

Caractérisation des conductivités de surface dans un aménagement en banquettes anti-érosives par la méthode du simple anneau

AL ALI* Y., TOUMA* J., LOUATI M. B. et ALBERGEL* J**

** IRD, UMR LISAH, 2 place Viala 34060 Montpellier France*

*** IRD, Al Manzah 5, Tunisie*

Abstract

The surface saturated conductivity is a key parameter in the analysis and hydrologic modelling in general. It is of particular importance in the spacing between contour ridges, since it delimits the contributing areas of runoff and consequent erosion. This study presents a simple, rapid and economic method to measure this parameter. It consists of simple small ring infiltration tests under negligible water head. Its small water consumption makes it particularly suited for arid and semi-arid zones. Moreover, the simplicity of the method allows its application on several points in the inter-ridge space in order to study the spatial variability of this parameter. The analysis of the experimental data takes account of the lateral flow, which can be significant, occurring at the periphery of the ring.

Introduction

La conductivité saturée du sol, K_s , est un des paramètres clé dans la modélisation hydrologique (e.g. Seguis et al, 2002). Dans un espace inter-banquettes, la connaissance de sa distribution spatiale dans la couche superficielle du sol permet d'appréhender les zones contributives du ruissellement et de l'érosion conséquente. Sa mesure par les méthodes classiques est cependant assez longue, laborieuse et coûteuse. Ceci rend l'étude de sa variabilité spatiale assez difficile. On présente ici une méthode simple, rapide et de faible coût pour mesurer la conductivité saturée de la couche superficielle du sol (Roose et al., 1996). Ces avantages permettent de l'utiliser à grande échelle à des fins de modélisation hydrologique du fonctionnement d'un aménagement en banquettes anti-érosives.

Méthodes et matériel

Le site expérimental se trouve dans le petit bassin versant du lac collinaire d'El Gouazine (18.1 km²) dans le Gouvernorat de Kairouan au centre de la Tunisie. Dans la partie aval du bassin, où se trouve le site d'étude, les sols sont alluviaux profonds sablo-argileux. La parcelle d'étude d'environ 2900m² de superficie est une jachère depuis une dizaine d'années. Elle est délimitée en amont et à l'aval par des banquettes anti-érosives et suivie depuis 2004 pour quantifier l'érosion. Le climat y est type méditerranéen semi-aride avec une pluie annuelle moyenne de 390 mm.

La méthode utilisée pour déterminer la conductivité saturée est l'infiltrométrie simple anneau sous faible charge positive qui consiste à mesurer la lame infiltrée en fonction du temps, I_{3D} , dans un anneau d'environ 15cm de diamètre suite à des apports successifs d'un volume d'eau constant. Chaque essai est complété par prélèvements de 3 échantillons de sol. Un premier au centre de l'anneau immédiatement à la fin de l'essai, un second à proximité de l'anneau, en dehors du bulbe d'humectation et un troisième de volume connu. Les deux premiers servent à déterminer les humidités pondérales finale et initiale, alors que le troisième permet de déterminer la masse volumique apparente du sol et convertir ainsi les humidités pondérales en humidités volumiques.

Ce type d'essai est bien adapté aux milieux semi-arides, vu sa simplicité, rapidité et faible coût. Son analyse doit tenir compte de l'écoulement latéral qui peut être prépondérant en raison du faible diamètre de l'anneau. Elle est faite selon l'approche de Smettem et al (1994) qui ont montré que la différence entre la lame infiltrée dans l'anneau, I_{3D} , et celle d'un écoulement vertical, I_{1D} , est linéaire dans le temps. Le coefficient de linéarité dépend de la sorptivité du sol (paramètre qui caractérise l'aptitude du sol à absorber l'eau par capillarité), de la différence entre ses humidités volumiques finale et initiale et du rayon de l'anneau. Or il existe plusieurs modèles dans la littérature qui relient I_{1D} à la sorptivité du sol et sa conductivité saturée, K_s , ce qui rend possible l'estimation de ce dernier paramètre à partir de ce type d'essai. Une récente étude de Touma et al (2006) qui ont testé 7 modèles I_{1D} sur des sols de propriétés connues a montré que le modèle de Brutsaert (1977) donne les meilleurs résultats.

Afin d'étudier la variabilité spatiale de K_s , la parcelle a été quadrillée selon une grille régulière d'environ (5×10) m². Une première analyse statistique a permis de préciser sa loi de distribution statistique, laquelle a servi à effectuer une étude géostatistique. Celle-ci a consisté d'abord à calculer un variogramme expérimental sur les distances d'auto-corrélation. L'ajustement d'un modèle théorique sur le variogramme expérimental a permis de dresser la carte de distribution spatiale de ce paramètre dans la parcelle.

Résultats

Le plan d'échantillonnage des essais est représenté par les croix sur la figure 1. Un seul essai a été effectué par point. Pour chaque essai, les valeurs mesurées des humidités initiale et finale ainsi

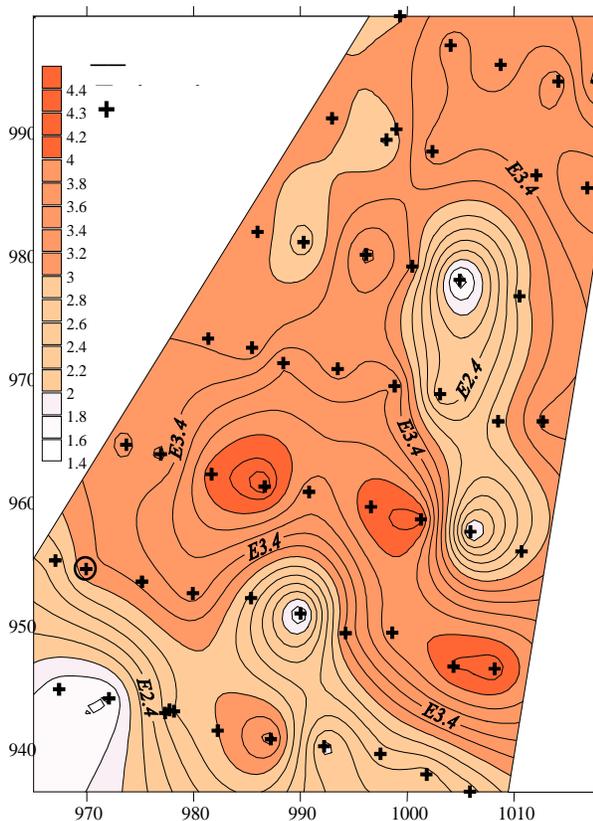


Figure 1 : Plan d'échantillonnage des essais effectués (croix) et valeurs estimées de $\ln K_s$ (courbes d'isovaleurs)

que le rayon connu de l'anneau permettent d'optimiser la sorptivité et la conductivité saturée du modèle I_{1D} en minimisant la somme des carrés des écarts entre les valeurs mesurées et modélisées. La figure 2 présente un exemple type des résultats obtenus. La mesure est représentée par les points alors que la courbe continue représente l'ajustement avec les valeurs optimisées de la sorptivité et de la conductivité

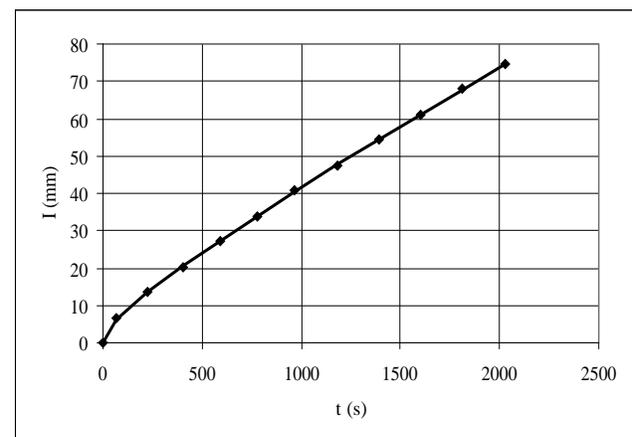


Figure 2 : Lame infiltrée mesurée (points) et optimisée (courbe continue) l'essai est le point entouré dans la figure 1.

saturée. On notera que la durée de l'essai est inférieure à 1h, et que le volume d'eau utilisé est inférieur à 1,5 l. Ces résultats correspondent à l'essai entouré d'un trait gras sur la deuxième ligne du bas à gauche de la figure 1. Bien que l'intensité stabilisée de l'infiltration soit d'environ 115 mm/h, la valeur ajustée de K_s pour cet essai est d'environ 25 mm/h, soit un rapport qui avoisine 5:1.

Le Tableau 1 et les figures 3a et 3b résument les résultats de l'étude statistique sur K_s et $\ln(K_s)$ qui montrent que ce paramètre est distribué selon une loi log-normale, comme cela a souvent été constaté pour ce paramètre (e.g. White et Sully, 1991). La figure 3c montre le variogramme expérimental (points) et le modèle (sphérique) qui a été ajusté sur ces points (courbe continue). Les nombres à côté des points représentent le nombre de couples pris en compte pour le calcul du variogramme expérimental.

Tableau 1 : Paramètres statistiques de K_s et $\ln(K_s)$

	Médiane	Moyenne	Variance	Minimum	Maximum	Coef de variation	Coef d'asymétrie
K_s (mm/h)	23.23	27.64	357.58	4.21	81.42	0.68	1.18
$\ln K_s$	3.14	3.07	0.54	1.44	4.4	0.24	-0.4

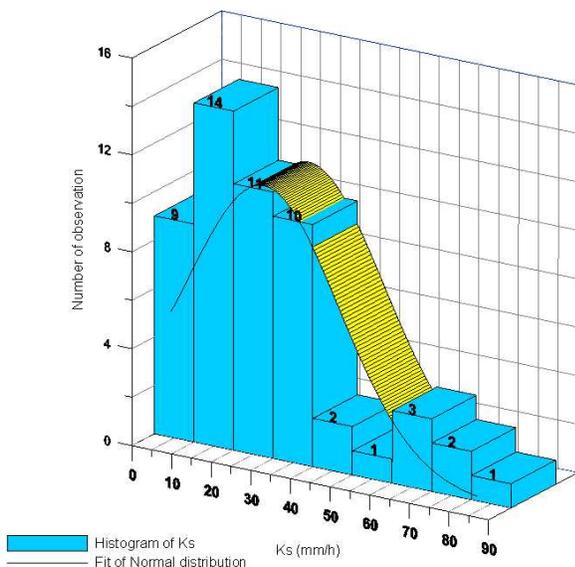


Figure 3a : Histogramme de distribution statistique de K_s

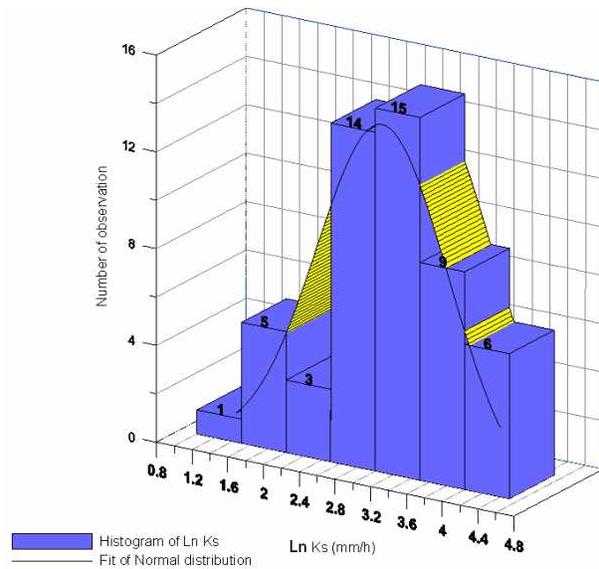


Figure 3b : Histogramme de distribution statistique de $\ln(K_s)$

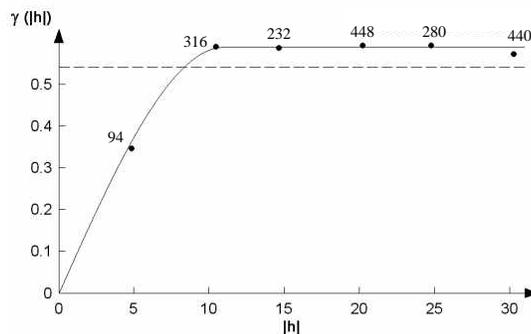


Figure 3c : Variogramme expérimental (points) et théorique (courbe continue) de $\ln(K_s)$.

Le modèle ajusté sur le varogramme expérimental a servi à dresser la carte d'isovaleurs de $\ln(K_s)$ par krigeage qui sont montrées sur la figure 1.

Conclusion

La connaissance de la conductivité saturée de la couche superficielle du sol est nécessaire pour l'analyse et la modélisation du fonctionnement hydrologique d'un espace inter-banquettes. L'infiltrométrie simple anneau sous faible charge positive présentée dans cette communication permet de mesurer ce paramètre ainsi que la sorptivité du sol de façon simple, rapide et économique. Sa faible consommation en eau la rend bien adaptée aux milieux arides et semi-arides. En outre, la simplicité de sa mise en oeuvre permet la multiplication des essais sur l'espace inter-banquettes afin d'en étudier la variabilité spatiale et de mieux définir ainsi les zones contributives du ruissellement et l'érosion consécutive. Par ailleurs, une meilleure connaissance de ce paramètre et de sa variabilité spatiale permettrait d'améliorer les résultats d'un modèle hydrologique de fonctionnement de l'espace inter-banquettes en termes de prédiction et d'examen de scénarios d'aménagement.

Références

- Brutsaert, W. 1977. Vertical infiltration in dry soil. *Water Resources Research*, **13**, 363-368.
- Roose E., Blancanneaux P., Freitas P., 1996. Un test simple pour observer l'infiltration et la dynamique de l'eau dans les horizons du sol. Méthode et exemples sur un sol argileux du Brésil et sur un sol sableux du Cameroun. *Cah. ORSTOM Pédol.*, 28, 2 : 413-420.
- Seguis L., Cappelaere B., Peugeot Ch. and Vieux B., 2002. Impact on sahelian runoff of stochastic and elevation-induced spatial distribution of soil parameters. *Hydrological Processes*, **16**:313-323.
- Smettem, K.R.J., Parlange, J.Y., Ross, J.P., & Haverkamp, R. 1994. Three-dimensional analysis of infiltration from disc infiltrometer. 1. A capillary-based theory. *Water Resources Research*, **30**, 2925-2929.
- Touma J., Voltz M., and Albergel J. 2006. Determining soil saturated hydraulic conductivity and sorptivity from single ring infiltration tests. Soumis à publication dans *European Journal of Soil Science*.
- White I., and Sully J, 1992. On the variability and use of the hydraulic conductivity alpha parameter in stochastic treatments of unsaturated flow. *Water Resources Research*, **28**, 209-213.