

Premiers Résultats de Validation des Classes de Pédotransfert établies à partir de la Base de Données SOLHYDRO 1.0 : Application à des sols de la Région Centre

Hassan Al Majou, Ary Bruand, Bernard Nicoullaud, Odile Duval, J. Dupont

▶ **To cite this version:**

Hassan Al Majou, Ary Bruand, Bernard Nicoullaud, Odile Duval, J. Dupont. Premiers Résultats de Validation des Classes de Pédotransfert établies à partir de la Base de Données SOLHYDRO 1.0 : Application à des sols de la Région Centre. Étude et Gestion des Sols, 2005, 12, pp.3, 221-228. hal-00068789

HAL Id: hal-00068789
https://insu.hal.science/hal-00068789

Submitted on 15 May 2006

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.

Premiers Résultats de Validation des Classes de Pédotransfert établies à partir de la Base de Données SOLHYDRO 1.0 :

Application à des sols de la Région Centre

H. AL MAJOU(1), A. BRUAND(1), B. NICOULLAUD(2), O. DUVAL(2) et J. DUPONT(3)

(1) Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), Université d'Orléans, Géosciences, BP 6759, 45067 Orléans Cedex 2

(2) Unité de Science du sol, INRA, Centre de recherche d'Orléans, BP 20619, 45166 Olivet cedex

(3) Chambre d'Agriculture du Cher, 2701 route d'Orléans, BP 10, 18230 St Doulchard

RESUME

Les propriétés de rétention en eau de 42 horizons appartenant à 11 sols de la Région Centre ont été mesurées pour sept valeurs de potentiel. Les teneurs en eau volumiques ainsi déterminées ont été comparées à celles obtenues en utilisant des classes de pédotransfert (CPT) établies à partir de la base de données SOLHYDRO 1.0. Ces classes de pédotransfert utilisent soit seulement le type d'horizon et la texture (CPT texturales), soit le type d'horizon, la texture et la densité apparente de l'horizon (CPT texturo-structurales). Avec les CPT texturales, les teneurs en eau sont en moyenne légèrement surestimées (0,7 % en teneur en eau volumique). La prise en compte de la structure des horizons grâce à leur densité apparente (CPT texturo-structurales) ne réduit pas ce biais de prédiction. La précision obtenue avec les CPT texturales ou texturo-structurales est en moyenne voisine de 3 % en teneur en eau volumique. Une amélioration de la précision est enregistrée pour les horizons E, B et C et pour ceux de texture argileuse lorsque l'on passe des CPT texturales aux CPT texturo-structurales. Ainsi, sur la base de ces premiers résultats de validation, il apparaît que l'utilisation des CPT texturo-structurales n'apporte une amélioration sensible de la qualité de la prédiction (augmentation de la précision) que pour les horizons E, B ou C et les horizons de texture ALO, AS, A ou ALL. Dans les autres horizons appartenant à des sols apparentés aux sols étudiés, il apparaît justifié de se limiter à l'utilisation des CPT texturales puisque la prise en compte de la densité apparente n'améliore au mieux que très peu le biais et la précision des prédictions.

Mots clés

Horizon, Texture, Densité apparente, Teneur en eau volumique, Structure

SUMMARY

FIRST RESULTS OF VALIDATION OF THE CLASS PEDOTRANSFER FUNCTIONS ESTABLISHED WITH SOLHYDRO 1.0 DATABASE: APPLICATION TO SOILS FROM THE REGION CENTRE (FRANCE)

Water retention properties of 42 horizons collected in 11 soils from the « Région Centre » were determined at seven values of potential. The measured volumetric water contents were compared with those predicted with class pedotransfer functions (CPTs) obtained with the data base SOLHYDRO 1.0. These class pedotransfer functions use either both the type of horizon and texture alone (textural CPTs), or the type of horizon, the texture and the bulk density together (texturo-structural CPTs). Results showed that with the textural CPTs, there is an overestimation of the volumetric water content of 0,7 %. The texturo-structural CPTs do not reduce this bias. The precision recorded on the predicted volumetric water content with the textural CPTs was about 3 %. An increase in the precision was recorded for the E, B and C horizons and the clayey horizons when the texturo-structural CPTs were used. Thus, on the basis of these first results, it appears that texturo-structural CPTs lead to some significant improvement of the prediction quality for the horizons E, B or C and the horizons with ALO, AS, A or AL texture. For the horizons with other characteristics and belonging

to soils related to those studied, it appears justified to use textural CPT because use of bulk density as predictor does not increase the prediction quality significantly.

Key-words

Horizon, Texture, Bulk density, Volumetric water content, Structure

Pour décrire le fonctionnement hydrique de la couverture pédologique, il est nécessaire de connaître les propriétés hydriques (rétention en eau, conductivité hydraulique) des horizons qui la composent. Or, la détermination de ces propriétés par des méthodes expérimentales étant généralement longue, coûteuse et difficile, des outils de prédiction ont été développés pour estimer de telles propriétés (Bouma et Van Lanen, 1987). Ces outils, nommés fonctions ou classes de pédotransfert, sont pour l'essentiel des relations statistiques qui lient des propriétés du sol difficilement accessibles à des caractéristiques du sol aisément accessibles (composition granulométrique, densité apparente, teneur en carbone organique) (Bastet *et al*., 1998 ; Wösten *et al*., 2001 ; Wösten et Nemes, 2004). Il constituent un moyen d'établir un lien entre ce qui est disponible dans les bases de données et les grandeurs nécessaires aux modèles qui décrivent le fonctionnement des sols (e.g. Hall *et al*., 1977 ; Gupta et Larson, 1979 ; Bruand *et al*., 1994 & 1996 ; Wösten et Nemes, 2004). Parmi ces outils, les classes de pédotransfert (CPT) permettent d'estimer les propriétés hydriques après avoir regroupé et classé les sols selon leurs caractéristiques (Wösten *et al*., 2001 ; Bruand, 2004).. Bruand et al. (2004) ont proposé des CPF pour les teneurs en eau volumiques à 7 potentiels de l'eau variant de –10 hPa (pF = 1,0) à -15 000 hPa (pF = 4,2) en fonction, soit du type d'horizon (horizons A d'une part, horizons E, B et C d'autre part) et de sa texture, soit du type d'horizon, de sa texture et de sa densité apparente. Dans ce second cas, la prédiction des teneurs en eau volumiques est supposée être moins biaisée et plus précise mais dans l'un et l'autre cas, ces jeux de valeurs n'ont encore fait l'objet d'aucun essai de validation. Dans cette note, notre objectif est de tester la validité de ces CPT proposées par Bruand *et al*. (2004) à partir de la base de données SOLHYDRO 1.0 lorsqu'elles sont utilisées pour prédire les propriétés de rétention en eau de sols de la Région Centre.

MATERIEL ET METHODES

Les sols étudiés

Un ensemble de 42 horizons (12 horizons A, 30 horizons B, E et C) issus de 11 sols localisés en Région Centre a été étudié (Al Majou, 2004) (Figure 1). Ces sols sont représentatifs de 5 régions naturelles de la Région Centre. Ils sont développés dans différents matériaux parentaux : des matériaux argileux ou sablo-argileux reposant sur des calcaires d'âge oxfordien (9 horizons), des matériaux argileux non calcaire d'âge éocène (4 horizons), des formations éoliennes limoneuses à limono-argileuses de faible épaisseur qui reposent sur des calcaires aquitaniens (9 horizons), des sédiments fluviatiles sablo-argileux à argilo-sableux (6 horizons), des matériaux remaniés issus des sables et argiles burdigaliens (7 horizons), des formations alluviales sablo-caillouteuses d'âge quaternaire (4 horizons), des formations détritiques des sables et argiles de Sologne (3 horizons). Les horizons étudiés ne possédaient pas ou très peu d'éléments grossiers et n'étaient par ailleurs pas ou très peu carbonatés.

Les propriétés de rétention en eau

La teneur en eau massique a été mesurée à sept valeurs de potentiel allant de –10 hPa (pF= 1,0) à –15000 hPa (pF= 4,2) en utilisant des mottes de dimensions centimétriques issues d'échantillons non perturbés prélevés lorsque le sol était dans un état hydrique proche de la capacité au champ (Bruand *et al.*, 1996). La densité apparente des horizons a été mesurée à l'aide de cylindres de 500 cm^3 lorsque le sol était en conditions proches de la capacité au champ. La teneur en eau volumique (θ en % volumique du sol) à chaque valeur de potentiel a été calculée en multipliant la teneur en eau massique par la densité apparente. Nous avons ainsi déterminé les teneurs en eau volumiques à –10 hPa ($\theta_{1,0}$ à pF = 1,0), –33 hPa ($\theta_{1,5}$ à pF = 1,5), –100 hPa ($\theta_{2,0}$ à pF = 2,0), –330 hPa ($\theta_{2,5}$ à pF = 2,5), –1000 hPa ($\theta_{3,0}$ à pF = 3,0), –3300 hPa ($\theta_{3,5}$ à pF = 3,5) et –15000 hPa ($\theta_{4,2}$ à pF = 4,2). La composition granulométrique, la teneur en calcaire et carbone organique, la capacité d'échange cationique ont été mesurées au laboratoire d'analyse des sols de l'INRA à Arras.

Validité des classes de pédotransfert utilisées

Les teneurs en eau volumiques ainsi mesurées ont été comparées à celles prédites à l'aide des CPT proposées par Bruand et al. (2004). Pour discuter de la qualité de la prédiction obtenue avec de telles CPT, nous avons calculé pour l'ensemble des horizons considérés l'erreur moyenne de prédiction (EMP_{moy}) définie par :

$$EMP_{moy} = \frac{1}{n' \cdot n} \sum_{j=1}^{n'} \sum_{i=1}^{n} (\theta_{p,j,i} - \theta_{m,j,i})$$

avec *n*, nombre de points de potentiel pour chaque horizon (n= 7 dans le cas de cette étude), n', le nombre d'horizons considérés (n' ≤ 42 dans cette étude), $\theta_{p,j,i}$, teneur en eau volumique prédite au potentiel i pour l'horizon *j*, $\theta_{m,j,i}$, teneur en eau volumique mesurée au potentiel *i* pour l'horizons *j*. La prédiction est d'autant moins biaisée que EMP_{moy} est proche de 0. Par ailleurs, les CPT surestiment la teneur en eau lorsque EMP_{moy} est positif et la sous-estiment lorsque EMP_{moy} est négatif.

Nous avons aussi calculé l'écart-type de prédiction pour l'ensemble des horizons (ETP_{moy}) défini par :

$$ETP_{moy} = \left\{ \frac{1}{n' \cdot n} \sum_{j=1}^{n'} \sum_{i=1}^{n} \left[(\theta_{p,j,i} - \theta_{m,j,i}) - EMP_{moy} \right]^2 \right\}^{1/2}$$

L'écart-type de prédiction renseigne sur la précision de la prédiction. Cette précision est d'autant plus élevée que ETP_{moy} est faible.

Démarche suivie

Pour comparer la qualité des prédictions effectuées avec les CPT texturales et les CPT texturo-structurales, nous avons procédé en trois étapes :

- Dans une première étape, nous avons calculé les EMP_{moy} et ETP_{moy} obtenues avec les CPT texturales en considérant l'ensemble des 42 horizons. Puis, nous avons calculé les EMP_{moy} et ETP_{moy} obtenus

avec les CPT texturo-structurales mais en ne considérant que les horizons pour lesquels la densité apparente (D_a) correspondait à une valeur proposée par Bruand *et al.* (2004) pour la classe de texture concernée. Enfin, les EMP_{moy} et ETP_{moy} obtenus avec ces CPT texturo-structurales ont été à nouveau calculées mais cette fois en considérant l'ensemble des 42 horizons. Dans ce dernier cas, lorsque la densité apparente ne correspondait pas à l'une des valeurs proposées par Bruand *et al.* (2004), ce sont des valeurs de θ correspondant à la valeur de D_a la plus proche pour le type d'horizon et la classe de texture considérés qui ont été utilisées ;

- Dans une deuxième étape, nous avons regroupé les horizons selon les pôles texturaux argile, limon et sable ; cela permet de discuter la qualité de la prédiction selon ces trois pôles texturaux. Nous avons alors calculé les EMP_{moy} et ETP_{moy} avec les CPT texturales pour chaque pôle textural. Ensuite, nous avons calculé les EMP_{moy} et ETP_{moy} en utilisant les CPT texturo-structurales et en ne prenant en compte, comme lors de la première étape, que les horizons dont D_a correspondait à une des valeurs proposées par Bruand *et al* (2004). Enfin, les EMP_{moy} et ETP_{moy} obtenus avec les CPT texturo-structurales ont été à nouveau calculés comme lors de la première étape en prenant en compte l'ensemble des 42 horizons ;
- Enfin, nous avons regroupé les horizons en séparant les horizons de surface (horizons A et L) de ceux de subsurface (horizons E, B et C). Comme lors des deux étapes précédentes, nous avons calculé les EMP_{moy} et ETP_{moy} en utilisant les CPT texturales, puis les CPT texturo-structurales.

RESULTATS ET DISCUSSION

Une large gamme de composition échantillonnée

Les résultats des analyses effectuées au laboratoire confirment la large gamme de composition granulométrique décrite sur le terrain (Figure 2, Tableau 1). Dix classes de texture parmi les quinze classes du triangle de texture sont représentées. La teneur en carbone organique et la capacité d'échange cationique varient aussi dans une large gamme (Tableau 1).

A chaque valeur de potentiel, la teneur en eau des horizons est très variable en raison des variations de composition (Tableaux 1 et 2). A –10 hPa, $\theta_{1,0}$ varie dans un rapport de 1 à 4 entre valeurs minimale et maximale. A –15000 hPa, $\theta_{4,2}$ varie dans un rapport de 1 à 11 entre valeurs minimale et maximale.

Validité des classes de pédotransfert utilisées

Les classes de pédotransfert (CPT) utilisées permettent de prédire la teneur en eau volumique (θ) aux mêmes 7 valeurs de potentiel que celles auxquelles elles ont été mesurées au laboratoire. Ces CPT utilisent soit uniquement le type de l'horizon (distinction entre les horizons A d'une part, et E, B et C d'autre part) et sa texture (CPT texturales), soit le type de l'horizon, sa texture et sa densité apparente (CPT texturo-structurales) (Bruand et al., 2004). Dans ce second cas, la prédiction devrait être moins biaisée et plus

précise car on tient compte à la fois de la composition de l'horizon (texture) et son état structural (densité apparente).

Biais des prédictions

Les CPT texturales conduisent à des valeurs en moyenne faiblement surestimées (EMP_{moy} = 0,7 %) (colonne T, Tableau 3). On enregistre un biais plus faible avec les CPT texturo-structurales (EMP_{moy} = 0,5 %) mais seuls 29 horizons ont été pris en compte (colonne TS, Tableau 3). Lorsque l'analyse porte sur l'ensemble des 42 horizons, on n'observe pas de variation du biais entre les CPT texturales et les CPT texturo-structurales (colonne TS*, Tableau 3). La sur-estimation est plus élevée pour les horizons de texture argileuse que pour ceux de texture sableuse quel que soit le type de CPT utilisé. Pour les horizons de texture limoneuse, on enregistre en revanche une sous-estimation des teneurs en eau qui est d'ailleurs plus marquée avec les CPT texturo-structurales (Tableau 3). Lorsque l'on sépare les horizons A et L d'une part et les horizons E, B et C d'autre part, on note que les teneurs en eau sont en moyenne sous-estimées pour les horizons A et L alors qu'elles sont en moyenne surestimées pour les horizons E, B et C. On note aussi une augmentation du biais lorsque l'on passe des CPT texturales aux CPT texturo-structurales alors ces dernières auraient dû conduire à une prédiction moins biaisée.

Précision des prédictions

La précision de la prédiction est légèrement améliorée lorsque l'on passe des CPT texturales aux CPT texturo-structurales et ceci même lorsque l'on utilise des valeurs approchées de D_a (Tableau 3). Avec les CPT texturales, la précision est voisine pour les horizons de texture limoneuse (ETP_{moy} = 3,0 %) et sableuse (ETP_{moy} = 2,9 %) alors qu'elle est supérieure pour les horizons de texture argileuse (ETP_{moy} = 3,7 %) (colonne T, Tableau 3). Avec les CPT texturo-structurales, c'est en revanche avec les horizons de texture argileuse et limoneuse que les précisions sont proches alors qu'elle est nettement supérieure avec les horizons de texture sableuse (colonne TS, Tableau 3). Avec les CPT texturales, la précision de la prédiction est en moyenne inférieure avec les horizons A et L (ETP_{moy} = 2,8 %) à ce qu'elle est avec les horizons E, B et C (ETP_{moy} = 3,4 %). Avec les CPT texturo-structurales, les précisions enregistrées sont voisines (2,7 < ETP_{moy} < 3,0 %) quel que soit le type d'horizon et que l'on utilise ou non des valeurs approchées de Da. Pour les horizons E, B et C, ces valeurs correspondent cependant à une amélioration de la précision avec les CPT texturo-structurales (2,7 % contre 3,4 %).

CONCLUSION

L'utilisation des classes de pédotransfert (CPT) proposées par Bruand *et al.* (2004) conduit à une prédiction de teneurs en eau qui sont en moyenne légèrement surestimées (de 0,5 à 0,7 % selon le type de CPT utilisé). Cette surestimation est plus marquée pour les horizons E, B et C et pour ceux de texture argileuse (ALO, AS, A et AL). Pour les horizons de texture limoneuse (LSA, LAS, LMS et LA), c'est en revanche une sous-estimation des teneurs en eau qui est enregistrée. La prise en compte combinée de la

composition granulométrique (texture) et de l'état structural (densité apparente) des horizons à l'aide des CPT texturo-structurales ne réduit pas le biais de prédiction mais il faut cependant noter que les biais enregistrés sont, dans tous les cas, faibles (-0,7 < EMP < 1,5 %).

L'utilisation de CPT texturo-structurales permet en revanche d'améliorer légèrement la précision de la prédiction lorsque l'ensemble des horizons étudiés est pris en compte. La précision reste cependant voisine de 3 %. C'est avec les horizons E, B et C et ceux de texture argileuse (ALO, AS, A et AL) que l'amélioration de la précision est la plus nette lorsque l'on passe des CPT texturales aux CPT texturo-structurales.

Ainsi, sur la base de ces premiers résultats de validation, il apparaît que l'utilisation des CPT texturo-structurales proposées par Bruand *et al.* (2004) n'apporte une amélioration sensible de la qualité de la prédiction (augmentation de la précision) que pour les horizons E, B ou C et les horizons de texture ALO, AS, A ou AL, a fortiori pour les horizons E, B ou C présentant ces textures. Dans les autres cas et pour les sols apparentés aux sols étudiés, il apparaît justifié de se limiter à l'utilisation des CPT texturales puisque la prise en compte de la densité apparente n'améliore au mieux que très peu le biais et la précision des prédictions.

BIBLIOGRAPHIE

Al Majou H., 2004 – Mesures et prédiction des propriétés de rétention en eau de sols de la Région Centre. Mémoire de D.E.A. National de Science du Sol, 35 p.

Bastet G., Bruand A., Quétin P., Cousin I., 1998 – Estimation des propriétés de rétention en eau à l'aide de fonctions de pédotransfert (FPT) : Une analyse bibliographique. Etude et Gestion des Sols, 1, 7-28.

Bouma J, van Lanen HAJ, 1987 -Transfer functions and threshold values : from soil characteristics to land qualities. p 106–111. In: Beek K.J., P.A. Burrough and D.E. McCormack (eds.), Proc. ISSS/SSSA Workshop on Quantified Land Evaluation Procedures. Int. Inst. for Aerospace Surv. and Earth Sci., Publ. No 6, Enschede, The Netherlands.

Bruand A. 2004 - Preliminary Grouping of soils, *In* : Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology, Y. Pachepsky and W.J. Rawls (eds.), Developments in Soil Science, volume 30, Elsevier, 159-174.

Bruand A, Baize D, Hardy M, 1994 Prediction of water retention properties of clayey soils : validity of relationships using a single soil characteristic. Soil Use and Management, 10, 3, 99-103.

Bruand A, Duval O, Cousin I, 2004 - Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à partir de la base de données SOLHYDRO : Une première proposition combinant le type d'horizon, sa texture et sa densité apparente. Etude et Gestion des Sols, 11, 323-332.

Bruand A, Duval O, Gaillard H, Darthout R, Jamagne M, 1996 - Variabilité des propriétés de rétention en eau des sols : importance de la densité apparente. Etude et Gestion des Sols, 3(1), 27-40.

Gupta SC, Larson WE, 1979 - Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter content, and bulk density. Water Resources Research, 15, 1633-1635.

Hall DG, Reeve MJ, Thomasson AJ, Wright VF, 1977- Water retention, porosity and density of field soils. Technical Monograph. N°9. Soil Survey of England & Wales, Harpenden.

233 Wösten J.H.M., Nemes A., 2004 - Pedotransfer functions for Europe. *In*: Development of Pedotransfer
234 Functions in Soil Hydrology, Y. Pachepsky and W.J. Rawls (eds.), Developments in Soil Science, volume
235 30, Elsevier, 431-435.
236 Wösten J.H.M., Pachepsky Y.A., Rawls W.J., 2001 – Pedotransfer functions: bridging the gap between
237 available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. Journal of Hydrology, 251, 123–150.

238
239
240
241 Figure 1 – Localisation des profils de sols échantillonnés.
242 Figure 1 – Location of the soils sampled.
243
244
245
246 Figure 2 – Texture des horizons utilisés pour tester la validité des classes de pédotransfert (CPT) proposées
247 par Bruand et al. (2004). Les horizons A apparaissent avec un figuré différent.
248 Figure 2 – Texture of the horizons used to test the validity of class pedotransfer functions (CPT) proposed by
249 Bruand et al. (2004).
250

Tableau 1 - Composition de l'ensemble d'horizons étudié (n = 42).

Table 1- Compostion of the set of horizons studied (n = 42).

	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Ecart type
Teneur en argile (%)	23,6	1,9	57,5	14,2
Teneur en limon (%)	30,3	4,1	70,7	21,9
Teneur en sable (%)	46,2	2,5	89,4	31,5
$CaCO_3$ ($g.kg^{-1}$)	-	0	20,0	-
CO ($g.kg^{-1}$)	5,9	0	18,4	5,0
CEC ($cmol_+ kg^{-1}$)	10,8	0,6	27,1	7,3
D_a ($g\ cm^{-3}$)	1,53	1,32	1,77	0,13

CO : Teneur en carbone organique ; CEC : Capacité d'échange cationique déterminée à l'aide de la méthode à la cobaltihexamine ; D_a: Densité apparente des horizons mesurée à l'aide de cylindres de 500 cm^3.

Tableau 2 - Valeur moyenne, minimale, maximale et écart type des teneurs en eau volumiques (θ) aux différentes valeurs de potentiel (n= 42).

Tableau2 - Mean, maximal, minimal value and standard deviation of the volumetric water content at the different water potentials (n= 42).

Potentiel	Teneur en eau volumique (%)				
		Moyenne	Min.	Max.	Écart type
-10 hPa	$\theta_{1,0}$	30,2	10,7	41,7	7,4
-33 hPa	$\theta_{1,5}$	27,6	8,2	38,3	8,1
-100 hPa	$\theta_{2,0}$	25,6	6,7	37,5	8,6
-330 hPa	$\theta_{2,5}$	23,1	5,4	35,9	8,8
-1000 hPa	$\theta_{3,0}$	21,2	4,0	34,9	9,0
-3300 hPa	$\theta_{3,5}$	18,0	3,0	31,4	8,4
-15000 hPa	$\theta_{4,2}$	16,3	2,9	30,7	8,0

Tableau 3. Biais moyen (EMP_{moy}) et précision moyenne (ETP_{moy}) enregistrés lors de l'utilisation de classes de pédotransfert texturales (T), de classes de pédotransfert texturo-structurales (TS) et de classes de pédotransfert texturo-structurales avec la densité apparente la plus proche (TS*).

Tableau 3. Mean value of the average errors of prediction (EMP_{moy}) and of the standard deviation of prediction (EPT_{moy}) recorded with the textural class pedotransfer functions (T), the texturo-structural class pedotransfer functions (TS) and the texturo-structural class pedotransfer functions using the nearest bulk density (TS).*

	T			TS			TS*		
	EMP_{moy} (%)	ETP_{moy} (%)	n'	EMP_{moy} (%)	ETP_{moy} (%)	n'	EMP_{moy} (%)	ETP_{moy} (%)	n'
Tous horizons	+0,7	+3,3	42	+0,5	+3,0	29	+0,7	+2,9	42
Textures ALO, AS, A, AL	+1,0	+3,7	15	+1,3	+2,6	14	+1,5	+2,7	15
Textures S, SA, SL	+0,7	+2,9	19	+0,5	+3,5	7	+0,8	+3,0	19
Textures LSA, LAS, LMS, LA	-0,1	+3,0	8	-0,8	+2,6	8	-0,8	+2,6	8
Horizons A et L	-0,1	+2,8	14	-0,7	+2,9	12	-0,2	+3,0	14
Horizons E, B, C	+1,1	+3,4	28	+1,4	+2,7	17	+1,2	+2,7	28