Estimation de la teneur en eau du sol par la méthode capacitive à l'échelle parcellaire

Andre Chanzy, J.C. Gaudu, Joel J. Chadoeuf

▶ **To cite this version:**

Andre Chanzy, J.C. Gaudu, Joel J. Chadoeuf. Estimation de la teneur en eau du sol par la méthode capacitive à l'échelle parcellaire. Milieux poreux et transferts hydriques - Bulletin du Groupe français d'humidimétrie neutronique et des techniques associées, 1997, 39-40, pp.27-31. hal-02689548

HAL Id: hal-02689548
https://hal.inrae.fr/hal-02689548

Submitted on 1 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.

plus basses de w. En effet, dans le cas de la végétation relativement dense de MUREX, c'est la transpiration des plantes qui relie T_s à w. L'effet d'une variation de w sur T_s n'est perceptible que lorsque la végétation commence à être stressée, c'est à dire pour une réserve en eau suffisamment basse.

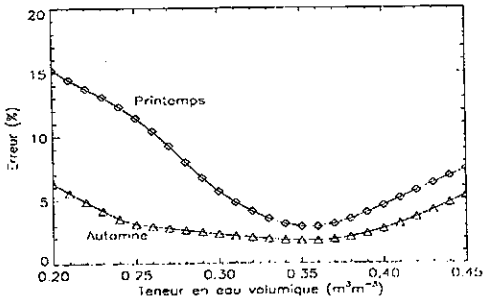

Fig. 3 - Ecart quadratique moyen entre contenu en eau de surface mesuré et simulé lors des POI de printemps et d'automne en fonction de la valeur prescrite du contenu en eau du sol (à la capacité au champ) le jour julien 114.

5. CONCLUSION

Des mesures de contenu en eau superficiel du sol réalisées durant la campagne MUREX montrent que le schéma ISBA reproduit correctement ce paramètre pour une couche de surface de 5 cm d'épaisseur, dans le cas d'un couvert bien développé. On montre que 4 ou 5 estimations du contenu en eau de surface réparties sur une période de 15 jours suffisent pour estimer le réservoir profond par inversion du schéma, connaissant le forçage atmosphérique et les précipitations. L'utilisation de la température de surface n'est pertinente qu'en conditions relativement sèches.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MAHFOUF J.-F., 1991 - Analysis of soil moisture from near-surface parameters: a feasibility study. *J. Appl. Meteor., 30(11), 1534-1547.*

NOILHAN J., S. PLANTON, 1989 - A simple parameterization of land surface processes for meteorological models. *Mon. Wea. Rev., 117, 536-549.*

ESTIMATION DE LA TENEUR EN EAU DU SOL PAR LA MÉTHODE CAPACITIVE À L'ÉCHELLE PARCELLAIRE

CHANZY André(1), GAUDU Jean-Claude(1), CHADOEUF Joël (2)

(1) INRA, Unité de Science du sol, 84814 AVIGNON Cedex 9 - 04 90 31 62 44 - achanzy@avignon.inra.fr
(2) INRA, Unité de Biométrie, 84814 AVIGNON Cedex 9.

RÉSUMÉ

La méthode capacitive est une méthode qui permet l'automatisation de la mesure d'humidité du sol. Dans ce travail, on teste la possibilité d'utiliser des capteurs capacitifs pour suivre l'humidité ou un stock hydrique moyen du sol à l'échelle parcellaire. On montre que les résultats obtenus sont satisfaisants lorsqu'on relie expérimentalement les variations d'humidité moyennes d'humidité à l'échelle de la parcelle avec le signal délivré par le capteur capacitif.

Mots clés : Humidité du sol, constante diélectrique, méthode capacitive, mesure.

ABSTRACT

SOIL MOISTURE ESTIMATION AT FIELD SCALE USING A CAPACITANCE PROBE

In this paper we analyse how the soil moisture at field scale can be inferred from a capacitance probe (CP). It makes very local measurements (~cm^3), but can't be calibrated at this local scale . We propose to calibrate the CP by drawing up a direct relationship between the field average soil moisture and the CP measurements. Three experiments of several months were carried out on tilled fields to evaluate the CP against gravimetric measurements. Results show that the calibration relationships differ significantly from one CP to another. Once calibrated, the CP provides accurate soil moisture measurements. Soil water storage (Ws) is well estimated by combining 5 CP in spite of the error induced by each CP.

Key words: *soil moisture, dielectric constant, capacitance method, measurement*

1. INTRODUCTION

Les techniques de mesure de la teneur en eau du sol basées sur la caractérisation de la constante diélectrique du sol sont de plus en plus utilisées. Ce succès provient d'une part des réelles possibilités d'automatisation de ces mesures et d'autre part, des difficultés administratives croissantes pour mettre en oeuvre la méthode neutronique (CHANZY *et al.* 1996). La réflectométrie temporelle (TOPP *et al,* 1982) et la mesure capacitive (DEAN *et al,* 1987, GAUDU *et al.*, 1993) sont les principales méthodes de mesure de la constante diélectrique adaptées au sol. Il existe maintenant sur le marché des capteurs

capacitifs dont le coût unitaire est relativement modeste. Ils présentent l'avantage d'être automatisables.

Dans cette étude nous utilisons un capteur capacitif (actuellement commercialisé par la société SDEC sous le nom HMS9000) dont la sphère d'influence présente un rayon d'environ 2 cm. Les études précédentes sur le capteur (GAUDU *et al.*, 1993), ainsi que de nombreuses études portant sur des dispositifs mesurant la permittivité diélectrique des sols, montrent l'importance du contact entre le capteur et le sol. Lorsque le contact n'est pas satisfaisant, on constate une baisse importante de la sensibilité du capteur aux variations de la constante diélectrique du sol. Enfin, la relation entre la teneur en eau du sol et sa constante diélectrique n'est pas unique. D'autres facteurs, tels que la température, la composition minéralogique ou la salinité du sol, influencent également cette relation (HOEKSTRA et DELANEY 1974, DOBSON *et al.*, 1986, WOBSHALL, 1978). Il apparaît donc clairement que la mesure de l'humidité du sol repose sur une relation d'étalonnage qui doit prendre en compte les propriétés diélectriques du sol, la qualité de l'installation du capteur.

L'objectif de ce travail est de restituer l'évolution de l'humidité et des stocks hydriques à l'échelle spatiale de la parcelle agricole. Cette échelle est pertinente pour de nombreuses applications dans les domaines de l'agriculture et de l'environnement. Sur différents types de sol, nous essayons d'évaluer la qualité des mesures d'humidité que l'on peut faire malgré un nombre limité de capteurs (2 à 3 par niveau de mesure).

2. ANALYSE DES TERMES D'ERREUR DE L'ÉTALONNAGE

La procédure d'étalonnage pratiquée dans cette étude consiste à relier le signal mesuré par le capteur capacitif avec l'humidité moyenne de la parcelle à la profondeur d'installation du capteur obtenue par la méthode gravimétrique. La relation ainsi obtenue peut être décomposée alors en deux composantes :

* une première composante qui relie le signal mesuré à l'humidité du sol dans la sphère d'influence du capteur. Cette composante fait en fait intervenir la relation constante diélectrique du sol-humidité et prend en compte la qualité d'implantation du capteur.

* une seconde composante qui relie l'humidité du sol dans la sphère d'influence du capteur à l'humidité moyenne de la parcelle. En d'autres termes, cette relation correspond à la représentativité spatiale du site, où est installé le capteur capacitif par rapport à l'ensemble de la parcelle. Cette relation est difficile à établir a priori et sa validité temporelle peut varier en fonction de l'histoire hydrique du sol.

Afin de représenter au mieux l'évolution de l'humidité de la parcelle, l'idéal serait de multiplier les sites de mesures afin d'appréhender la variabilité spatiale. Dans la pratique, le coût d'un tel échantillonnage risque d'être disproportionné. Nous partons donc sur l'hypothèse que deux à trois sites seulement sont installés sur une parcelle. Une analyse théorique a été menée par CHANZY *et al.*, 1997. Cette étude montre qu'une sélection des meilleurs capteurs (ceux offrant la meilleure relation d'étalonnage entre le signal du capteur et l'humidité moyenne de la parcelle) offre de meilleurs résultats que la moyenne de l'ensemble des capteurs placés à une profondeur donnée.

3. RÉSULTATS

Les résultats ont été recueillis au cours de trois expériences réalisées entre 1992 et 1995 sur deux sols de texture limoneuse et argilo-limoneuse. L'accent a été placé sur le suivi de capteurs installés dans la couche de sol labourée. Les expériences ont été menées sur des sols présentant différents types d'itinéraire technique. Ainsi pour un même sol nous avons différents états structuraux allant d'un milieu continu à un sol très motteux.

Nous montrons un exemple de relation d'étalonnage avec la **figure 1**. Cette figure montre que la relation est linéaire, ce qui est vérifié dans la majorité des cas. Cette figure montre également que dans le cas présenté, il existe en fait deux relations d'étalonnage selon que le sol est humidifié par la pluie ou par un système d'irrigation. Dans ce dernier cas, l'hétérogénéité des apports d'eau se manifeste par une diminution de la sensibilité du capteur à l'humidité moyenne de la parcelle. En effet, les apports d'eau au niveau du site de mesure ont été plus faibles que sur le reste de la parcelle. Cet exemple illustre bien le problème de validité temporelle de la seconde composante de l'étalonnage définie dans le paragraphe précédent.

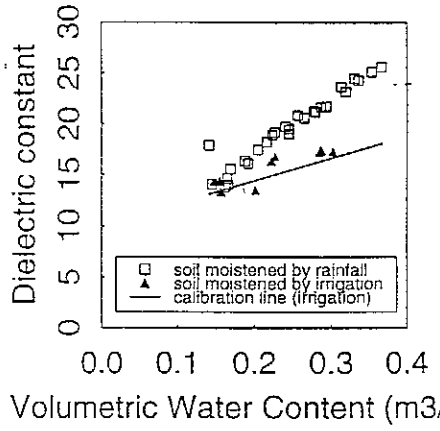

Fig. 1 - Exemple d'étalonnage d'un capteur placé 8 cm dans un sol argilo limoneux

Dans la **figure 2**, nous représentons de manière synthétique les résultats des différents étalonnages (pente et écart-type résiduel). On montre que la pente des relations d'étalonnage est très variable. Cette pente peut dépasser la valeur théorique de 80 du fait de la représentativité du site (Cf. la seconde composante définie dans le paragraphe précédent). En ce qui concerne la précision des estimations, les résultats portés sur la **figure 2** sont en général satisfaisants et conformes à ce que l'on obtient avec d'autres méthodes de mesures de l'humidité du sol. On peut noter que les plus mauvais résultats (écart type résiduel > 3%) sont obtenus lorsque les capteurs sont installés dans la couche labourée d'un sol fraîchement travaillé. De telles conditions sont les plus défavorables pour l'implantation des capteurs.

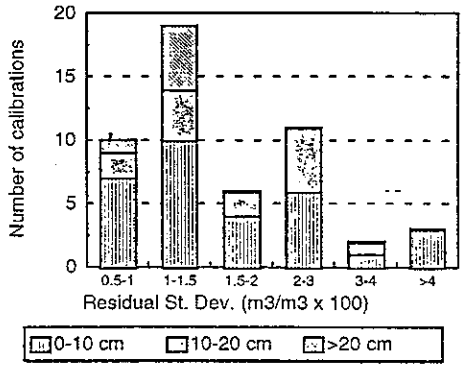

Fig. 2 - Ecart-type résiduels obtenus sur la relation d'étalonnage. Les résultats concernent 51 relations d'étalonnage de capteurs placés dans les couches 0-10, 10-20 et 20-100 cm)

Une des applications courantes est le suivi du stock hydrique afin d'effectuer des bilans. Afin de reconstituer les profils hydriques, il faut placer des capteurs à plusieurs niveaux de mesure. Sur la **figure 3** nous avons reconstitué le stock dans la couche 0-20 cm en plaçant des capteurs à 2.5, 6, 8.5, 12.5 et 17.5 cm. On montre que la combinaison de capteurs ayant chacun un étalonnage propre conduit à une excellente restitution de l'évolution du stock hydrique.

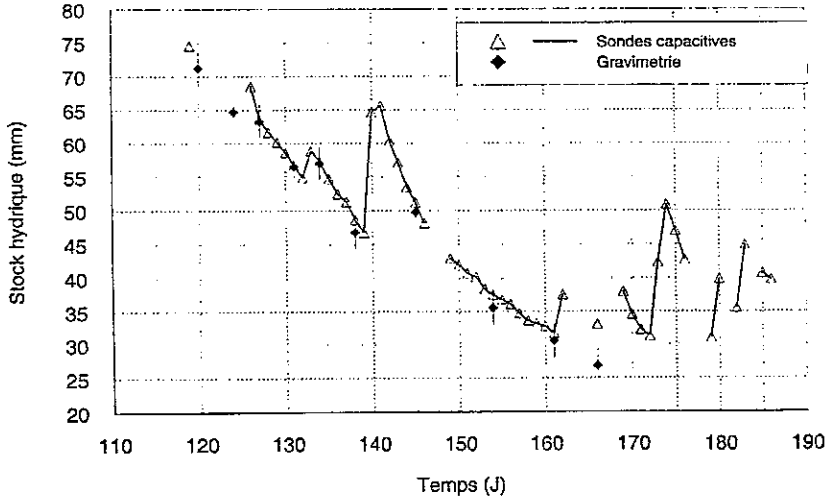

Fig. 3 - Evolution du stock hydrique dans la couche 0-20 cm à partir de capteurs placés à 5 niveaux différents.

4. CONCLUSION

Ce travail est basé sur l'utilisation d'une sonde capacitive, qui permet l'automatisation de la mesure d'humidité. On montre que malgré un volume de mesure très petit, on peut suivre l'humidité ou le stock hydrique du sol à l'échelle de la parcelle avec la sonde capacitive. Un tel résultat nécessite néanmoins de réaliser un étalonnage de terrain afin de prendre en compte les caractéristiques diélectriques du sol, le contact sol électrode et la représentativité du site de mesure par rapport à l'ensemble de la parcelle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHANZY A., BERTUZZI P., BRUCKLER L., GAUDU J.-C., 1996 - Mesure de la teneur en eau et du potentiel hydrique dans le sol. Economie de l'eau : production végétale et qualité de l'eau. *Collection " Mieux Comprendre ", INRA-Editions, Paris (a paraître).*

CHANZY A., GAUDU J.-C., MOHRATH D., RICHARD G., CHADOEUF J., BRUCKLER L., STENGEL P., 1997 - Soil moisture monitoring at field scale using automatic capacitance probes, *soumis à European J. of Soil Sci..*

DEAN T.J., BELL J.P., BATY A.J.B., 1987 - Soil moisture measurement by an improved capacitance technique, Part I. Sensor design and performance. *J of Hydrology,93, 67-78.*

GAUDU J.C., MATHIEU J.M., FUMANAL J.C., BRUCKLER L., CHANZY A., BERTUZZI P., STENGEL P., GUENNELON R., 1993 - Mesure de l'humidité des sols par une méthode capacitive: Analyse des facteurs influençant la mesure. *Agronomie,13, 57-73.*

HOEKSTRA P., DELANEY A., 1974 - Dielectric properties of soils at UHF and microwave frequencies, *J. Geophysical Research, 10, 1699-1708.*

TOPP G.C., DAVIS J.L., ANNAN A.P., 1982 - Electromagnetic determination of soil water content using TDR: II Evaluation of installation and configuration of parallel transmission lines, *Soil Sci. Soc. Am. J.,46, 678-684.*

WOBSCHALL D., 1977 - A theory of the complex dielectric permittivity of soil containing water: the semi disperse model, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 15(1), 49-58.*