-2

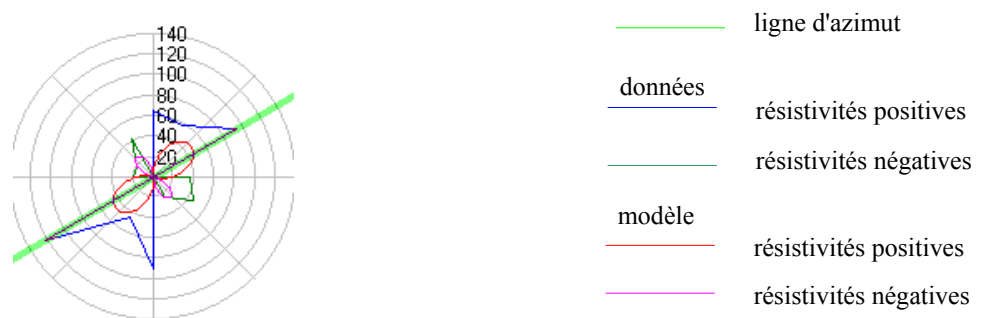


Figure 4 : Diagramme polaire représentant la modélisation de l'anisotropie au point 3D-3