

Poids des différentes caractéristiques des sols dans l'estimation de leur rétention en eau

Cas des sols d'Algérie

B. Dridi^(1*) et A. Dilmi⁽²⁾

- 1) Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach - Alger - Algérie
 - 2) Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage El Harrach - Alger - Algérie
- * : Auteur correspondant : b_dridi@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Dans le but de répondre au manque de données relatives aux propriétés de rétention en eau des sols d'Algérie, des fonctions de pédo-transfert ont été élaborées sur une série de sols censés représenter l'essentiel des sols du pays. Les mesures et analyses ont porté sur des échantillons à structure et humidité conservées ainsi que sur d'autres échantillons ayant subi un traitement habituel (séchés et tamisés à 2 mm). Au fur et à mesure de l'introduction successive des variables explicatives, les corrélations s'améliorent, celles-ci sont par ailleurs plus fortes avec les sols ayant conservé leur structure originelle. La validation au moyen de l'erreur moyenne de prédiction (EMP) et de l'écart type de prédiction (ETP) a montré que le biais était faiblement négatif, c'est-à-dire qu'ils indiquent une légère sous estimation des prédictions à l'exception du potentiel 16 000 hPa qui est positif dans les sols remaniés mais avec un écart type plutôt élevé, traduisant ainsi une hétérogénéité des valeurs de mesures. Ces premiers résultats peuvent répondre à la demande actuelle en données, cependant ils peuvent être améliorés, notamment par une localisation plus précise des travaux.

Mots clés

Composition granulométrique, matière organique, densité apparente, modèle, porosité.

SUMMARY**ESTIMATION OF WATER RETENTION IN THE ALGERIAN SOILS**

In order to provide an answer to the lack of data concerning the withholding in water properties of the grounds of Algeria, pedotransfert functions have been put on a set of sensible grounds to represent the main part of grounds of the country. The measures and analysis have been carried out on samples with structure and humidity kept as they were as well as other samples having undergone an usual treatment (dried and sieved in 2 mm). As one goes along with introducing explanatory variables, the correlations improved, noting that these are stronger when it comes to grounds having kept their original structure. The validation procedure through error average prediction (EMP) and the standard deviation of prediction (ETP) showed that the bias was weakly negative, that is to say that it indicates a slight under estimation of the predictions except that of the potential 16 000 hPa which is positive in the reshaped grounds, with a rather high standard deviation, then meaning an heterogeneity properties of value measures. These first results are able to provide an answer to the current need for data. However, they can be improved particularly, through a more precise localisation of the target.

Key-words

Particle size distribution, organic raw material, bulk density, model, porosity.

RESUMEN**PESO DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EN LA ESTIMACIÓN DE SU RETENCIÓN EN AGUA (CASO DE LOS SUELOS DE ARGELIA)**

Para poder responder a la falta de datos relativos a las propiedades de retención en agua de los suelos de Argelia, se elaboraron funciones de pedotransferencia sobre una gama de suelos que puede representar el esencial de los suelos del país. Las medidas y los análisis se efectuaron sobre muestras con estructura y humedad conservadas así que sobre otras muestras que tuvieron tratamiento habitual (secados y tamizados a 2 mm). A medida que se introduce sucesivamente variables explicativas, las correlaciones se mejoran, ellas están por otra parte más fuertes con suelos que conservaron su estructura original. La validación por medio del error medio de predicción (EMP) y de la desviación estándar de predicción (ETP) mostró que el sesgo está ligeramente negativo, es decir que indican una pequeña subestimación de las predicciones con excepción del potencial 16 000 hPa que está positivo en los suelos removidos pero con una desviación estándar más bien elevada, que traduce una heterogeneidad de los valores de medidas. Estos primeros resultados pueden responder a la demanda actual en datos, sin embargo, ellos pueden mejorarse notablemente por una localización más precisa de los trabajos.

Palabras clave

Composición granulométrica, materia orgánica, densidad aparente, modelo, porosidad.

INTRODUCTION

En Algérie, l'eau constitue le premier facteur limitant de la production agricole, et explique, de ce fait, les faibles potentialités agricoles du pays alors que les besoins alimentaires des populations sont en constante augmentation. Rationaliser l'utilisation de cette ressource rare est impératif, notamment par la connaissance des réserves hydriques des sols ainsi que par la compréhension de l'alimentation en eau des plantes.

Quelles que soient les conditions climatiques de différents pays, les propriétés de rétention en eau ont fait l'objet d'un très grand nombre de travaux de par le monde au cours de ces dernières décennies (Bastet *et al.*, 1998; Bruand *et al.*, 2002; Morvan *et al.*, 2004). Cependant, la lourdeur et le coût de ces mesures rendent ces propriétés contraignantes à déterminer au laboratoire, alors que, sur le terrain, il est difficile d'obtenir des valeurs sur une gamme de potentiels assez large pour étudier le comportement hydrique des sols (Bigorre, 2000). De ce fait, lorsqu'il s'agit de grandes étendues, il est difficile, voire impossible, de mesurer ces propriétés. Pour répondre à la nécessité de connaître les propriétés hydriques des sols, des études relativement récentes ont eu pour objectif l'établissement de relations permettant de les estimer à partir de caractéristiques du sol plus aisément accessibles notamment lors d'inventaire des sols. Ces relations nommées fonctions de pédotransfert (FPT) sont pour l'essentiel des relations statistiques qui lient des propriétés du sol difficiles à mesurer à des caractéristiques du sol souvent disponibles (composition granulométrique, densité apparente, teneur en carbone organique, etc.) et constituent alors un outil d'estimation des propriétés de rétention en eau des sols (Al Majou *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2007).

Ainsi, différentes fonctions de pédotransfert ont été proposées dans la littérature internationale notamment celles de Bruand *et al.* (1996); Arrouays et Jamagne (1993); Morvan *et al.* (2004). Ces chercheurs ont privilégié les rôles de la texture, de la matière organique et de la densité apparente dans la rétention de l'eau.

Cependant, de nombreuses études ont montré l'inadéquation des fonctions de pédotransfert obtenues à prévoir les propriétés de rétention en eau en dehors des régions dans lesquelles elles sont établies (Arrouays et Jamagne, 1993; Li *et al.*, 2007). De ce fait, les modèles actuellement disponibles, issus de travaux réalisés en Europe ou aux Etats-Unis, ne peuvent être extrapolés aux sols d'Algérie.

Par ailleurs, ces dernières années, plusieurs auteurs ont perfectionné les outils de prédiction de la rétention en eau des sols par l'emploi de classes de pédotransfert (CPT). Celles-ci permettent d'estimer les propriétés hydriques après avoir regroupé et classé les sols selon leurs caractéristiques (Bruand *et al.*, 2002). Ces chercheurs ont proposé des CPT pour les teneurs en eau volumiques à 7 potentiels de l'eau variant de -10 hPa (pF 1) à -16000 hPa (pF 4,2) en fonction soit du type

d'horizon 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.

Malgré le fait que l'Algérie se situe en grande partie sous climats semi-aride et aride (Emberger, 1955), l'étude des propriétés de rétention en eau n'a pas fait l'objet de travaux conséquents. Les causes en sont nombreuses, notamment son étendue, qui rend difficile des mesures sur la totalité des sols. Ainsi, le recours à des méthodes prédictives constitue le meilleur moyen d'obtenir des données nécessaires à une utilisation optimale et durable des deux ressources fondamentales de la biosphère que sont l'eau et le sol.

Ce travail a donc pour objectif l'établissement de fonctions de pédotransfert en vue de prédire les propriétés de rétention en eau des sols d'Algérie à 9 valeurs de potentiel. Celles-ci sont établies à partir des données les plus courantes (granulométrie, matière organique et masse volumique apparente du sol). Ces premiers résultats permettront, dans un premier temps, de répondre aux besoins urgents de données sur la rétention en eau des sols, et d'envisager par la suite des recherches plus affinées car mieux ciblées (types de sols) et limitées spatialement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel d'étude

Un lot de 63 échantillons de sols a été récolté selon un transect nord-sud d'une longueur d'environ 70 km à vol d'oiseau dans le but de couvrir une gamme variée de sols représentatifs du territoire pour lesquels les FPT établies peuvent être généralisées (*figure 1*). Sur le terrain, les critères retenus pour les prélèvements des sols sont la couleur, la texture et l'occupation du sol. Les échantillons proviennent d'horizons de surface.

D'après la carte des sols de la FAO, les sols rencontrés sur cet itinéraire appartiennent essentiellement aux ordres suivants: fluvisols, cambisols, luvisols, lithosols, et enfin, xerosols. Déterminés sur le diagramme des textures USDA, les sols sont de textures variées: argileuse, argilo-limoneuse, limono-argileuse, limono-sableuse et limono-argilo-sableuse.

Méthodes mises en œuvre

Dans le but d'intégrer l'influence de la structure du sol sur la rétention en eau notamment aux potentiels élevés, les échantillons ont été prélevés dans des cylindres rigides (22 à 30 cm³) amenés aux environs de la capacité au champ par des apports d'eau distillée. Parallèlement, les mêmes sols sont échantillonnés mais sans conservation de leur structure (terre séchée à l'air ambiant puis tamisée à 2 mm).

Après saturation par capillarité avec de l'eau distillée durant

24 heures, 9 valeurs de potentiel matriciel variant de 0 à -16000 hPa ont été appliquées en drainage au moyen de la presse à membrane de Richards (1954) selon le *tableau 1*.

A l'issue d'une analyse par régressions multiples, les variables explicatives prises en compte par de nombreux chercheurs notamment Hall *et al.* (1977) sont l'argile, les limons, la matière organique et la densité apparente. Ainsi, le modèle d'équation retenu est celui proposé par Bastet *et al.* (1999) car les différents tests statistiques montrent que les coefficients de corrélations les plus élevés sont enregistrés avec celui-ci:

$$W = a_1 C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3 + a_i C_i + b$$

dans lequel C_i est une caractéristique pédologique ou variable explicative (appelée aussi variable indépendante),

a_i : le coefficient de régression correspondant.

b : l'ordonnée à l'origine,

W : la teneur en eau ou variable à expliquer (appelée aussi variable dépendante).

Pour comparer les valeurs de W prédites par les FPT à celles mesurées sur les horizons étudiés et discuter la validité des fonctions de pédotransfert établies, nous avons employé deux critères d'erreur définis par Van Alphen *et al.* (2001) et Bruand *et al.* (2002):

l'erreur moyenne de prédiction (EMP) et l'écart type de prédiction (ETP):

$$EMP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (W_{pi} - W_{mi})$$

avec n le nombre d'horizons, W_{pi} la teneur en eau massique prédite, W_{mi} la teneur en eau mesurée. L'estimation est d'autant moins biaisée que l'EMP est proche de 0. Par ailleurs, les fonctions de pédotransfert surestiment la teneur en eau lorsque l'EMP est positive et la sous estiment lorsqu'elle est négative. Nous avons aussi calculé l'écart type de prédiction (ETP):

$$ETP = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(W_{pi} - W_{mi}) - EMP]^2 \right\}^{1/2}$$

L'écart type de prédiction renseigne sur la précision de l'estimation, celle-ci est d'autant plus élevée que l'ETP est faible.

Par ailleurs, nous avons utilisé et interprété le coefficient de détermination R^2 , il indique le pourcentage de variation expliquée par la relation entre les variables (caractéristiques du sol et teneurs en eau aux différents potentiels).

Tableau 1 - Valeurs des potentiels appliqués.

Table 1 - Values of the applied potentials.

Potentiel (hPa)	0	40	80	160	330	510	1000	3500	16000
pF	0	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	3	3,5	4,2

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Courbes caractéristiques de rétention en eau

L'étude des courbes montre des différences d'évolution des teneurs en eau entre les deux modes d'échantillonnage notamment aux potentiels élevés. En effet, à pF0, l'écart en faveur des sols remaniés est relativement important alors qu'aux faibles potentiels, la rétention en eau est plus élevée dans les sols à structure conservée, c'est-à-dire ceux prélevés au moyen de cylindres.

Sols non remaniés

Les courbes des sols non remaniés sont constituées de deux segments à pentes différentes: de pF0 à pF1.6, elles traduisent la vidange rapide des macropores, et de pF1.6 à pF4.2, elles représentent une porosité relativement homogène, en particulier la microporosité qui retient plus énergiquement l'eau (*figure 2*).

Aux potentiels élevés, dans lesquels la texture et la structure s'expriment simultanément, les teneurs en eau des sols sont très proches. Cependant, aux potentiels moyens (pF 2.2 à pF2.5 hPa), les courbes commencent à s'écarter avec d'autant plus d'amplitude que le potentiel baisse. La courbe représentant les teneurs en eau les plus faibles correspond aux sols de texture limono-sableuse.

Sols remaniés

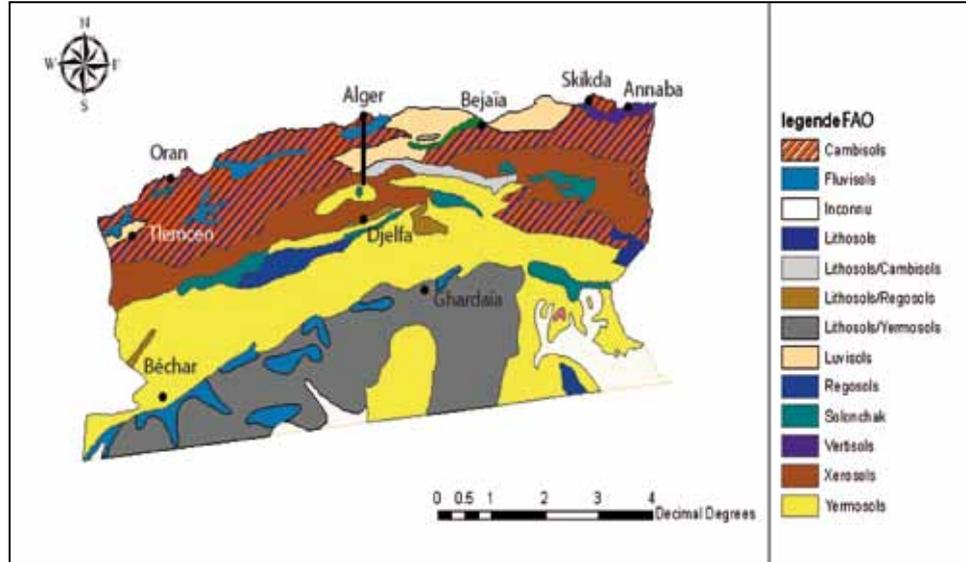
Les teneurs en eau des sols remaniés de différentes textures sont très proches les uns des autres quel que soit le potentiel appliqué. Ce comportement peut être expliqué par le remaniement du sol, celui-ci modifie, en homogénéisant la structure, et efface alors les différences d'origines texturales en accentuant l'effet de la porosité du sol (*figure 3*).

Comme pour les échantillons non remaniés, seul le sol de texture limono-sableuse se différencie des autres par ses faibles teneurs en eau, il comporte une porosité grossière moins propice à la rétention en eau, et ce quel que soit le potentiel appliqué.

Par ailleurs, les courbes obtenues sont constituées de 3 segments: de pF0 à pF1.6, correspondant aux macropores, de pF1.6 à pF3, traduisent la présence de mésopores et enfin de pF3 à pF4.2, représentent la microporosité.

Figure 1 - Carte des sols de l'Algérie du nord et localisation du transect.

Figure 1 - Soil map of northern Algeria and location of transect.



Paramètres et coefficients de détermination des fonctions de pédotransfert

Mesures sur l'ensemble des sols sans stratification

Une première approche a consisté à effectuer des mesures de rétention en eau sur l'ensemble des sols sans stratification aucune. En raison de leur importance pratique, seuls deux potentiels critiques correspondant aux teneurs en eau à la capacité au champ (330 hPa) et au point de flétrissement permanent (16000 hPa) ont fait l'objet d'étude et de comparaison. Les résultats du *tableau 2* montrent que, quelles que soient les variables indépendantes prises en compte et le mode de prélèvement, les relations sont toujours plus fortes aux faibles potentiels de l'eau (16000 hPa), confirmant ainsi le rôle primordial de l'argile à ce niveau d'énergie, celui-ci augmente lorsque le potentiel de l'eau baisse. Toutefois, avec l'introduction des limons totaux et du CaCO₃ aussi bien séparément qu'en addition, les écarts des coefficients de détermination se réduisent. Ce comportement indique que les limons grossiers et le calcaire total ont un effet sur la fixation de l'eau aux deux potentiels ; par exemple, R² passe de 0,20 et de 0,52 (1; 2) à 0,41 et 0,59 (9; 10), montrant ainsi que 21 % et 7 % de la rétention en eau sont expliqués par ces deux constituants du sol (L.G; CaCO₃). Par ailleurs, dans les milieux arides, de nombreux travaux ont montré qu'une grande partie des limons est de nature calcaire (Halitim, 1988).

Figure 2 - Courbes de rétention en eau des sols non remaniés par texture.

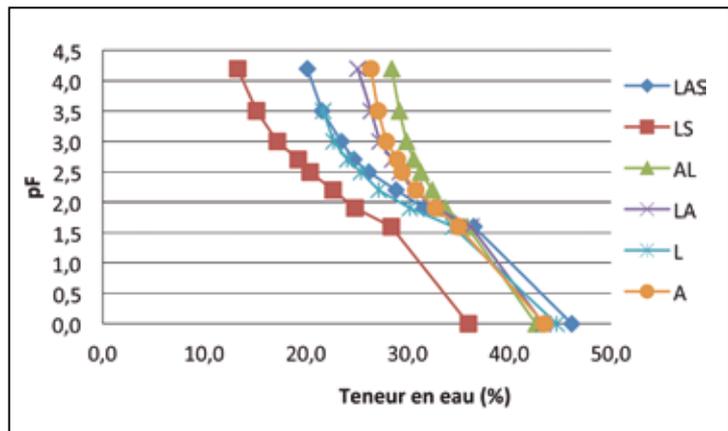
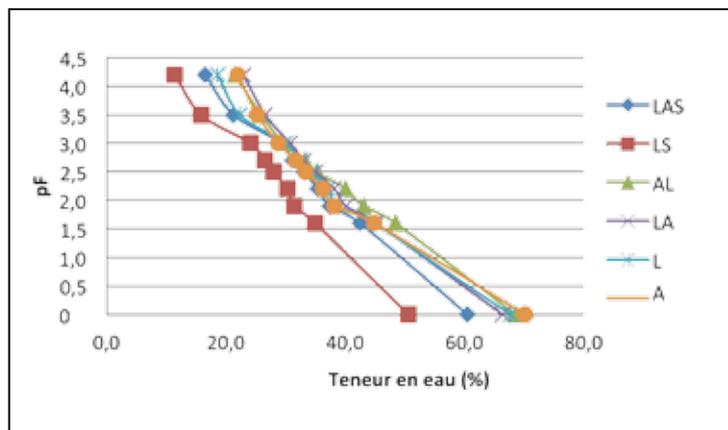


Figure 3 - Courbes de rétention en eau des sols remaniés par texture.



Le choix des deux modes de prélèvements conduit à observer avec réserve les mesures réalisées sur échantillons de sols remaniés, même si, pour des raisons pratiques, la reconstitution d'échantillons de sols au laboratoire est celle qui a souvent prévalu. Les résultats obtenus mettent en évidence que R^2 est toujours plus élevé pour les sols ayant conservé leur structure (non remaniés), ceci est particulièrement visible aux faibles potentiels. Ainsi, la microporosité des sols à structure conservée a pu s'exprimer à ce stade alors que la reconstitution des échantillons ne permet pas de recréer ce type d'espace poral.

Mesures après stratification structurale

Dans des études récentes, la prise en compte de la structure du sol exprimée à travers la masse volumique apparente des agrégats a permis d'améliorer les prédictions des fonctions de pédotransfert particulièrement aux potentiels élevés. La masse volumique apparente moyenne de l'horizon déterminée ainsi est utilisée comme estimateur de l'état structural du sol, tout en sachant que sa signification peut varier en fonction de la classe de texture. En effet, des horizons de compositions granulométriques très proches retiennent des quantités d'eau très différentes notamment aux potentiels élevés, de telles différences pourraient s'expliquer par des différences de structure de chaque sol (Bruand *et al.*, 2002).

En revanche, aux faibles valeurs de potentiel, la teneur en eau est étroitement liée à la composition granulométrique, en particulier à la teneur en argile. Par ailleurs, Balbino *et al.* (2002) ont signalé que les propriétés de rétention en eau sont dépendantes de la nature des constituants minéraux et organiques et de la façon dont ils sont assemblés. Ainsi, la comparaison des coefficients R^2 des équations (5); (6) et (7); (8) aux (17); (18) et (19); (20) montre que la masse volumique apparente améliore les relations aussi bien à 330 hPa qu'à 16 000 hPa pour les deux modes de prélèvements avec 27 % et 2 % pour les sols remaniés puis 34 % et 17 % pour les non remaniés. Nous notons que l'effet est plus élevé à 330 hPa pour les sols non remaniés, traduisant ainsi l'influence de la structure du sol originelle au potentiel moyen. L'analyse du *tableau 3* fait ressortir que les équations (19) et (20) présentent les relations les plus serrées entre les constituants du sol et leur arrangement spatial avec les teneurs en eau aux deux potentiels.

Contrairement aux résultats des travaux de Tessier *et al.* (1999), l'introduction de la CEC en remplacement de l'argile et de la matière organique n'a pas amélioré la qualité des relations. Le contexte pédologique (nature des argiles et degré d'évolution de la matière organique) pourrait expliquer ce comportement. En effet, les sols des régions arides sont constitués partiellement de débris de quartz et de calcaire inférieurs à 0,2 μm , ces derniers étant considérés comme fraction argileuse lors des analyses gra-

Tableau 2 - Paramètres des FPT pour l'ensemble des sols, sans stratification

Table 2 - FPT parameters for all soils, without stratification.

Sols	Modes de prélèvement	Potentiels hPa	Caractéristiques des sols	R^2	N°
Ensemble des sols	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons fins	0,20	1
				0,52	2
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons fins	0,36	3
				0,56	4
	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,27	5
				0,56	6
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,46	7
				0,63	8
Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et CaCO_3	0,41	9	
			0,59	10	
Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et CaCO_3	0,57	11	
			0,69	12	
Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et CaCO_3	0,30	13	
			0,40	14	
Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et CaCO_3	0,52	15	
			0,62	16	

CaCO_3 : calcaire total

Tableau 3 - Paramètres de l'équation après stratification structurale.**Table 3** - Equation parameters after structural stratification.

Sols	Modes de prélèvement	Potentiels hPa	Caractéristiques des sols	R ²	N°
Ensemble des sols	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux et masse volumique apparente	0,54 0,58	17 18
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux et masse volumique apparente	0,80 0,80	19 20
	Remaniés	330 16 000	CEC, limons totaux et masse volumique apparente	0,41 0,48	21 22
	Non remaniés	330 16 000	CEC, limons totaux et masse volumique apparente	0,49 0,49	23 24
	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux, CaCO ₃ et masse volumique apparente	0,49 0,60	25 26
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux, CaCO ₃ et masse volumique apparente	0,73 0,78	27 28

CEC: capacité d'échange cationique; CaCO₃: calcaire total

Tableau 4 - Paramètres de l'équation après stratification texturale.**Table 4** - Equation parameters after textural stratification.

Sols/texture	Modes de prélèvement	Potentiels hPa	Caractéristiques des sols	R ²	N°
Argileuse Argilo- limoneuse	Remaniés	1 000 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,36 0,25	29 30
	Non remaniés	1 000 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,22 0,23	31 32
Limono- argileuse	Remaniés	510 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,62 0,68	33 34
	Non remaniés	510 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,69 0,68	35 36
Limoneuse	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,86 0,86	37 38
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,82 0,31	39 40
Limono- sableuse	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,74 0,90	41 42
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,95 0,90	43 44
Limono-argilo- sableuse	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,74 0,74	45 46
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique et limons totaux	0,31 0,35	47 48

nulométriques, de ce fait, la CEC ne peut être corrélée aux taux d'argiles granulométriques.

La prise en compte simultanée du CaCO_3 et de la masse volumique apparente, en plus de l'argile de la matière organique et des limons totaux, a réduit légèrement le coefficient de détermination dans les deux modes de prélèvement, le poids du calcaire étant un peu plus faible dans la rétention en eau (25 à 28).

Classes de pédotransfert (stratification texturale)

Les études réalisées aux Etats unis et en Europe ont montré que la stratification texturale améliorerait sensiblement la qualité des prédictions (Morvan *et al.*, 2004). Ainsi, les sols ont été répartis en cinq classes texturales selon le diagramme des textures de l'USDA, puis leurs relations avec les teneurs en eau ont été étudiées. Le niveau du potentiel de l'eau à la capacité de rétention a été ajusté selon les textures: 510 hPa pour les sols limono-argileux et 1000 hPa pour les sols argileux alors que pour les sols limoneux ou à texture dite équilibrée, il est resté au niveau de 330 hPa. Compte tenu du nombre élevé d'objets à traiter, seuls les paramètres les plus pertinents ont été retenus (argile, matière organique et limons totaux) car ayant le poids le plus élevé dans la rétention en eau des sols (Hall *et al.*; 1977).

En comparaison au *tableau 2*, nous observons que les classes texturales renforcent les relations statistiques, particulièrement pour les textures dites légères. Ainsi, pour la texture limono-sableuse, 95 % et 90 % de la rétention en eau sont expliqués pour respectivement les potentiels 330 hPa et 16 000 hPa (*tableau 4*).

Seuls les sols non remaniés de texture limoneuse à 16000 hPa et limono-argilo-sableuse pour les deux potentiels semblent déroger à cette tendance. Selon cette approche, les deux modes d'échantillonnage ainsi que la valeur du potentiel ont peu d'influence sur R^2 , les fractions granulométriques dominantes de chaque texture déterminent le comportement du sol vis-à-vis de l'eau.

Classes de pédotransfert (stratification texturo-structurale)

Les résultats du *tableau 5* montrent que lorsque la masse volumique apparente des sols est introduite dans les calculs, les relations se renforcent fortement pour les textures fines et inversement, elles baissent de manière notable pour les sols de structure limono-sableuse, expliquant ainsi le peu d'influence de la structure sur cette texture. Dans les équations (58) et (60),

Tableau 5 - Paramètres de l'équation après stratification texturo-structurale.

Table 5 - Equation parameters after textural-structural stratification.

Sols/textures	Modes de prélèvement	Potentiels hPa	Caractéristiques des sols	R ²	N°
Argileuse Argilo- limoneuse	Remaniés	1 000 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,91 0,89	49 50
	Non remaniés	1 000 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,67 0,68	51 52
Limono- argileuse	Remaniés	510 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,65 0,73	53 54
	Non remaniés	510 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,80 0,74	55 56
Limoneuse	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,86 0,99	57 58
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,84 0,97	59 60
Limono- sableuse	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,41 0,56	61 62
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,77 0,76	63 64
Limono-argilo- sableuse	Remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,90 0,74	65 66
	Non remaniés	330 16 000	Argile, matière organique, limons totaux et masse volumique apparente	0,67 0,70	67 68

99 % et 97 % de l'eau retenue par le sol de texture limoneuse au potentiel 16 000 hPa pour respectivement l'échantillon remanié et non remanié sont sous la dépendance de la texture et de la structure. De ce fait, on peut dire que la structure du sol apporte des améliorations aux prédictions des sols lourds et limoneux, mais elle a peu d'effets sur les sols de textures grossières.

La validation des différentes FPT a mis en évidence un faible biais négatif (EMP compris entre -0,027 % et -0,23 % avec une ETP variant de 1,10 % à 2,14 %), traduisant ainsi une qualité satisfaisante des prédictions de la rétention en eau des sols.

CONCLUSION

Ce travail s'est fixé pour objectif l'établissement de fonctions de pédotransfert destinées à prédire les teneurs en eau à différents potentiels des principaux sols d'Algérie. Le choix de deux types d'échantillons (remaniés et non remaniés) visait à mettre en évidence l'effet du remaniement sur la rétention en eau des sols, car, dans de nombreux laboratoires, la détermination de la rétention en eau des sols est souvent réalisée avec des sols tamisés à 2 mm. En effet, les courbes pF montrent que les mêmes échantillons de sols, selon qu'ils soient remaniés ou non, présentent des teneurs en eau différentes, particulièrement aux potentiels élevés et cela en faveur des premiers.

Cependant, aux faibles potentiels, les teneurs en eau sont peu différentes entre les sols perturbés et les sols à structure conservée (différence non significative au seuil de 5 %), le rôle de la texture étant prépondérant.

De façon générale, les courbes représentant les teneurs en eau des sols à structure conservée montrent une allure régulière et de pente faible, signe d'un étagement tout relatif du système poral. Inversement, les courbes correspondant aux sols remaniés montrent des formes variables, elles sont constituées de trois segments, et traduisent la présence d'une porosité étagée, formée artificiellement lors de la reconstitution de l'échantillon. Par ailleurs, le remaniement des sols engendre une surestimation des teneurs en eau des sols aux potentiels élevés, ce résultat correspond à celui obtenu par Trouche et Morlon (1999).

Une analyse par régressions multiples a été effectuée pour établir des FPT à différentes valeurs de potentiel matriciel.

Les calculs montrent qu'au fur et à mesure que les caractéristiques des sols sont introduites dans les équations de régressions, la qualité de l'estimation de la rétention en eau est améliorée aussi bien pour les sols remaniés que pour les sols non remaniés. Par ailleurs, selon les valeurs des potentiels, les caractéristiques du sol ont des effets variables sur la teneur en eau, alors que la masse volumique apparente améliore la qualité des estimations avec un poids relativement élevé particulièrement pour les sols de textures fines. Ce paramètre n'a pas d'effet sur les sols de textures grossières

La relation statistique entre la rétention en eau des sols

par classe de texture et leurs caractéristiques montre que la stratification par classe de texture, notamment dans le cas des sols non remaniés et aux faibles potentiels en particulier est améliorée.

Ces résultats ont mis en évidence également que le remaniement des sols a un effet sur la qualité des FPT : en effet, leurs prédictions sont plus précises lorsque les mesures sont effectuées sur des échantillons à structure conservée.

BIBLIOGRAPHIE

- Al Majou H., Bruand A., Nicoulaud B., Duval O., et Dupont J., 2005 - 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*, vol. 12, n° 3, 221-228.
- Arrouays D., Jamagne M., 1993 - La possibilité d'estimer les propriétés de rétention en eau de sols limoneux lessivés hydromorphes de sud-ouest de la France à partir de leurs caractéristiques de constitution. *C. R. Acad. Agri. Fr.*, vol. 79, n° 1, 111-121.
- Balbino L.C., Bruand A., Brossard M., Grimaldi M., Hajnos M., Guimaraes M.F., 2002 - Changes in porosity and microaggregation in clayey ferralsols of the Brazilian Cerrado on Clearing for pasture. *European Journal of Soil Science*, 53, 219-230.
- Bastet G., A. Bruand, P. Quélin et Cousin I., 1998 - Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à l'aide de fonctions de pédotransfert (FPT): une analyse bibliographique. *Etude et gestion des sols*, vol. 5, 1, 7-28.
- Bigorre F., 2000 - Influence de la pédogenèse et de l'usage des sols sur leurs propriétés physiques. Mécanismes d'évolution et éléments de prévision. Thèse Université Henri Poincaré Nancy I, France, 148 p.
- Bruand A., Duval O., Gaillard H., Darhout R. et Jamagne M., 1996 - Variabilité des propriétés de rétention en eau des sols: importance de la densité apparente. *Etude et gestion des sols*, vol. 3, n°1, 27-40.
- Bruand A., Pérez Fernandez P., Duval P., Quélin P., Nicoulaud B., Gaillard H., Raison L., Pessaud J. F., Prud'Homme L., 2002- Estimation des propriétés de rétention en eau des sols: Utilisation de classes de pédotransfert après stratification texturale et texturo-structurale. *Etude et gestion des sols*, vol. 9, n° 2, 105-125.
- Emberger L., 1955 - Une classification biogéographique des climats. *Trav. Inst. Bot. Montpellier* 7, 3-43.
- Halitim A., 1988 - Sols des régions arides d'Algérie. OPU Alger 384p.
- 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*, 71-73.
- Li Y., Chen D., White R.E., Zhu A.; Zhang J., 2007- Estimating soil hydraulic properties of Fengqiu County soils in the North China Plain using pedo-transfer functions. *Geoderma* vol. 138, 261-271.
- Morvan X., Bruand A., Cousin I., Roque J., Baran N., Mouvet C., 2004 - Prédiction des propriétés de rétention en eau des sols d'un bassin versant à l'aide de fonctions de pédotransfert: influence de la densité apparente et de la teneur en éléments grossiers. *Etude et Gestion des sols*, vol. 11, n° 4, 1-24.
- Tessier D., Bigorre F., Bruand A., 1999 - La capacité d'échange: outil de prévision des propriétés physiques des sols. *CR. Acad. Agric. Fr.*, vol. 85, 37-46.
- Trouche G. et Morlon P., 1999 - Comparaison de différentes méthodes d'estimation de la réserve utile des sols (R.U.) dans le périmètre de l'O.G.A.F. Environnement de la zone de Migennes (Yonne). *Etude et Gestion des Sols*, vol. 6, n° 1, 41-54.
- Van Alphen B.J., Booltink H.W.G.; Bauma J., 2001- Combining pedotransfer functions with physical measurements to improve the estimation of soil hydraulic properties. *Geoderma* vol. 103, pp 133-147.

ANNEXE 1

Tableau 1 -Teneurs en eau des sols remaniés.

Table 1 - *Water contents of disturbed soil.*

hPa	0	40	80	160	330	510	1000	3500	16000
A	70,1	44,9	38,1	36,2	33,3	31,7	28,8	25,2	22,0
L	67,7	44,8	38,6	37,1	34,4	32,3	30,0	22,3	18,6
LA	66,4	45,1	40,1	38,2	35,0	33,0	30,7	26,5	22,8
AL	68,5	48,4	43,0	40,1	35,2	33,2	29,6	25,9	21,5
LS	50,5	35,0	31,4	30,3	27,9	26,5	24,1	15,8	11,4
LAS	60,5	42,5	37,4	35,4	33,0	31,2	29,3	21,2	16,5

Tableau 2 - Teneurs en eau des sols non remaniés.

Table 2 - *Water contents of undisturbed soil.*

hPa	0	40	80	160	330	510	1000	3500	16000
A	43,4	35,0	32,7	30,8	29,4	29,0	27,9	27,1	26,4
L	44,6	34,5	30,2	27,1	25,4	24,1	22,7	21,7	20,2
LA	43,3	36,2	32,7	30,6	29,2	28,5	27,2	26,3	25,1
AL	42,6	35,8	33,7	32,4	31,3	30,6	29,9	29,2	28,4
LS	36,0	28,4	24,8	22,7	20,4	19,2	17,2	15,1	13,3
LAS	46,1	36,5	31,6	28,8	26,2	24,7	23,5	21,6	20,1

ANNEXE 2

Tableau 3 - Statistiques descriptives de la granulométrie des sols étudiés.**Table 3** - Descriptive statistics of the particle size of the soils studied.

Variables %	Moyenne	Minimum	Maximum	1 ^{er} Quartile	3 ^e Quartile	Ecart-type
A	29,6	10,3	55,4	20,9	41,4	12,6
LF	22,4	5,2	45,2	10,5	31,9	12,0
LG	10,5	0,7	45,7	5,3	11,6	8,2
LT	32,9	6,8	72,9	18,7	46,4	16,5
SF	26,6	3,8	67,5	10,0	47,2	20,4
SG	10,9	0,2	57,9	2,7	13,3	12,3
ST	37,5	4,8	75,7	14,7	62,4	23,8

Tableau 4 - Statistiques descriptives des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols étudiés.**Table 4** - Descriptive statistics of physical, chemical and biological properties of soils studied.

Variables Paramètres	Moyenne	Minimum	Maximum	1 ^{er} Quartile	3 ^e Quartile	Ecart-type
M.O %	3,3	0,5	8,3	1,8	4,3	1,8
C.E.C Cmoles.kg ⁻¹	29,2	7,0	57,1	20,5	36,6	12,7
N.t %	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0
CE ds/m	0,2	0,0	1,5	0,1	0,2	0,3
pH	8,0	7,1	9,2	7,8	8,3	0,4
CaCO ₃ %	9,0	0,0	22,6	1,9	15,3	7,0
D.a	1,3	1,0	1,7	1,2	1,4	0,2
P.t %	54,4	37,8	67,9	49,3	58,9	7,1

