

Evaluation de l'impact des propriétés du sol sur l'hydrologie simulée dans le modèle ORCHIDEE

Résumé : Les sols jouent un rôle important dans le fonctionnement des processus hydrologiques à la surface de la Terre. La dynamique de l'eau dans le sol, l'évaporation ainsi que la transpiration des plantes sont tous des processus fortement contrôlés par les propriétés hydrauliques des sols. Ces dernières sont donc essentielles dans l'estimation des flux hydrologiques de surface. L'objectif de cette thèse est d'améliorer la représentation des propriétés hydrologiques des sols dans le modèle ORCHIDEE (ORganizing Carbon and Hydrology in Dynamic EcosystEms), qui décrit les surfaces continentales dans le modèle de climat de l'IPSL (Institut Pierre Simon Laplace), et qui fait donc partie des modèles de surface continentales (land surface models, ou LSMs). Les propriétés du sol sont déterminées par la granulométrie de la terre fine, dite texture, et par sa structure, qui caractérise l'assemblage de ses constituants et des pores. Mais dans ORCHIDEE comme dans beaucoup des LSMs, la représentation des sols est simplifiée : les propriétés du sol sont déduites à partir d'une carte de texture par des fonctions de pedo-transfert.

La première partie de cette thèse présente l'effet de différentes cartes de textures sur les flux hydrologiques simulés, à différentes échelles, pour évaluer la réponse du modèle aux différentes textures. Cette partie démontre que, si l'influence de la texture sur les flux simulés est bien rendue par le modèle, le choix de la carte de texture joue peu sur les bilans d'eau simulés à grande échelle (Tafasca et al., 2000, HESS).

Du fait de son rôle avéré dans le fonctionnement hydrologique des sols, l'influence de la structure sur les processus hydrologiques est explorée en deuxième partie. La variabilité de la structure au sein d'une même texture de sol amène à des comportements hydrologiques différents. C'est particulièrement le cas des argiles, qui sont habituellement regroupées dans une même classe texturale, malgré une structure et des comportements hydrologiques contrastés entre les argiles gonflantes (Vertisols des zones tempérées) et non gonflantes (Oxisols des zones tropicales). Cette thèse propose ainsi une cartographie et des fonctions de pédo-transfert enrichies pour distinguer ces deux types d'argiles. Par ailleurs, un contrôle majeur de la structure est la teneur en matière organique du sol, qui influence fortement la porosité et l'ensemble des propriétés hydrauliques du sol. Plusieurs approches plus globales ont été testées pour tenir compte de cette influence dans le modèle ORCHIDEE. Une conclusion majeure de cette thèse est que la prise en compte de la structure permet une représentation plus réaliste des sols ainsi qu'une amélioration de l'évapotranspiration simulée dans le modèle ORCHIDEE.

Mots-clefs : modélisation des surfaces continentales, modèle ORCHIDEE, hydrologie du sol, propriétés du sol, texture du sol, structure du sol

Abstract: Soil plays a major role in the hydrological processes at the land surface. Water movement in the soil, evaporation, and transpiration processes are all strongly controlled by soil hydraulic properties. These properties are therefore important in estimating soil water fluxes.

The objective of this thesis is to improve the representation of soil hydraulic properties in the ORCHIDEE (ORganizing Carbon and Hydrology in Dynamic EcosystEms) model, which describes land surface processes in the IPSL (Institut Pierre Simon Laplace) climate model, and is therefore a land surface model (LSM).

Soil hydraulic properties are defined by both texture, which is the size-class sorting of the soil particles, and the structure, which is the arrangement of soil particles and pores. However, in ORCHIDEE, as in many other LSMs, these properties are inferred from a soil texture map, through pedotransfer functions.

In the first part of this thesis, we investigate the impact of soil texture on the simulated soil water fluxes and storage at different scales, using several soil texture maps, to evaluate the model response to the different texture classes. This part shows that although the model exhibits a physically based response to soil texture, the choice of the soil texture map is not crucial in simulating water budgets at the global scale (Tafasca et al., 2000, HESS).

Due to its important role in determining soil properties, the impact of the soil structure on hydrological processes is explored. Soils of the same texture can have different structures, leading to different hydrological behaviors. This is particularly conspicuous for clay soils, which can show a large variability in structure due to swelling clays and non-swelling clays, and which are usually put together in the same soil class despite their contrasted hydrological behavior. In the second part of this thesis, we suggest a soil mapping and pedotransfer functions which differentiate these two clay types. Moreover, one of the major controls of soil structure is organic matter, which highly influences soil porosity and all the soil hydraulic properties. Different global scale approaches are tested to account for the influence of organic matter in the ORCHIDEE model. Introducing the effect of soil structure in ORCHIDEE results in a more realistic representation of soils as well as an improvement of the simulated evapotranspiration flux.

Keywords: soil hydrology, land surface modeling, ORCHIDEE model, soil hydraulic properties, soil texture, soil structure