

## Relation entre résistivité et teneur en eau. Importance des caractéristiques granulométriques, minéralogiques et rhéologiques des sols

H. Robain<sup>(1)</sup>, G. Bellier<sup>(1)</sup>, C. Camerlynck<sup>(2)</sup> et D. Vergnaut<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> IRD UR027 ; 32, avenue Henri Varagnat ; 93143 Bondy cedex.

<sup>(2)</sup> Université Paris 6 UMR 7619 Sisyphe ; 4 place Jussieu 75252 Paris cedex 05

**Abstract:** Resistivity measurements are becoming widely used in environmental studies. Nevertheless, Archie's law established for sandy materials and allowing to calculate the water content from resistivity is not well suited to soil materials. A laboratory experiment taking into account soil shrinkage during desiccation shows that the distinction between water contained respectively in micro- and macro-porosity allows a relevant insight into resistivity variations for clayey materials. Macroporal water seems to be preeminently influenced by volumetric conduction of current while microporal water, by surface conduction.

---

### Introduction

Les études environnementales s'appuient de plus en plus fréquemment sur des méthodes géophysiques qui sont non destructives et autorisent une densité d'échantillonnage très élevée. Parmi les différents "mesurables géophysiques", la résistivité est particulièrement intéressante. La résistivité présente en effet de fortes variations saisonnières qui, pour la partie non saturée des sols, dépendent principalement des variations de teneur en eau. Il n'existe cependant pas de formalisme réellement adapté aux sols qui permettent de calculer directement la teneur en eau à partir de la résistivité. En effet, les formalismes existant - établis par Archie [Parasnis, 1997] - sont valides pour les formations dites "propres" (ne contenant que peu d'argile) et rigides. Au contraire, les sols contiennent généralement beaucoup d'argile et présentent des variations notables du volume poral lorsque la teneur en eau varie. Il est donc pertinent de mener des expérimentations de laboratoire afin de mieux connaître la relation entre les variations de résistivité et la teneur en eau des sols en prenant en compte leur particularités rhéologiques, granulométrique et minéralogiques.

### Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental conçu permet de suivre de façon synchrone l'évolution de la teneur en eau, du volume et de la résistivité d'un échantillon de sol de forme cylindrique placé dans une étuve régulé en température (fig. 1).

Ce dispositif permet de mesurer en fonction du temps, le poids de l'échantillon :  $P(t)$  ; la hauteur de l'échantillon :  $H(t)$  ; la différence de potentiel entre  $P_1$  et  $P_2$  :  $\Delta V_e(t)$ . En fin d'expérience, sont aussi mesurés, la hauteur de l'échantillon :  $H_r$  ; le volume total de l'échantillon :  $V_r$  ; le poids de sol sec à 105°C :  $P_s$  ; et sur une aliquote, le volume spécifique de solide (en  $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ) :  $V_s$ .

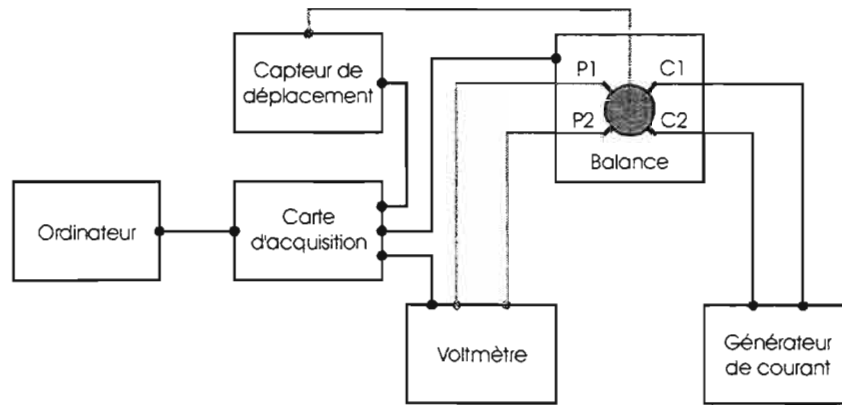


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental utilisé pour mesurer simultanément la teneur en eau, le volume et la résistivité d'un échantillon de sol.

Il est alors possible de calculer les paramètres suivants :

- Volume d'eau :  $V_w(t) = P(t) - P_s$
- Volume de l'échantillon :  $V(t) = \left( \frac{H(t)}{H_T} \right)^3 \cdot V_T$  (en supposant le retrait isotrope)
- Indice de vide :  $e(t) = \frac{V(t)}{P_s \cdot V_s} - 1$
- Indice d'eau :  $v(t) = \frac{V_w(t)}{P_s \cdot V_s}$
- Résistivité :  $\rho(t) = K(t) \cdot \frac{\Delta V_E(t)}{I_E(t)}$

Avec :  $K(t) = \frac{\pi \cdot H(t)}{\text{Ln}2}$  et  $I_E$ , l'intensité du courant délivré par le générateur

## Paramétrisation de la courbe de retrait

Lorsque le sol sèche, on observe une diminution de son volume appelée retrait. Ce phénomène correspond à une modification de l'arrangement des constituants solides. Les courbes de retrait sont les courbes de variation du volume de vide du sol en fonction de sa teneur en eau. Braudeau *et al.* (1999) ont proposé un modèle qui explique la forme sigmoïde qui est souvent observée pour les sols (fig 2). Il est important de souligner que cette paramétrisation comporte 3 hypothèses : (1) la micro-porosité ne varie pas jusqu'au point E ; (2) la macro-porosité ne contient plus d'eau à partir du point C ; (3) la micro-porosité est saturée jusqu'au point B.

## Paramétrisation de la courbe de résistivité

Pour prendre en compte les phénomènes liés à la présence d'argile, il est possible de considérer, d'une part, l'eau contenue dans la macro-porosité et, d'autre part, l'eau contenue dans la micro-porosité. En adaptant le formalisme d'Archie, on peut calculer la résistivité de cet électrolyte à deux phases :

$$\frac{\phi_{MA} \cdot S_{MA} + \phi_{MI} \cdot S_{MI}}{\rho_z} = \frac{\phi_{MA} \cdot S_{MA}}{\rho_{MA}} + \frac{\phi_{MI} \cdot S_{MI}}{\rho_{MI}}$$



## Références

Parasnis D.S., 1997. Principles of applied geophysics. 5th edition. Chapman & Hall, London. 429 p.

Braudeau E., Constantini JM., Bellier G. et Colleuille H., 1999. New device and method for soil shrinkage curve measurement and characterization. Soil Sci.Soc. Am. J. 63(3) : 525-535.

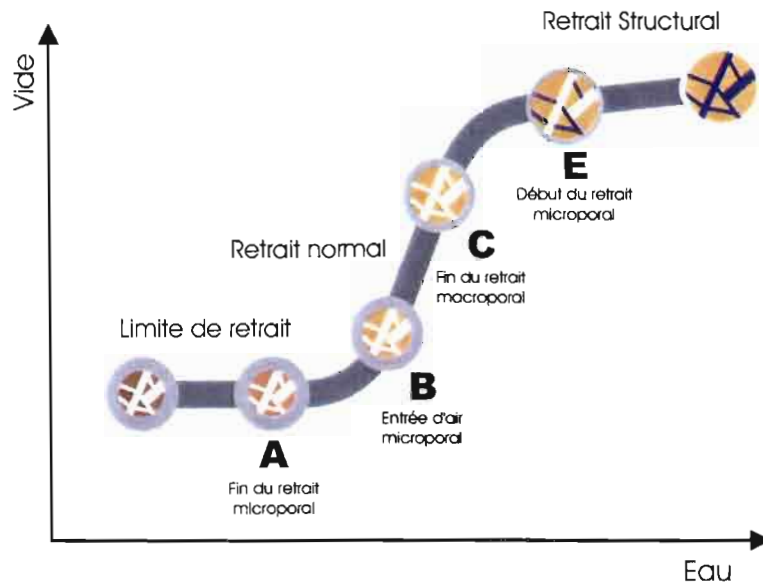


Figure 2 : Paramétrisation de la courbe de retrait (Braudeau, 1988)

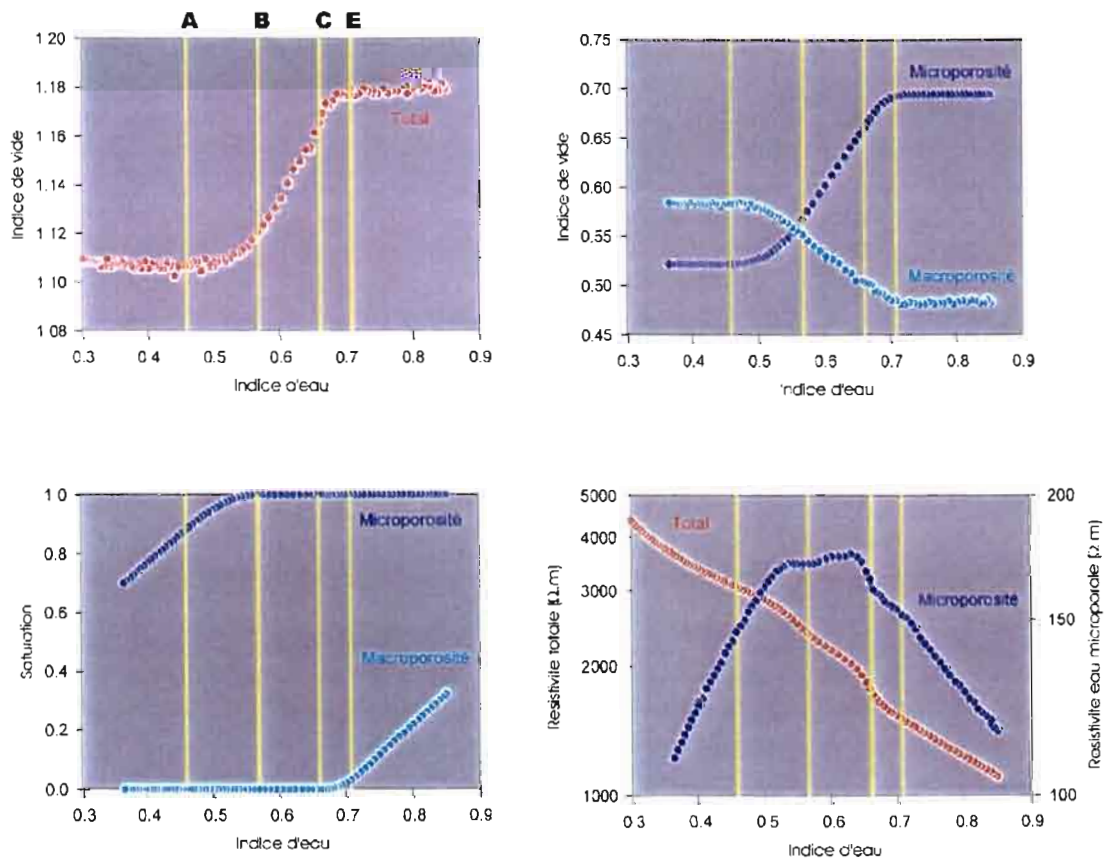


Figure 3 : HG = Courbe de retrait d'un sol ferrallitique ;  
 HD = Evolution des volumes macro- et microporaux ;  
 BG = Evolution de la saturation des volumes macro- et microporaux ;  
 BD = Evolution de la résistivité totale et de la résistivité de l'eau microporale.