

# D

## étermination précise de la salinité des sols par conductivimétrie électromagnétique

**Jean-Olivier Job , José-Luis Gonzales Barrios, Miguel Rivera Gonzales**

*CENID RASPA/ORSTOM, Programme de recherche sur la dynamique des sels dans la Comarca Lagunera,  
A.P. 225-3, Z.I 35071, Gomez Palacio, Dgo, Mexique*

### Abstract

The electromagnetic conductivimeter (EM) is a tool to estimate soil salinity. It has been first used for reconnaissance surveys and is now widespread. In our study, the EM38 (made by GEONICS) has an intercoil spacing of 1 m, allowing the measurement of soil salinity down to a depth of 2 meters. Calibration of instrument readings versus soil salinity has been done either by comparison with the four electrode probe response, or directly from the electric conductivity measurements of saturated paste extract. However, these calibrations are convenient for large surveys as long as soil porosity and soil water content are reasonably constant, so that the calibration holds. This is not the case in irrigated lands, where soil salinity distribution may be inverted or normal, without sharp boundary between soil horizons. Furthermore, soil moisture content is highly variable and its effect cannot be neglected in surveys.

In our paper we present the results of a simple calibration method which takes into account soil moisture and soil texture. Soil salinity is determined with accuracy in the low range ( $1-5 \text{ dS m}^{-1}$ ) with one equation, and in the high range with another one ( $5-35 \text{ dS m}^{-1}$ ). These equations are applied for medium textured soils with an accuracy better than 20%.

## Introduction

La mesure de la conductivité électromagnétique (CEM) des sols est une propriété qui petit à petit s'est imposée comme une des méthodes de mesure de la salinité des sols (De Jonc et al., 1979 ; Williams et Bake, 1982 ; Job et al., 1987). En pratique, la mesure de CEM intègre un volume  $v$  de sol de quelques  $m^3$ , variable suivant l'équipement utilisé.

Quel que soit cet équipement, il faut transformer la conductivité électromagnétique du volume  $v$  en conductivité électrique moyenne de l'extrait saturé de sol ( $CE_{sat,v}$ ). Cette manière de faire est la seule qui permette une interprétation pédologique des mesures, la conductivité de l'extrait saturé de sol (en  $dS m^{-1}$ ) étant la référence en la matière.

Cette transformation ne se fait pas sans problèmes. En effet, la conductivité électromagnétique d'un volume de sol donné, dépend, en plus de la teneur en sels du sol, de sa porosité, donc de sa texture, et de son état hydrique.

Le travail que nous présentons ici tente d'intégrer la texture du sol et sa teneur en eau dans les équations d'étalonnage. Cela permet une estimation plus précise de la conductivité électrique moyenne du sol, paramètre fondamental dans l'étude des bilans salins des sols et dans la gestion des périmètres irrigués des régions arides.

Dans notre étude, nous avons utilisé un conductivimètre Geonics EM-38, de distance interspire de 1 mètre, de fréquence d'excitation de 14,3 kHz, dont la profondeur de pénétration dans le sol avoisine les deux mètres.

## Matériel et méthode

Notre étude porte sur des sols d'alluvions quaternaires du Centre Nord du Mexique, dans la Comarca Lagunera (état de Durango). Il s'agit d'un bassin endoréique, en climat semi-aride, dans lequel une centaine de milliers d'hectares sont irrigués. Depuis la mise en irrigation de la région dans les années cinquante, une grande partie des sels accumulés dans les parties basses du paysage ont été lessivés. La salinité originelle des sols a fortement baissé ou a été remplacée par l'alcalinisation. Nous avons donc actuellement des sols peu salés, mais souvent sodiques ou alcalins, ce qui rend le diagnostic par CEM d'autant plus difficile.

Dans une première expérimentation, l'effet de la texture et de l'humidité d'un sol de salinité constante le long du profil sur la conductivité électromagnétique a été évaluée pour trois sites expérimentaux. Tous trois ont été pris à la capacité au champ : le premier site est constitué par un sol sableux très peu salé ( $0,4 dS m^{-1}$ ), le second par un sol sablo-limoneux peu salé ( $1 dS m^{-1}$ ) et le troisième par un sol argileux salé ( $2,9 dS m^{-1}$ ). Ces niveaux de salinité sont faibles, mais suffisants pour induire des baisses de production pour des cultures sensibles comme le noyer. La conductivité électromagnétique a été suivie au cours de la phase de dessèchement jusqu'à une humidité proche du point de flétrissement. Il a été vérifié que la salinité restait constante le long du profil durant toute l'expérimentation.

Dans une deuxième expérimentation, l'étalonnage proprement dit,  $CEM=f(CE_{sat})$  a été fait sur vingt sept profils de sol qui ont été prélevés de 20 en 20 cm jusqu'à 200 cm. Sur les 270 échantillons ainsi récoltés, la mesure de la conductivité de l'extrait saturé et la teneur en eau pondérale ont été faites. Le pourcentage de sodium échangeable, la texture et la capacité d'échange ont été déterminés sur deux horizons (40-60 cm et 100-120 cm) pour chacun des 27 profils.

Ces deux expérimentations ont servi à établir une courbe d'étalonnage.

Enfin, le pouvoir discriminant de la conductivité électromagnétique, c'est à dire son aptitude à différencier deux volumes de sol de salinité voisine a été testé, avec une maille de mesure de 3 m, sur vingt huit

parcelles de 2 500 m<sup>2</sup> cultivées en noyers depuis une vingtaine d'années et réparties dans toute la région. Sur chacune des vingt huit parcelles, trois prélèvements d'humidité de 0 à 200 cm ont été faits.

La variable choisie pour mesurer la conductivité électromagnétique est la moyenne des mesures en mode vertical (CEV) et en mode horizontal (CEH), paramètre qui est le moins sensible aux variations de salinité en profondeur (Job, 1992). Nous noterons cette variable CVH.

## Résultats

❖ Dans la gamme des teneurs en eau considérées pour les trois types de sol, les équations montrant l'effet de la teneur en eau du sol sur la variable CVH (en mS m<sup>-1</sup>) sont les suivantes :

$$\text{sol sableux :} \quad \text{CVH} = 0,8 + a \quad (1)$$

$$\text{sol limono-sableux :} \quad \text{CVH} = 1,0 + b \quad (2)$$

$$\text{sols argileux :} \quad \text{CVH} = 2,2 + d \quad (3)$$

A partir de ces résultats, on peut calculer le facteur f de l'équation suivante :

$$\text{CVH}_2 = \text{CVH}_1 + f \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad (4)$$

$$\text{soit } f = 3,6 - 0,04 s$$

avec s représentant le pourcentage pondéral en sable (g/100 g) du profil de sol entre 0 et 200 cm,  $\theta_1$  et  $\theta_2$  deux valeurs d'humidité pondérale (en g 100 g<sup>-1</sup>) considérées à deux instants donnés.

Cette équation permet de transformer n'importe quelle mesure de CEM en mesure standard, à une teneur en eau du sol  $\theta$ , pour n'importe quelle texture du sol. La valeur choisie comme teneur en eau de référence est 20% pondéral, car c'est la teneur que l'on rencontre le plus fréquemment dans les sols irrigués de texture moyenne (Job, 1992).

❖ La deuxième expérimentation donne l'équation d'étalonnage proprement dite :

$$\text{CEsat}_{0-200} = 0,043 \text{ CVH}_{20} - 1,20 \quad r = 0,943 \quad n = 27 \quad (5)$$

## Conclusion

La combinaison des équations (4) et (5) permet de déterminer la salinité globale des sols entre 0 et 200 cm de profondeur pour une texture et une teneur en eau du sol donné.

## Bibliographie

De Jong E., Ballantyne A.K., Cameron D.R., Read D.W.L., 1979. Measurement of apparent electrical conductivity of soils by an electromagnetic induction probe to aid salinity surveys. Soil Sci. Soc. Am. J., 43 : 810-812.

Job J.O., 1992. Les sols salés de l'oasis d'El Guettar (Sud tunisien). Thèse de Doctorat, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, multigr., 151 p.

Job J.O., Loyer J.Y., Ailoul M., 1987. Utilisation de la conductivité électromagnétique pour la mesure directe de la salinité des sols. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol XXIII, 2 : 123-131.

Williams B.G., Hoey D., 1982. An electromagnetic induction technique for reconnaissance surveys of soil salinity hazards. Austr. J. Soil Res., 20 : 107-118.