

# Estimation du taux de gypse dans les alluvions par tomographie électrique 2D en vue de la détection des cavités souterraines dans le Sahara algérien

ZEDDOURI Aziez\*, HADJ-SAID Samia, MELOUAH Oualid, BELKSIER Mohamed Salah, BOUSALSAL Boualem, MEDJANI Fethi

<sup>(1)</sup>Univ Ouargla, Fac. des Hydrocarbures, des Energies Renouvelables, des Sciences de la Terre et de l'Univers, Lab. de biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla 30 000, Algérie

[zeddouri.aziez@univ-ouargla.dz](mailto:zeddouri.aziez@univ-ouargla.dz)

*Résumé- Les cavités souterraines dans le Sahara algérien sont fréquemment liées à des systèmes hydrogéologiques très complexes. Un réseau karstique peu développé activé par les écoulements des oueds occasionnels liés à des fortes pluies exceptionnelles est souvent la cause de création des cavités souterraines. Ces dernières commencent en sous-sol ensuite se développent pour donner naissance à des effondrements de dimensions variables.*

*Le développement des cavités souterraines est accru par le lessivage des roches carbonatées et évaporitiques. Au Sahara, les alluvions contiennent des taux importants de gypse qui joue un rôle primordial dans la formation des poches de dissolution donnant par la suite des cavités ou des effondrements.*

*Dans ce travail on considère le paramètre « taux de gypse » dans les alluvions comme un indicateur du développement du réseau des poches de dissolution et par la suite de l'estimation du risque d'effondrement du sous-sol.*

*Notre étude propose une démarche expérimentale dont le principe est de mesurer au laboratoire la résistivité électrique des échantillons d'alluvions prélevés de la zone d'étude et de doser le gypse et établir la relation entre ces deux paramètres (résistivité et taux de gypse). Cette démarche a été appliquée sur les sables et grès de la région de Ouargla en mélangeant les échantillons avec des quantités progressives de gypse. Les valeurs des résistivités obtenues ont servi à l'interprétation des profils de tomographies électriques 2D exécutés dans la région de Ouargla qui ont révélé l'importance du taux de gypse dans les alluvions des sebkhas entourant la ville.*

*Mots clés : gypse, résistivité électrique, tomographie électrique 2D, dissolution, cavités souterraines, effondrement, Ouargla.*

## I. INTRODUCTION

Les méthodes électriques sont utilisées non seulement pour la prospection de formations géologiques et d'aquifères, mais également pour caractériser les sols affectés par différents facteurs.

Pour un matériau donné, la propagation du courant électrique dépend de la nature chimique des phases solides et liquides ainsi que de leur teneur respective (Rhoades, 1989).

L'interprétation du signal électrique reçu après injection du courant sera d'autant plus aisée que certains de ces paramètres seront considérés comme invariants.

Nous avons réalisés plusieurs travaux expérimentaux pour le but d'obtenir des valeurs de résistivités des différentes formations superficielles de la région de Ouargla et ces relations avec quelques facteurs influant à la résistivité (teneur en NaCl, taux de gypse, humidité...).

## Prélèvement des échantillons

Des échantillons de sol ont été prélevés de 4 régions différentes : (fig. 1, 2 et 3)

- Sables dunaire (Sidi Khouiled)
- Alluvions (Sebkhat Bamendil)
- Grès (Bamendil)
- Gypse (Ghardaia – Noumerate)

Les prélèvements des échantillons ont été fait par le ramassage des quantités suffisantes des 3 formations (sables, alluvions, grès) mis dans des sacs de plastique étanches.

Les échantillons ont été séchés à l'air, broyés et tamisés (1mm) avant de commencer les mesures de résistivités.

Les échantillons de gypse ont été rincés, puis séchés à l'air libre broyés et tamisés (1mm). L'utilisation de gypse a pour but de simuler son existence dans quelques formations par l'ajout de différentes proportions et ensuite la réalisation des mesures.

## II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Cellule (Soil Box) et appareil de mesure

Un dispositif expérimental a été mis en place pour effectuer la mesure de la résistivité électrique d'un échantillon de sol, celui-ci est placé dans une cellule de mesure cubique ouverte par sa partie supérieure et fabriquée en verre qui fait 50 cm de longueur (soit un volume de 125000 cm<sup>3</sup>).



**Fig.1** : Points de Localisation des endroits de prélèvement des échantillons.



**Fig.2** : Alluvions (Sebkhât Bamendil)



**Fig.3** : Grès (Bamendil)



**Fig.4** : Cellule et appareil de mesure de résistivité (TERRAMETRE ABEM SAS 1000).

Les mesures de résistivité sont obtenues à l'aide d'un résistivimètre TERRAMETRE ABEM SAS 1000, relié à 4 électrodes en cuivre enfoncées à mi-hauteur dans l'échantillon placé dans la cellule de mesure selon le modèle quadripôle de Wenner.

Au moment des prélèvements sur le terrain, des mesures électriques ont été réalisées à l'aide d'un montage Wenner de faible écartement ( $a=10\text{ cm}$ ).

Le dispositif utilisé est celui développé par RHOADS (1989). Il est constitué d'un cylindre autour duquel 8 électrodes sont implantées de part et d'autre. Cette méthode a permis de conclure que la conductivité électrique de la solution et le degré de saturation influencent la conductivité électrique du sol.

OURMI (1983) a utilisé le dispositif pour calibrer les mesures de résistivité électrique afin de connaître la salinité de certains sols. D'autres auteurs, l'ont utilisé pour montrer les fortes corrélations de la résistivité électrique avec la texture (FUKUE et al., 1999) et la structure (ABU-HASSANIEN et al., 1996 et BESSON et al., 2005). BESSON (2005) a montré que la résistivité est influencée par la nature des ions contenus dans la solution du sol, notamment pour les sols cultivés où des nitrates sont utilisés.

Dans tous les cas, l'avantage de cette méthode est de permettre le contrôle des différents paramètres du sol comme, la saturation, la résistivité de l'eau utilisée et la température (RHOADS, 1989 ; EL OURMI, 1983 ; NADLER, 1982).

#### Principe des mesures en laboratoire et présentation du système

Le principe de la mesure en laboratoire, est de déterminer les valeurs de résistivité des différents sols en contrôlant les paramètres tels que la température, la porosité et la conductivité électrique de l'eau présente dans les pores du sol.

A partir des mesures effectuées, l'objectif est d'étudier et d'étalonner le sol en laboratoire, afin d'établir les paramètres

$m$  et  $n$  de la loi d'Archie en reliant la saturation en eau à la résistivité électrique.

### III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

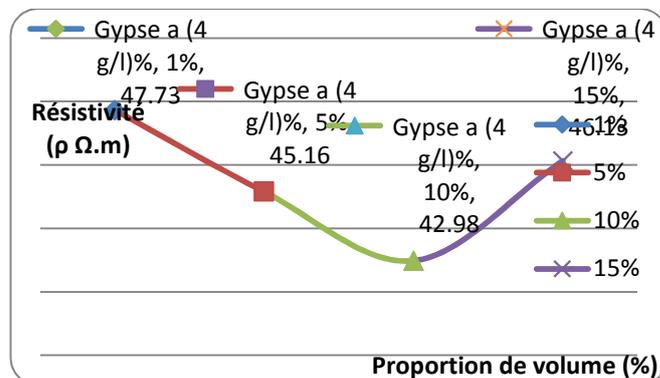


Fig.5 : Résistivité des alluvions de Sabkhat Bamendil par rapport aux différents dosages du Gypse.

Le même phénomène observé dans le cas de dosage des sables alluvionnaires par le gypse, où la courbe change de sens de diminution à la proportion de gypse de 10%.

#### Résultats des mesures de la résistivité sur terrain

Pour confirmer les résultats obtenus par les mesures effectuées au laboratoire, on a réalisé d'autres mesures par le même dispositif (Wenner) à faible écartement, d'après les résultats on remarque les mesures prises au laboratoire et sur le terrain ont donné des résultats très proches.

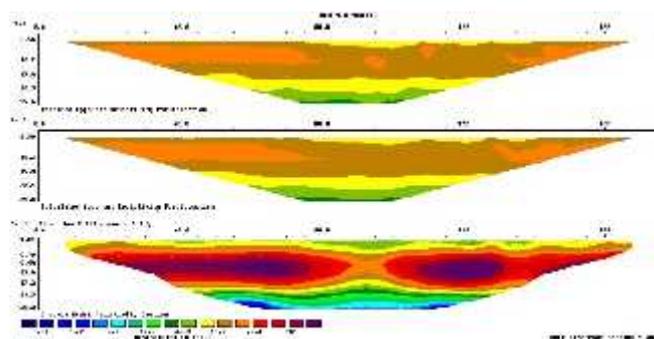


Fig. :6 Model 2D de résistivité de profil N° 02 au niveau de Bamendil.

La pseudo section du profil N° 02 établie au niveau de la partie intermédiaire entre le plateau et la sebkha de Bamendil combiné à la coupe géologique montre une première couche de grés saturé en eau salée d'épaisseur variable et de résistivité entre 54.6 à 4.41 m, surmontée d'une couche gréseuse d'épaisseur qui varie de 11.5 à 17.3m et de résistivité de l'ordre de 55 à 150 m. La couche superficielle est

composée de sable d'épaisseur de 1 à 6.5m et de résistivité de 20 à 54.6  $\Omega \cdot m$ .

Les horizons de résistivité entre 40 et 50  $\Omega \cdot m$  en couleur jaune sur le model calculé représentent des alluvions contenant des teneurs en gypse pouvant atteindre 10%.

#### IV. CONCLUSION

La résistivité mesurée par différentes méthodes que ce soit au laboratoire ou sur le terrain dépend essentiellement du type du sol étudié, et de l'influence de plusieurs facteurs comme par exemple la teneur en eau ou la salinité du sol lui-même.

D'après les mesures faites sur la résistivité au niveau du laboratoire on a obtenu les résultats suivants

Pour la formation de sables dunaires, la résistivité varie entre 6,1  $\Omega \cdot m$  et 88,67  $\Omega \cdot m$

Pour les grés, la résistivité varie de 11,17  $\Omega \cdot m$  à 955,42  $\Omega \cdot m$

Les sables alluvionnaires la résistivité est entre 4,58  $\Omega \cdot m$  et 63,66  $\Omega \cdot m$

Les teneurs en gypse dans les alluvions affectent la valeur de la résistivité. Cette valeur passe de 47  $\Omega \cdot m$  pour une teneur en gypse de 1% pour atteindre 42  $\Omega \cdot m$  pour une teneur de 10%.

Ces résultats peuvent contribuer d'une façon très utile à l'interprétation des mesures de terrain que ce soit pour la détermination de l'échelle de résistivité locale ou bien du contenu en eau et en sel des différentes formations souterraines. L'estimation du taux de gypse dans le sous-sol peut servir comme un moyen de prévention contre les effondrements par le fait de dresser une carte du comportement géotechnique des terrains.

#### REFERENCES

- [1] CHAPELIER. D., 2000/01, Prospection électrique de surface. Université de Lausanne.
- [2] DJENAOUI. R et BENREZKALLAH. M., 2007, L'apport géophysique à la connaissance des aquifères de la région des Bordjias (Wilaya de Mostaganem). Mémoire Ing. Univ d'Oran.
- [3] MARESCOT.L., 2007, Géophysique appliquée à l'archéologie. Partie 1 : méthodes électriques, sismiques et gravimétriques.
- [4] PONTON.J, 2007/2008, Caractérisation hydro-géophysique par tomographie électrique d'un glissement de terrain argileux de type "coulée" à l'échelle de la parcelle et du versant. Mémoire master 2. Université Louis Pasteur – Strasbourg.
- [5] ZEDDOURIA., 2010, Caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des nappes du complexe terminal de la région de Ouargla ; thèse de doctorat, université de Annaba.
- [6] Rhoades et al. 1989b. New calibration for determining soil electrical conductivity-depth relations from electromagnetic measurements. Soil Sci. Soc. Am. J. 53 : 74-79