



**HAL**  
open science

## Évaluation du modèle APSF pour représenter la structure des sols et sa dynamique

Sophie Leguédois, Nicolas Marilleau, Jean Rémi Toguebaye, Nouhou-Salifou Jangorzo, Françoise F. Watteau, Christophe C. Schwartz

► **To cite this version:**

Sophie Leguédois, Nicolas Marilleau, Jean Rémi Toguebaye, Nouhou-Salifou Jangorzo, Françoise F. Watteau, et al.. Évaluation du modèle APSF pour représenter la structure des sols et sa dynamique. 1. Journées matériaux numériques. De la numérisation au comportement, Feb 2013, Loches, France. 2013. hal-02747239

**HAL Id: hal-02747239**

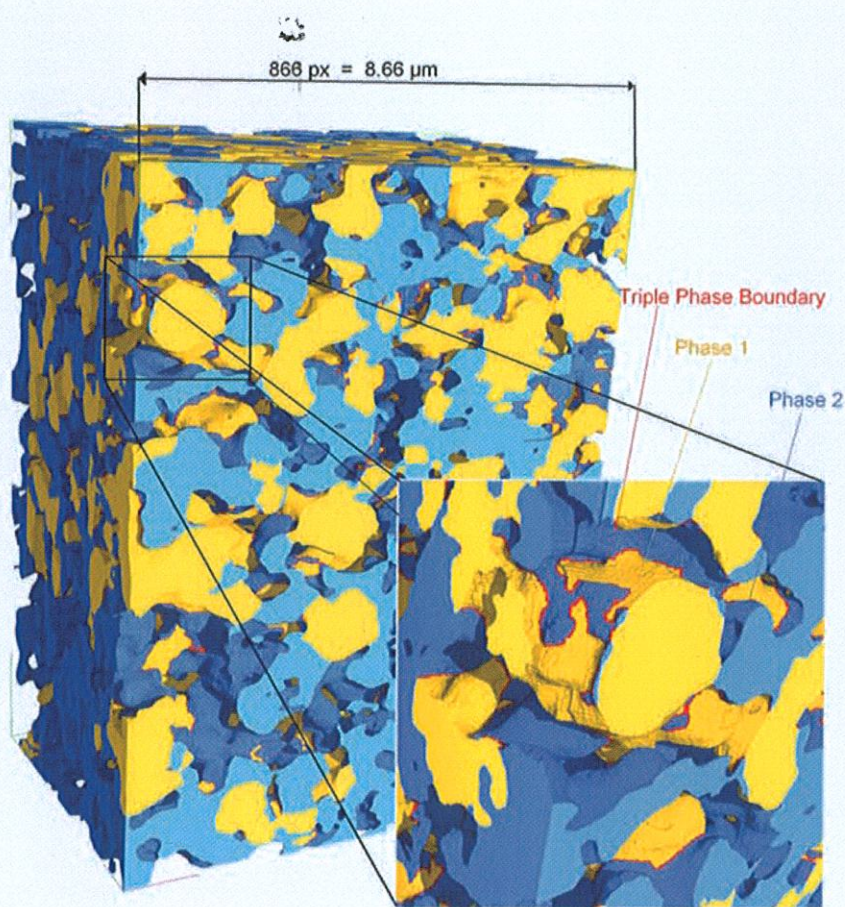
**<https://hal.inrae.fr/hal-02747239v1>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Loches, 12.13-14 février 2013



# Évaluation du modèle APSF pour représenter la structure des sols et sa dynamique

Sophie LEGUEDOIS<sup>1,2</sup>, Nicolas MARILLEAU<sup>3</sup>, Jean Rémi TOGUEBAYE<sup>1,2</sup>, Nouhou Salifou JANGORZO<sup>1,2</sup>,  
Françoise WATTEAU<sup>1,2</sup>, Christophe SCHWARTZ<sup>1,2</sup>

sophie.leguedois@univ-lorraine.fr

<sup>1</sup> INRA, LSE, UMR 1120, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54505, France

<sup>2</sup> Université de Lorraine, LSE, UMR 1120, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54505, France

<sup>3</sup> IRD, UMMISCO, UMI 209, Bondy, F-93143, France

## Résumé

Bien qu'étant un élément clef pour évaluer la durabilité des services écosystémiques que les sols assurent, toute la complexité de la structure n'est actuellement pas prise en compte dans les modèles d'évolution des sols. Dans l'objectif de développer une représentation numérique tridimensionnelle, spatialement hétérogène et dynamique de la structure du sol nous nous sommes penchés sur le modèle Arborescent-Pore-Solide-Fractal (APSF). Ce modèle, inspiré des fractales, permet une représentation discrète et multi-échelle des différents constituants des sols (p. ex. pore, matières organiques et minérales). À l'aide de données mesurées sur des Technosols construits, qui sont à la fois un procédé de réhabilitation des sols et un modèle expérimental pour l'étude de leur évolution, nous faisons une première évaluation de la représentativité de l'APSF.

## Introduction

Le sol est un milieu où s'entremêlent et se combinent les mondes biotiques et abiotiques dans une structure organisée multi-échelle, hétérogène. Cette structure, dynamique, influence le fonctionnement et l'évolution des sols ainsi que les services écosystémiques qu'ils assurent, en particulier leur capacité à fournir une production végétale. Son évolution se caractérise par une réorganisation spatiale des agrégats et de la porosité, sous l'action d'agents biologiques (faune du sol, microorganismes, racines). Ainsi, la structure des sols et sa dynamique sont des éléments clefs pour évaluer la durabilité des services écosystémiques. Or, dans nombre de modèles actuels d'évolution des sols, la structure est représentée sans prendre en compte sa tridimensionnalité, ses hétérogénéités spatiales, sa dynamique temporelle, ni ses rétroactions avec les processus biologiques (Leguedois *et al.*, soumis). Ainsi, une représentation numérique de la structure du sol, intégrant ces éléments, reste à développer (Young *et al.*, 2001).

Dans ce travail, nous présentons le modèle de structure virtuelle de sol Arborescent-Pore-Solide-Fractal (APSF) et nous faisons une première évaluation de sa représentativité par comparaison avec des sols réels, plus précisément des Technosols construits. Les Technosols construits, en plus d'être un procédé de réhabilitation de sols dégradés, constituent également un modèle expérimental pertinent pour l'étude des stades précoces d'évolution et de formation des sols en général (Séré *et al.*, 2008 ; Leguedois *et al.*, soumis).

## Présentation de l'APSF

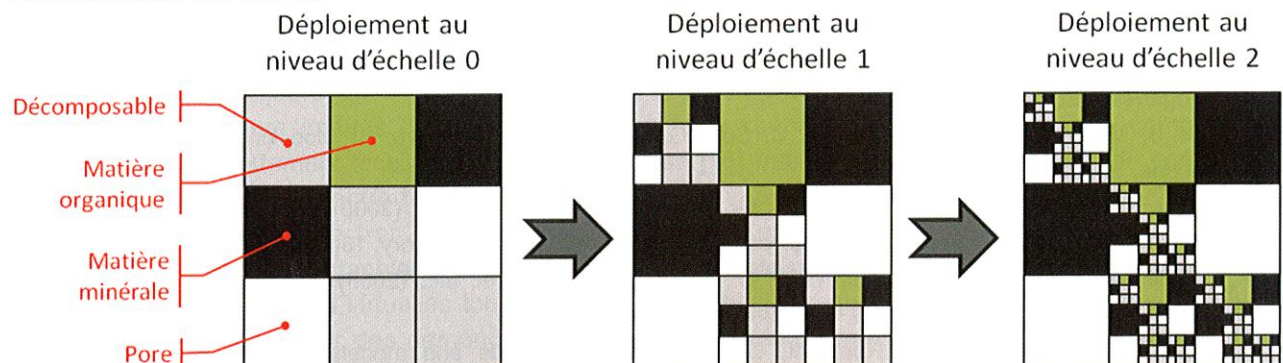


Figure 7 : Schéma 2D de représentation de la structure de sol selon l'APSF.

La structure de sol est représentée par des volumes qui peuvent être de type solide, poreux ou décomposable et qui sont agencés selon un motif défini (ou canevas) reproduit dans l'espace. Les volumes décomposables se dissocient en volumes plus petits au niveau d'échelle supérieure en suivant le canevas. La structure peut ainsi être déployée hiérarchiquement sur plusieurs niveaux d'échelle (ici trois).

L'APSF a été proposé initialement par Marilleau *et al.* (2008) sur la base des travaux de Bird et Perrier (2003). Il s'agit d'une structure virtuelle tridimensionnelle et multi-échelle qui décrit synthétiquement la structure des sols. La dynamique est simulée par intégration dans un système multi-agents modélisant l'action d'organismes biologiques (Beurier *et al.*, 2009 ; Blanchart *et al.*, 2009). Cette représentation séduisante nécessite d'être confrontée à une large gamme de sols réels.

Plus précisément, l'APSF est une représentation discrète, inspirée des fractales, qui décrit l'espace en cubes selon un arbre de canevas qui se déploie, à la demande, aux niveaux d'échelle utiles (Figure 1). Le synthétisme et l'expression de cette approche sont des gages de réalisme et d'efficacité.

### Première évaluation de la représentativité de l'APSF

Une série de mesures a été acquise *in situ* sur un Technosol construit : caractéristiques pédologiques classiques (densité apparente, texture, teneur en matière organique) ainsi que paramètres descriptifs de la porosité obtenus par analyse d'images (Jangorzo *et al.*, en révision). Les caractéristiques pédologiques mesurées sur 19 échantillons ont été utilisées pour cette première évaluation. Les masses volumiques réelles des matières minérale et organique ont été respectivement définies à 2,62 et 0.8 g.cm<sup>-3</sup>. Les autres paramètres de l'APSF, c-à-d des proportions des canevas pour les six premiers niveaux d'échelle (soit 6 niveaux × 4 types de cellule, donc 24 paramètres), ont été déterminés par calibration par 10 000 tirages de Monte Carlo sur des distributions de Dirichlet ( $Dir(\alpha_1=1, \alpha_2=1, \alpha_3=1, \alpha_4=1)$ ) et calcul d'une erreur quadratique moyenne (EQM) entre les proportions volumiques mesurées et modélisées de matière organique, matière minérale et pores totaux (densité apparente). La variabilité des données réelles a été prise en compte en calculant un intervalle de confiance à 95 % pour les EQM par bootstrap sur les 19 répétitions.

Ces premiers résultats montrent : (i) une bonne représentativité de la structure virtuelle avec une EQM totale minimale de 2,9 % ; (ii) l'influence majeure des éléments grossiers (taille comprise entre 2 mm et 2 cm) sur la description de la structure par l'APSF comme indiquée par l'important contrôle de l'EQM par les paramètres du canevas du 1<sup>er</sup> niveau d'échelle ; (iii) l'importance de la prise en compte de la variabilité des mesures qui peut être du même ordre de grandeur que l'EQM pour la teneur en matière organique et le volume total de pores. La structure virtuelle ainsi calibrée va être comparée avec les informations sur la porosité obtenues par analyse d'image afin d'évaluer cette représentation numérique. Si l'APSF calibré se révèle suffisamment représentatif de la structure réelle, l'étape suivante sera la simulation de sa dynamique sous l'action de la faune du sol à l'aide d'un système multi-agent.

### Références

- Bird, N. R. A. et Perrier, E. M. A. (2003). The pore-solid fractal model of soil density scaling. *Eur. J. Soil Sci.*, 54(3):467–476.
- Beurier, G., Cambier, C., Marilleau, N., Perrier, E. et Duponnois, R. (2009). Agent-based models to address the spatial complexity of biological and physical interactions in soils. *Geophysical Research Abstracts*, 11:EGU2009–12598–1.
- Blanchart, E., Marilleau, N., Chotte, J.-L., Drogoul, A., Perrier, E. et Cambier, C. (2009). SWORM: An agent-based model to simulate the effect of earthworms on soil structure. *Eur. J. Soil Sci.*, 60(1):13–21.
- Jangorzo, N. S., Watteau, F. et Schwartz, C. (2012). Evolution of the pore structure of constructed Technosols during early pedogenesis. En révision à *Geoderma*.
- Leguëdois S, Morel J L, Cortet J, Ouvrard S, Séré G, Watteau F et Schwartz C. Modelling pedogenesis in the Anthropocene. Soumis à *Geoderma*.
- Marilleau, N., Cambier, C., Drogoul, A., Chotte, J.-L., Perrier, E. et Blanchart, E. (2008). Multiscale MAS modelling to simulate the soil environment: Application to soil ecology. *Simul. Model. Pract. Theory*, 16(7):736–745.
- Séré, G., Schwartz, C., Ouvrard, S., Sauvage, C., Renat, J.-C. et Morel, J.L. (2008). Soil construction: A step for ecological reclamation of derelict lands. *J. Soils Sediments*, 8(2):130–136.
- Young, I. M., Crawford, J. W. et Rappoldt, C. (2001). New methods and models for characterising structural heterogeneity of soil. *Soil Tillage Res.*, 61(1–2):33–45.