

CARACTERISATION GEOELECTRIQUE DE LA ZONE NON SATUREE D'UN SITE D'OBSERVATION DE LA NAPPE DE BEAUCE A VILLAMBLAIN

JODRY C., ISCH A., ALDANA C., AZAROUAL M., KLINTZING M.

Université d'Orléans · CNRS · BRGM, UMR 7327, 1A rue de la Férollerie, CS 20066 F-45071 Orléans Cedex 2, clara.jodry@cnrs-orleans.fr

RESUME

Le projet O-ZNS a pour but d'étudier les transferts de masse et de chaleur dans la Zone Non Saturée par la mise en place d'un puits d'observation. Une première phase de caractérisation de l'état initial du sous-sol est en cours. On présente ici les résultats d'une campagne électrique avec deux profils TRE. On met en lumière trois ensembles géologiques : une couche peu résistive de sol limono-argileux ; une couche de calcaire marneux de résistivité variable, hétérogène et sensible aux perturbations anthropiques ; et le socle de calcaire fracturé de forte résistivité.

Mots clés : zone critique, zone non saturée en eau, imagerie géophysique, TRE.

ABSTRACT

GEOELECTRICAL IMAGING OF THE VADOSE ZONE OF AN OBSERVATION SITE OF THE BEAUCE AQUIFER AT VILLAMBLAIN

The O-ZNS project aims to study mass and heat transfers in the vadose zone, by setting up an observation well. A first phase of the initial state characterization of the ground is in progress. Here, we present the results of an electrical campaign with two TRE profiles. Three geological layers are highlighted: a low resistive layer of silty clay soil; a marly limestone layer of variable resistivity, heterogeneous and sensitive to anthropogenic disturbances; and the fractured limestone bedrock of high resistivity.

Key words: critical zone, vadose zone, geophysical imaging, TRE.

1. INTRODUCTION

La zone critique, zone d'interface et d'intenses interactions vivant-minéral, définie de la canopée aux strates superficielles du sous-sol, constitue un milieu hautement complexe et dynamique (LIN, 2010). Particulièrement vulnérable à l'activité humaine, la zone de la surface du sol à la nappe d'eau souterraine, dite zone non saturée, est un lieu de transferts de masse et de chaleur dont le fonctionnement complexe est encore mal connu.

La plateforme « Observatoire des transferts dans la Zone Non Saturée » (O-ZNS), financée dans le cadre d'un programme scientifique régional PIVOTS (Plateformes d'Innovation de Valorisation et d'Optimisation Technologique

environnementales), a pour objectif de suivre in situ et sur le long terme les processus physiques, chimiques et biologiques qui se déroulent au sein de la ZNS du complexe aquifère des calcaires de Beauce.

Ce papier définit l'hétérogénéité initiale du milieu par l'utilisation de méthodes géophysiques comme moyen de caractérisation des matériaux de la ZNS (PARSEKIAN et al., 2015). On présente ici l'outil de Tomographie de Résistivité Électrique (TRE), particulièrement sensible à la présence d'argile et à l'état hydrique du sous-sol.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Description du site

Le complexe aquifère des calcaires de Beauce s'étend sur environ 9000 km² entre les régions Centre – Val de Loire et Ile de France. Intensément fracturé, il constitue un réservoir d'eau libre très vulnérable aux pollutions anthropiques.



Fig. 1 – Situation géographique du site d'étude de Villamblain UTM 31N (© Google Earth). Les profils TRE sont tracés en rouge et les sondages géotechniques en bleu. La zone encadrée en vert délimite le terrain habité.

Pour mieux comprendre les transferts dans la ZNS, il a été entrepris la réalisation d'un puits d'accès exceptionnel, large ($\varnothing \sim 4$ m) et profond (~ 20 m), qui permettra l'instrumentation de l'ensemble de la ZNS, de la surface jusqu'à la nappe, à l'aide de différents capteurs et échantillonneurs. Cette infrastructure sera réalisée en contexte agricole, chez un particulier dans la commune de Villamblain (45310, lieu-dit Les Hôtels) située à environ 30 km au Nord-Ouest d'Orléans (cf. Fig. 1). Plusieurs sondages géotechniques nous permettent d'établir une coupe lithologique du site. En surface on trouve un sol brun limono-argileux d'environ 1 m d'épaisseur suivi de calcaire marneux pulvérulent altéré jusqu'à environ 2 m

de profondeur. De 2 à 8 m de profondeur, on a un calcaire marneux avec une présence irrégulière de lentilles marneuses et de lentilles de grave et/ou sable calcaire. De 8 à 20 m de profondeur, on retrouve la roche calcaire micritique avec présence de fractures localisées et de niveaux de graves et cailloutis sans cohésion.

2.2. Description de l'acquisition électrique

L'acquisition électrique a été réalisée à l'aide d'un Syscal Pro (IRIS Instruments). Elle comprend quatre profils TRE de 48 électrodes chacun avec un espacement inter-électrodes de 2 m soit une longueur de profil de 94 m (cf. Fig. 1). Les séquences utilisées sont de type Wenner-Schlumberger (WSCH) et dipôle-dipôle (DD) de 997 et 1185 mesures, respectivement (DAHLIN et ZHOU, 2004).

3. CARACTERISATION GEOELECTRIQUE DU MILIEU

Pour obtenir la distribution de la résistivité du sous-sol, on utilise le logiciel RES2Dinv qui nous permet d'appliquer une inversion moindres carrés (LOKE et BARKER, 1996). On ne présente ici que deux profils (A et D, cf. Fig. 1) obtenus avec la séquence DD.

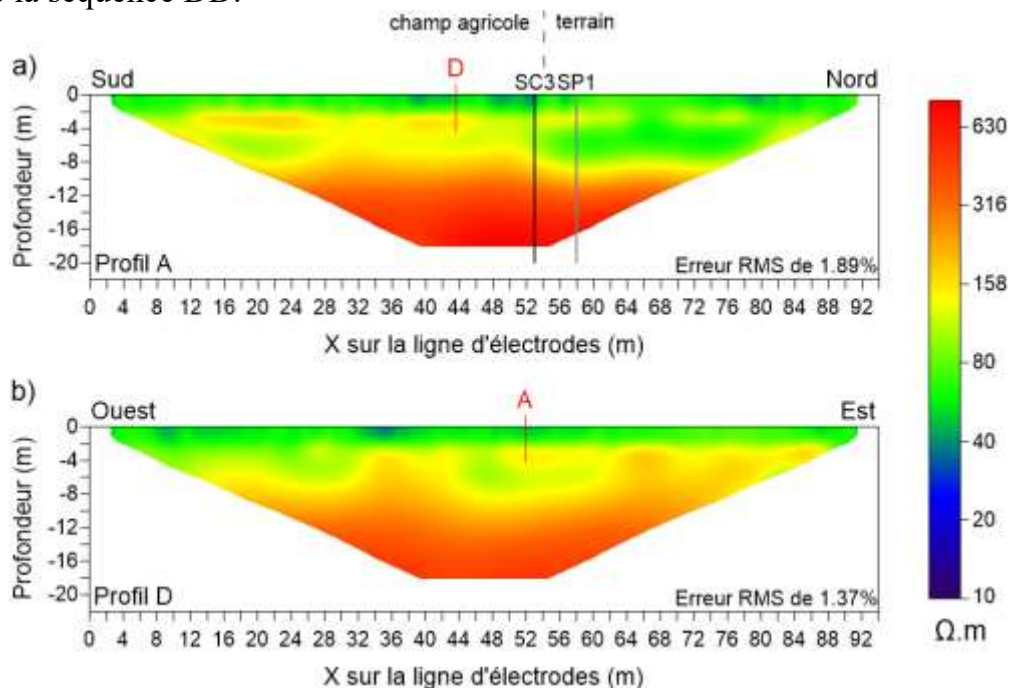


Fig. 2 – Tomographies de Résistivité Électrique, séquence DD pour les profils A et D.

Le profil A (cf. Fig. 2a) passe par le sondage carotté SC3 et le sondage pressiométrique SP1. On distingue une première couche peu résistive, entre 40 et 60 $\Omega.m$, de la surface à 2 m de profondeur. De 2 à 8 m de profondeur, on observe des hétérogénéités spatiales de la distribution de la résistivité. De $X = 0$ m à $X = 53$ m, on obtient des variations de résistivités comprises entre 100 et 160 $\Omega.m$. De $X = 53$ m à $X = 92$ m, on obtient des résistivités entre 60 et 100 $\Omega.m$. En-dessous de 8 m de profondeur, on trouve une augmentation

graduelle et homogène de la résistivité jusqu'à une résistivité de plus de 600 Ω .m à 18 m de profondeur. Le profil D (cf. Fig. 2b), profil témoin qui ne recoupe aucun sondage (cf. Fig. 1), donnent des résultats similaires. La couche de 2 à 8 m de profondeur est cependant moins hétérogène le long du profil avec des résistivités comprises entre 100 et 180 Ω .m.

4. CONCLUSION

Une première étape essentielle de l'étude de la ZNS, avant toute perturbation anthropique du milieu, est la caractérisation des matériaux à l'état initial.

Ici, la caractérisation géoélectrique du milieu définit trois couches majeures. Une première couche homogène, faiblement résistante, correspond au sol limono-argileux. Une seconde couche de résistivité plus hétérogène est attribuée au calcaire marneux, plus ou moins induré selon la position le long des profils. On note une diminution de la résistivité lors du passage du champ agricole au terrain habité (cf. Fig. 2a). La lithologie montre que les couches de surface (jusqu'à ± 1 m) ont été remaniées lors de la mise en place des bâtiments agricoles (terrassment) affectant la couche de calcaire marneux induré de 1 à 2 m de profondeur. Sans cette couche résistante, l'inversion donne une couche conductrice unique et homogène de la surface à 8 m de profondeur. On retrouve cette particularité sur les profils B et C, non montrés ici mais qui traverse également le terrain habité. Enfin, une troisième couche, plus résistante, correspond au socle calcaire micritique.

Cette première étude géoélectrique nous permet de visualiser une hétérogénéité spatiale entre 2 et 8 m de profondeur qui a forcément un impact sur les transferts d'eau et de chaleur dans la ZNS. On met également en lumière la vulnérabilité de cette couche aux perturbations anthropiques et qui devra être prise en compte lors de la construction du puits d'observation.

Une inversion 3D de l'ensemble des profils est prévue afin de confirmer ces observations. De plus, une interprétation plus poussée va être mise en place, en se basant notamment sur des mesures de diagraphies et de TRE entre forages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DAHLIN T., ZHOU B., 2004 – A numerical comparison of 2D resistivity imaging with 10 electrode arrays. *Geophysical Prospecting*, 52(5), 379–398.

LIN H. S., 2010 – Earth's Critical Zone and hydrogeology: concepts, characteristics, and advances. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 25–45.

LOKE M. H., BARKER R. D., 1996 – Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44(1), 131–152.

PARSEKIAN, A. D., SINGHA, K., MINSLEY, B. J., HOLBROOK, W. S., SLATER, L. D., 2015 – Multiscale geophysical imaging of the critical zone. *Reviews of Geophysics*, 53, 1–26.