

---

**IMAGERIE QUANTITATIVE NON INVASIVE ET EXPERIMENTATION POUR  
L'INTÉGRATION DES PHÉNOMÈNES D'ÉCOULEMENT NON – UNIFORME  
DANS LES MODÈLES DE TRANSFERT DE MASSE EN MILIEUX POREUX  
HÉTÉROGÈNES – APPLICATION AUX SOLS STRUCTURES**

Thèse de Anne-Sophie **LISSY**<sup>1</sup>

Analyse de Pierre **DELAGE**<sup>2</sup>

Directrice de thèse : Liliana **Di Pietro**, Directeur de recherche INRA Avignon

Co-encadrants : Stéphane **Sammartino**, MCF Avignon Université et Stéphane **Ruy**, Chargé de recherche INRAE Avignon

Le mémoire de thèse d'Anne-Sophie Lissy comprend 306 pages. Il est constitué d'une introduction, de quatre chapitres et d'une conclusion, suivie de six annexes. La qualité de sa rédaction et de sa présentation est excellente, avec de nombreuses figures de qualité présentant en détail l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus, qui font également l'objet de discussions approfondies et riches. Le sujet de la thèse est complexe, il traite des transferts d'eau dans des sols dont la structure naturelle a été préservée, en tenant compte des différents niveaux de porosité, aux niveaux macro et micro. Pour ce faire, des essais d'infiltration drainage sont réalisés sur divers échantillons soumis à différents états hydriques. L'originalité de l'étude réside dans le fait que les investigations expérimentales très soignées (infiltration – drainage, rétraction) sont complétées par une caractérisation de la macroporosité à l'aide d'un microtomographe à rayons X, ce qui donne des éléments nouveaux et complémentaires sur la configuration des macropores, pour une analyse et une modélisation plus précises des transferts d'eau macro-micro à divers niveaux de saturation (l'étude est ciblée vers des sols de types méditerranéens).

L'investigation expérimentale est couplée à une modélisation des transferts entre les différents niveaux de structure basée sur un modèle à double compartiment dit de Darcy – Richards – KDW, prenant en compte les effets dispersifs. Après une analyse bibliographique approfondie des aspects expérimentaux et théoriques de ce domaine complexe, visiblement bien intégrés par l'auteure, les procédures expérimentales et les échantillons étudiés sont décrits en détail, avec une attention particulière portée aux méthodes d'analyse d'image, d'analyse de sensibilité et d'estimation des paramètres par inversion, basées sur diverses méthodes théoriques avancées et ambitieuses (FAST, DREAM, divers outils relatifs à l'analyse d'image 3D) que l'auteure a visiblement bien su s'approprier et utiliser dans l'analyse de ses données. L'analyse et la discussion des données expérimentales obtenues sont toujours très fouillées et approfondies (en incluant également des réflexions sur les limites des approches abordées), et le travail a permis de compléter la modélisation par la détermination et l'utilisation de paramètres nouveaux dont la détermination est à présent permise par la tomographie aux

---

<sup>1</sup> Thèse de doctorat pour l'obtention du grade de Docteur d'Avignon Université en Sciences Agronomiques, Ecole doctorale n° 536 « AGROSCIENCES ET SCIENCES », présentée et soutenue le 07 février 2019

<sup>2</sup> Pierre Delage, Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section 5 « Interactions milieux - êtres vivants »

rayons X (ce qui constitue une première). La figure III – 5 donne, en particulier, des images 3D spectaculaires de reconstitution des profils de macroporosité – totale et percolante - dans les différents états hydriques, quantifiés par des fonctionnelles de Minkowski, permettant la mise en évidence de l'effet de la nature du sol – texture argileuse ou sableuse – et du travail qu'il a subi, sur la nature et les modifications de la macroporosité : effets des racines, galeries de vers de terre, macropores inter-agrégats. Une autre contribution importante est la caractérisation du remplissage (ou non) des macropores en eau (Figure IV – 7), essentielle pour la compréhension des écoulements en situation partiellement saturée.

L'ensemble du travail est remis en perspective est discuté dans le chapitre IV, dans lequel le recul pris par l'auteure par rapport à l'ensemble de son travail lui permet d'aller plus loin dans l'analyse et les conclusions. La conclusion qui suit ce chapitre est également caractérisée par un grand recul, avec de nombreuses perspectives de recherche ouvertes par ce travail riche et novateur.

Ce rapporteur considère donc qu'il s'agit d'un travail de thèse de très grande qualité, supérieur à ce que l'on rencontre en général, et donc tout à fait digne d'être valorisé par la mise sur le site de l'Académie de ce document d'analyse.