

Nouveau paradigme en Pédologie : Une physique de l'organisation interne du sol

Braudeau Erik

IRD, SeqBio , 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1 , erik.braudeau@mpl.ird.fr

Introduction

“Addressing the diverse soil and water issues at various spatial and temporal scales requires bridging traditional pedology, soil physics, hydrology and other related disciplines” (1). Cependant, cette transdisciplinarité requise reste assujettie à cette question fondamentale non encore résolue: Comment les descriptions qualitatives et quantitatives d'un système multiéchelle, hydro-fonctionnel et spatialement organisé, le sol, peuvent elles être intégrées dans une même approche de modélisation? Nous pensons que cela est possible à condition d'établir un nouveau paradigme en physique du sol et pédologie qui romperait avec la physique des milieux poreux continus pour tenir compte de l'organisation interne du sol (2). Ce nouveau paradigme permettrait en effet une meilleure compréhension et prise en compte des deux points essentiels suivants, jusqu'alors écartés:

- l'interaction physique, multiéchelle, entre la structure du sol et l'eau (ou solution) qui confère au sol ses propriétés hydro-structurales ;

- la caractérisation et modélisation de cette interaction aux différentes échelles fonctionnelles ainsi que la transférabilité de l'information, de l'échelle locale interne (ou microscopique) de la *pédostructure* (3) à l'échelle globale externe (ou macroscopique) de l'unité de sol.

Modéliser l'organisation interne du sol

Les niveaux d'observation macroscopique des activités ou fonctions du sol intéressant l'agronome (champ, exploitation, région), ne sont que rarement en relation avec les échelles microscopiques auxquelles se déroulent les processus biologiques, chimiques ou physiques qui en sont à l'origine. Or, ces processus se déroulent dans un milieu physique organisé, le sol, constitué de particules solides, d'eau et d'air : les particules solides sont arrangées et positionnées spatialement et forment une structure en agrégats hiérarchisés du sol, alors que l'eau et l'air sont mobiles dans cette structure (l'eau s'interposant entre la phase solide et l'air).

Par conséquent, si l'on veut modéliser, et, par là, contrôler et réguler les activités et fonctions du sol au niveau macroscopique de l'agronome, il faut s'appuyer sur une connaissance des processus en cause, non pas à ce niveau macroscopique mais *aux niveaux locaux (microscopiques) de la structure du sol où ils se produisent* (la couche d'eau à la surface des éléments solides de la structure). Il faut également intégrer la connaissance de leurs effets, de niveaux en niveaux fonctionnels (particules, agrégats primaires, assemblage d'agrégats, horizons du sol, pédon), jusqu'à l'échelle macroscopique de l'utilisateur, l'unité primaire de sol. Ceci sous-entend une connaissance préalable de la structure fonctionnelle et hiérarchisée du « milieu organisé interne du sol », incluant la définition des variables descriptives de chaque niveau d'organisation (par exemple les teneurs en eau inter et intra agrégats primaires, W_{ma} et W_{mi}).

Ainsi pourra-t-on décrire et modéliser l'état physique et thermodynamique de ce milieu sol-eau-air organisé représentatif de l'horizon de sol, la pédostructure, qui conditionne

les processus biologiques chimiques et physiques qui s'y déroulent (2). Cet état physique, résultant de l'interaction entre l'eau et la structure du sol à ses différents niveaux d'organisation, a été appelé « état hydro-structural du sol ». Sa modélisation nécessite la définition quantitative des variables d'état (volumes spécifiques, teneurs en eau et en air spécifiques, potentiel de l'eau) de chaque niveau fonctionnel de la structure.

Nouveau paradigme de la modélisation et caractérisation hydrostructurale du sol

Tenir compte de l'organisation du sol et de son interaction avec l'eau dans la modélisation du fonctionnement hydrique du sol a conduit à deux réalisations importantes en science du sol :

- La réalisation du modèle « Kamel[®] » (2), modèle physique du fonctionnement hydrostructural du sol qui tient compte de la structure hiérarchisée du sol et des propriétés de gonflement-retrait de son plasma argileux. Ce modèle est gouverné par des équations physiquement établies, dont les paramètres peuvent être soit directement mesurés en laboratoire (cf. point suivant), soit calculés d'après leur signification en fonction d'informations courantes sur le sol comme le pF 4.2, la capacité au champ, etc. ; (ou encore, estimés à l'aide des fonctions de pédotransfert, d'après la texture et la teneur en matière organique du sol).
- La mise au point, au laboratoire, d'une *caractérisation physique « idéale » des sols* qui fournit les 15 paramètres hydrostructuraux, paramètres indépendants des quatre courbes caractéristiques du sol qui seront présentées ci-après. Il s'agit de :
 - a) la courbe de retrait $V = f(W)$
 - b) la courbe tensiométrique $h(W)$
 - c) la courbe de conductivité hydraulique du sol non saturé : $k(W)$
 - d) la courbe de gonflement V (temps)

W étant la teneur en eau (kg eau/kg sol), V le volume spécifique apparent ($\text{dm}^3/\text{kg sol}$), h la succion en kPa (ou dm d'eau) et k la conductivité en dm/s . Ces quatre courbes caractéristiques, ou les 15 paramètres des équations qui les décrivent, constituent les entrées du modèle Kamel[®]. Ces paramètres sont tirés de la mesure en continu de ces courbes au laboratoire.

Conclusion

La prise en compte de la structure du sol dans les équations d'interaction et de transfert de l'eau (et solutés) dans les sols, que traduit le nouveau vocable de « Propriétés hydrostructurales du sol », élargit considérablement le champ de recherche et d'application de la physique du sol et permet notamment d'intégrer la multitude des modèles empiriques portant sur le fonctionnement hydrique du sol, en un seul modèle physique du fonctionnement hydrostructural du sol.

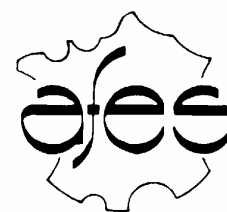
Cette prise en compte de la structure hiérarchisée du sol constitue la nouveauté des méthodes de caractérisation et modélisation des propriétés physiques du sol, qui ont été mises au point au laboratoire de Pédologie de l'IRD (UR SeqBio) au PRAM (Pôle de Recherche Agronomique de la Martinique) dans le cadre du projet SIRS-Sols de la Martinique (projet financé par le Ministère de l'Outre Mer, 2005-2006).

(1) Lin H., 2003. *Hydropedology: Bridging Disciplines, Scales, and Data.* Vadoze Zone J. 2, 1-11.

(2) Braudeau, E. and Mohtar, R.H., 2007. *Bridging the Gap Between Pedology and Soil Physics for a Multiscale Description of Spatially Organized Land Systems.* Global Planetary Change Journal (accepted)

(3) Braudeau, E., Frangi, J.P. and Mohtar, R.H., 2004. *Characterizing non-rigid dual porosity structured soil medium using its Shrinkage Curve.* Soil Sci. Soc. Am. J. 68, 359-370.

Association Française pour l'Etude des Sols



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

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