Protocole d'estimation des paramètres infil, q0, cfes et zesx pour différents sols par utilisation inverse du modèle STICS

Marie-Pierre M.-P. Lefebvre, Guy Richard, Christine Le Bas, Andre Chanzy, Nadine N. Brisson

▶ **To cite this version:**

Marie-Pierre M.-P. Lefebvre, Guy Richard, Christine Le Bas, Andre Chanzy, Nadine N. Brisson. Protocole d'estimation des paramètres infil, q0, cfes et zesx pour différents sols par utilisation inverse du modèle STICS. STICS 2007, Institut National de Recherche Agronomique (INRA). UR Unité de recherche Agronomie Laon-Reims-Mons (1158)., Mar 2007, Reims, France. 226 p. hal-02756396

HAL Id: hal-02756396
https://hal.inrae.fr/hal-02756396

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROTOCOLE D'ESTIMATION DES PARAMETRES INFIL, Q0, CFES, ET ZESX POUR DIFFERENTS SOLS PAR UTILISATION INVERSE DU MODELE STICS

PROTOCOL OF ESTIMATION OF THE PARAMETERS INFIL, Q0, CFES, AND ZESX FOR VARIOUS SOILS BY INVERSE METHODE OF THE MODEL STICS

M. Lefebvre*, G. Richard*, C. Le Bas, A. Chanzy***, N. Brisson******
* INRA, UR0272 Unité Science du Sol, 2163 Avenue de la Pomme de Pin - B.P. 20619-Ardon, F-45166 Olivet (marie-pierre.lefebvre@orleans.inra.fr)
** INRA, InfoSol, 2163 Avenue de la Pomme de Pin - B.P. 20619-Ardon, F-45166 Olivet
***INRA, UMR Climat Sol et Environnement, Domaine St Paul, 84914 Avignon Cédex 9
****INRA, Unité AGROCLIM, Domaine St Paul Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9

Introduction

Le tassement des sols, lors des passages d'engins, est, avec l'érosion, un processus majeur de dégradation physique des sols. Cette dégradation concerne la totalité du territoire français du fait de la généralisation de la mécanisation. Elle a des effets négatifs sur les productions agricoles et forestières et sur l'environnement : baisse du rendement, augmentation de la lixiviation des nitrates via la limitation de l'enracinement, augmentation des émissions de N_2O via les conditions anoxiques dans le sol, augmentation du ruissellement et de l'érosion via la réduction de l'infiltrabilité. Il est important de connaître l'ampleur de la dégradation des sols liée au tassement en fonction de leur régime hydrique, de leur utilisation, de leur nature et du changement climatique afin de chercher à la prévenir. L'objectif du travail présenté est de réaliser des simulations sur l'ensemble du territoire français à l'aide du modèle STICS afin de déterminer les teneurs en eau journalières des sols lors des passages d'engins. Les valeurs de teneur en eau obtenues nous permettront d'évaluer l'intensité du tassement et d'en prévoir son extension spatiale.

Pour cela, nous proposons d'estimer les paramètres de STICS qui influencent la variation de la teneur en eau, à savoir *infil*, q_0, *cfes* et *zesx*, pour des sols français représentatifs. Nous utiliserons STICS en méthode inverse sur des données de teneur en eau calculées à l'aide du modèle HYDRUS-1D, lui-même paramétré grâce à des fonctions de pédotransfert. Afin d'estimer au mieux les valeurs de ces paramètres, il est nécessaire de connaître leurs valeurs limites. Le but du travail présenté ici a donc été de déterminer ces limites d'après les simulations réalisées par HYDRUS-1D à partir des fonctions de pédotransfert de Wösten (1997).

Matériels et méthodes

La base de données géographique des sols de France au millionième (INRA, 2005)

Nous cherchons à définir les principaux types de sols français, quant au risque de tassement, par le regroupement de plusieurs Unités Typologiques de Sols (UTS) sur la base de quatre critères présents dans la base: (1) texture en surface, (2) texture en profondeur, (3) profondeur du changement de texture (4) profondeur du sol, auxquels nous souhaitons ajouter cinq autres critères, calculables par des règles de pédotransfert : (5) teneur en calcaire, (6) teneur en cailloux, (7) hydromorphie, (8) capacité d'échange cationique et (9) teneur en carbone. Ces regroupements définissent des Super UTS (SUTS) qui seraient représentatives des grands types de sols que l'on rencontre en France.

Les fonctions de pédotransfert de Wösten (1997)

Wösten (1997) a établi des fonctions de pédotransfert (FPTs) afin de calculer les paramètres θ_s, θ_r, K_{sat}, α, l, n du modèle de Van Genuchten (1980) relatif aux propriétés hydrodynamiques des sols (teneur en eau et conductivité hydraulique en fonction du potentiel). θ_s est la teneur en eau à saturation, θ_r est la teneur en eau résiduelle du sol, K_{sat} est la conductivité hydraulique à saturation, α et n sont des paramètres d'ajustement de l'équation, l est un paramètre qui prend en compte les relations entre les écoulements et la tortuosité. Ces six paramètres correspondent aux données d'entrée du modèle HYDRUS-1D.

Le modèle HYDRUS-1D (Simunek et al., 2005)

HYDRUS-1D a été développé par le Département des Sciences Environnementales à l'Université de Riverside en Californie (USA). Il permet de simuler les écoulements monodimensionnels de l'eau dans un milieu poreux variablement saturé. Le modèle discrétise l'espace en éléments finis et applique l'équation de transfert de Richards. Dans ce travail, HYDRUS-1D nous permettra d'estimer la teneur en eau dans les différentes SUTS pour des climats très contrastés. On obtient, ainsi, la gamme de variation des paramètres à estimer.

Le modèle STICS (Brisson et Perrier, 1991)

STICS permet de décrire l'évolution du système sol-plantes sous l'effet du climat, du type de sol et du système de culture. Il peut fonctionner en version sol nu, auquel cas, seule l'évaporation du sol intervient comme flux ascendant. Elle est simulée en utilisant le modèle de Brisson et Perrier (1991) combiné à une distribution exponentielle de l'eau prélevée avec la profondeur (Mary et al., 1999). La circulation de l'eau dans la microporosité (correspondant à la capacité au champ) se fait par débordement en cascade dans des couches de 1 cm, tandis que la circulation dans la macroporosité utilise la notion d'infiltrabilité et une discrétisation par horizons agro-pédologiques grâce au programme d'exécution inverse de STICS, il est possible d'estimer les paramètres d'entrée du modèle. Les quatre paramètres recherchés (*Infil*, *cfes*, *zesx* et *qo*) influencent le taux d'infiltration et d'évaporation de l'eau dans le sol. Le paramètre *Infil* correspond à la quantité maximale journalière d'eau infiltrée à la base de l'horizon, le paramètre *cfes* est le coefficient de courbure de la contribution à l'évaporation de chaque horizon de sol, le paramètre *zesx* représente la profondeur maximale à laquelle l'évaporation affecte le sol, le paramètre *q0* correspond à la quantité d'eau évaporée, cumulée à partir d'un évènement pluvieux, au moment où l'évaporation journalière devient inférieure à l'ETP.

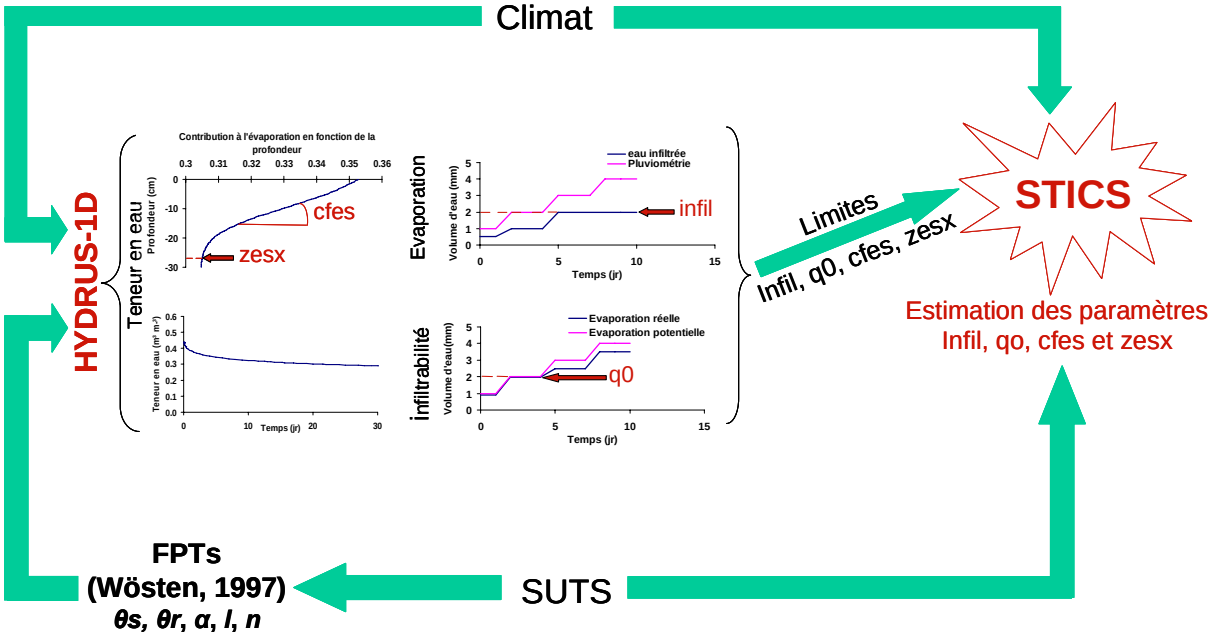

Figure 1 : Méthodologie pour estimer les paramètres infil, cfes, zesx et q0 de STICS.

Méthodologie

Les fonctions de pédotransfert de Wösten (1997) nous permettent d'estimer les propriétés hydrodynamiques de chacune des SUTS. En initialisant les simulations d'HYDRUS-1D avec ces propriétés hydrodynamiques, les données de sortie obtenues avec HYDRUS-1D que nous utilisons sont :

- La quantité d'eau évaporée en fonction du temps
- La quantité d'eau infiltrée en fonction du temps
- La teneur en eau en fonction de la profondeur.

L'analyse de ces données nous permet de renseigner les limites des paramètres *infil*, *cfes*, *zesx* et *q0* dans le modèle STICS afin de lui permettre une meilleure convergence vers une solution optimale. La technique d'optimisation de STICS s'appuie sur l'algorithme du simplex. Le critère de convergence utilisé est le moindre carré avec un calcul des paramètres de plus ou moins 20% autour des valeurs initiales. Lorsque la Racine Carrée de l'Erreur quadratique Moyenne (RMSE) est inférieur à 10^{-4}, le modèle converge vers cette solution.

Premiers Résultats

Les simulations HYDRUS-1D ont été réalisées pour le sol de Mons-en-Chaussée (Picardie) en vue d'estimer la gamme de variation des paramètres *cfes*, *zesx* et *q0 (*figures 2 et 3).

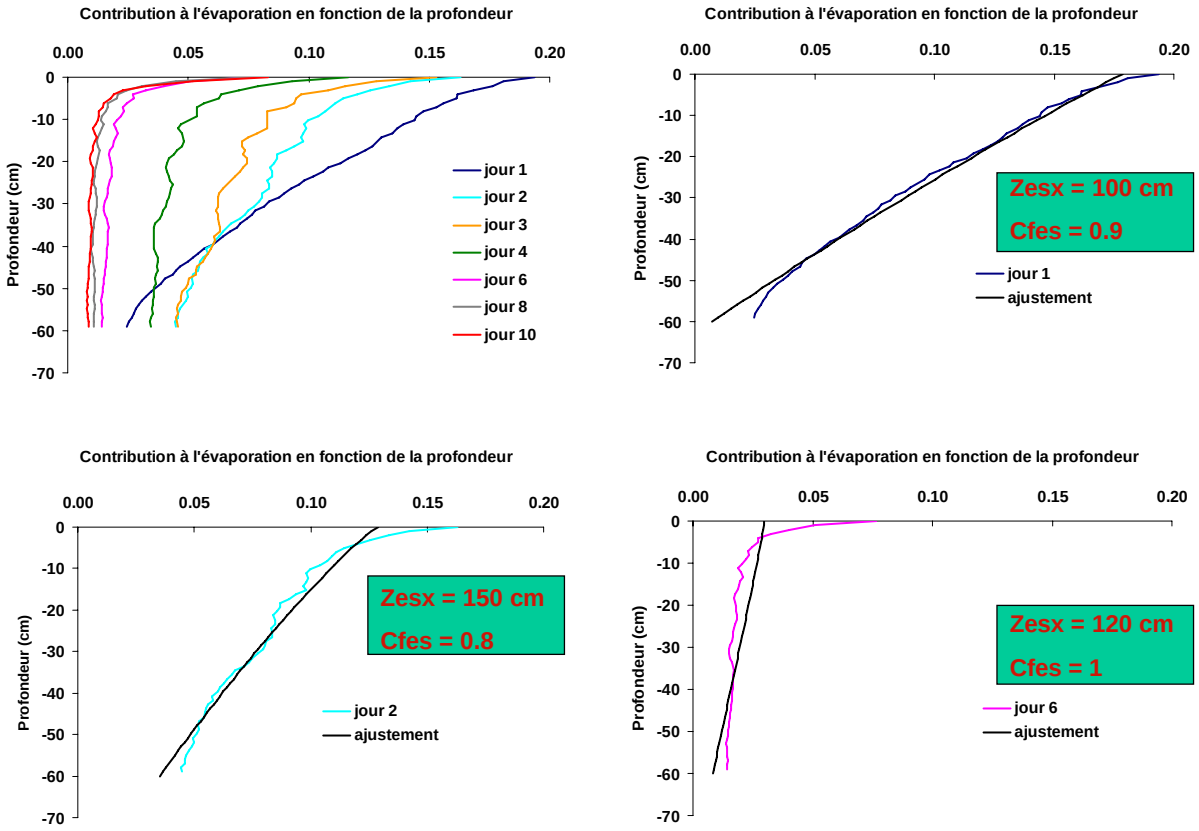

Figure 2 : Estimation des paramètres zesx et cfes par ajustement de l'équation de la répartition de l'évaporation implémentée dans STICS (Brisson et Mary, 2002). Simulations réalisées avec HYDRUS-1D sur sol de Mons à une masse volumique constante de 1.3 g cm^{-3} sur 60 cm d'épaisseur. Pas de précipitation et une ETP de 1 mm jr^{-1} pendant 10 jours.

Les ordres de grandeur des paramètres *cfes* et *zesx* sont différents de ceux proposés actuellement dans STICS pour le sol de Mons. En effet, l'analyse des simulations avec HYDRUS-1D, pour un climat sec (Précipitation nulle, Evapotranspiration de 1 mm jr^{-1}) et un sol initialement proche de la saturation (potentiel de -10 hPa) montrent des valeurs de *cfes* de l'ordre de 1 et des valeurs de *zesx* de l'ordre de 100 cm (figure 2). Le paramétrage actuel du sol de Mons avec STICS est de 5 pour *cfes* et de 60 cm pour *zesx*. Ces résultats sont à compléter avec d'autres conditions climatiques (plus forte demande évaporative) et d'autres conditions initiales (sol non saturé).

Les valeurs de *q0* sous des climats secs (précipitation nulle et évapotranspiration variant de 1 à 6 mm jr^{-1}) sont comprises entre 1 et 12 mm (figure 3), avec un effet très marqué des conditions hydriques initiales. On observe une diminution des valeurs de *q0* lorsque le sol est tassé. D'après Richard et al. (2007), le paramètre *q0* varie de 1.5 mm en sol tassé à 5.4 mm en sol non tassé. Il nous faut maintenant appliquer STICS en méthode inverse pour un climat P/ETP fluctuant.

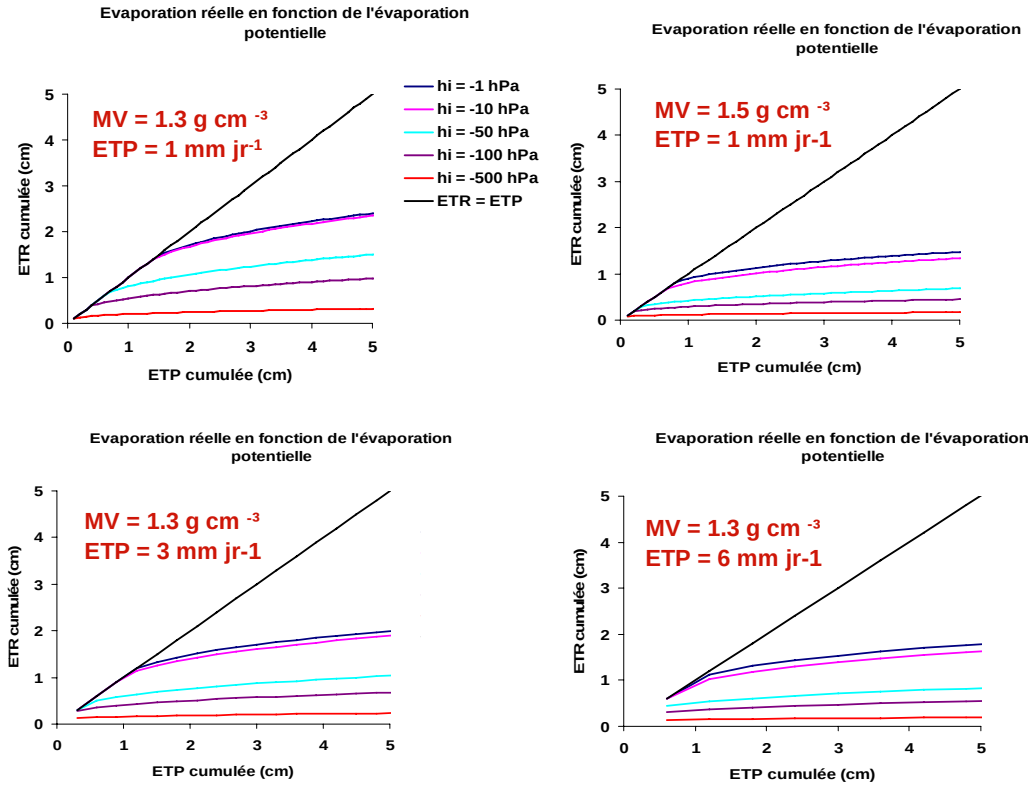

Figure 3: Estimation du paramètre q0. Simulations réalisée avec HYDRUS-1D sur sol de Mons avec une masse volumique de 1.3 ou de 1.5 g cm^{-3} sur 60 cm de profondeur, pour des conditions initiales du potentiel hydrique variant de -1 à -500 hPa. Pas de précipitation, ETP journalière variable de 1 à 6 mm pendant 60 jours.

Conclusion

Ces premiers résultats montrent l'intérêt d'une analyse préalable du régime hydrique d'un sol en vue d'estimer les paramètres *cfes*, *zesx* et *q0*. Il apparaît que les conditions initiales et la demande évaporative ont une influence sur ces paramètres. Nous en avons défini les ordres de grandeur. Il nous reste à effectuer des simulations avec des scénarios climatiques moins caricaturaux en vue d'appliquer STICS en méthode inverse. Dans tous les cas, cette étude nous apporte des connaissances sur les limites d'application des modèles STICS et HYDRUS-1D.

Références

Brisson N., Perrier A.(1991) A semi-empirical model of bare soil evaporation for crop simulation models : a review. Water Resources Research, 27: 719-727.

INRA (2005) Base de données géographique des sols de France, descriptif du contenu. http://gissol.orleans.inra.fr/programme/bdgsf/contenu.php

Morvan X. et Le Bas C. (2006) Détermination de profils de types de sol par régions de culture, INRA Unité Infosol Orléans, 29p.

Richard G. et al. (2007) Eléments de description de la structure du sol introduits dans STICS. Séminaire STICS 2007, Reims, 4 pages.

Simunek J. (2005) The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media (Version 3.0). 240p.

Wösten J.H.M. (1997) Pedotransfer functions to evaluate soil quality. In Soil quality for crop production and ecosystem health. Gregorich E.G., Carter M.R. (eds). Developments in Soil Science 25, Elsevier Amsterdam. 221-245.

Remerciements

Les auteurs remercient les programmes français GESSOL2 du Ministère en charge de l'environnement et ADD de l'Agence Nationale de la Recherche pour leur soutien au projet DST (Dégradation des Sols liée au Tassement) au sein duquel le travail a été effectué.