



**HAL**  
open science

## Caractérisation de la structuration spatio-temporelle des teneurs en eau des sols à l'échelle parcellaire par résistivité électrique

Arlène Besson, Isabelle I. Cousin, Bernard B. Nicoullaud, Hocine Bourennane, Catherine Pasquier, Abel Dorigny, Michel Dabas, Dominique D. King

### ► To cite this version:

Arlène Besson, Isabelle I. Cousin, Bernard B. Nicoullaud, Hocine Bourennane, Catherine Pasquier, et al.. Caractérisation de la structuration spatio-temporelle des teneurs en eau des sols à l'échelle parcellaire par résistivité électrique. 6. Colloque Géophysique des Sols et des Formations Superficielles GEOFCAN, Sep 2007, Bondy, France. hal-02758290

**HAL Id: hal-02758290**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02758290>**

Submitted on 4 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Caractérisation de la structuration spatio-temporelle des teneurs en eau des sols à l'échelle parcellaire par résistivité électrique.

A. BESSON<sup>(1)</sup>, I. COUSIN<sup>(1)</sup>, B. NICOUILLAUD<sup>(1)</sup>, H. BOURENNANE<sup>(1)</sup>, C. PASQUIER<sup>(1)</sup>,  
A. DORIGNY<sup>(1)</sup>, M. DABAS<sup>(2)</sup>, D. KING<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Unité Science du Sol, INRA, Avenue de la Pomme de Pin, 45166 Olivet, France*

<sup>(2)</sup> *Geocarta, 16 rue du Sentier, 75002 Paris, France*

## **Abstract**

*At the field scale the spatial variability of the soil hydric behaviour could be described with a high resolution by data fusion between the electrical resistivity and the soil water content measurements. However, whereas many authors underline significant correlations between these two variables, the electrical measurements are also influenced by other soil variables (clay content, temperature, salinity...) through complex interactions. The electrical data interpretation is delicate and depends on soil types.*

*In a calcareous context, we aim at showing the usefulness of the electrical method to discriminate the spatial variability of the soil water content at the field scale. A time- monitoring of the soil water content and the electrical resistivity was realised. The spatial variability is analysed and the soil hydric units are defined. They are finally compared to the soil units.*

## **Introduction**

Depuis quelques années, des travaux menés en géophysique de subsurface ont montré les possibilités d'une méthode électrique basse fréquence, dite de résistivité électrique, à segmenter l'espace et contribuer ainsi à la cartographie des sols (Tabbagh et al., 2000) ou encore à imager les flux d'eau dans les sols (Kemna et al., 2002). Exhaustive, non destructive et intégrant les sols dans leurs trois dimensions, cette méthode présente les caractères indispensables pour une description de haute résolution à l'échelle parcellaire de la variabilité spatio-temporelle de teneurs en eau des sols. De nombreux travaux montrent en effet une forte corrélation entre résistivité et teneur en eau. Cela dit, la relation n'est pas exclusive. La propriété électrique des sols est sous les influences directes ou indirectes de variables pédologiques en interactions complexes, aussi bien conjoncturelles (température, électrolytes...) que pérennes (type de matériau, texture...).

Notre étude vise à accéder, sur le terrain, à la structuration spatiale à haute résolution du fonctionnement hydrodynamique des sols à l'échelle parcellaire par une analyse spatiale et temporelle comparative entre des mesures ponctuelles de teneurs en eau et des mesures exhaustives de résistivité électrique.

Le site d'étude est une parcelle de 2 ha localisée en Beauce sur la commune de Villamblain (Loiret).

## **Matériel et méthodes**

### **Les acquisitions géophysiques**

Le dispositif MUCEP (Multi Continuous Electrical Profiling) développé initialement au CNRS (Panissod et al., 1997 ; Dabas et al., 2001) est mis en œuvre sur le site d'étude. Il permet l'acquisition en temps réel d'un grand nombre de points de mesure de résistivité électrique à l'échelle parcellaire. Il est composé d'un jeu d'électrodes roulantes, tractées (courant et mesure des différences de potentiel), couplé à un résistivimètre, d'un radar Doppler et d'un dGPS (Figure 1). Sur l'ensemble de la parcelle en jachère, les différents passages du MUCEP (ou profils) sont espacés de 2 m. Le long d'un profil et tous les 10 cm, trois mesures de résistivité électrique

apparente sont enregistrées, correspondant, en théorie, à des épaisseurs investies par le courant de 0.5 (voie 1), 1 (voie 2) et 2 m (voie 3). Chaque mesure électrique est corrigée de l'impact de la température, une température de référence de 25°C étant choisie (Keller and Frischknecht, 1966). Pendant l'année 2006, quatre prospections MUCEP ont été réalisées avec un pas de temps de 2 mois, la première datant d'Avril 2006.

### **Description pédologique et suivi des teneurs en eau**

Sur la zone d'étude, une description pédologique réalisée sur 33 sites permet d'établir une carte des sols de haute résolution spatiale (Baize and Girard, 1995). De plus, lors de chaque intervention géophysique, ces mêmes sites sont échantillonnés aux profondeurs systématiques de 0-30, 30-50, 50-70 et 70-100 cm. Les teneurs en eau pondérales (w) des volumes de sol prélevés (environ 100 cm<sup>3</sup>) sont déterminées par méthode gravimétrique et pondérées par l'épaisseur de sol concernée.

### **Traitement des données**

L'analyse de la variabilité temporelle des données électriques et des teneurs en eau est réalisée en moyennant l'ensemble des différences standardisées obtenues aux différentes dates telles que (Bourennane et al., 2005) :

$$\overline{X}_{t_1 \dots t_4} = \frac{\sum_{t_1}^{t_4} \frac{x_t - \overline{x}_t}{s_t}}{4}$$

ou  $\overline{X}$  est la moyenne temporelle des quatre dates d'intervention ;  $x$  le point de mesure obtenu à la date  $t$  ;  $\overline{x}$  la moyenne de l'ensemble des points de mesures de la date  $t$  et  $s$  l'écart-type à la moyenne  $\overline{x}$ .

Le traitement des données de résistivités électriques apparentes, de teneurs en eau ainsi que des moyennes temporelles qui en résultent consiste (1) en une analyse géostatistique de la structuration spatiale et (2) en une interpolation par krigeage ordinaire sur des mailles respectivement de 50 cm pour les résistivités et de 5 m pour les teneurs en eau. La structuration spatiale de la variabilité temporelle des résistivités électriques est comparée à celle des teneurs en eau et à la carte des sols.

## **Résultats**

### **La carte des sols**

Huit unités cartographiques (UCS) de sols sont identifiées. Elles se différencient principalement par la profondeur des horizons argilo-limoneux, leur caractère calcaire ou calcique et la nature du matériau sous-jacent (calcaire cryoturbé, calcaire tendre et calcaire dur) (Figure 2).

### **Variabilité spatio-temporelle des teneurs en eau**

Seules sont présentées les résultats des profondeurs 0-30 et 50-70 cm ainsi que les moyennes temporelles respectives. Les cartes de teneurs en eau de la profondeur 0-30 cm (Figure 3a) apparaissent relativement homogènes sur l'ensemble de la parcelle quelles que soient les dates d'intervention. Ceci se traduit par une variabilité temporelle faible (Figure 3b).

Au contraire, la profondeur 50-70 cm (Figure 4a) présente des structures spatiales très distinctes. Les plus fortes teneurs en eau se retrouvent en positions Nord et centrale au sein de la parcelle et les plus faibles teneurs en eau en position Ouest et Est. Cette structuration spatiale hétérogène de la parcelle, redondante dans le temps, est caractérisée par la carte de variabilité temporelle des teneurs en eau (Figure 4b). Ces résultats sont en adéquation avec la carte des sols. L'homogénéité spatiale granulométrique des horizons les plus superficiels anciennement labourés impliquent une homogénéité spatio-temporelle des teneurs en eau de la profondeur 0-30 cm. De même, l'hétérogénéité spatiale des profondeurs d'apparition et des types de matériau sous-jacents est cohérente avec une forte variabilité spatio-temporelle des teneurs en eau de la profondeur 50-70 cm.

### **Variabilité spatio-temporelle des résistivités électriques**

Seuls sont présentés les résultats de la voie 1 ainsi que la représentation spatiale des moyennes temporelles associées. Quelles que soient les dates d'intervention, la structuration spatiale des résistivités électriques est hétérogène (Figure 5a). Des zones de faibles valeurs électriques apparaissent en positions Nord et centrale au sein de la parcelle alors que les plus fortes résistivités se localisent à l'Ouest et à l'Est. La représentation des moyennes temporelles suggère une homogénéité temporelle de la variabilité spatiale électrique rencontrée (Figure 5b). L'absence de variabilité aussi bien spatiale que temporelle des teneurs en eau de la profondeur 0-30 cm, n'explique pas cette hétérogénéité électrique. Au contraire, la structuration spatio-temporelle des teneurs en eau de la profondeur 50-70 cm, elle-même étroitement liée à la carte des sols, semble être en adéquation avec la variabilité spatio-temporelle des résistivités électriques. Les zones de fortes teneurs en eau correspondent aux valeurs électriques les plus faibles et inversement.

### **Conclusion**

La comparaison spatiale et atemporelle des différentes données montre un lien étroit entre les structurations spatiales des sols, des teneurs en eau de la profondeur de 50-70 cm, uniquement, et des résistivités électriques. L'analyse spatio-temporelle permet de souligner de plus l'adéquation entre la structuration spatiale de la variabilité temporelle des résistivités électriques et celle des teneurs en eau, ces dernières étant les seules variables d'influence susceptibles d'évoluer dans le temps, l'influence de la température sur les données électriques ayant été corrigée.

### **Références bibliographiques**

- Baize, D., and M.C. Girard. 1995. *Référentiel Pédologique AFES-INRA Editions*, Paris.
- Bourennane, H., B. Nicoullaud, A. Couturier, B. Mary, G. Richard, and D. King. 2005. A potential role of permanent soil variables and field topography to reveal scale dependence and the temporal persistence of soil water content spatial patterns. pp. 769-777. *Precision agriculture 05*. Uppsala.
- Dabas, M., A. Tabbagh, and D. Boisgontier. 2001. Multi-depth continuous electrical profiling for characterization of in-field variability. *In E. C. O. P. Agriculture*. Montpellier.
- Keller, G.V., and F.C. Frischknecht. 1966. *Electrical methods in geophysical prospecting*. Pergamon Press, Oxford.
- Kemna, A., J. Vanderborght, B. Kulesa, and H. Vereecken. 2002. Imaging and characterisation of subsurface solute transport using electrical resistivity tomography (ERT) and equivalent transport models. *Journal of Hydrology* 267:125-146.
- Panissod, C., M. Dabas, A. Jolivet, and A. Tabbagh. 1997. A novel mobile multipole system (MUCEP) for shallow (0-3m) geoelectrical investigation: the "Vol-de-canards" array. *Geophysical prospecting* 45:983-1002.
- Tabbagh, A., M. Dabas, A. Hesse, and C. Panissod. 2000. Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil structure horizonation. *Geoderma* 97:393-404.



Dispositif électronique : résistivimètre, Radar, dGPS

Electrodes de courant électrique

Electrodes de mesures de différences de potentiel électrique :  
voie 1, voie 2 et voie 3

Figure 1: Le MUlti Continuous Electrical Profiling

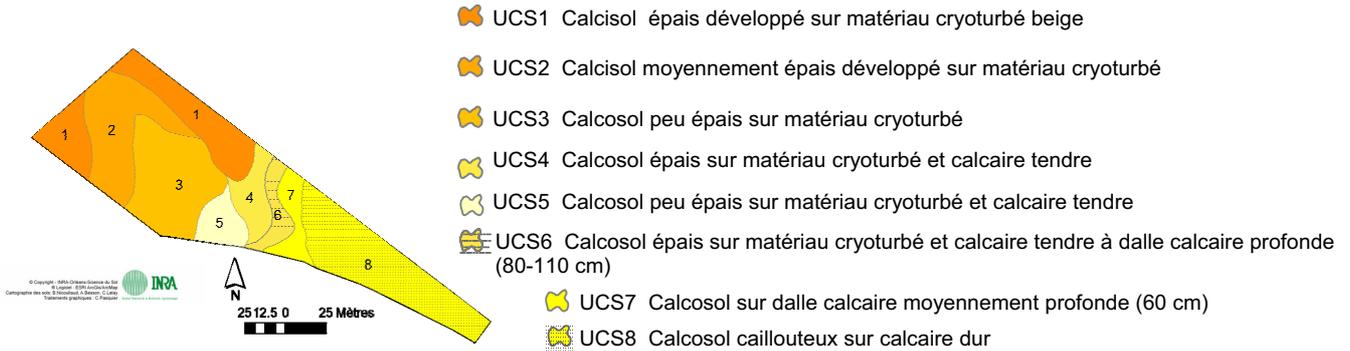


Figure 2: Carte des sols du site expérimental, Villablain, Beauce

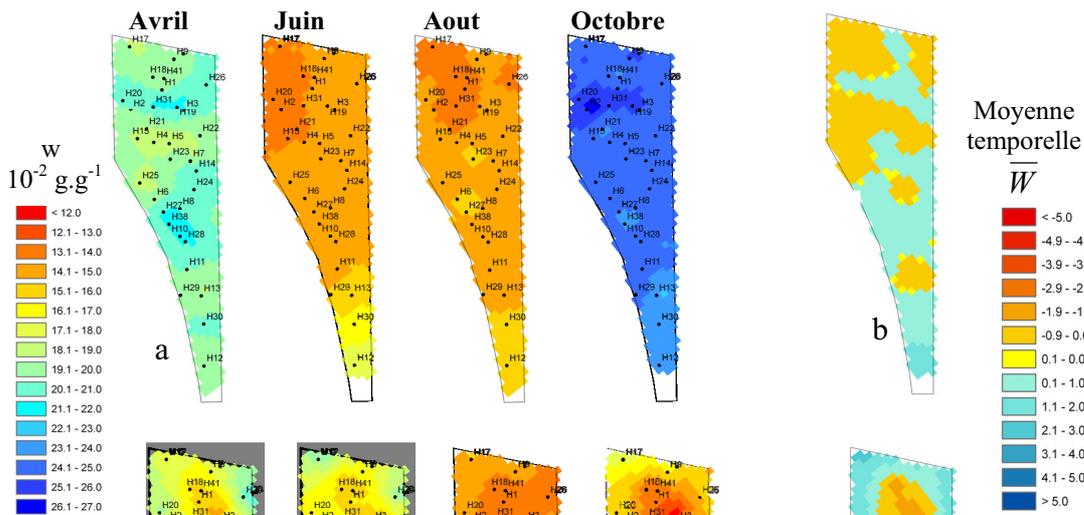


Figure 3: Cartes des teneurs en eau (a) et des moyennes temporelles (b) de la profondeur 0-30 cm.

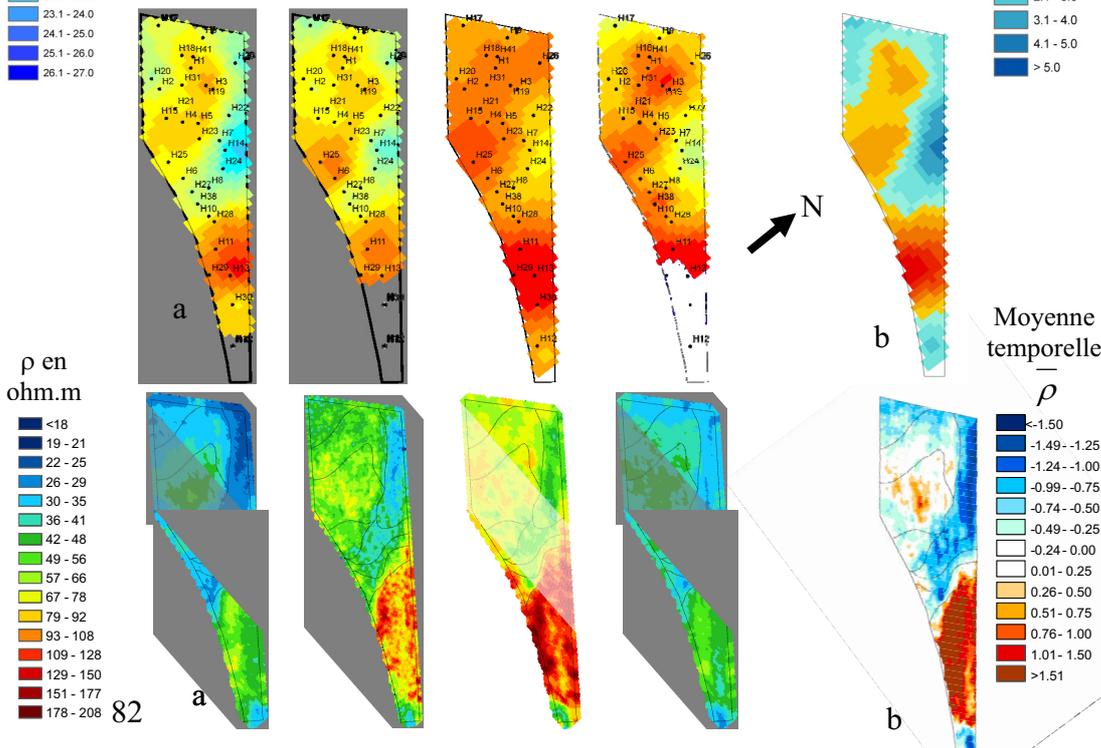


Figure 4: Cartes des teneurs en eau (a) et des moyennes temporelles (b) de la profondeur 50-70 cm.

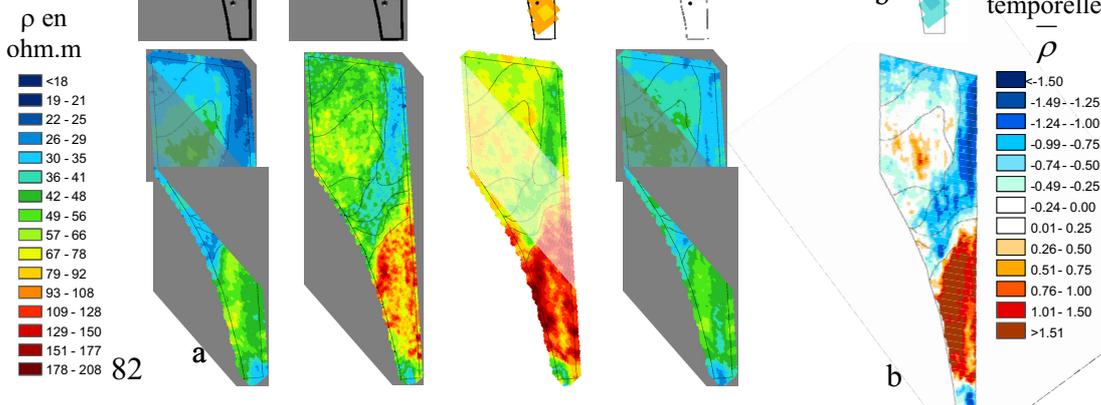


Figure 5: Cartes des résistivités électriques (a) et des moyennes temporelles (b) pour la voie 1.