

Mesure et modélisation du retrait des sols: Evolution récente, applications, perspectives.

Pascal Boivin.

Laboratoire de Science du Sol, EIL - 150 route de Presinge, CH-1254 Jussy, (+41 22 759 95 17 // pascal.boivin@hesge.ch)

Introduction

La variation de volume du sol en fonction de sa teneur en eau est la courbe de retrait (CR). Sa mesure et sa modélisation font l'objet d'un nombre croissant de publications, qui mettent en avant les progrès en termes de caractérisation physique des sols, de spatialisation, de pédotransfert ou de transdiscipline. Cette communication fait l'état des acquis, des questions et des perspectives.

Porosité des sols

La physique du sol a généralement dû supposer le sol indéformable et uniforme, ce qui engendre des limitations. On se heurte en particulier à des variances élevées et instables (e.g. (Gascuel-Oudou, 1987; Sisson and Wierenga, 1981; Vauclin, 1982)), et donc une spatialisation de faible qualité que l'on tente d'améliorer au moyen des fonctions de pédotransfert (e.g. (Bastet et al., 1998; Pachepsky and Rawls, 2003; Pachepsky et al., 2006)).

Le système poral du sol est organisé et déformable et l'approche basée sur les CR permet de prendre en compte et exploiter ces propriétés. Les phyllosilicates revêtus des autres colloïdes (matière organique (MO), oxides, sels) forment le plasma (Brewer, 1964). Il développe un réseau poral fin indépendant du squelette (Fies and Bruand, 1998). La porosité complémentaire est la porosité structurale. L'ensemble définit la structure à l'échelle du dm^3 (la lame mince, le cylindre ou la motte). Le plasma est hautement déformable avec l'eau et cette déformation se transmet au sol, *via* et *modulo* la structure. Sa porosité est saturée en eau jusqu'à l'entrée d'air (AE) soit des potentiels d'environ pF4.2, ce qui implique un retrait « normal » (pente de 1). Le sol présente en général des pentes de retrait inférieures à 1 (Boivin et al., 2006a), par lesquelles on a vu dès (Haines, 1923) la possibilité de quantifier la rigidité de la structure.

Mesurer le retrait du sol

Retrait et potentiel matriciel se mesurent aujourd'hui en continu, simultanément, sur échantillon non remanié (Boivin et al., 2004). Cette méthode est économique, simple et automatisée. Les propriétés physiques mesurées ont de très faibles coefficients de variation (de 1 à 10%) (Boivin, 2006). Une CR est mesurable et interprétable dès 10% de teneur en argile (Boivin et al., 2006a).

Modèles de retrait

Les modèles actuels sont à base physique pour le sol structuré et le plasma, bien que certaines hypothèses d'écriture restent incomplètement discutées. Pour une pâte d'argile, le modèle récent de (Chertkov, 2000; Chertkov, 2003) que nous dénotons CP, présente l'intérêt d'être calé indépendamment de la mesure du retrait (sauf le volume spécifique sec). Il a été confronté à des observations sur pâte d'argile. La pâte d'argile (*clay matrix*), notion utilisée en physique du sol, n'existe pas dans les sols où l'on trouve du plasma : de l'argile revêtue. CP n'a jamais été confronté à une CR de plasma, car on n'en n'a jamais mesuré. Tous les auteurs supposent que le plasma se déforme comme une pâte d'argile. Pour un sol structuré, les récents modèles XP (Braudeau et al., 1999) et PS (Braudeau et al., 2004), qui ne diffèrent que par leur présentation conceptuelle, sont les seuls à représenter toutes les CR connues. Ils combinent linéairement les CR du plasma et de la porosité structurale, dont ils permettent de calculer à toute teneur en eau de l'échantillon les volumes poraux, leurs teneurs en eau et en air, et la pente qui relie la déformation du système poral à celle du sol (une mesure de la stabilité structurale). Le sous-modèle plasma, semi-empirique, s'avère numériquement identique à CP si le point AE est identique (Boivin, 2006), ce qui est admis par les auteurs des

modèles. XP-plasma et CP seraient donc interchangeable, à condition de connaître le maximum de gonflement du plasma *in situ* ce qui fait encore l'objet de questions (Boivin, 2006).

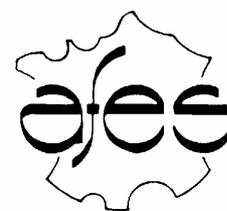
Propriétés, applications et perspectives

La modélisation du retrait permet de définir les réserves en eau des sols (Boivin, 1990; Braudeau, 1988; Braudeau et al., 2004), la dynamique de ses systèmes poreux, mais aussi ses propriétés hydrodynamiques (Garnier et al., 1997) et de déformation élastique (Baumgartl and Kock, 2004). C'est donc un outil transdisciplinaire. Or les propriétés des systèmes poreux et les paramètres du retrait sont linéairement liés aux teneurs et types des constituants colloïdaux (Boivin et al., 2004; Braudeau and Bruand, 1993; Colleuille, 1993; Schäffer et al., 2007), qu'il s'agisse de l'argile, de la MO ou des oxydes, ce qui en fait une puissante fonction de pédotransfert *déterministe*. Les comparaisons avec des mesures directes (à une seule teneur en eau) sont excellentes : porosimétrie mercure (Boivin, 2006; Braudeau and Bruand, 1993), désorption et tomographie (Schäffer et al., 2007). Les applications à la protection physique des sols (compaction) ont permis de la possibilité de standardiser les paramètres vis-à-vis des teneurs en colloïdes pour filtrer la variabilité spatiale (Boivin et al., 2006b; Schäffer et al., 2007).

Références

- Bastet, J., A. Bruand, P. Quetin, and I. Cousin. 1998. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à l'aide de fonctions de pédotransfert (FPT) : une analyse bibliographique. *Etude et Gestion des Sols* 5:7-30.
- Baumgartl, T., and B. Kock. 2004. Modeling volume change and mechanical properties with hydraulic models. *Soil Science Society of America Journal* 68:57-65.
- Boivin, P. 1990. Caractérisation physique des sols sulfatés acides de la vallée de Katoure (basse Casamance, Sénégal) : variabilité spatiale et relation avec les caractéristiques pédologiques. (In French). Thèse Université Paris VI, Ed. ORSTOM Paris, Série Etudes et Thèses, 226 pages.
- Boivin, P. 2006. Anisotropy, cracking, and shrinkage of vertisol samples. *Experimental study and shrinkage modeling. Geoderma* in press:10.1016/j.geoderma.10.009.
- Boivin, P., P. Garnier, and D. Tessier. 2004. Relationship between clay content, clay type and shrinkage properties of soil samples. *Soil Science Society of America Journal* 68:1145-1153.
- Boivin, P., P. Garnier, and M. Vauclin. 2006a. Modeling the soil shrinkage and water retention curves with the same equations. *Soil Science Society of America Journal* 70:1082-1093.
- Boivin, P., B. Schaeffer, E. Temgoua, M. Gratier, and G. Steinman. 2006b. Assessment of soil compaction using shrinkage curve measurement and modeling. *Experimental results and perspectives. Soil & Tillage Research* 88:65-79.
- Braudeau, E. 1988. Equation généralisée des courbes de retrait d'échantillons de sols structurés (in French). *C. R. Acad. Sci. Ser. II* 307:1731-1734.
- Braudeau, E., and A. Bruand. 1993. Determination of the clay shrinkage curve using the shrinkage curve of the undisturbed soil sample - Application to a soil sequence in Ivory-Coast. *C. R. Acad. Sci. Ser II* 316:685-692.
- Braudeau, E., J.P. Frangi, and R.H. Mohtar. 2004. Characterizing non-rigid aggregated soil-water medium using its shrinkage curve. *Soil Science Society of America Journal* 68:359-370.
- Braudeau, E., J.M. Costantini, G. Bellier, and H. Colleuille. 1999. New device and method for soil shrinkage curve measurement and characterization. *Soil Science Society of America Journal* 63:525-535.
- Brewer, R. 1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. John Wiley and Sons, New York.
- Chertkov, V.Y. 2000. Modeling the pore structure and shrinkage curve of soil clay matrix. *Geoderma* 95:215-246.
- Chertkov, V.Y. 2003. Modelling the shrinkage curve of soil clay pastes. *Geoderma* 112:71-95.
- Colleuille, H. 1993. *Approches physique et morphologique de la dynamique structurale des sols. Application à l'étude de deux séquences pédologiques tropicales*. Thèse de Doctorat de l'Université Paris VI, Sciences de la terre, Pédologie, 312 p. et annexes.
- Fies, J.C., and A. Bruand. 1998. Particle packing and organization of the textural porosity in clay-silt-sand mixtures. *European Journal of Soil Science* 49:557-567.
- Garnier, P., M. Rieu, P. Boivin, M. Vauclin, and P. Baveye. 1997. Determining the hydraulic properties of a swelling soil from a transient evaporation experiment. *Soil Science Society of America Journal* 61:1555-1563.
- Gascuel-Oudoux, C. 1987. Variabilité spatiale des propriétés hydriques du sol, cas d'une seule variable: revue bibliographique. *Agronomie*, 7 (1), 61-71.
- Haines, W.B. 1923. The volume changes associated with variations of water content in soil. *J. Agric. Sci. Camb.* 13:296-311.
- Pachepsky, Y.A., and W.J. Rawls. 2003. Soil structure and pedotransfer functions. *European Journal of Soil Science* 54:443-451.
- Pachepsky, Y.A., W.J. Rawls, and H.S. Lin. 2006. *Hydropedology and pedotransfer functions*. *Geoderma* 131:308-316.
- Schäffer, B., R. Schulin, and P. Boivin. 2007. Changes in shrinkage and porosity of restored soil caused by compaction beneath heavy agricultural machinery. *European Journal of Soil Science* (Submitted).
- Sisson, J.B., and P.J. Wierenga. 1981. Spatial Variability of Steady-State Infiltration Rates as a Stochastic Process. *Soil Science Society of America Journal* 45:699-704.
- Vauclin, M. 1982. Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. *Colloque S.H.F.-I.N.R.A., Avignon, Juin 1982*, pp 9-45.

Association Française pour l'Etude des Sols



Actes des 9^{es} J^{es}

Journées Nationales de l'Etude des Sols



3 au 5 avril

2007

ANGERS

**Institut National d'Horticulture
UMR SAGAH**

© AFES – INH, 2007

Actes des 9^{es} Journées Nationales de l'Etude des Sols, 3-5/4/2007

J.P. Rossignol (ed) Angers