

AMELIORATION DES PARAMETRES HYDRIQUES DES SOLS DU MODELE STICS POUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE FRANCAIS

C. Le Bas^{1*}, M.-P. Lefebvre², A. Couturier², B. Mary³, N. Brisson⁴, G. Richard²

¹ INRA, US 1106 Infosol, CS 40001, 45075 Orléans Cedex 2, France

² INRA, UR 0272 SOLS, CS 40001, 45075 Orléans Cedex 2, France

³ INRA, US 1158 Agro-impact, rue Fernand Christ, 02007 Laon, France

⁴ INRA, US 1116 Agroclim, Domaine St Paul, 84914 Avignon, France

*Auteur correspondant : Christine.Le-Bas@orleans.inra.fr

Introduction

Le tassement des sols agricoles est l'une des 8 menaces pesant sur les sols en Europe. Un tassement dommageable aux fonctions du sol résulte d'une interaction entre la sensibilité du sol au tassement qui dépend de ses propriétés mécaniques, elles-mêmes dépendantes de ses propriétés hydriques, du climat et des pratiques agricoles, notamment des engins utilisés et de leur période d'utilisation.

Dans le cadre de sa proposition de Directive sur les sols, la Commission Européenne souhaiterait mettre en place une politique de protection des sols contre le tassement reposant sur un zonage des risques. Dans le projet financé par Gessol et l'ANR ADD « Dégradation des Sols par le Tassement », une méthodologie de réalisation d'un tel zonage pour la France métropolitaine a été établie. Elle repose sur l'utilisation du modèle Stics pour déterminer l'évolution des teneurs en eau des sols au cours du temps et aux périodes d'utilisation des engins agricoles, et sur le modèle de tassement Compsoil pour déterminer si le tassement est critique ou pas.

Etant donné l'importance des liens entre propriétés mécaniques et hydriques, il est important d'avoir une estimation des paramètres hydriques des sols du modèle Stics qui soit cohérente avec celle des propriétés mécaniques et qui tienne compte des relations entre paramètres. A l'échelle parcellaire, le meilleur moyen d'estimer ces paramètres est la réalisation de suivi de la teneur en eau au cours du temps. Mais cela n'est pas envisageable pour de vastes étendues telles que la France métropolitaine. Nous avons donc choisi d'estimer les paramètres hydriques des sols du modèle Stics à partir de fonctions de pédotransfert et en utilisant un modèle hydrique mécaniste, le modèle Hydrus-1D.

Matériels et Méthodes

Pour réaliser un zonage des risques de tassement pour la France, il faut utiliser une base de données cartographique sur les sols qui couvre l'ensemble du territoire. La seule base de données disponible est la Base de Données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000 (BDGSF). Les sols y sont décrits par 917 Unités Typologiques de Sols (UTS). Il est difficilement envisageable d'estimer les paramètres hydriques des sols de Stics pour ces 917 unités prises individuellement. Ces UTS ont donc été regroupées en 37 unités présentant un comportement hydrique similaire. Elles sont définies par une succession de un à 5 horizons pour lesquels sont définis leur épaisseur et leur texture selon les 5 classes de la BDGSF.

Le modèle Hydrus-1D (Šimůnek *et al.*, 2005) simule des écoulements monodimensionnels de l'eau dans le sol et le transport de solutés en milieu poreux variablement saturé. Il résout l'équation de transfert de Richards avec la méthode des éléments finis. Les conditions aux limites inférieures sont le forçage climatique et aux limites supérieures un drainage libre. Les paramètres nécessaires au fonctionnement du modèle sont ceux décrits par le modèle de van Genuchten reliant la teneur en eau θ au potentiel matriciel h , ainsi que la conductivité hydraulique à saturation K_s (cm.j^{-1}) estimée par le modèle de Mualem-van Genuchten (van Genuchten, 1980). Nous avons choisi d'estimer ces paramètres avec les classes de pédotransfert de Wösten *et al.* (1999).

paramètre	définition	mode d'estimation
paramètres par type de sol		
q_0	limite d'évaporation de la phase potentielle d'évaporation du sol nu (mm)	calcul sur sorties d'Hydrus-1D
zesx	profondeur maximale du sol affectée par l'évaporation (cm)	calcul sur sorties d'Hydrus-1D
cfes	paramètre de décroissance de l'évaporation en fonction de la profondeur (sans unité)	inversion de Stics
paramètres par horizon		
daf	masse volumique de l'horizon (g.cm^{-3})	classe de pédotransfert
hminf	teneur en eau minimale exploitable par les racines (g.g^{-1})	classe de pédotransfert
hccf	teneur en eau à la capacité au champ (g.g^{-1})	inversion de Stics
infil	infiltrabilité à la base de chaque horizon (mm.j^{-1})	inversion de Stics

Tableau 1 : Liste des paramètres hydriques des sols du modèle Stics à estimer et mode d'estimation retenu.

Les paramètres hydriques des sols de Stics à estimer sont décrits dans le tableau 1. Stics considère le sol comme un réservoir d'eau. Ces paramètres servent à déterminer la capacité du réservoir, l'évaporation du sol, et la quantité d'eau qui s'infiltre dans le sol.

Trois modes d'estimation ont été utilisés :

- soit par les classes de pédotransfert de Wösten *et al.* (1999) pour h_{minf} et daf
- soit directement par calcul sur les sorties du modèle Hydrus-1D pour q_0 et z_{es}
- soit par inversion du modèle Stics pour $hccf$, $infil$ et $cfes$.

Nous avons également utilisé d'autres modes d'estimation qui avaient déjà été utilisés dans des travaux précédents (Donet *et al.*, 2001 ; Godard *et al.*, 2004) pour comparer à nos résultats.

Résultats

La méthode d'estimation que nous avons utilisée a permis d'estimer le jeu de paramètres pour chacune des 37 unités de sol regroupées. Nous avons ensuite appliqué ces paramètres au modèle Stics et nous avons comparé les résultats de teneurs en eau obtenues entre Stics et Hydrus-1D. Les erreurs quadratiques relatives varient de 0,04 à 0,22. Plus les sols sont argileux, plus les simulations donnent des résultats proches.

En comparant nos résultats à d'autres estimations obtenues dans des travaux précédents, nous avons constaté que les ordres de grandeur étaient globalement proches. Cependant, il y a quelques différences notables, notamment sur q_0 pour les textures moyenne fine et fine. Mais la différence majeure se situe au niveau des estimations d'infil. La fonction de pédotransfert précédemment utilisée montrait des variations d'infil en fonction de l'épaisseur des horizons ce que l'on ne retrouve pas pour nos estimations. Ces dernières montrent qu'infil diminue avec la profondeur. Les estimations d'infil pour la texture grossière sont très différentes puisque nos estimations d'infil ne dépassent jamais 15 mm.j^{-1} alors qu'elle pouvait atteindre 50 mm.j^{-1} avec la fonction précédente.

Nous avons validé nos estimations sur des données provenant de Mons-en-Chaussée (sol de texture moyenne fine) en comparant les teneurs en eau estimées par Stics avec ce paramétrage aux teneurs en eau mesurées sur trois années culturales entre 1990 et 1994. Si Stics reproduit bien les variations de teneurs en eau pour les 2 premières années, on constate un écart pour la troisième année. Cela est peut-être dû à notre estimation du paramètre q_0 qui semble sous-estimer l'évaporation en période d'ETP faible.

Discussion et conclusion

La méthode d'estimation proposée, utilisant un modèle hydrique mécaniste, a permis de générer des jeux de paramètres cohérents pour une trentaine d'unités de sol en l'absence de mesures. La comparaison avec les précédentes méthodes d'estimation a montré que les ordres de grandeur étaient globalement similaires mais que des différences notables pouvaient être rencontrées. Considérant que les précédentes méthodes étaient surtout issues d'expertise, la méthode proposée est plus explicite donc plus transférable et généralisable à d'autres bases de données. Il reste cependant à valider les résultats obtenus et à déterminer lequel de ces paramétrages se révèle finalement le meilleur et pour quel usage. Cela n'a été réalisé que sur un sol de texture moyenne fine. Il conviendrait de valider le paramétrage obtenu sur des sols d'autres classes texturales.

L'utilisation de ce paramétrage pour la cartographie des risques de tassement des sols a montré une différence importante avec les résultats obtenus avec le précédent paramétrage. Cependant, il est difficile de conclure car d'une part, les différences entre les deux paramétrages ne sont pas seulement dues aux paramètres hydriques des sols, et d'autre part, il est difficile de déterminer quelle cartographie des risques est la meilleure. Une comparaison plus poussée serait à envisager sur d'autres sorties de Stics plus facilement comparables avec des données mesurées.

Références bibliographiques

- Donet I., Le Bas C., Ruget F. et Rabaud V. (2001). Informations et Suivi Objectif des Prairies. Guide d'utilisation. AGRESTE, *Chiffres et Données*, 134, 55 p.
- Godard C., Brisson N., Jayet P.-A. et Roger-Estrade J. (2004). Coupling a generic economic farm-type model and a generic crop model. In : European agriculture in a global context. Jacobsen S.E., Jensen, C.R., Porter J.R. (eds.), European Society for Agronomy Congress;Copenhagen (Danemark), 11-15/07/2004, 265-266.
- Šimůnek, J., van Genuchten, M. T. et Šejna, M. (2005). The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media. . Department of environmental sciences. University of California, Riverside.
- Van Genuchten, M. T. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44 : 892-898.
- Wösten, J.H.M, Lilly A., Nemes A. et Le Bas C. (1999). Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*. 90 : 169-185.