

## UTILISATION DES FONCTIONS DE PEDOTRANSFERT DEVELOPPEES PAR RAWLS POUR PREDIRE LA RETENTION D'EAU D'UN SOL ALLUVIAL DE L'OASIS DE GUERRARA-MZAB (SAHARA D'ALGERIE)

AZZOUG Lamia<sup>(1\*)</sup>, HAMDI-AISSA Baelhadj<sup>(1,2)</sup>, DRIDI Bachir<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Université de Ouargla, Faculté des sciences de la nature et de la vie,  
Laboratoire Biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla 30000, Algérie

<sup>(2)</sup>Centre de Recherches Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA),  
Biskra 07000, Algérie

<sup>(3)</sup>Ecole nationale des sciences agronomiques (ENSA), El Harrach, Algérie

E-mail: [azzouglamia@live.fr](mailto:azzouglamia@live.fr), [hamdi30@yahoo.fr](mailto:hamdi30@yahoo.fr)

(Received 9 September 2018 - Accepted 16 May 2019)

**Résumé.-** L'étude des sols d'Algérie particulièrement ceux des régions sahariennes constitue une préoccupation majeure en matière de gestion des terres et des eaux dans les zones arides. La plupart des laboratoires du sol des pays en développement ne disposent pas de matériel pour mesurer la courbe caractéristique d'humidité du sol, ce qui constitue une limitation majeure dans le calendrier d'irrigation. Des équations de régression ont été développées pour estimer cette caractéristique physique en utilisant la composition du sol et la densité apparente. L'objectif de cette étude est d'évaluer la pertinence de deux équations de régression établies par RAWLS et al. (1982) pour prédire la teneur en eau des sols de l'oasis de Guerrara (Ghardaia, Algérie) à deux potentiels -330 hPa et - 15 000 hPa. La prise en compte de ces deux teneurs en eau comme variables explicatives supplémentaires semble avoir un effet positif sur la qualité de l'estimation.

**Mots-Clés :** Teneur en eau, aride, humidité du sol, potentiel, régressions.

## USE OF THE RAWLS PEDOTRANSFER FUNCTIONS FOR PREDICTING SOIL WATER RETENTION OF ALLUVIAL SOIL OF THE OASIS GUERRARA-MZAB (SAHARA OF ALGERIA)

**Abstract.-** The study of soils in Algeria especially those of the Sahara is a major concern of Land management and water in arid areas. Most laboratories in developing countries do not have equipment to measure the characteristic curve of soil moisture and this is a major limitation in irrigation scheduling. Regression equations were developed to estimate this physical characteristic using soil composition and bulk density. The objective of this paper is to evaluate the suitability of two of the regression equations developed by Rawls and al. (1982) for predicting water content of oasis Guerrara (Ghardaia, Algeria) soils at two potentials -330 hPa - 15 000 hPa. The taking into account these two water contents as additional explanatory variables appears to have a positive effect on the quality of the estimate.

**Key-words:** Water content, arid, soil moisture, potential, regressions.

### Introduction

La modélisation des processus hydrologiques du sol entre les différents éléments du paysage est d'une importance primordiale pour de nombreuses études appliquées aux problèmes environnementaux et à la planification d'utilisation des terres. Néanmoins, l'application des modèles hydrologiques du sol à de grandes échelles spatiales est souvent

limitée, principalement parce qu'elle nécessite la détermination des paramètres hydrauliques du sol qui sont impossibles à évaluer par des observations directes sur des surfaces relativement étendues de terres.

De plus, l'environnement aride du monde manque de ressources en eau pour le développement et la production agricole ainsi que la plupart des terres de culture sont relativement de texture grossière.

De ce fait, poussés par les besoins croissants de la gestion de l'eau, les chercheurs ont mis au point des méthodes d'évaluation statistiques des paramètres [1,2]. Ces régressions statistiques sont appelées fonctions de pédotransfert (FPT), terme introduit par Bouma en 1989 [1]. Elles ont la commodité de relier les paramètres des courbes de rétention d'eau à des propriétés du sol aisément mesurables (telles que la distribution granulométrique, la densité apparente ou la matière organique), et dont la variabilité spatiale est plus facilement identifiable. Il est bon de noter que la mesure directe des paramètres reste indispensable pour établir la base de données nécessaire à l'estimation statistique, ainsi que pour toute application à une région donnée.

L'examen de cette littérature permet difficilement de trancher. Néanmoins il apparaît que les fonctions sont d'autant plus performantes qu'elles ont été développées pour une aire géographique donnée. Citons Rawls pour les USA, Vereecken et Renger pour l'Allemagne. Même les FPT qui reposent sur des données hydriques mesurées peuvent présenter de fortes déviations en dehors du contexte géographique où elles ont été élaborées. Ce constat amène à s'interroger sur les conditions d'échantillonnage, la nature et la pertinence des mesures effectuées.

## **1.- Matériel et méthodes**

### **1.1.- Matériel d'étude**

Les déterminations ont porté sur un lot de 36 échantillons perturbés des sols alluviaux de l'oasis de Guerrara (Ghardaia, Algérie) provenant des horizons de surface et prélevés selon un quadrillage systématique.

Les sols étudiés sont répartis en trois classes texturales limoneuses, limon fin et limono-argileuses, ce qui dénote le caractère limoneux des sols (USDA, 1954).

La détermination de la densité apparente sur le terrain a été réalisée avec des cylindres de 22 à 30 cm<sup>3</sup> de volume en conditions hydriques proches de la capacité au champ.

### **1.2.- Méthodes mises en œuvre**

Les fonctions de pédotransfert ont la forme d'une relation mathématique (régressions multiples) entre d'une part, la teneur en eau à deux valeurs de potentiel soit à la capacité au champ (pF<sub>2,5</sub>) et au point de flétrissement permanent (pF<sub>4,2</sub>) et d'autre part, les caractéristiques du sol (composition granulométrique, teneur en matière organique, densité apparente).

Différents modèles existent dans la littérature, Cependant, l'analyse des travaux réalisés depuis plus d'une trentaine d'années sur les FPT, a permis de retenir le modèle (I) et (II) de

RAWLS *et al.* (1982) [3]. Un tel choix s'explique par le fait que ces auteurs ont utilisé les résultats disponibles dans une base de données, concernant les sols de 32 états des USA (Etats-Unis) pour la majorité des classes du triangle de l'USDA, sans que le caractère remanié ou non des échantillons soit indiqué.

Les deux formules générales des fonctions de pédotransfert retenues sont les suivantes :

- Modèle (I) de RAWLS *et al.* (1982) [3]:

$$W = a + b Sa + c Li + d Ar + e MO + f Da \quad (1)$$

- Modèle (II) de RAWLS *et al.* (1982) [3]:

$$W = a + b Sa + c Li + d Ar + e MO + f Da + h W_{330} \text{ ou } h W_{15000} \quad (2)$$

Dans lesquelles W est la teneur en eau massique, Ar, Li, Sa, MO, les taux respectifs de l'argile, des limons, des sables et de matière organique. Les coefficients b, c, d, e, f et h sont des coefficients déterminés par régression multilinéaire.  $W_{330}$  et  $W_{15000}$  représentent les teneurs en eau à - 330 hPa et celle à - 15000 hPa respectivement.

Pour tester la validité des fonctions de pédotransfert, il est utilisé un ensemble de 18 échantillons tests issus des mêmes sols appartenant à la même région afin de calculer l'erreur moyenne de prédiction (EMP %) et l'écart type de prédiction (ETP %).

- L'erreur moyenne de prédiction (EMP) :

$$EMP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\theta_{pi} - \theta_{mi}) \quad (3)$$

Avec : n, nombre d'horizons,  $\theta_{pi}$ , la teneur en eau volumique prédite par les FPT et  $\theta_{mi}$ , la teneur en eau volumique mesurée.

- L'écart type de prédiction (ETP) :

$$ETP = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(\theta_{pi} - \theta_{mi}) - EMP]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

La prédiction est d'autant moins biaisée que l'EMP est proche de zéro, d'où lorsque la moyenne des EMP est positive, les FPT surestiment  $\theta$ , alors que si elle est négative, celles-ci la sous-estiment.

ETP est l'écart-type de prédiction, il permet d'estimer la précision de l'estimation (EM).

Cette dernière est d'autant plus précise que l'ETP est proche de zéro.

EM et ETP peuvent être exprimées par  $\theta$  (teneur en eau volumique) ou par W (teneur en eau pondérale).

## 2.- Résultats et discussion

### 2.1.- Fonctions de pédotransfert

En raison de leur importance pratique, seuls deux potentiels critiques correspondant aux teneurs en eau à la capacité au champ (330 hPa) ou pF2,5 et au point de flétrissement permanent (15 000 hPa) ou pF4,2 ont fait l'objet d'étude et de comparaison.

Le tableau I montre que toutes les équations sont significatives au seuil de 5 %. A la lecture des résultats obtenus, on observe que l'addition de la teneur en eau au point de

flétrissement permanent ( $W_{15000}$ ) comme variable explicative dans l'équation 2 entraîne une augmentation du coefficient de corrélation de l'ordre de 24 %. Ainsi, l'introduction de cette variable améliore fortement la qualité de la prédiction à ce potentiel.

Toutefois, la relation 4 qui intègre la variable  $W_{330}$  devient statistiquement très hautement significative. Son poids explique 59% de la variabilité expliquée et le coefficient de corrélation passe d'une valeur de 0,60 à 0,77 soit une augmentation de 0,17. Cela confirme l'effet marqué de ce paramètre sur la rétention d'eau quel que soit le niveau d'énergie.

D'après RAWLS *et al.* (1982), la prise en compte de  $W_{330}$  et  $W_{15000}$  améliore la qualité des estimations [3]. Cependant,  $W_{330}$  et  $W_{15000}$  ne peuvent pas être considérées comme des caractéristiques de constitution du sol aisément accessibles [4].

Il faut dire que ces fonctions de pédotransfert peuvent être intéressantes dans la mesure où on dispose préalablement de ces teneurs en eau.

**Tableau I.-** Fonctions de pédotransfert de Rawls *et al.* (1982) modèles (I) et (II) établies pour les sols étudiés (n = 36)

pF	pF 2.5	R <sup>2</sup>	r	N°
<b>FPT (modèle I)</b>	$W = 2,67 \text{ MO\%} - 0,228 \text{ A\%} - 0,038 \text{ LF\%} - 0,004 \text{ LG\%} - 0,285 \text{ SF\%} - 0,752 \text{ Da} + 45,963$	0,36	0,60	1
<b>FPT (modèle II)</b>	$W = 1,632 \text{ MO\%} - 0,046 \text{ A\%} - 0,059 \text{ LF\%} - 0,020 \text{ LG\%} - 0,188 \text{ SF\%} + 0,494 \text{ W}_{15000} + 26,614$	0,60	0,77	2
	<b>pF 4.2</b>			
<b>FPT (modèle I)</b>	$W = 1,826 \text{ MO\%} - 0,535 \text{ A\%} - 0,055 \text{ LF\%} - 0,026 \text{ LG\%} - 0,313 \text{ SF\%} - 4,827 \text{ Da} + 55,01$	0,38	0,60	3
<b>FPT (modèle II)</b>	$W = 0,550 \text{ MO\%} - 0,175 \text{ A\%} + 0,069 \text{ LF\%} + 0,041 \text{ LG\%} + 0,014 \text{ SF\%} + 0,724 \text{ W}_{330} + 3,353$	0,59	0,77	4

## 2.2.- Validation des FPT

L'observation du tableau II suggère que les FPT du modèle (I) de RAWLS *et al.* (1982) [3] sous-estiment légèrement la teneur en eau aux potentiels moyens tandis qu'elles la surestiment aux bas potentiels pour l'ensemble des sols étudiés. Ainsi, l'erreur moyenne passe de -0,16 % à 330 hPa à 0,26 % à 15000 hPa. La précision, quant à elle, augmente (diminution de l'ETP) lorsque le potentiel augmente.

Cependant, l'intégration de  $W_{330}$  ou  $W_{15000}$  selon le potentiel dans le modèle (II) apporte une augmentation de la prédiction plus marquée (6,35 %) au potentiel 330 hPa, tandis que légère (0,26 %) à 15000 hPa pour l'ensemble des sols.

## Conclusion

Il est relevé que plusieurs études ont montré que la prédiction des propriétés de rétention en eau est significativement améliorée dès lors que l'on prend en compte un ou plusieurs points de la courbe de rétention en eau ( $W_{330}$  et  $W_{15000}$ ). Cependant, l'utilisation de ces

points est en quelque sorte en contradiction avec le concept même de FPT. En effet, si l'on utilise des FPT, c'est pour éviter d'avoir à mesurer des propriétés de rétention en eau. Cependant, les conditions de prélèvement des échantillons peuvent être considérées de telle sorte que la teneur en eau lors du prélèvement peut être considérée comme étant une valeur approchée de celle à la capacité au champ ou celle au point de flétrissement.

**Tableau II.-** Validité des FPT modèles (I) et (II) de RAWLS *et al.* (1982) [3] pour l'ensemble des sols (n=36)

Horizons	n	EMP (%)		ETP (%)	
		330 hPa	15 000 hPa	330 hPa	15 000 hPa
<b>Modèle (I) de Rawls et al. (1982)</b>					
<b>Ensembles des horizons</b>	36	-0,16	0,26	-0,05	-0,18
<b>Modèle (II) de Rawls et al. (1982)</b>					
<b>Ensembles des horizons</b>	36	6,35	0,29	0,17	-0,31

Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation de ces points dans la présente étude conduisait à des prédictions de qualité supérieure à celles enregistrées avec des prédicteurs dérivés de la composition granulométrique, avec la teneur en carbone organique et la densité apparente, quelle que soit la complexité des FPT développées. Par ailleurs, l'étude de validation a montré que les FPT modèle (I) sous-estiment légèrement la teneur en eau aux potentiels moyens tandis qu'elles la surestiment aux bas potentiels pour l'ensemble des sols. Quant aux FPT modèle (II), elle illustre une surestimation marquée de la teneur en eau aux potentiels moyens.

## Bibliographie

- [1].- Wösten J. H. M., Pachepsky Ya. A., Rawls W. J., 2001.- Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, V. 251: 123-150.
- [3].- Rawls W. J., Brakensiek D. L., Saxton K. E. 1982.- Estimation of soil water properties. *Trans. ASAE*, vol. 26: 1747-1752.
- [2].- Sobieraj J., Elsenbeer H., Vertessy R. A., 2001.- Pedotransfer functions for estimating hydraulic conductivity: implication for modelling storm flow generation. *J. Hydrol*, V.251: 202-220.
- [4].- 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*, V. 11: 1-24.