

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. *Etude et Gestion des Sols*, Association Française pour l'Etude des Sols, 2005, 12, pp.3, 221-228. hal-00068789

HAL Id: hal-00068789

<https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/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.

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

5

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

7

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

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

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

12

13

14 **RESUME**

15

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

32

33 **Mots clés**

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

35

36 ***SUMMARY***37 ***FIRST RESULTS OF VALIDATION OF THE CLASS PEDOTRANSFER FUNCTIONS ESTABLISHED WITH***
38 ***SOLHYDRO 1.0 DATABASE: APPLICATION TO SOILS FROM THE REGION CENTRE (FRANCE)***

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

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

52

53 *Key-words*

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

55

56

57 Pour décrire le fonctionnement hydrique de la couverture pédologique, il est nécessaire de connaître les
58 propriétés hydriques (rétention en eau, conductivité hydraulique) des horizons qui la composent. Or, la
59 détermination de ces propriétés par des méthodes expérimentales étant généralement longue, coûteuse et
60 difficile, des outils de prédiction ont été développés pour estimer de telles propriétés (Bouma et Van Lanen,
61 1987). Ces outils, nommés fonctions ou classes de pédotransfert, sont pour l'essentiel des relations
62 statistiques qui lient des propriétés du sol difficilement accessibles à des caractéristiques du sol aisément
63 accessibles (composition granulométrique, densité apparente, teneur en carbone organique) (Bastet *et al.*,
64 1998 ; Wösten *et al.*, 2001 ; Wösten et Nemes, 2004). Il constitue un moyen d'établir un lien entre ce qui
65 est disponible dans les bases de données et les grandeurs nécessaires aux modèles qui décrivent le
66 fonctionnement des sols (e.g. Hall *et al.*, 1977 ; Gupta et Larson, 1979 ; Bruand *et al.*, 1994 & 1996 ; Wösten
67 et Nemes, 2004). Parmi ces outils, les classes de pédotransfert (CPT) permettent d'estimer les propriétés
68 hydriques après avoir regroupé et classé les sols selon leurs caractéristiques (Wösten *et al.*, 2001 ; Bruand,
69 2004).. Bruand *et al.* (2004) ont proposé des CPF pour les teneurs en eau volumiques à 7 potentiels de l'eau
70 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
71 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
72 apparente. Dans ce second cas, la prédiction des teneurs en eau volumiques est supposée être moins
73 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
74 de validation. Dans cette note, notre objectif est de tester la validité de ces CPT proposées par Bruand *et al.*
75 (2004) à partir de la base de données SOLHYDRO 1.0 lorsqu'elles sont utilisées pour prédire les propriétés
76 de rétention en eau de sols de la Région Centre.

77

78 **MATERIEL ET METHODES**

79 **Les sols étudiés**

80 Un ensemble de 42 horizons (12 horizons A, 30 horizons B, E et C) issus de 11 sols localisés en Région
81 Centre a été étudié (Al Majou, 2004) (Figure 1). Ces sols sont représentatifs de 5 régions naturelles de la
82 Région Centre. Ils sont développés dans différents matériaux parentaux : des matériaux argileux ou sablo-
83 argileux reposant sur des calcaires d'âge oxfordien (9 horizons), des matériaux argileux non calcaire d'âge
84 éocène (4 horizons), des formations éoliennes limoneuses à limono-argileuses de faible épaisseur qui
85 reposent sur des calcaires aquitaniens (9 horizons), des sédiments fluviatiles sablo-argileux à argilo-sableux
86 (6 horizons), des matériaux remaniés issus des sables et argiles burdigaliens (7 horizons), des formations
87 alluviales sablo-caillouteuses d'âge quaternaire (4 horizons), des formations détritiques des sables et argiles
88 de Sologne (3 horizons). Les horizons étudiés ne possédaient pas ou très peu d'éléments grossiers et
89 n'étaient par ailleurs pas ou très peu carbonatés.

90

91 **Les propriétés de rétention en eau**

92 La teneur en eau massique a été mesurée à sept valeurs de potentiel allant de -10 hPa (pF= 1,0) à -
 93 15000 hPa (pF= 4,2) en utilisant des mottes de dimensions centimétriques issues d'échantillons non
 94 perturbés prélevés lorsque le sol était dans un état hydrique proche de la capacité au champ (Bruand *et al.*,
 95 1996). La densité apparente des horizons a été mesurée à l'aide de cylindres de 500 cm³ lorsque le sol était
 96 en conditions proches de la capacité au champ. La teneur en eau volumique (θ en % volumique du sol) à
 97 chaque valeur de potentiel a été calculée en multipliant la teneur en eau massique par la densité apparente.
 98 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
 99 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 ($\theta_{3,5}$
 100 à pF = 3,5) et -15000 hPa ($\theta_{4,2}$ à pF = 4,2). La composition granulométrique, la teneur en calcaire et carbone
 101 organique, la capacité d'échange cationique ont été mesurées au laboratoire d'analyse des sols de l'INRA à
 102 Arras.

103

104 **Validité des classes de pédotransfert utilisées**

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

$$109 \quad EMP_{moy} = \frac{1}{n' \cdot n} \sum_{j=1}^{n'} \sum_{i=1}^n (\theta_{p,j,i} - \theta_{m,j,i})$$

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

115

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

$$117 \quad ETP_{moy} = \left\{ \frac{1}{n' \cdot n} \sum_{j=1}^{n'} \sum_{i=1}^n [(\theta_{p,j,i} - \theta_{m,j,i}) - EMP_{moy}]^2 \right\}^{1/2}$$

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

120

121 **Démarche suivie**

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

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

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

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

143

144 **RESULTATS ET DISCUSSION**

145 **Une large gamme de composition échantillonnée**

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

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

153

154 **Validité des classes de pédotransfert utilisées**

155 Les classes de pédotransfert (CPT) utilisées permettent de prédire la teneur en eau volumique (θ) aux
 156 mêmes 7 valeurs de potentiel que celles auxquelles elles ont été mesurées au laboratoire. Ces CPT utilisent
 157 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
 158 texture (CPT texturales), soit le type de l'horizon, sa texture et sa densité apparente (CPT texturo-
 159 structurales) (Bruand *et al.*, 2004). Dans ce second cas, la prédiction devrait être moins biaisée et plus

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

162

163 Biais des prédictions

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

176

177 Précision des prédictions

178 La précision de la prédiction est légèrement améliorée lorsque l'on passe des CPT texturales aux CPT
179 texturo-structurales et ceci même lorsque l'on utilise des valeurs approchées de D_a (Tableau 3). Avec les
180 CPT texturales, la précision est voisine pour les horizons de texture limoneuse ($ETP_{moy} = 3,0 \%$) et sableuse
181 ($ETP_{moy} = 2,9 \%$) alors qu'elle est supérieure pour les horizons de texture argileuse ($ETP_{moy} = 3,7 \%$)
182 (colonne T, Tableau 3). Avec les CPT texturo-structurales, c'est en revanche avec les horizons de texture
183 argileuse et limoneuse que les précisions sont proches alors qu'elle est nettement supérieure avec les
184 horizons de texture sableuse (colonne TS, Tableau 3). Avec les CPT texturales, la précision de la prédiction
185 est en moyenne inférieure avec les horizons A et L ($ETP_{moy} = 2,8 \%$) à ce qu'elle est avec les horizons E, B
186 et C ($ETP_{moy} = 3,4 \%$). Avec les CPT texturo-structurales, les précisions enregistrées sont voisines ($2,7 <$
187 $ETP_{moy} < 3,0 \%$) quel que soit le type d'horizon et que l'on utilise ou non des valeurs approchées de D_a . Pour
188 les horizons E, B et C, ces valeurs correspondent cependant à une amélioration de la précision avec les CPT
189 texturo-structurales (2,7 % contre 3,4 %).

190

191 CONCLUSION

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

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

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

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

210

211 BIBLIOGRAPHIE

212 Al Majou H., 2004 – Mesures et prédiction des propriétés de rétention en eau de sols de la Région Centre.

213 Mémoire de D.E.A. National de Science du Sol, 35 p.

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

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

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

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

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

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

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

231 Hall DG, Reeve MJ, Thomasson AJ, Wright VF, 1977- Water retention, porosity and density of field soils.
 232 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

251

252 **Tableau 1** - Composition de l'ensemble d'horizons étudié (n = 42).253 *Table 1- Composition 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 _c . kg ⁻¹)	10,8	0,6	27,1	7,3
D _a (g cm ⁻³)	1,53	1,32	1,77	0,13

254 CO : Teneur en carbone organique ; CEC : Capacité d'échange cationique déterminée à l'aide de la méthode à la
 255 cobaltihexamine ; D_a: Densité apparente des horizons mesurée à l'aide de cylindres de 500 cm³.

256

257

258

259

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

262 *Tableau2 - Mean, maximal, minimal value and standard deviation of the volumetric water content*
 263 *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

264

265

266

267

268

269

270

271

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

275 *Tableau 3.* Mean value of the average errors of prediction (EMP_{moy}) and of the standard deviation of
 276 prediction (EPT_{moy}) recorded with the textural class pedotransfer functions (T), the texturo-structural class
 277 pedotransfer functions (TS) and the texturo-structural class pedotransfer functions using the nearest bulk
 278 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

279

280