

# CARACTERISATION DES CONDUCTIVITÉS DE SURFACE DANS UN AMÉNAGEMENT EN BANQUETTES ANTIÉROSIVES PAR LA MÉTHODE DU SIMPLE ANNEAU

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

\* 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.*

**Keywords :** Tunisia ; Conductivity ; Simple Ring Method ; Lateral Flow.

## INTRODUCTION

La conductivité saturée du sol,  $K_s$ , est un des paramètres clés dans la modélisation hydrologique (p. ex. 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 antiérosives.

## 1. MÉTHODE ET MATÉRIEL

Le site expérimental se trouve dans le petit bassin versant du lac collinaire d'El Gouazine (18,1 km<sup>2</sup>), 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 2 900 m<sup>2</sup> de superficie est une jachère depuis une dizaine d'années. Elle est délimitée en amont et à l'aval par des banquettes antiérosives 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 15 cm de diamètre, suite à des apports successifs d'un volume d'eau constant. Chaque essai est complété par prélèvements de trois 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, sa rapidité et son 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 sept 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 x 10) m<sup>2</sup>. 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.

## 2. 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 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 saturée. On notera que la durée de l'essai est inférieure à 1 h et que le volume d'eau utilisé est

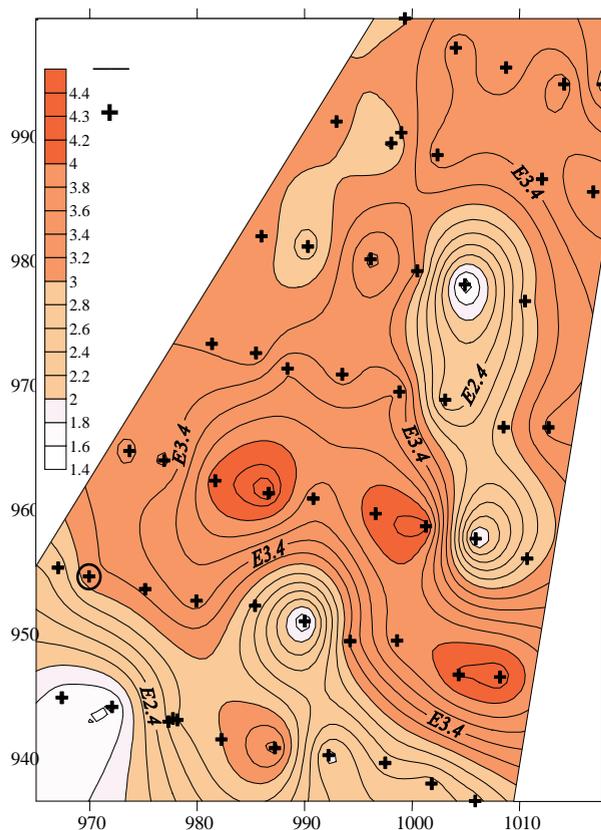


Fig. 1. Plan d'échantillonnage des essais effectués (croix) et valeurs estimées de  $\ln K_s$  (courbes d'isovaleurs)

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 (p. ex. 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. Le modèle ajusté sur le variogramme expérimental a

servi à dresser la carte d'isovaleurs de  $\ln(K_s)$  par krigeage qui sont montrées sur la figure 1.

Tab. 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

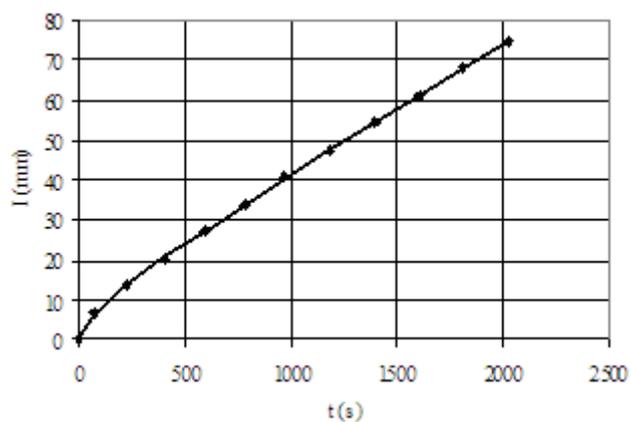


Fig. 2. Lame infiltrée (points) et optimisée (courbe continue). L'essai est le point entouré dans la figure 1.

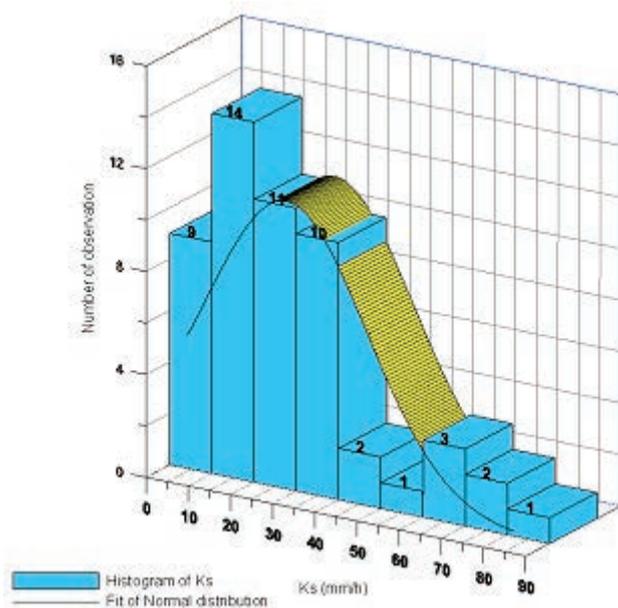


Fig. 3a. Histogramme de distribution statistique de  $K_s$

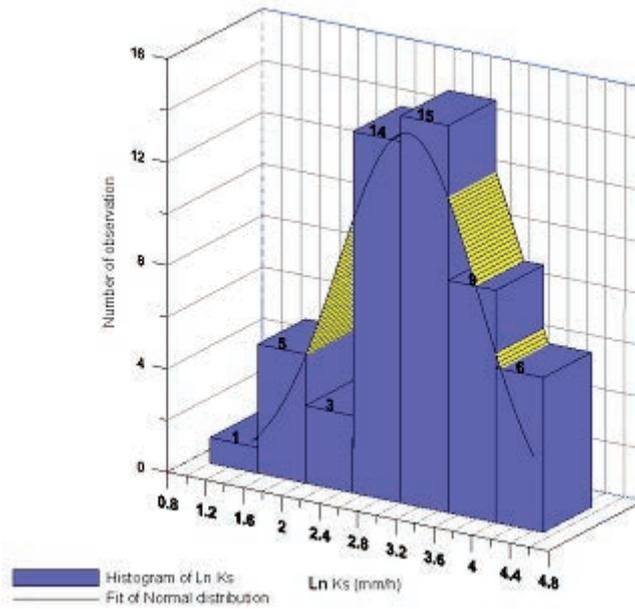


Fig. 3b. Histogramme de distribution statistique de  $\ln(K_s)$

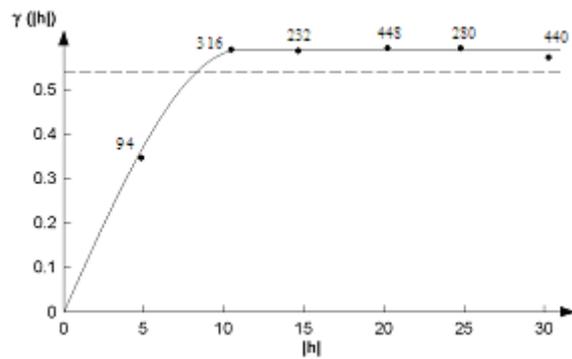


Fig. 3c. Variogramme expérimental (points) et théorique (courbe continue) de  $\ln(K_s)$

## 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 œuvre 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 conséquente. 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 bibliographiques

- 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.
- SEGUI S., CAPPELLAERE B., PEUGEOT C., 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., 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., 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.



## EFFICACITÉ DE LA GESTION DE L'EAU ET DE LA FERTILITÉ DES SOLS EN MILIEUX SEMI-ARIDES

*Sous la direction de :*

**Eric ROOSE**

**Jean ALBERGEL**

**Georges DE NONI**

**Abdellah LAOUINA**

**Mohamed SABIR**

# EFFICACITÉ DE LA GESTION DE L'EAU ET DE LA FERTILITÉ DES SOLS EN MILIEUX SEMI-ARIDES

Actes de la session VII  
organisée par le Réseau E-GCES de l'AUF  
au sein de la conférence ISCO de Marrakech (Maroc),  
du 14 au 19 mai 2006

Sous la direction de

**Eric ROOSE, Jean ALBERGEL, Georges DE NONI  
Abdellah LAOUINA et Mohamed SABIR**



Copyright © 2008 Éditions des archives contemporaines et en partenariat avec l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF).

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement, quelque système de stockage et de récupération d'information) des pages publiées dans le présent ouvrage faite sans autorisation écrite de l'éditeur, est interdite.

Éditions des archives contemporaines  
41, rue Barrault  
75013 Paris (France)  
Tél.-Fax : +33 (0)1 45 81 56 33  
Courriel : info@eacgb.com  
Catalogue : www.eacgb.com

---

ISBN : 978-2-914610-76-6

**Référence bibliographique :**

Roose E., Albergel J., De Noni G., Sabir M., Laouina A., 2008., *Efficacité de la GCES en milieu semi-aride*, AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris : 425 pages

**Crédit iconographique de la couverture :**

Oued Rhéraya, *Haut-Atlas : terrasses permettant de reconstituer des sols dans le lit majeur, d'irriguer des pentes fortes grâce aux seguias et fertiliser le sol en place autour d'un village.*

**Avertissement**

Les textes publiés dans ce volume n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs. Pour faciliter la lecture, la mise en pages a été harmonisée, mais la spécificité de chacun, dans le système des titres, le choix de transcriptions et des abréviations, l'emploi de majuscules, la présentation des références bibliographiques, etc. a été le plus souvent conservée.