

**CARACTERISATION PHYSIQUE DU SOL  
PAR RETRACTOMETRIE EN LABORATOIRE**

**par Erik BRAUDEAU, Pédologue**  
**Laboratoire des Formations Superficielles**  
**Centre ORSTOM de BONDY**

**OBJECTIFS**

La rétractométrie est une nouvelle méthode de caractérisation des propriétés physiques du sol. Elle a été développée récemment dans le but d'étudier, de façon précise et standardisée, les divers aspects et propriétés de la structure du sol (porosités, réserves en eau, gonflement-retrait, ...), permettant ainsi le suivi quantitatif de leur modification ou transformation, sous différents facteurs : climatiques, chimiques (M.O., engrais) ou cultureux (travaux du sol, type de culture, etc).

**PRINCIPE DE LA METHODE**

Il s'agit de mesurer en continu le retrait d'un échantillonage de sol non remanié (carottage, motte) en fonction de sa teneur en eau, lorsqu'il se dessèche par évaporation dans une enceinte régulée en température et humidité.

Le résultat obtenu est la courbe de retrait (fig. 1) qui représente la variation, au cours d'un dessèchement, du volume massique d'un échantillon de sol en fonction de sa teneur en eau.

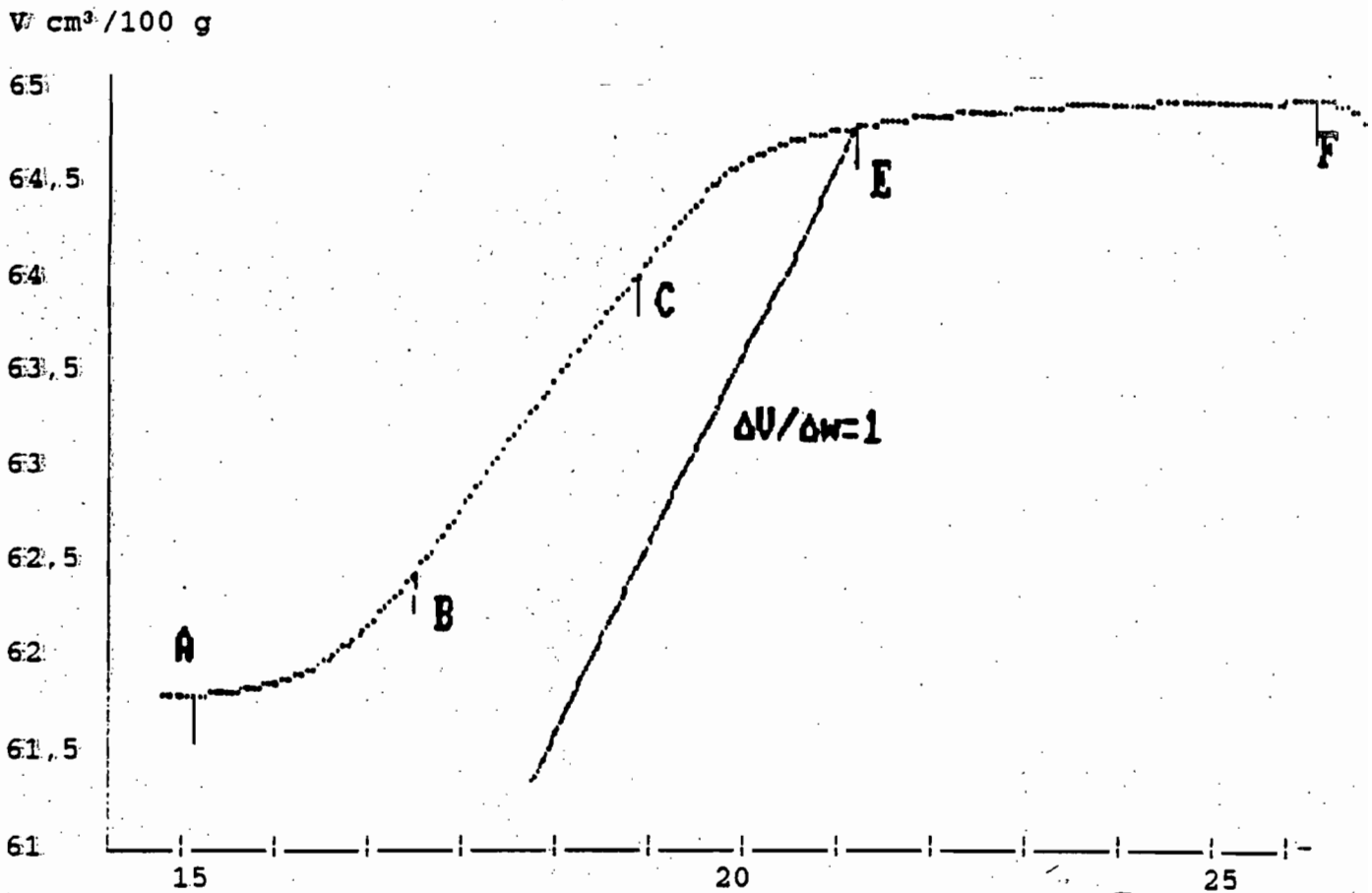


Figure 1 : exemple de courbe de retrait obtenue point par point au rétractomètre

cm<sup>3</sup>/100g

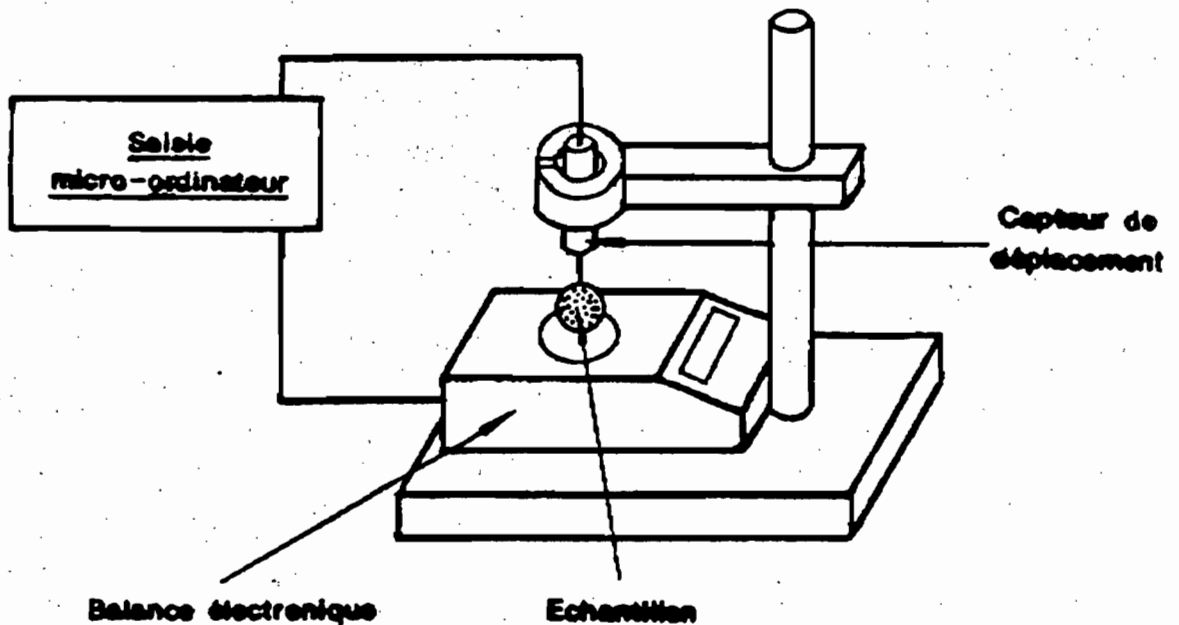


Figure 2 : schéma d'un poste de mesure. Le cylindre de sol est posé sur la tranche

## METHODE ET APPAREILLAGE

L'échantillon humide, protégé par une couche de colle néophrène qui le recouvre en partie, est placé sur une balance, sous un capteur de déplacement (figure 2). La tige mobile de celui-ci repose sur la partie supérieure de l'échantillon de façon à le suivre librement dans le retrait de son diamètre (ou hauteur).

Les conditions expérimentales sont choisies de telle façon que l'on puisse admettre que le départ de l'eau de l'échantillon se fasse par ordre de taille de pores décroissant, et que le gradient de teneur en eau dans celui-ci soit nul.

Pour construire la courbe de retrait, on passe du diamètre au volume de l'échantillon en se basant sur une valeur du volume mesurée à sec, à la fin de l'expérimentation, et en supposant que le retrait est isotrope.

## THEORIE

La courbe de retrait met en évidence le rôle actif d'une phase micro-organisée du sol, le plasma argileux, qui a la propriété de gonfler ou se rétracter en absorbant ou en libérant de l'eau, tout en restant saturé dans une large gamme de teneur en eau. Cette phase micro-organisée argileuse est distribuée en agrégats, constituant ce que l'on appelle les agrégats fonctionnels du sol, incluant ou non les autres constituants du sol (limons, sables), et dont le retrait provoque celui du sol dans son ensemble.

Ainsi, le sol est considéré comme une structure variable, organisée en agrégats fonctionnels (cf figure 3), dans un squelette sableux ou limoneux, et dont la porosité interne constitue la microporosité, et la porosité externe (inter-agrégats) la macroporosité.

L'analyse de la courbe de retrait permet alors d'établir que les points séparant les différentes phases de retrait distinguées sur la courbe (figure 4) sont des points  $(V, w)$  caractéristiques de la structure du sol et des volumes structuraux constitutifs (volumes poraux, agrégats, volumes d'eau) ; ils sont appelés paramètres pédo-hydriques du sol (par exemple :  $W_A, W_B, W_C, W_E, w_o, V_A, V_C, V_E$ ).

Plus que de simples indices, ces points caractéristiques ont une signification physique précise (figure 4), et constituent même un référentiel d'observation pour la description et la quantification des propriétés physiques

du sol : structure, réserves en eau, porosités, agrégats fonctionnels. Chacun de ces aspects de la structure sol est en effet quantifié par une combinaison linéaire des paramètres pédo-hydriques : on montre par exemple que les réserves en eau correspondant aux définitions traditionnelles ont pour valeur [3], [4].

$$RE = (wE - wB) / VA, \quad RFU = (wE - wC) / (e - 1) / VE, \quad \text{et} \quad REU = RE - RFU$$

ou encore, les volumes poraux calculés à la capacité de rétention :

$$\text{volume poral micro : } V_{mi} = (wE(e-2) + wC) / (e-1)$$

$$\text{volume poral macro : } V_{ma} = VE - wE(e-2) / (e-1) - V_s,$$

$V_s$  étant le volume de la phase solide,  $VE$ ,  $wE$ ,  $wC$ ,  $wB$  les valeurs du volume massique et de la teneur en eau de l'échantillon aux points E, C ou B considérés ; et  $e$  la constante logarithmique = 2.718.

Un exemple de feuille d'analyse est donné en annexe.

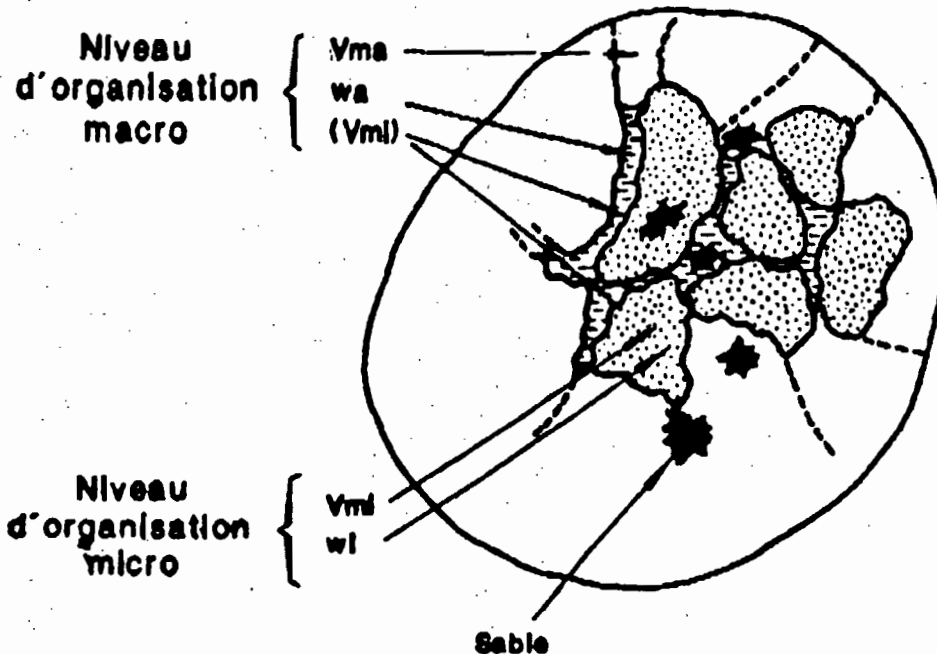


Figure 3 : modèle d'organisation d'un volume de sol

## QUELQUES DOMAINES D'APPLICATION

### En cartographie

La cartographie pédologique, science de description des organisations du sol, a toujours eu beaucoup de mal à quantifier sa description ; notamment en ce qui concerne la structure et les propriétés structurales du sol. Or, la courbe de retrait est une donnée synthétique, caractéristique de la structure du sol et de ses propriétés de variation avec l'eau. Etant décomposable en huit paramètres indépendants, elle permet de comparer de manière quantitative deux unités pédologiques géographiquement espacées, du point de vue de leur structure et de leurs propriétés structurales.

### En agronomie

Le suivi de la structure du sol sous culture (évolution de la microporosité, macroporosité ou divers aspects de la structure), visant à reconnaître une dégradation ou, au contraire, une amélioration des qualités physiques du sol, est envisageable dorénavant de manière quantitative et cohérente par le suivi des paramètres pédo-hydriques du sol, mesurés d'après la courbe de retrait.

### En hydrophysique

Les expérimentations actuelles en rétractométrie permettent d'envisager la possibilité d'une évaluation précise des états hydriques du sol par la pose de capteurs de déplacement in situ, et surtout de leur cartographie spatiale grâce à l'identification et la mesure de ce que l'on appelle les paramètres pédo-hydriques du sol.

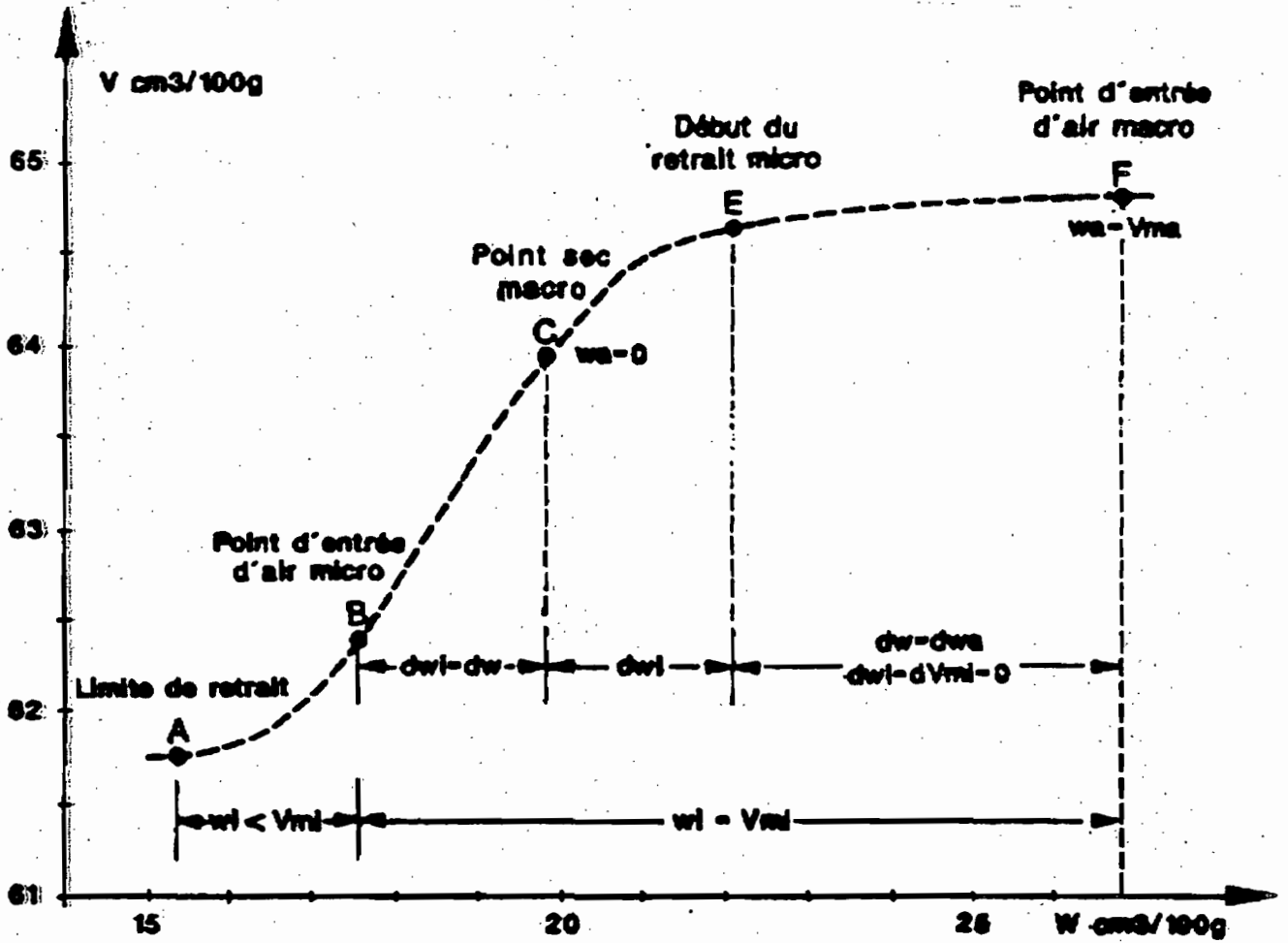
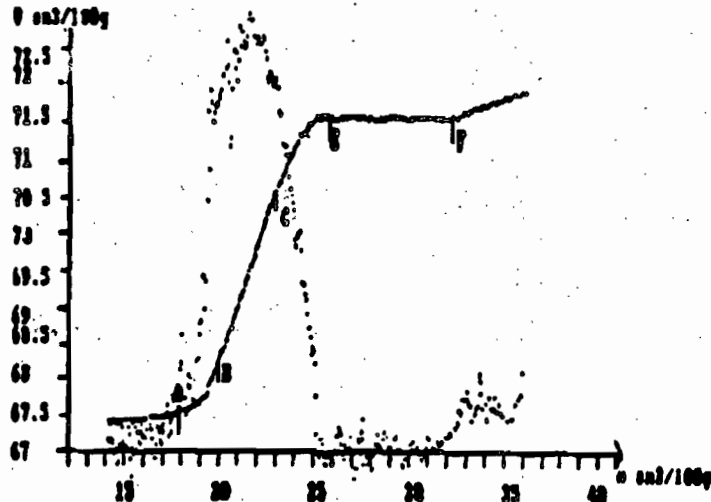


Figure 4 : signification des points particuliers de la courbe de retrait

**EXEMPLE DE FEUILLE D'ANALYSE**

Nom de l'échantillon : 3B1AB1

Localisation : MANTSOUMBA



## ◆ MASSES VOLUMIQUES SECHES

de la phase solide : MVs = 2.68 g/cm<sup>3</sup>  
 de l'échantillon sec : Dsec = 1.48 m/cm<sup>3</sup>  
 de l'échantillon humide : Dhum = 1.39 g/cm<sup>3</sup>

## ◆ RETRAIT GLOBAL : 6 %

◆ CONSTANTES DE RETRAIT : Kr = 0.805 -- Ko = 0.4 · 10<sup>-2</sup>◆ POINTS CARACTERISTIQUES (teneurs en eau en cm<sup>3</sup>/g) :

Limite de retrait : WA % = 17.89  
 Point d'entrée d'air micro : WB % = 19.98  
 Point de saturation micro : WC % = 22.98  
 Capacité de rétention : WE % = 25.78  
 Point de saturation maximum : WO % = 34.41

◆ POROSITES CONSIDEREES AU PT A LA CAPACITE DE RETENTION  
(en cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)

Porosité totale : nt = 47.82 %  
 Porosité structurale : n.macro = 14.07 %  
 Porosité texturale : n.micro = 33.75 %

◆ RESERVES EN EAU ET EN AIR (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>) (calculées en E) :

RFU = 2.28 %      REU = 5.83 %      RE = 8.11 %  
 Eau résiduelle :      Or = 28.00 %  
 Capacité à l'air :      C.A. = 11.79 %

◆ STOCKS D'EAU % (cm<sup>3</sup>/g) (calculés au point E)

**BIBLIOGRAPHIE**

- BRAUDEAU, E., 1987. Mesure automatique de la rétraction d'échantillons de sol non remaniés. *Sci. du Sol*, 25/2 : 85-93.
- BRAUDEAU, E., 1988. Equation généralisée des courbes de retrait d'échantillons de sols structurés. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 307, Série II, p. 1731-1734.
- BRAUDEAU, E., 1988. Essai de caractérisation quantitative de l'état structural d'un sol basé sur l'étude de la courbe de retrait. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 307, Série II, p. 1933-1936.
- BRAUDEAU, E., 1988. Méthode de caractérisation pédohydrrique des sols basée sur l'analyse de la courbe de retrait. *Cab. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol XXIV, n° 3 : 179-189.