

## MONITORING DE PROFIL DE LA RESISTIVITE ELECTRIQUE DANS LA ZONE NON SATUREE

SEGER M.<sup>1</sup>, GIOT G.<sup>1</sup>, EUZEN C.<sup>1</sup>, NEYENS D.<sup>2</sup>, COUSIN I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inra Centre Val de Loire, URSOLS, 2163 avenue de la Pomme de Pin – CS 400101 Ardon 45075 ORLEANS Cedex 2

<sup>2</sup> imaGeau, Cap alpha, 9 avenue de l'Europe, 34830 Clapiers

### **RÉSUMÉ**

La connaissance des processus hydriques dans la zone non saturée est un enjeu important. Le dispositif géophysique SMD\* permet le suivi temporel de la résistivité *in situ* sur 21 niveaux, depuis la surface jusqu'à 3.10 m. Les premiers résultats d'une année de mesure permettent de dresser un bilan positif sur la qualité des données recueillies et nous suggèrent une capacité à détecter des transferts hydriques entre les différentes couches du sous-sol.

*Mots clés* : suivi temporel, résistivité électrique, zone non saturée, sol

### **ABSTRACT**

#### **TIME MONITORING OF ELECTRICAL RESISTIVITY IN THE VADOSE ZONE**

*Knowledge of water processes in the vadose zone is an important issue. The geophysical device SMD\* daily measures the resistivity on 21 levels from the surface up to 3.10 m. After one year of monitoring, the results make it possible to draw up a positive assessment of the quality of the collected data and suggest an ability to detect water transfers between the different layers of the subsoil.*

*Key words*: monitoring, electrical resistivity, vadose zone, soil

### **.1 INTRODUCTION**

Le dérèglement climatique en cours modifie le régime de précipitation et de températures, modifiant la répartition des apports hydriques au cours des saisons culturales. Pour permettre aux agriculteurs d'optimiser leurs irrigations, il est primordial de caractériser les processus hydriques dans les sols agricoles. Dans ce contexte, nous conduisons des travaux de caractérisation des échanges hydriques dans les sols (c'est-à-dire dans la zone prospectée par les racines), et à l'interface sols/sous-sols ; nous cherchons en particulier à identifier et à caractériser d'éventuels processus ascendants de remontées capillaires. Pour cela, nous nous sommes dotés d'un système de mesure en forage permettant de mesurer plusieurs fois par jour, la résistivité électrique sur 21 niveaux jusqu'à 3.1 m. L'objectif de cette communication est de présenter le dispositif et de discuter des données acquises au terme d'une période d'un an de mesures.

\*(brevet imaGeau© 2014) /imaGeau patent © 2014)

## .2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Site d'étude

Le site d'étude se trouve sur la commune de Villamblain (Loiret) dans la région de la Beauce, en bordure d'une parcelle agricole de grandes cultures irriguée.

Le sous-sol est composé d'un CALCOSOL limono-argileux d'une profondeur oscillant entre 80 et 115 cm, reposant sur des couches successives de calcaires de Beauce plus ou moins durs.

L'état initial du terrain a été caractérisé la veille de l'installation du dispositif en forage par un profil de tomographie électrique en 2D (cf. Fig.1) en complément de descriptions pédologiques issues de sondages à la tarière.

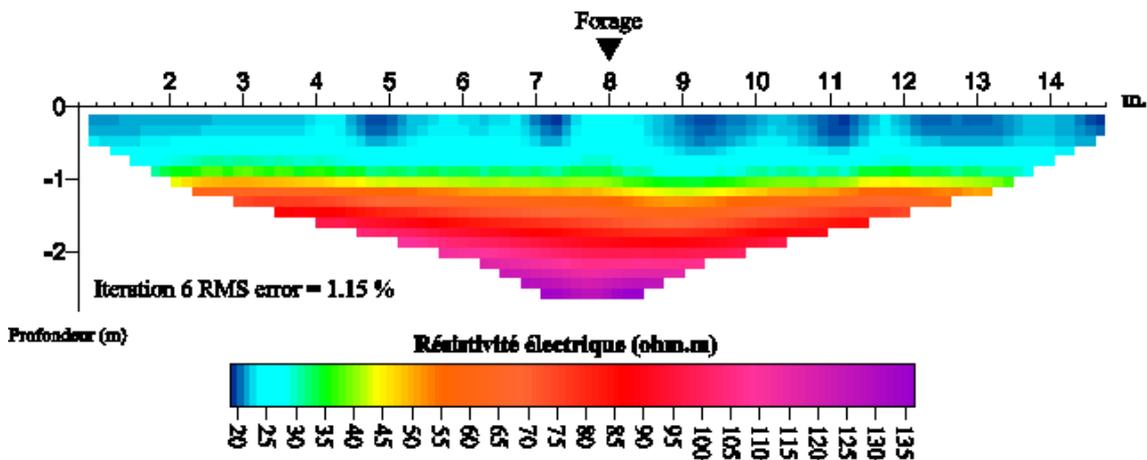


Fig. 1 – Inversion du profil de tomographie électrique 2D réalisé à l'aplomb du forage, la veille de l'installation (wenner alpha,  $a=50$  cm)

Le site d'étude est équipé d'une station météorologique, de réflectomètres de teneur en eau, et de sondes de mesure de la température du sol pour le suivi local des différents paramètres pédo-climatiques.

### 2.2. Le dispositif géophysique en forage : le SMD

Le Subsurface Monitoring Device (SMD) est un équipement géophysique basé sur la méthode électrique développé et commercialisé par la société imaGeau (Bellot et al., 2014). Ce dispositif autonome permet de piloter automatiquement plusieurs acquisitions de profils verticaux de résistivité par jour. Le SMD est constitué d'une ligne de 24 électrodes annulaires espacées de 10 cm ou 20 cm serties le long d'un tube PVC déployée en forage et d'un système d'acquisition autonome en surface permettant de réaliser des mesures de résistivité sur 21 niveaux. Des capteurs de température sont également disposés sur 7 niveaux le long du tube permettant de contrôler les effets de la température sur la mesure de la résistivité électrique. Pour assurer un contact électrique entre le sol et les électrodes, un coulis de bentonite a été inséré (par gravité) autour du tube dans un espace annulaire de 1.5 cm, au moment de l'installation du dispositif. L'influence

de la présence de bentonite sur la mesure de résistivité du sol a été calculée et est considéré comme négligeable ( $< 1.5\%$ ).

### **.3 RESULTATS**

#### **.3.1. Qualité des données mesurées**

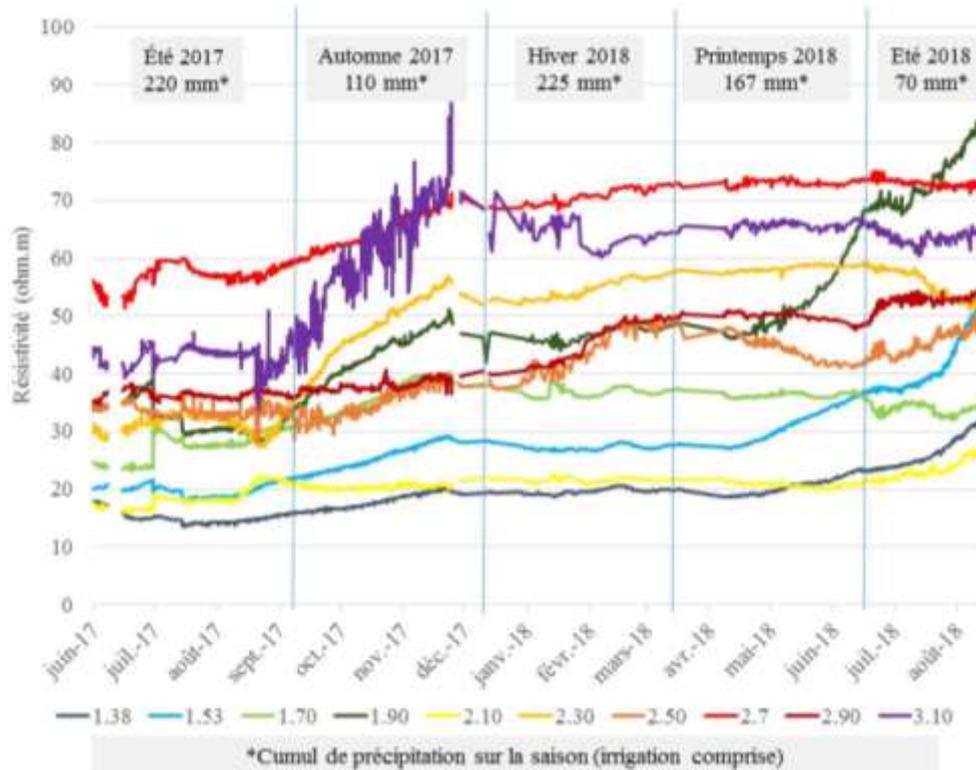
Sur la période avril 2017 à septembre 2018, il y a eu des mesures 85% du temps. Huit pourcent des données mesurées ont été écartées soit parce que le signal est trop bruité soit parce qu'il a été impossible d'injecter un courant électrique sur le quadripôle interrogé pour différentes raisons (mauvais contact électrique électrode/sol, déficience de l'alimentation électrique par panneaux solaires). Des variabilités fortes et des mesures incohérentes ont été détectées sur les mesures de surface (inférieure à 1 m) laissant supposer des problèmes de contact entre le sol et les électrodes. Les mesures réalisées par les capteurs de températures sont en accord avec les mesures réalisées par les sondes complémentaires installées sur site et mettent en évidence qu'au-delà d'1.5m les températures du sous-sol sont stables.

#### **.3.2. Comparaison des mesures du SMD et de la tomographie**

La comparaison des mesures de résistivité réalisées par le SMD et la tomographie montre que les 2 dispositifs détectent une augmentation de la résistivité avec la profondeur, ce qui est cohérent avec la connaissance que nous avons du sous-sol (sol limono-argileux sur couches de calcaires). En revanche, les résistivités des couches profondes mesurées par le SMD ont des valeurs comprises entre 30 et 70 ohm.m (cf. fig. 2) alors que les résistivités inversées issues de la tomographie (sans connaissance a priori du sous-sol) mettaient en évidence des résistivités comprises entre 70 et 135 ohm.m (cf. fig.1). En outre, les mesures réalisées par le SMD permettent d'avoir une résolution fine des mesures profondes, mettant en évidence des couches d'épaisseurs centimétriques que la tomographie ne permet pas de voir.

#### **.3.3. Analyse des chroniques temporelles : premières observations**

Les résistivités mesurées sur toute la période d'acquisition (mai 2017-septembre 2018 avec des acquisitions pluriquotidiennes) pour les niveaux supérieurs à 1.5 m sont présentées figure 2 (sans correction de l'effet de la température). Les résistivités mesurées dans les couches supérieures à 2.30 m présentent plus de variabilité haute fréquence que les mesures dans les couches sus-jacentes, probablement en lien avec la nature des matériaux. Les périodes plus sèches (automne 2017 et été 2018) sont marquées par des augmentations globales des résistivités y compris dans les couches les plus profondes. On observe toutefois pendant ces périodes des niveaux où les résistivités diminuent, intercalées entre des niveaux où les résistivités augmentent suggérant des mouvements hydriques ascendant ou descendants.



**Fig. 2 – Chronique temporelle des résistivités mesurées à plus de 1.5 m durant la période juin 2017 – septembre 2018**

#### **.4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

Le bilan sur les mesures réalisées dans la zone non saturée depuis avril 2017 par le dispositif géophysique SMD nous permet déjà d'être optimiste quant à la qualité des données mesurées, tout en ayant un regard critique en particulier sur les mesures de surface qui présentent des problèmes de contact sol/électrode. La comparaison des résistivités à la connaissance du milieu nous a permis de valider la cohérence avec la nature du sous-sol. Le dispositif nous permet d'acquérir une résolution en profondeur qui ne serait pas accessible par un dispositif géophysique de surface. L'analyse temporelle suggère des échanges hydriques entre les différents niveaux en profondeur. Cette hypothèse devra être validée par une comparaison aux données complémentaires sur une période d'observation plus longue ainsi que par une confrontation aux données qui seront recueillies sur un observatoire longue durée de la ZNS en cours d'installation sur le site d'étude.

#### **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**BELLOT J.P., NEYENS D., JAUZEIN V., NAULEAU F., 2014** – A new downhole, real time and near field hydrogeophysical observatory of groundwater quality: salt water intrusion and treated wastewater infiltration. Colloque *Geofcan*, 2004.