

Étude géophysique du site du barrage d'Oum Laksab (Tunisie Centre-Ouest)

**M. GOUASMIA
A. MHAMDI
H. CHEKHMA**

*Faculté des sciences
de Gafsa
Sidi Ahmed Zarroug
Gafsa (Tunisie)*

**M. LAHMADI
F. AMRI**

*Direction générale
des ressources en eau
43, rue Saida Manoubia
Tunis 1008
(Tunisie)*

H. BEN DHIA

*Laboratoire L3E « Eau,
Énergie et Environnement »
ENIS
BP « W » 3038 Sfax
(Tunisie)
mouez78@yahoo.fr*

Résumé

Pour mieux concevoir les ouvrages d'exploitation d'eau et les orienter vers les sites les plus favorables, la caractérisation de la structure géologique et géométrique tridimensionnelle demeure importante, nécessitant l'utilisation d'outils de reconnaissance très élaborés. La connaissance géophysique du site du barrage souterrain d'oued Oum Laksab s'est basée sur l'application des méthodes géophysiques (électrique et sismique réfraction). Elle est effectuée dans le lit de l'oued afin d'étudier les variations lithologiques et définir le cadre géotechnique. En effet, les horizons géoélectriques et géosismiques mis en évidence montrent l'existence d'un niveau conducteur qui pourrait correspondre à des argiles. Cette série d'une dizaine de mètres d'épaisseur pourrait servir comme un écran souterrain imperméable efficace.

Mots-clés : géophysique, site du barrage, cadre géotechnique, Tunisie.

Geophysical study of the Oum Laksab dam site (Tunisian Central Western)

Abstract

To better design water exploitation works and to choose the most favourable sites, the characterization of the geological structure and three-dimensional geometry stays important, needing the use of very elaborated survey tools. The geophysical knowledge of the dam site of oued Oum Laksab is based on the application of geophysical methods (electric and seismic refraction). It is undertaken in the river bed in order to study lithological variations and to define the geotechnical setting. Indeed, geoseismic and geoelectrical horizons show the existence of a conducting level that could be attributable to clays. This ten meters longer could constitute an impervious underground screen.

Key words : geophysics, dam site, geotechnical setting, tunisia.

NDLR : Les discussions sur cet article sont acceptées jusqu'au 1^{er} septembre 2007.

Introduction

La région d'étude est localisée au centre-ouest de la Tunisie, à la frontière tuniso-algérienne. Elle est caractérisée par un climat semi-aride où les ressources hydriques sont fortement influencées par l'irrégularité pluviométrique. Dans le cadre de la gestion de l'eau et pour satisfaire l'augmentation de la demande en cette ressource pour l'irrigation, la construction d'un barrage souterrain pourrait être une des solutions proposées.

L'étude géologique de surface et hydrogéologique du site de l'oued Oum Laksab a permis de conclure à la faisabilité d'un barrage. En profondeur, la connaissance et la caractérisation du sol est indispensable afin de suivre les couches en affleurement et détecter des failles et des fractures, sources de pertes, et mettre en évidence un substratum argileux pouvant servir d'écran imperméable empêchant toute perte.

Cadres géologique et hydrogéologique

Le secteur d'étude est constitué d'une petite plaine limitée géographiquement par les longitudes 6° 72' et 6° 75' et les latitudes 38° 53' et 38° 58' (Fig. 1).

Il est traversé par le grand oued d'Oum Laksab qui communique avec quatre autres oueds, à savoir O. Bouzaïene, O. ben Hajla, O. Nouaia et O. el Hassane.

Les formations en affleurement sont constituées essentiellement :

- des alluvions actuelles dans le lit des oueds ;
- des limons et des cailloutis de basse terrasse de l'Holocène supérieur ;
- des dépôts de terrasse ou de cônes de déjection à croûte calcaire et des galets et blocs à croûte calcaire d'âge Pléistocène moyen ;
- des galets et blocs avec croûte calcaire massive du Pléistocène inférieur.

Du point de vue structural, la zone d'étude est caractérisée par l'absence de failles à l'affleurement [1].

Hydrogéologiquement, l'underflow de l'oued Oum Laksab renferme une nappe phréatique de faible profondeur (7 à 10 m) contenue dans des formations de sables grossiers et de galets. La limite sud de cette nappe est située au niveau des sources de sidi Ahmed Ben Saïda [4].

Étude géophysique

Dans le cadre des études de construction d'un barrage et comme étape préliminaire de reconnaissance du sous-sol, une étude géophysique par sondages électriques [2, 11] et par sismique réfraction [8, 10] est effectuée au niveau de l'oued Oum Laksab. Son objectif est surtout de vérifier la présence d'une série franchement argileuse susceptible de constituer un substratum imperméable empêchant l'écoulement souterrain. Cette étude a consisté en la réalisation de trente et un sondages électriques (SE) et un profil de sismique réfraction d'une longueur de l'ordre de 500 m (Fig. 1).

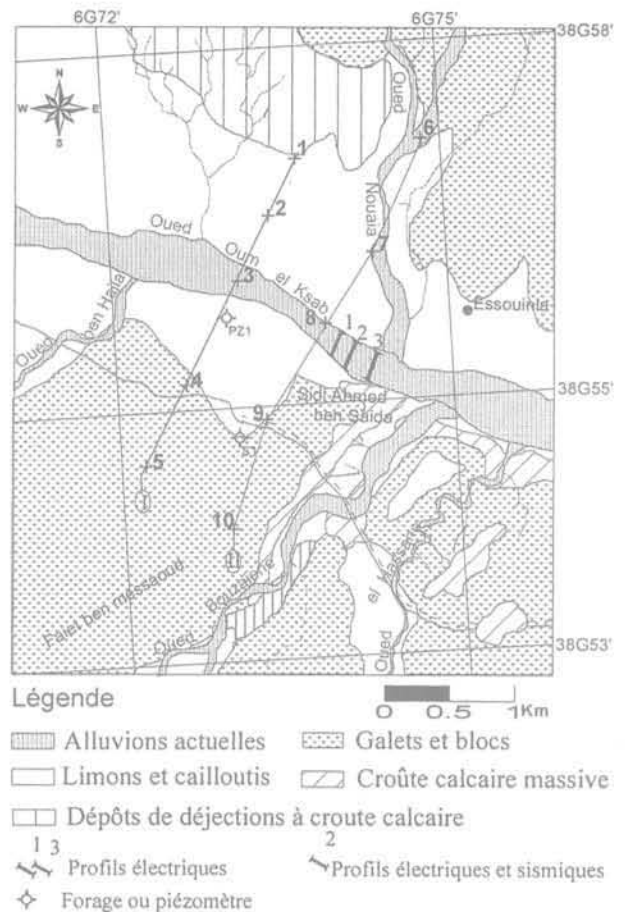


FIG. 1 Carte géologique de la zone étudiée et plan de position de la prospection géophysique (dédiés de la carte géologique au 1/100 000 de Oum Laarès).

Résultats de la sismique réfraction

La longueur du dispositif adopté est de 120 m (24 traces espacées de 5 m). Comme source d'énergie, on a utilisé le fusil et parfois le marteau, ce qui a permis d'atteindre une profondeur d'investigation de l'ordre de 12 à 20 m. A partir des dromochroniques [5, 6], on a déterminé les vitesses sismiques et les épaisseurs des couches supérieures dans le lit de l'oued.

La coupe géosismique (Fig. 2) établie montre l'existence des trois horizons suivants :

- un premier horizon de faible vitesse sismique ($V < 700$ m/s) avec une épaisseur variant de 1 m au SW à 3,5 m au NE du profil. Il s'agit d'un remplissage constitué essentiellement de sables et de graviers secs ;
- un deuxième horizon caractérisé par des vitesses comprises entre 1 400 m/s et 2 000 m/s et une épaisseur de l'ordre de 10 m le long du profil mais qui augmente au NE pour atteindre 17 m. Cet horizon pourrait s'identifier à des sables et des sables argileux, renfermant la nappe superficielle ;
- un substratum, à toit irrégulier, caractérisé par des vitesses sismiques supérieures à 2 000 m/s. Il correspondrait probablement à des sables à passées d'argiles.

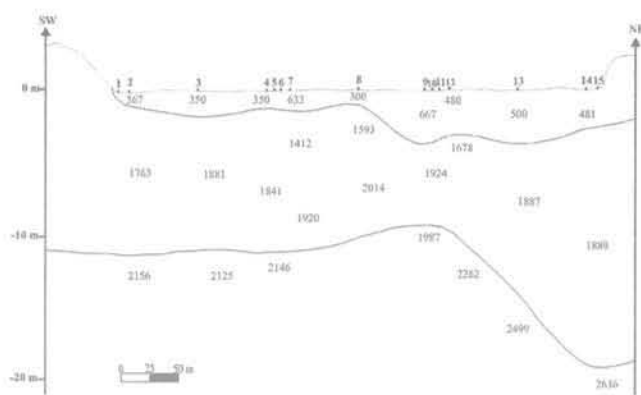


FIG. 2 Coupe géosismique suivant le profil 2.

Comme on le remarque, la couche argileuse, objectif de cette étude, n'est pas atteinte. Ceci nous a incité à utiliser une autre méthode dont la profondeur d'investigation est plus importante, le sondage électrique.

3.2

Résultats des sondages électriques (SE)

La prospection électrique (Fig. 1) a comporté trente et un sondages électriques dont dix sont répartis suivant les deux profils I et II de direction NE-SW [3]. Ils sont réalisés de part et d'autre de l'oued avec une ligne d'émission AB variant entre 500 et 600 m et un espacement entre les sondages relativement grand. Les autres sondages sont effectués dans le lit de l'oued et répartis suivant les trois profils 1, 2 et 3, de même direction que ceux précédents mais avec un espacement faible. L'interprétation de l'ensemble des SE a été menée qualitativement et quantitativement.

3.3

Interprétation qualitative

Les cartes établies à partir des profils 1, 2 et 3 (Fig. 3) montrent que les résistivités apparentes varient du SW vers le NE de 10 à 100 $\Omega \cdot m$ pour les courtes longueurs de ligne (cartes en $AB \leq 100$ m), de 10 à 30 $\Omega \cdot m$ pour les longueurs intermédiaires ($AB = 200$ m) et à moins de 20 $\Omega \cdot m$ pour les grandes longueurs de ligne ($AB =$

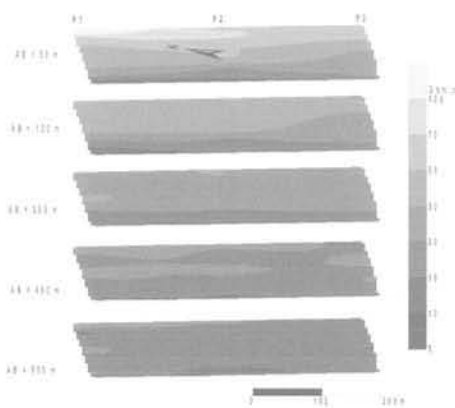


FIG. 3 Cartes d'isoresistivités apparentes à partir des profils 1, 2 et 3.

600 m). Cette variation de ρ_a peut traduire une évolution lithologique vers une nature argileuse en profondeur. Cette même tendance a été confirmée par les panneaux (Fig. 4) suivant les trois profils considérés où on y voit clairement la diminution des ρ_a quand la longueur de

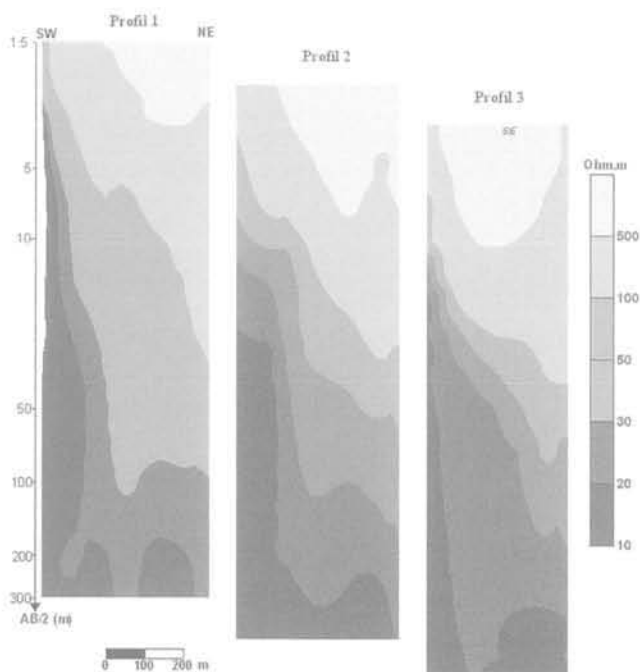


FIG. 4 Panneaux suivant les profils 1, 2 et 3.

3.4

Interprétation quantitative

Deux sondages électriques d'essai avaient permis de caler les résultats géophysiques et d'estimer les résistivités des formations de la région (Fig. 5). En effet, le remplissage inaquifère présente des résistivités

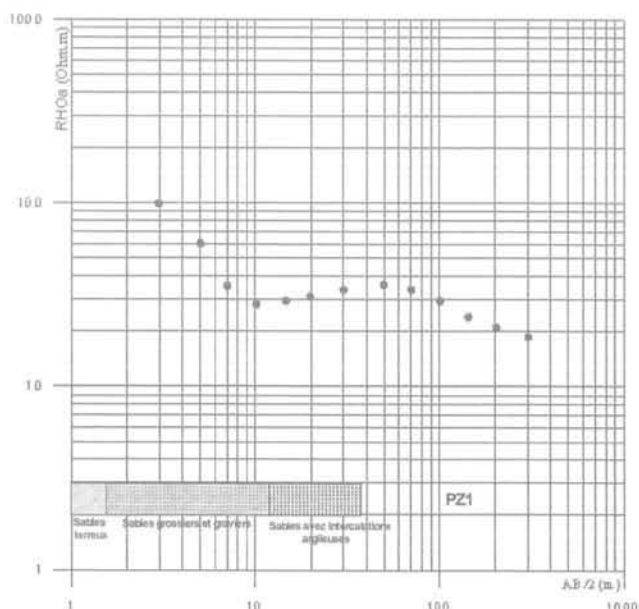


FIG. 5 Étalonnage du SE sur forage PZ1.

dépassant 100 $\Omega.m$. Si les sables argileux, les sables grossiers et les graviers se différencient peu (20, 33 et 45 $\Omega.m$ respectivement), les argiles se distinguent bien par les résistivités les plus faibles (10-15 $\Omega.m$).

La généralisation des résultats des SE de calage aux autres SE a permis de mettre en évidence plusieurs unités géoélectriques différenciées par leurs résistivités contrastées.

Pour mieux élucider la structure générale de la région, deux coupes géoélectriques suivant les profils I et II sont présentées (Fig. 6). Elles sont assez compa-

rables et montrent la succession lithostratigraphique de quatre horizons : un horizon superficiel très mince et assez résistant représentant probablement des sables et des graviers secs. Un deuxième horizon moyennement conducteur (20-25 $\Omega.m$) et d'épaisseur variable de 6 m du SW à 20 m au NE. Il pourrait être constitué par des sables grossiers et des galets constituant l'aquifère superficiel. Un troisième niveau, peu résistant (35-55) et épais de 25 m, représentant des sables argileux. Enfin, un substratum conducteur (< 20 $\Omega.m$) constitué probablement par des argiles et des argiles sableuses.

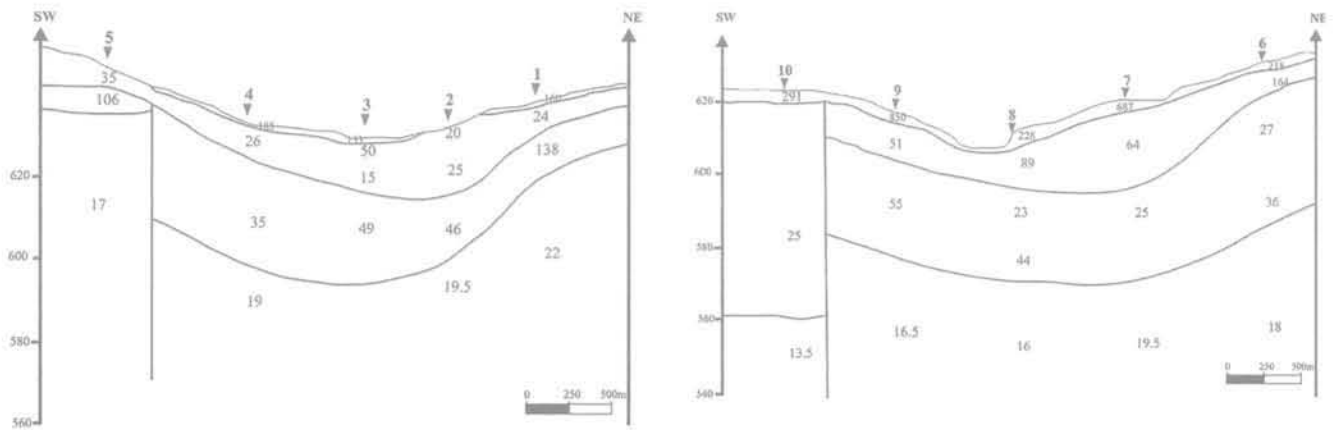


FIG. 6 Coupes géoélectriques suivant les profils I et II.

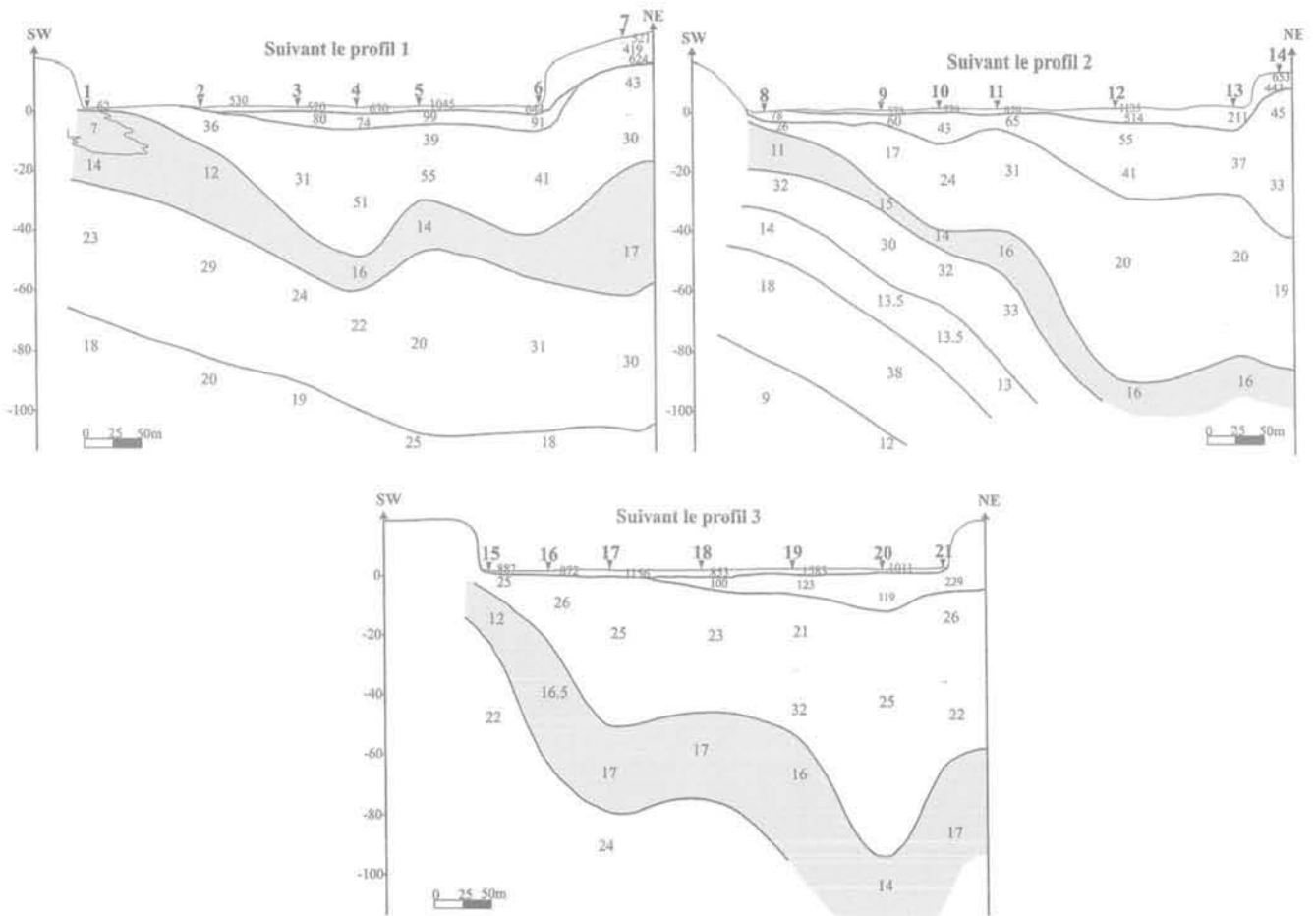


FIG. 7 Coupes géoélectriques suivant les profils 1, 2 et 3.

Du point de vue structural, les deux coupes géo-électriques montrent que la zone est un petit synclinal dont l'axe est longé par oued Oum Laksab. Une seule discontinuité géoélectrique a été mise en évidence du côté SW des profils et qui pourrait correspondre à une faille.

Pour se focaliser sur la structure détaillée de l'oued, trois coupes géoélectriques suivant les profils 1, 2 et 3 sont présentées (Fig. 7). Elles sont presque identiques et montrent, de haut en bas, la succession suivante :

- un premier horizon très résistant (250 à 1 500 $\Omega.m$). Son épaisseur est de l'ordre de 1 à 3 m mais augmente en allant vers le NE (sur la rive gauche de l'oued). Il correspond probablement à une croûte très hétérogène ;
- un deuxième horizon résistant (< 229 $\Omega.m$) avec des épaisseurs variant de 1 à 7 m, mais semble se biseauter du coté SW des profils. Il pourrait correspondre à un remplissage inaquifère constitué de sables et de graviers secs ;
- un troisième horizon moyennement résistant (21 à 55 $\Omega.m$) dont l'épaisseur augmente du SW vers le NE des profils. Au niveau du profil 2 cet horizon est constitué de deux sous-unités électriquement différentes (17-31 $\Omega.m$ et 33-60 $\Omega.m$). Il s'agit d'un remplissage de sables grossiers et de graviers contenant la nappe phréatique logée dans l'underflow de l'oued Oum Laksab ;
- un quatrième horizon conducteur (11 à 17 $\Omega.m$) d'épaisseur moyenne de 10 m. Cet horizon s'approfondit progressivement en allant vers le NE. Il pourrait correspondre à une formation essentiellement argileuse avec parfois des silts et des sables fins ;
- un substratum relativement conducteur (15 à 30 $\Omega.m$) constitué d'un remplissage essentiellement sablo-argileux.

Du point de vue structural, les trois coupes géoélectriques montrent l'absence totale de failles de rejet important dans le lit d'oued, ce qui constitue un bon signe pour la construction du barrage.

La carte en isobathes de la couche argileuse (Fig. 8) montre qu'elle s'approfondit régulièrement du SW de moins de 5 m vers le NE à plus de 90 m. Le creux au NE pourrait être expliqué par le paléoravinement de l'oued.

La carte en isopaques de la même couche (Fig. 9) montre que son épaisseur varie de 6 m au centre de l'oued à plus de 30 m, surtout vers le sud.

4

Conclusion

L'étude géophysique entreprise dans le lit de l'oued a permis d'améliorer la compréhension de sa structure et de donner une image approximative du sous-sol. En effet, cinq horizons lithostratigraphiques ont été mis en évidence. La nappe phréatique de l'underflow de l'oued Oum Laksab est confinée dans le troisième horizon relativement résistant constitué de sables et de graviers. En dessous, la couche argileuse et épaisse peut jouer le rôle d'un efficace écran souterrain imperméable. Cette couche montre un approfondissement assez régulier en passant de la rive droite à la rive gauche de l'oued.

La confrontation des études géologiques, hydro-géologiques et géophysiques a fourni des résultats satisfaisants quant à la différenciation des natures lithologiques et la précision des épaisseurs et des profondeurs des couches constituant le remplissage de l'oued Oum El Ksab.

Suite à ces résultats, le cadre de l'étude géotechnique paraît vraisemblable [7, 9], l'existence d'une couche argileuse imperméable et l'absence probable de failles qui risquent de jouer le rôle de drains conduisant à des fuites.

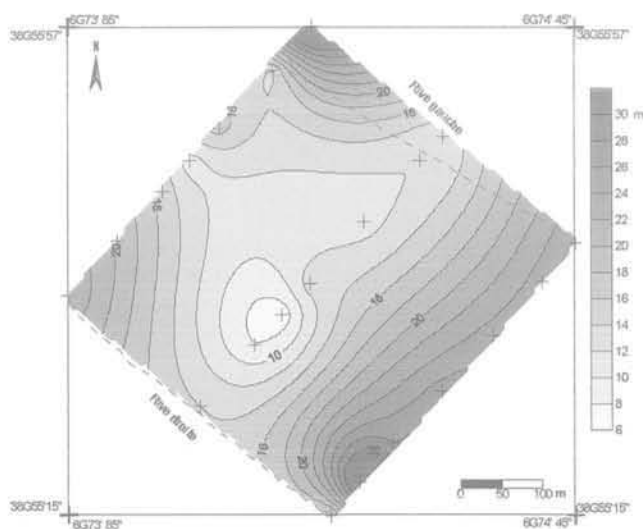


FIG. 9 Carte en isopaques du niveau argileux.

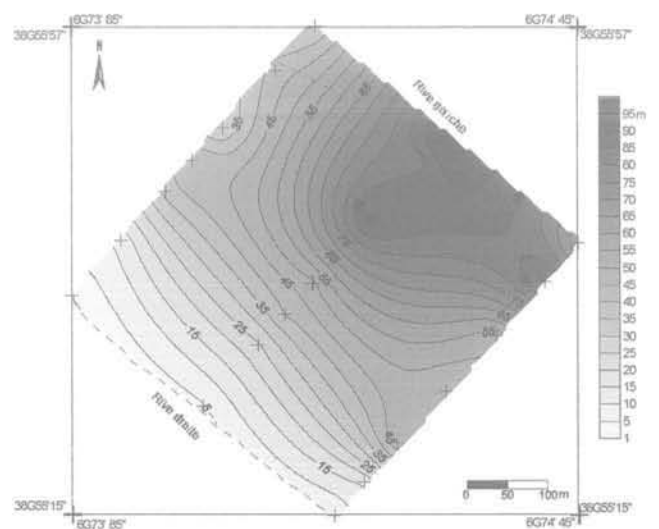


FIG. 8 Carte en isobathes du niveau argileux.

- [1] Boukadi N., Zarai N., Ben Ouedou H., Zargouni F. – Carte géologique au 1/100 000 d'Oum Laarais, feuille n° 59, Service géologique de Tunisie, 1985.
- [2] Bisdorf J.R. – Electrical techniques for engineering applications. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* XXII (4), 1985, p. 421-433.
- [3] El Borgi M., Farhat H. – Reconnaissance hydrogéologique par prospection électrique sur l'underflow de l'oued Oum Laksab. Rapport de la Direction générale des ressources en eau, 1980.
- [4] Farhat H. – Étude hydrogéologique de l'underflow d'Oum Laksab. Rapport de la Direction générale des ressources en eau, 1984.
- [5] Palmer D. – The generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation, generalized reciprocal method of seis-microrefraction interpretation. In: Burke K.B.S. (Ed.), *Soc. Expl. Geophys.*, (SEG), 1980, p. 104.
- [6] Palmer D. – An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation. *Geophysics* 46, 1981, p. 1508-1518.
- [7] Panthulu T.V., Krishnaiah C., Shirke J.M. – Detection of seepage paths in earth dams using self-potential and electrical resistivity methods. *Engineering Geology*, 59, 2001, p. 281-295.
- [8] Parasnis D.S. – *Principles of applied Geophysics*. Chapman & Hall, 5th edition, 1997, p. 429.
- [9] Karastathis V.K., Karmis P.N., Drakatos G., Stavarakis G. – Geophysical methods contributing to the testing of concrete dams. *Journal of Applied Geophysics* 50, 2002, p. 247-260.
- [10] Kelly S.F. – The rise of geophysics. *Can. Min. Manual*, 1950, p. 1-7.
- [11] Kunetz G. – *Principles of direct current resistivity prospecting*. CGG Paris, 1966.