

Le Corps professoral de
Gembloux Agro-Bio Tech - Université de Liège vous prie
de lui faire l'honneur d'assister à la défense publique de la dissertation originale que

Madame SMET Sarah,

**Titulaire d'un diplôme de master bioingénieur : sciences et technologies de l'environnement, à
finalité spécialisée,**

présentera en vue de l'obtention du grade et du diplôme de

DOCTEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES ET INGENIERIE BIOLOGIQUE,
le 22 août 2018, à 15 heures précises (personne ne sera admis après cette heure),
en l'auditorium GR (Génie rural, bât. 2),
Passage des Déportés, 2, à 5030 GEMBOUX.

Cette dissertation originale a pour titre :

« Soil structure exploration and measurement of its macroscopic behavior for a
better understanding of the soil hydropedodynamic functionalities ».

Le jury est composé comme suit :

Président : Prof. G. MAHY, Professeur ordinaire,

Membres : Prof. A. DEGRE (Promotrice), Prof. A. LEONARD (copromotrice), Prof. J.-T.
CORNELIS, Prof. B. HAUT (ULB), Dr S. SAMMARTINO (Université d'Avignon, France).

Résumé

La perméabilité à l'eau et à l'air du sol sont des propriétés physiques fondamentales dans le rôle d'interface environnementale joué par le sol. À ce jour, les courbes des perméabilités à l'eau $K(\theta)$ et à l'air $k_a(\varepsilon)$ du sol en fonction de sa teneur en eau ne peuvent être connues que de manière discrète et ne sont jamais observées sur toute la gamme de teneur en eau. Pour pallier ce manque d'information, des modèles de prédiction de $K(\theta)$ et $k_a(\varepsilon)$ ont vu le jour, ceux-ci considérant la structure même de l'espace poral du sol comme paramètre d'optimisation alors que nous savons que $K(\theta)$ et $k_a(\varepsilon)$ en dépendent fortement. Cela, ajouté au caractère unique de la relation entre un réseau poral et ses propriétés de transfert, fait que de nouvelles voies d'étude des relations $K(\theta)$ et $k_a(\varepsilon)$ doivent être explorées.

L'observation de la structure de l'espace poral du sol par microtomographie à rayon X (RX) est une option prometteuse qui pourrait permettre de résoudre des questions ouvertes dans la communauté scientifique des physiciens du sol. Cette technique permet l'acquisition d'images 3D d'objets à densités contrastées. Dans le cas d'un milieu poreux naturel tel que le sol, une bonne interprétation des images nécessite un traitement préliminaire de celles-ci, traitement qui doit être choisi de manière éclairée. Une question de recherche transversale de cette thèse, mais néanmoins préliminaire à toute autre manipulation, est dès lors de comparer statistiquement les effets de divers traitements d'images sur les données finales de caractérisation des images RX. En utilisant des images simulées, nous avons pu choisir la meilleure approche pour le traitement de nos images RX de sol.

L'objectif général de la thèse vise à établir des relations entre les caractéristiques structurelles microscopiques du sol (le volume du plus petit pore visible étant de $0,0004 \text{ mm}^3$) et des paramètres de fonctionnalités tels que la perméabilité. Plus spécifiquement, nous avons confirmé que l'utilisation d'images 3D RX permet de mieux appréhender la courbe de rétention du sol proche de la saturation via l'identification des plus gros pores du sol qui sont souvent ignorés, suite à divers artefacts, lors des mesures de rétention par plaques céramiques sous pression. Nous avons aussi identifié des paramètres microscopiques morphologiques du réseau poral du sol expliquant la conductivité hydraulique à saturation du sol, et des paramètres microscopiques de distribution de la porosité expliquant la perméabilité à l'air du sol.

La quantification finale des caractéristiques des images RX dépend du traitement d'images appliqué, mais également de la résolution des images. Nous avons conclu que travailler à une plus haute résolution n'apportait pas assurément un plus haut degré de connaissance du réseau poral observé car la résolution va de pair avec la taille de l'échantillon étudié. De plus, il est également possible que la distribution des tailles de pores d'un sol étudié soit suffisamment quantifiable à basse résolution. Nous avons néanmoins observé que la connectivité morphologique et topologique du réseau poral d'un sol augmente avec la résolution. Enfin, nous avons souligné les imperfections de la théorie capillaire appliquée aux sols en scannant les mêmes échantillons de sol à diverses teneurs en eau. Tel que supposé, la connectivité du réseau poral du sol joue un rôle important dans l'accessibilité des pores au drainage.

Après avoir exploré les effets de la structure microscopique d'un réseau poral sur les propriétés hydrodynamiques du sol, nous avons évalué les incidences du taux de matière organique et de formes libres de fer (formation d'associations organo-minérales) sur cette même structure microscopique de sol.

Cette dissertation débat donc des avantages et limitations de la technique microtomographique à RX appliquée aux sols pour une compréhension plus réaliste des processus hydrodynamiques se produisant dans le sol.