

Développement d'un modèle de transfert hydrique des sols forestiers partiellement tassés dans un contexte de données parcimonieuses.

Manon MARTIN - 16 octobre 2019

Résumé

L'augmentation de la mécanisation lors de l'exploitation forestière combinée aux changements climatiques augmente le risque de circuler dans les mauvaises conditions et donc de dégrader les sols. C'est pourquoi il est nécessaire de développer des outils d'aide à la décision capables de prédire la praticabilité des sols forestiers. Cependant, évaluer la praticabilité avec des outils simples et des données facilement accessibles est complexe. En effet, elle dépend de multiples facteurs : la susceptibilité du sol à se déformer, la charge appliquée, le seuil de déformation toléré et l'état hydrique du sol. Ce travail vise à mieux comprendre et prévoir la dynamique hydrique $\theta(t)$ des sols forestiers et des cloisonnements (i.e. chemins dédiés à la circulation des engins forestiers). Les objectifs sont les suivants : (i) améliorer notre compréhension de l'effet du tassement sur $\theta(t)$ des sols forestiers, (ii) paramétrer un modèle de fonctionnement hydrique en contexte forestier et (iii) être capable de prédire l'humidité θ des sols dans un contexte opérationnel. Nous avons mis en place un observatoire des cloisonnements qui a permis de fournir une base de données sur les propriétés hydrodynamiques des sols forestiers et sur $\theta(t)$. Nous avons estimé les paramètres hydrodynamiques (PH) avec la méthode BEST sur des binômes de sols circulés-non circulés. Nous avons développé une loi de passage prédisant les valeurs de la teneur en eau à saturation θ_{sat} et de la conductivité hydraulique à saturation K_{sat} des sols circulés à partir de ceux non circulés. Ensuite, nous avons paramétré un modèle de fonctionnement hydrique mécaniste basé sur l'équation de Richards en contexte forestier. Nous avons évalué la capacité du modèle à prédire $\theta(t)$ selon différents jeux de PH estimés par : la méthode BEST, une fonction de pédotransfert FPT ou calage. Le modèle combiné aux PH estimé par la méthode BEST mène à des problèmes de dessèchement de la couche intermédiaire en période estivale. L'utilisation d'une FPT conduit à un plus faible pouvoir prédictif mais ne simule pas la phase de dessèchement. La stratégie choisie consiste à utiliser la méthode BEST comme première estimation des PH et ensuite d'en caler certains par inversion. Enfin, nous avons développé un modèle empirique utilisable en conditions opérationnelles. Nous avons utilisé le modèle mécaniste pour générer une base de données virtuelles permettant (i) d'identifier les principaux mécanismes impliqués dans la dynamique de dessèchement des sols à prendre en compte et (ii) de caler et valider le modèle empirique. Il est capable de prédire le "jour de praticabilité" avec une résolution de 1.5 à 2.5 jours en période estivale. En période hivernale, sa précision n'est pas satisfai-

sante ($rmse = 8.4$ j), elle s'explique par la sensibilité du modèle aux évènements pluvieux fréquents et rapprochés. Le modèle empirique s'applique pour une seule configuration "sol x peuplement x climat x seuil" et mérite d'être calé dans d'autres contextes.

Mots clés : sols forestiers, compaction, fonctionnement hydrique, praticabilité, tests d'infiltration, propriétés hydrodynamiques, modélisation, fonction de pédotransfert..

Abstract

The increase of the mechanization during logging combined with climate changes increases the risk of driving in not suitable conditions and thus degrading soils. This is why it is necessary to develop decision support tools capable of predicting the practicability of forest soils. However, assessing practicability with simple tools and easily accessible data is complex. It depends on the susceptibility of the soil to deformation, the load applied, the accepted threshold of soil deformation and the water state of the soil. This work aims to better understand and predict the water dynamics of forest soils and of the skid trails (i.e. roads dedicated to the circulation of forest machines). The objectives are : (i) to improve our knowledge of the compaction effect on forest soil water dynamic, (ii) to parametrize a model predicting the soil water flow under forest context and (iii) to be able to predict the soil water content θ of forest soils in an operational context. This work was carried out in three stages. First, we established an observatory of skid trails that has provided a data base on forest soil hydraulic properties and water dynamic. We estimated the hydraulic properties with the BEST method on circulated and non-circulated soils. We have developed a law predicting the values of the saturation water content θ_{sat} and the saturation hydraulic conductivity K_{sat} of circulated soils from those not circulated. Then, we have parametrized in forest context a mechanistic model based on Richards equation. We evaluated the ability of the model to predict θ according to different hydraulic parameters : BEST method, pedotransfert function PTF and optimization. With the hydraulic parameters estimated from BEST method, the model leads to problem of middle layer drying during the summer period. With pedotransfer function, the model leads to a poorer prediction but does not simulate the drying phase. The strategy chosen is to use the BEST method as the first estimate of the hydraulic parameters and then to calibrate some of them by inversion. Finally, we have developed an empirical model that can be used in operational conditions. We used the mechanistic model to generate a virtual data set to (i) identify the main mechanisms involved in soil drying dynamics that need to be taking into account and (ii) calibrate and validate the empirical model. It is able to predict the "day of traffic" with accuracy of 1.5 to 2.5 days in summer. In winter, its accuracy is not satisfactory ($rmse = 8.4$ days) and is explained by the model sensitivity to weather sequences composed of frequent and nearby rainfall events. The em-

pirical model is applicable to a single configuration "soil x stand x climate x threshold" and should be calibrated in other contexts.

Key-words : forest soils, compaction, water dynamic, practicability, infiltration tests, hydraulic properties, modelling, pedotransfert function.