

DETECTION DE L'INTRUSION MARINE DANS UN MILIEU POREUX SOUS CONTRAINTES ANTHROPIQUES ET SA RELATION AVEC LA STRUCTURE GEOLOGIQUE PAR IMAGERIE DE TOMOGRAPHIE DE RESISTIVITE ELECTRIQUE : CAS DE LA ZONE COTIERE DE MENZEL HERR (TUNISIE NORD-ORIENTALE).

Sana AYARI¹, Hakim GABTNI²

1 : Georesources Laboratory, LR15CERTE01, Centre de Recherches et des Technologies des Eaux de Borj Cedria, CERTE, 8020, Soliman, Tunisia & Faculty of Sciences of Tunis, ayari.sana1994@gmail.com

2 : Georesources Laboratory, LR15CERTE01, Centre de Recherches et des Technologies des Eaux de Borj Cedria, CERTE, 8020, Soliman, Tunisia, hakim.gabtnei@gmail.com

RESUME

La région de Menzel Horr (Cap Bon, Tunisie) est caractérisée par un accroissement de l'exploitation des ressources en eau de la nappe phréatique, en particulier, durant les 30 dernières années. Une possible intrusion marine a été mise en évidence au moyen des analyses géochimiques et des sondages électriques et électromagnétiques. Elle est localisée le long de la côte mais aussi au niveau du principal cours d'eau de la région (Oued Lebna). Cet oued, qui achemine l'eau douce du continent (Barrage Lebna, Site RAMSAR) vers la mer, serait associé à une faille majeure affectant une structure plicative en Pop-Up. A ce niveau précis, nous avons choisi d'effectuer une étude par tomographie électrique sur une quinzaine de mètres de profondeur se rapportant au milieu poreux. Les premiers résultats, ont permis d'identifier, l'interface de l'échange « eau douce - eau salée » et le phénomène de canalisation du biseau salin le long de la faille majeure de Lebna.

Mots clés : Tomographie électrique, intrusion marine, milieux poreux, Tunisie.

SEA WATER INTRUSION DETECTION IN A POROUS MEDIA UNDER ANTHROPOGENIC STRESSORS AND ITS RELATIONSHIP WITH THE GEOLOGICAL STRUCTURE BY ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY IMAGING: CASE OF THE MENZEL HERR COASTAL ZONE (NORTH-EAST TUNISIA).

ABSTRACT

The region of Menzel Horr (Cap Bon, Tunisia) is characterized by a groundwater overexploitation and an expansion of agriculture, especially, during the last 30 years. A possible marine intrusion has been proposed using geochemical analyzes and electrical/electromagnetic soundings. It is located along the coast, but also at the level of the most important river in the region (called Oued Lebna). This Oued, which carries fresh water from the continent (Lebna Dam, RAMSAR site) to the sea, would be associated with a major fault affecting a folded structure (Pop-Up). In This study, we have chosen to carry out an electric tomography study on the first tens of meters related directly to the porous medium. The first results allowed to identify the interface of the "freshwater - saltwater" interaction and the specific pathway of sea water intrusion along the Lebna fault.

Key words: Electrical tomography, seawater intrusion, porous media, Tunisia

1. INTRODUCTION

La mer méditerranée est associée à un bassin semi-fermé soumis à une évaporation intense et ayant une salinité élevée variant entre 38.4g/l et 38.7g/l (Skirir et al., 2018). De plus, le bassin méditerranéen

subira fortement l'effet des changements climatiques (Giorgi, 2006). Les nappes côtières de ce bassin sont affectées par une surexploitation des ressources en eau et une exposition accrue au phénomène d'intrusion marine (Bear et al, 1999 ; Melloul et Collin 2006). La côte orientale du Cap Bon en Tunisie, connue pour son importante activité agricole, est confrontée à un problème de salinisation de la nappe côtière, prouvé par de nombreuses études (Gaaloul et Cheng, 2003 ; Chekirbane et al., 2012 ; Zghibi et al, 2013 ; Ziadi et al., 2017 ; Chabaane et al., 2017). Bien qu'à l'heure actuelle des modèles numériques permettent une compréhension de l'hydrodynamique des nappes côtières et de l'impact de l'intrusion marine, la caractérisation de ce phénomène reste délicate du fait de la profondeur du biseau salin, de la complexité de sa géométrie tridimensionnelle et de son évolution transitoire (Comte, 2008). La nappe côtière dunaire de Menzel Horr (Fig.1a) est située au niveau de la plaine de Dakhla et elle est bordée à l'Est par la mer méditerranée et à l'Ouest par l'anticlinal de Jebel Abderrahmane. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride. Un barrage et de nombreux lacs collinaires ont été édifiés pour approvisionner la région en eau d'irrigation et pour favoriser aussi la recharge de son système aquifère. Considérant sa vocation agricole, cette région est actuellement toujours surexploitée par des centaines de puits de surface et de forages faisant d'elle une des régions les plus vulnérables au niveau de la côte orientale (Fig.1.b).

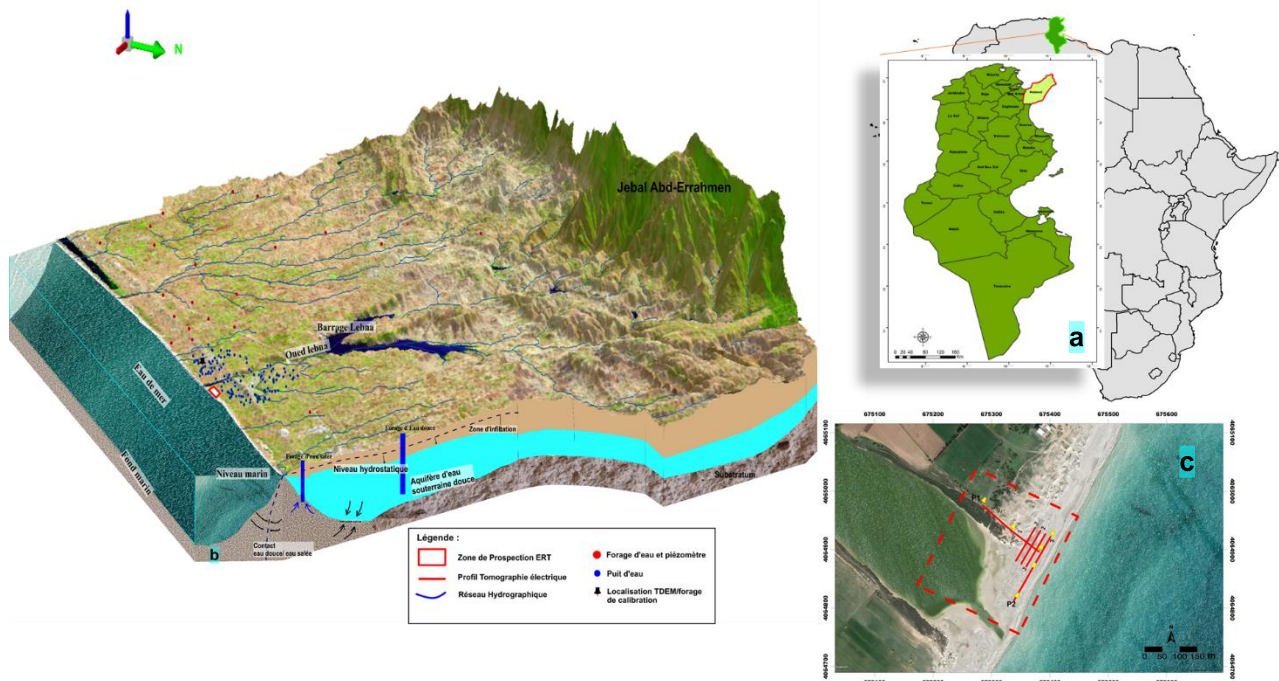


Fig. 1 - (a) situation géographique de la région d'étude (b) vue 3D du bassin versant de Menzel Horr avec une conceptualisation des interactions « eau douce - eau salée » (c) Localisation des profils ERT

2. MATERIELS ET METHODES

Les principales formations géologiques qui affleurent au niveau de la zone de Menzel Horr couvrent l'intervalle qui s'étend entre le Miocène Moyen et le Quaternaire. Toutefois, une reconnaissance plus complète de l'aquifère miocène a été réalisée en se basant sur les données d'un forage limitrophe. Au niveau de ce forage, un TDEM de calibration a été exécuté au moyen d'un équipement de type ABEM WALKTEM avec une boucle émettrice 40m*40m et deux boucles réceptrices (0.5m*0.5m RC-5 et 10m*10m RC-200). L'inversion des données a été effectuée au moyen du logiciel SPIA TEM. La géométrie du biseau salin a été étudiée plus spécifiquement au niveau de l'interface « eau douce - eau salée » par la méthode de tomographie électrique (Fig.1c). En effet, Six profils de tomographie électrique (2 profils de 64 électrodes et 4 profils de 32 électrodes avec un espacement inter-électrode de 2m) ont été effectués en utilisant un résistivimètre de type ABEM SAS 4000. Les profils de détail ont

été réalisés entre l'embouchure de l'oued et la mer alors que le profil allant de la mer vers le continent a été réalisé juste à proximité de l'Oued (5m). À la suite de plusieurs essais, le choix s'est porté sur le protocole d'acquisition de type Wenner-Schlumberger assurant un bon rapport « signal/bruit » et une bonne résolution aussi bien horizontale que verticale.

3. ANALYSES ET RESULTATS

L'analyse des données TDEM et celles du forage de calibration a montré la présence de trois couches distinctes sur une profondeur de 200m. La première couche, présentant des résistivités assez élevées (atteignant les 45 ohm.m) et une épaisseur de 18.8 m, est associée à la zone non saturée avec une lithologie se composant de sables et d'encroûtements calcaires. La deuxième couche d'épaisseur 34.2 m montre des résistivités plus faibles (atteignant les 9 ohm.m). Ces valeurs correspondent à la zone saturée en eau saumâtre de l'aquifère sableux/gréseux. Enfin, la troisième couche correspond au substratum argileux avec des résistivités aux alentours de 4 Ohm.m. Les puits de surface au niveau du secteur étudié par la tomographie de résistivité électrique dévoilent un niveau statique de la nappe phréatique se situant entre 3 et 5m. Les données de tomographie de résistivité électrique ont été filtrées en premier lieu avec le logiciel X2IPI afin d'éliminer les effets PC et de vérifier la qualité des mesures (Azaiez et al., 2020). Les données filtrées ont été par la suite inversées au moyen du logiciel ZondResd2D. Deux longs profils perpendiculaires (P1 et P2, Fig.1c) ont été tout d'abord exécutés afin de dégager la géométrie profonde de l'aquifère. Quatre profils parallèles à la côte (Fig.2) et espacés de 10m entre elles ont été par la suite exécutés et analysés. Ces profils recouperaient la faille supposée de Lebna. À la suite de l'analyse et à l'interprétation de ces profils, nous avons pu mettre en évidence la présence d'une zone « tampon » qui correspondrait à la zone d'interface « eau douce - eau salée ». Une disparité latérale au niveau des résistivités le long de la côte a pu être relevée aussi. Cette dernière correspondrait à la présence de la faille de Lebna véhiculant préférentiellement l'eau salée vers le continent. Nous avons noté aussi une augmentation de la résistivité au niveau du milieu poreux en allant vers le continent confirmant le rôle des apports en eau de la rivière dans l'adoucissement des eaux salées de la nappe.

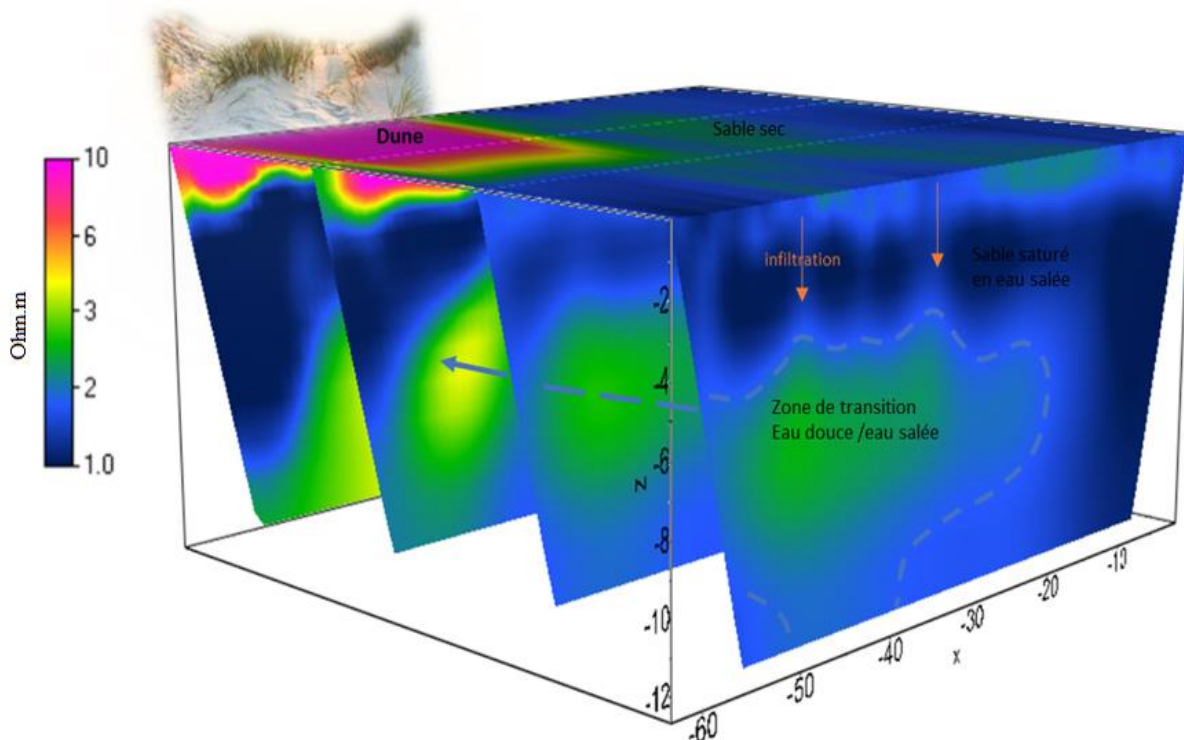


Fig.2 - Vue en 3D des profils ERT parallèles à la côte (voir position, Fig.1c)

4. CONCLUSION

Ce travail préliminaire a permis de dégager, au moyen de la tomographie de résistivité électrique, sur la première dizaine de mètres du milieu poreux, l'interface de l'échange « eau douce - eau salée » ou zone « tampon ». La mise en évidence de la géométrie de cette interface ainsi que du phénomène de canalisation du biseau salin le long de la faille majeure de Lebna permettra de mieux cartographier les zones critiques « hot spot ».

Remerciements

Ce travail rentre dans le cadre du projet « Water Task Force WTF, CERTE/MERES, Tunisie, 2019-2022 ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AZAIÉZ, H., GABTNI, H., CHABAANE, A., BEDIR, M., 2020 - Geophysical study of Hammam Sidi Maamar geothermal site in Central Tunisia for sustainable development. *Journal of African Earth sciences*, 103897, doi:10.1016/j.jafrearsci.2020.103897.

BEAR J., CHENG A., SOREK S., OUAZAR D. AND HERRERA I. 1999 - Seawater Intrusion in Coastal Aquifers - Concepts, Methods and Practices. *Theory and Applications of Transport in Porous Media. Kluwer Academic Publishers.* doi:10.1007/978-94-017-2969-7.

CHABAANE, A., REDHAOUNIA, B., HAKIM GABTNI, H., AMIRI, A., 2018 - Contribution of geophysics to geometric characterization of freshwater–saltwater interface in the Maâmoura region (NE Tunisia). *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 3, 26.

CHEKIRBANE, A., TSUJIMURA, M., KAWACHI, A., ISODA, H., TARHOUNI, J., BENALAYA, A., 2013 - Hydrogeochemistry and groundwater salinization in an ephemeral coastal food plain: Cap Bon, Tunisia. *Hydrological Sciences Journal* 58(5), 1097-1110.

COMTE, J.C., 2008 - Apport de la tomographie électrique à la modélisation des écoulements densitaires dans les aquifères côtiers - Application à trois contextes climatiques contrastés (Canada, Nouvelle-Calédonie, Sénégal). *Thèse de doctorat. Université d'Avignon*, 198p.

GAALLOUL, N., CHENG, A.H., (2003) - Hydrogeological and Hydrochemical Investigation of Coastal Aquifers in Tunisia—Crisis in Overexploitation and Salinization. *In: Second International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers*, p.13.

GIORGI, F., 2006 - Climate Change Hot-Spots. *Geophysical Research Letter journal*. 33, L08707.

MELLOUL, A. AND COLLIN, M. 2006 - Hydrogeological Changes in Coastal Aquifers Due to Sea Level Rise. *Ocean and Coastal Management*, 49, 281-297.

SKLIRIS N., ZIKA J, HEROLD L., JOSEY S. A., MARSH R., 2018 - Mediterranean Sea Water Budget Long-Term Trend Inferred from Salinity Observations. *Climate Dynamics*, 51, 2857-2876.

ZGHIBI, A., TARHOUNI, J., ZOUHRI, L., 2013 - Assessment of seawater intrusion and nitrate contamination on the groundwater quality in the Korba coastal plain of Cap-Bon (North-east of Tunisia). *African Earth Sciences*, 87, 1-12.

ZIADI, A., HARIGA, T.N., TARHOUNI, J., 2017 - Use of time-domain electromagnetic (TDEM) method to investigate seawater intrusion in the Lebna coastal aquifer of eastern Cap Bon, Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences*. 10, 492.