



## APPORT DE LA MICROMORPHOLOGIE A UNE ETUDE MULTI-SCALAIRE DE LA SURFACE DES SOLS EN REGION ARIDE (Tunisie méridionale)

ESCADAFAL R.<sup>1</sup> et FEDOROFF N.<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*During the soil survey project in Southern Tunisia (Tataouine area), the study of the soil surface at different levels enabled us to determine the relationships between radiometric measurements from satellites and soil characteristics. Aridic conditions and a sparse steppic vegetation favour the formation of surface crusts. Four representative test sites were selected in order to establish the relationships between the microfabric of the surface crusts and their infiltrability. Thin sections of these crusts were examined under polarizing microscope. A sprinkling infiltrometer simulating a nuding shower on a dry soil, followed by a heavy rain was used for measuring the infiltrability.*

*At the surface of sandy-loam soil, a thin, discontinuous layer of fine quartzitic sand grains covers a coarse, calcareous clayey bed. The underlying soil material (with abundant coarse sand grains and gravels) has a high porosity and some horizontal planes. The run-off is weak on a dry soil (9%), but much higher when the soil is wet (61%).*

*If the sandy-loam soil is covered by coarse sand grains, the upper part of the coarse calcareous clayey bed is punctuated by vesicles and the lower limit of this bed is more diffuse. The infiltrability in that case is much higher, no run-off was observed during the simulated rainfalls.*

*On reg soils developed on hard calcareous crust, the coarse grains and gravels are embedded in a more clayey material with many vesicles. The run-off is very high.*

*On gypsum crust, a thin coating could be observed lying on the gypsum crystals. The infiltrability is much higher than on the hard calcareous crust.*

### MOTS-CLES :

Etat de la surface du sol – Pluies simulées – Tunisie du sud

### INTRODUCTION

L'état de la surface des sols joue un rôle important dans le fonctionnement des milieux arides (VALENTIN, 1985a). Située à l'interface de deux écosystèmes, la surface du sol subit directement l'action des agents climatiques et a un impact sur les flux d'eau et de matières (ruissellement ou infiltration ; érosion ou sédimentation), mais aussi sur l'activité biologique (faune du sol et plantes). Elle constitue donc un élément de diagnostic de la productivité de ces milieux, de plus c'est un élément facilement observable, que ce soit au sol ou sur les photographies aériennes et les images satellitaires.

Ainsi, les travaux de cartographie des ressources en sols du Sud tunisien, ont été axés sur l'étude de la couverture pédologique, mais aussi de l'état de la surface des sols. Parmi les types de surface inventoriés, nous avons cherché à caractériser les plus représentatifs en étudiant leur composition et leur organisation, grâce à l'analyse micromorphologique. Les relations entre organisation et comportement hydrodynamique ont été testées sous pluies simulées. Les résultats obtenus peuvent être restitués dans le paysage en les comparant avec la carte infographique des états de surface obtenue par traitement des données de télédétection (ESCADAFAL et POUGET, 1985).

### MATERIEL ET METHODES

La zone étudiée, située au sud de la ville de Tataouine, est caractérisée par un substratum géologique à dominante calcaire et gypseuse, un climat présaharien (pluviométrie interannuelle de l'ordre de 100 mm) et une végétation steppique très clairsemée. L'utilisation de ce milieu est essentiellement pastorale, ce qui se traduit par un faible impact humain.

Quatre sites-test ont été retenus, représentant autant de milieux nettement différenciés par leurs potentialités. Chaque site test a été identifié sur les documents de télédétection et caractérisé par un profil pédologique et l'état de surface décrit suivant ESCADAFAL (1981a). Sur le terrain, l'abondance des éléments grossiers et de la végétation a été mesuré.

1) GL : Glacis sablo-limoneux, à sol de type sierozem (Xerollic Aridisol). Le sol de ce glacis d'accumulation en pente douce présente une texture sablo-limoneuse (argile 9%, limons 13%, sables fins 56%, sables grossiers 22%) sur l'ensemble du profil. Pauvre en éléments grossiers, il est profond et on remarque un gradient de teneur en CaCO<sub>3</sub> dû à une

1 – ORSTOM, 70 route d'Aulnay, 93140 Bondy, FRANCE.

2 – Dépt. des sols, INA-PG, 78850 Thiverval-Grignon, FRANCE.

augmentation de la densité en nodules calcaires qui passe de 5 à 30% entre 10 et 80 cm de profondeur. La porosité est importante sur l'ensemble du profil et la matière organique très peu abondante (le taux n'excède pas 0,3%).

2) GS : Glacis sableux à sol peu évolué d'apport, (Psamment). Situé sur un glacis colluvio-alluvial formé aux dépens des roches gréseuses de l'amon, il présente de ce fait également un sol de texture sablo-limoneuse, mais plus riche en sables grossiers et en petits graviers de quartz (argile 10%, limons 12% ; sables fins 43%, sables grossiers 35%). La porosité intergranulaire est très élevée ; on n'observe pas de gradient de calcaire.

3) GD : Glacis à dalle calcaire à sol calcimagnésique xérique (Xeric Camborthid). Le sol de ce glacis daté du Quaternaire ancien est caractérisé par la présence à faible profondeur d'une puissante dalle calcaire composée de blocs jointifs de plusieurs décimètres ; sous cette dalle il y a transition progressive vers un encroûtement pulvérulent. En surface, la désagrégation de cette dalle forme un "reg" de fragments arrondis de la taille des graviers et des cailloux, incrustés dans un matériau limoneux (argile 15%, limons 23%, sables fins 55%, sables grossiers 7%).

4) TG : Terrasse gypseuse à sol calcimagnésique gypseux (Gypsiorthid). Situé en bordure de l'oued Dekou sur une vaste terrasse ancienne, ce site est caractéristique des sols à encroûtement gypseux. La concentration en gypse atteint 70% et cet encroûtement friable constitue la totalité du profil, affleurant en surface sous forme indurée et bosselée où les matériaux sableux éoliens s'accumulent dans les microdépressions.

La surface de ces sols est en général fragile. En conséquence, nous avons prélevé des échantillons non perturbés en enfonçant des cylindres de P.V.C de 5 cm de diamètre après une humectation lente de la surface du sol. Les échantillons ont été séchés à l'air, puis imprégnés sur place (à Gabès) et taillés à l'INA P-G suivant la méthode de GUILLORE (1981). Les lames minces ont été observées à la loupe binoculaire et au microscope polarisant et décrites suivant BULLOCK et al. (1985). Des photogrammes (GUILLORE, 1983) ont permis d'en saisir l'ensemble.

L'aptitude à l'infiltration de chacun des sites a été mesurée sur le terrain en y appliquant la même séquence de pluies simulées à l'aide d'un infiltromètre à aspersion (ASSELIN et VALENTIN, 1978 ; ASSELIN, 1984). Elle se décompose ainsi :

- première pluie sur sol à l'état sec, simulant une averse d'intensité normale : a) 15 mn à 30 mm/h, 15 mn à 70 mm/h et 15 mn à 20 mm/h.
- deuxième pluie, 30 mn plus tard, donc sur sol humide, simulant une averse d'intensité exceptionnelle, permettant d'estimer le ruissellement maximum potentiel : 20 mn à 120 mm/h.

Les mesures de turbidité de l'eau ruissellée faites sur échantillons pris à intervalles réguliers permettent d'évaluer la quantité de terre entraînée au cours de l'essai. Le dépouillement et l'interprétation de ces données ont été effectués suivant VALENTIN (1979), COLLINET et VALENTIN (1984) et ESCADAFAL et ASSELIN (1985).

## RESULTATS

### Site n°1 (GL)

En surface, ce sol nu est couvert d'une pellicule de battance continue à fentes espacées très étroites. Quelques atterrissements de sables grossiers quartzeux, graviers et cailloux calcaires arrondis parsèment cette surface où la végétation est rare, constituée de touffes d'**Arthrophytum schmittianum**.

Au niveau microscopique, cette pellicule est constituée de sables fins et grossiers et d'une fraction limono-argileuse en assemblage intertextique (Fig. 1-1). On note une tendance à la formation de lits les uns plus fins, les autres plus grossiers. Entre 0 et 0,5 mm de profondeur, il existe un micro-horizon argilo-limoneux, épais de quelques centaines de microns à assemblage porphyrique qui suit les irrégularités du matériau sous-jacent qu'il colmate à peu près uniformément. Des fentes parallèles à la surface traversent la partie grossière ; elles correspondent au débit en plaquettes observé sur le terrain. A la surface, des grains grossiers forment un pavage. Les résultats des essais d'infiltration sous pluie simulée sont présentés au tableau 1.

### Site n°2 (GS)

En surface une pellicule de sables grossiers recouvre presque uniformément ce sol sur lequel pousse **Arthrophytum schmittianum** en touffes espacées, mais vigoureuses. En lames minces on distingue nettement la succession suivante à partir de la surface (Fig. 1-2) :

- un premier micro-horizon, épais de 3-5 mm, formé de sables grossiers associés à des sables fins en assemblage granulaire ;
- un micro-horizon, épais de 0,6 à 0,8 mm, limono-argileux, incluant des sables fins. On observe quelques petites vésicules (100 à 200 µm) dans sa partie supérieure.
- le premier horizon du sol limono-argileux à sables fins et grossiers renferme des niveaux plus grossiers à fentes horizontales correspondant à un débit en lamelles sur le terrain.

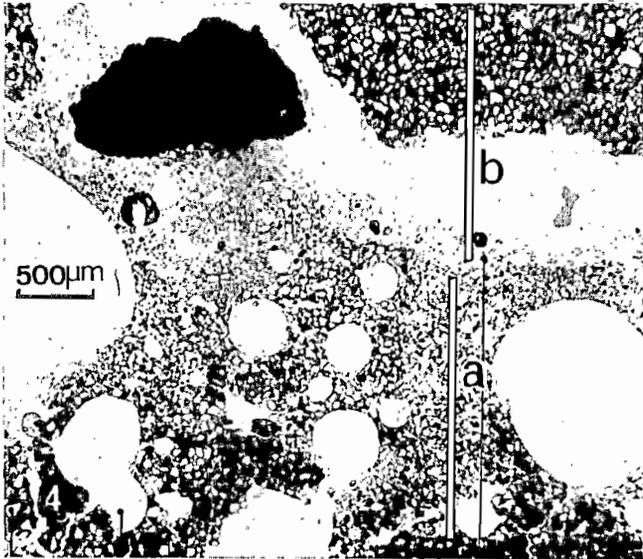
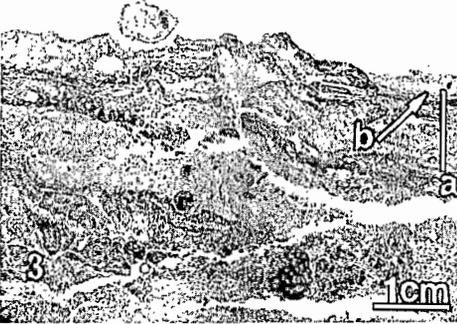
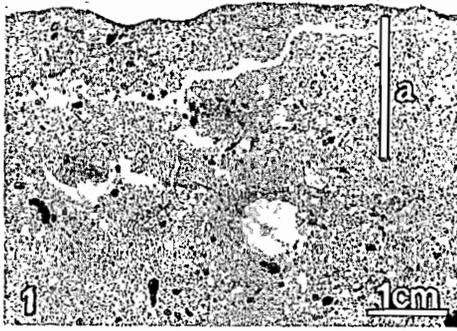


Fig. 1 – Organisations pelliculaires superficielles (photogrammes).

(1) Site 1 (G.L.) : a : micro-horizon sablo-limoneux ; b : micro-horizon limono-argileux.

(2) Site 2 (G.S.) a : micro-horizon sableux granulaire ; b : micro-horizon limono-argileux à vésicules.

(3) et (4) : Site 3 (G.D.) a : micro-horizon laminaire à vésicules ; b : microhorizon discontinu sableux avec pavage de graviers.

(5) : Site 4 (T.G.) a : micro-horizon limono-argileux plus ou moins continu, parfois recouvert d'un micro-horizon sableux.

Les essais de pluies simulées n'ont fait apparaître aucun ruissellement, l'infiltration a été totale pour les deux pluies.

### Site n°3 (GD)

La surface est parsemée de graviers et de cailloux enchâssés sur le tiers de leur hauteur en moyenne. En les arrachant, on observe dans le logement ainsi dégagé des bulles de taille millimétrique. Entre ces éléments grossiers, on observe des squames rebroussées de 3 à 5 cm, partiellement recouvertes de sable. La végétation est très clairsemée, constituée de maigres pieds d'*Arthrophytum scoparium*.

En lame mince on distingue du haut vers le bas (Fig. 1-3) :

- un pavage d'éléments de dalle calcaire de la taille des graviers, présentant une patine à leur partie exposée à l'air et des formes de dissolution sur la partie opposée. Ils sont enchâssés dans un micro-horizon constitué de sables fins quartzeux et quelques grains de sables grossiers calcaires. Discontinu, ce micro-horizon présente quelques vésicules et une organisation lamellaire peu marquée en surface.

- un micro-horizon, épais de 0,8 à 12 mm, argilo-limoneux, à sable fin quartzeux et assemblage porphyrique, à structure laminaire. Dans la moitié supérieure de ce micro-horizon et dans la zone de transition avec le précédent on observe de très nombreuses vésicules (près de 50% ; de forme nettement sphérique pour les plus petites (200 à 500 µm), elles sont parfois coalescentes (Fig. 1- 4). Lorsque ce micro-horizon affleure entre les cailloux il présente une organisation lamellaire nette.

- le premier horizon du sol, à sables fins inclus dans une matrice argilo-limoneuse carbonatée en assemblage intertextique. De nombreuses fentes obliques délimitent des agrégats de 2 à 3 cm, à l'intérieur desquels on reconnaît des traits d'origine biologique.

L'organisation superficielle de ce sol est donc beaucoup plus complexe que celle des sites précédents et localement on observe une répétition des micro-horizons argilo-limoneux séparés par un pavage.

Le comportement sous pluie simulée est très différent de celui des sites précédents. Le ruissellement et les pertes en terre sont très élevés (tab. 1).

### Site n°4 (TG)

Sur ce site, l'encroûtement gypseux affleure en surface ; il est partiellement recouvert de sables liés aux buissons de *Retama raetam*, bien développés, mais très espacés.

L'encroûtement est constitué de fins cristaux de gypse (60 à 150 µm), emboîtés de façon assez lâche et emprisonnant des nodules et graviers calcaires. Il est recouvert assez uniformément d'un micro-horizon argilo-limoneux, très mince (50 à 100 µm), (Fig. 5). Dans les microdépressions, un entassement libre de sables fins recouvre ce micro-horizon.

A un fort grossissement, on constate que les microcristaux de gypse à proximité de la surface sont le plus souvent orientés perpendiculairement à celle-ci et que certains d'entre eux interrompent la fine pellicule argilo-limoneuse.

L'infiltration dans ce matériau est assez bonne (Tab. 1).

Site	Type de pluie	Hauteur (mm)	Lame ruiss. (mm)	Coeff. ruiss. (%)	Perte terre g/m <sup>2</sup>
GL	Pluie n° 1	30.2	02.8	09.3	0
	Pluie n° 2	39.3	23.8	60.6	23
GD	Pluie n° 1	29.7	17.6	59.1	15.9
	Pluie n° 2	37.7	30.2	80.2	41.2
TG	Pluie n° 1	30.8	01.8	05.7	0.6
	Pluie n° 2	40.2	14.3	35.6	18.6

Tableau 1 - Résultats des mesures infiltrométriques.

## DISCUSSION

Les quatre sites testés représentent des milieux différents par les sols, la végétation et l'état de leur surface ; les organisations superficielles les plus différenciées s'observent sur les sols les plus riches en éléments fins (GD), les plus simples sur le sol à encroûtement gypseux (TG).

Dans le cas du site GS, les sables grossiers de surface semblent jouer un rôle protecteur contre l'action des gouttes de pluie, la pellicule limono-argileuse recouverte par ces sables ne freine pas l'infiltration ; des discontinuités permettent le passage de l'eau sans qu'il y ait apparemment colmatage de ce niveau.

Au contraire, sur le site GL, la pellicule superficielle réduit notablement l'infiltration, surtout au cours de la deuxième pluie provoquant un ruissellement de 60%.

Les cailloux et graviers de la surface du glacié à dalle calcaire (GD) semblent au contraire accélérer le processus de ruissellement. Ils sont enchâssés dans le sol et constituent un obstacle à l'infiltration, le flux d'eau à la partie de la surface non occupée par ces éléments grossiers s'en trouve fortement augmenté lors des pluies.

La texture assez fine de ce sol ne permet pas d'absorber ce flux et le fort ruissellement engendré provoque un important transport de terre fine (érosion la plus élevée). Cette mauvaise infiltration est à rapprocher de la présence de vésicules très développées (d'après VALENTIN, 1985a) témoins de la rapidité de la réorganisation de la surface sous l'action de la pluie.

Le sol à encroûtement gypseux est très perméable, bien qu'il soit induré. Ceci peut être expliqué par sa grande porosité, relativement stable dans le temps et au fait que sa surface n'est qu'imparfaitement colmatée par les dépôts argilo-limoneux.

## CONCLUSION

L'étude des organisations superficielles par l'approche micromorphologique permet donc d'interpréter les différences de comportement hydrodynamique des quatre sites sélectionnés. Les microstructures observées sont comparables à celles décrites au Sahel en particulier, et caractéristiques des milieux arides. (VALENTIN, 1985a).

Cet impact sur le bilan hydrique des sols et donc sur l'aridité édaphique (FLORET et PONTANIER, 1984) est considérable ; il est souvent doublé d'un effet mécanique sur la levée des plantes d'espèces végétales spontanées ou cultivées (VALENTIN et FIGUEROA, 1986).

Tout ceci souligne l'importance que l'on doit accorder à la description de la surface des sols comme élément de diagnostic dans l'étude des milieux arides. Les critères de terrain peuvent être assez simples : texture, couleur, nature et abondance des éléments grossiers et de la végétation, organisation macroscopique (VALENTIN, 1985b). Une simple étude à la loupe permet, par exemple, de noter l'épaisseur des organisations pelliculaires, la taille et la distribution des vésicules.

Le traitement des données de télédétection permet de spatialiser ces informations ponctuelles, sous forme de cartes qui donnent la répartition des principaux états de surface dans ces paysages.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASSELIN, J., 1984. Notice technique. Particularités du nouvel infiltromètre à aspersion construit à Gabès. Direction des Sols-ORSTOM, Tunis, 16 p. multicop.
- ASSELIN, J. et VALENTIN, C., 1978. Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cah. ORSTOM, sér. hydrol., 15(4) : 321-349.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G. and TURSINA, T., 1985. Handbook for soil thin section description. Vaine research. Publ., Worverhampton, England, 152 p.
- COLLINET, J. et VALENTIN, C., 1984. Evaluation of water erosion factors in western Africa using rainfall simulation. Intern. Symp. on Challenges in African hydrology and water resources, Harare, Zimbabwe, 23-27 VII 1984.
- ESCADAFAL, R., 1981. Une méthode nouvelle de description de la surface des sols dans les régions arides. Colloque "traitement informatique des données de sol", Paris, 1981, in : Sols n°5, p. 21-27.
- ESCADAFAL, R. et POUGET, M., 1985. Luminance spectrale et caractères de la surface des sols en région aride méditerranéenne (Sud tunisien). 4è syp. "Pédologie et télédétection", 4-8/3/85, Wageningen, 12 p.
- ESCADAFAL, R. et ASSELIN, J., 1985. Infiltromètre à aspersion. Dépouillement des données de terrain par micro-ordinateur. Direction des Sols-ORSTOM, Tunis, 19 p.
- FLORET, C. et PONTANIER, R., 1984. Aridité climatique, aridité édaphique. Bull. Soc. Bot. Fr., 131 : 265-275.
- GUILLORE, P., 1980. Méthode de fabrication mécanique et en série de lames minces. Dépt Sols, INA-PG, Thiverval-Grignon, France, 22p.
- GUILLORE, P., 1983. Colour photographs of soil thin sections using Ilford "Cibachrome A" point system in soil micromorphology ed P. BULLOCK and C.P. MURPHY A.B. Academic Publishers vol. : 87-89.
- VALENTIN, C., 1979. Problèmes méthodologiques de la simulation de pluies. Application à l'étude de l'érodibilité des sols. Compte-rendus du coll. "Erosion agricole des sols en milieu tempéré non méditerranéen", ULP Strasbourg, p. 119-122.
- VALENTIN, C., 1985a. Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertique. Etudes et thèses. ORSTOM, Paris, 259 p.
- VALENTIN, C., 1985b. Différencier les milieux selon leur aptitude au ruissellement : une cartographie adaptée aux besoins hydrologiques. Journées hydrologiques de l'ORSTOM, 25 p.
- VALENTIN, C. and FIGUEROA, R., 1986. Effect of kinetic energy and water application rate on the development of crusts in a fine sandy loam soil using sprinkling irrigation and rainfall simulation. Micromorphologie des Sols/ Soil Micromorphology. FEDOROFF N., BRESSON L.M. ET COURTY M.A. (Edts), AFES, Plaisir, France.

# MICROMORPHOLOGIE DES SOLS



## SOIL MICROMORPHOLOGY

*Édité par :*

**N. FEDOROFF, L.M. BRESSON et M.A. COURTY**

Association Française



pour l'Étude du Sol

ISBN 2 903643 15-7

Sous-commission de Micromorphologie des Sols de l'Association Internationale de la Science du Sol.

Actes de la VII<sup>e</sup> Réunion Internationale  
de Micromorphologie des Sols  
Paris - Juillet 1985

# MICROMORPHOLOGIE DES SOLS

*Édité par/Edited by*  
N. FEDOROFF, L.M. BRESSON  
Institut National Agronomique Paris-Grignon  
et  
M.A. COURTY  
Institut du Quaternaire, Université de BORDEAUX 1

# SOIL MICROMORPHOLOGY

Proceedings of the VIIth International  
Working Meeting on Soil Micromorphology  
Paris - July 1985

Sub-Commission of Soil Micromorphology of International Society of Soil Science

# 1987

Association Française



pour l'Étude du Sol