

# EFFET DE LA MAXIMISATION DU PATURAGE SUR CERTAINES CARACTERISTIQUES DE LA SURFACE ET LA PERMEABILITE DU SOL DANS UN MILIEU STEPPIQUE MAROCAIN, AARID (HAUTE MOULOUYA).

Par

M. SABIR<sup>1</sup>, A. MERZOUK<sup>2</sup>, O. BERKAT<sup>2</sup> et E. ROOSE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, B.P. 511, Salé, Maroc;

<sup>2</sup>L.A.V. Hassan II, B.P. 6202, Rabat-Instituts, Maroc;

<sup>3</sup>ORSTOM, B.P. 5045 Montpellier, 34032 France.

## RESUME

Les terres de parcours couvrant 85 % de la superficie du Royaume du Maroc, sont caractérisées par une écologie sévère et une dégradation intense. Ceci peut aboutir à une détérioration des propriétés hydrodynamiques des sols et à leur érosion hydrique et éolienne. Devant cette situation presque généralisée, divers programmes d'aménagement ont été entrepris en vue de leur réhabilitation. La conservation de la ressource eau, dont le facteur clé est la capacité d'infiltration, doit être assurée. La perméabilité de l'eau dans le sol dépend beaucoup des caractéristiques de l'état de surface du sol. Ces dernières sont affectées par le pâturage. Une compréhension et une maîtrise de l'impact du pâturage sur les propriétés hydrologiques du sol s'avèrent nécessaires. Cette expérimentation essaie de tester, dans le périmètre d'amélioration pastorale de l'Aarid (Haute Moulouya) sur sol brun calcaire l'hypothèse suivante: le sol est résistant au tassement dû au piétinement animal et sa perméabilité n'est pas affectée par le pâturage.

Dans une parcelle de 40m\*7m, 80 brebis ont été utilisées pour simuler des niveaux de charge croissants: 0, 1, 2, 4, 8, et 12 brebis/ha/an (BHA). La charge d'équilibre, 1 BHA, est obtenue après une heure de pâturage. Pour chaque niveau, trois observations ont été faites pour la couverture végétale du sol, la densité apparente, les résistances à la pénétration et au cisaillement de la surface et la perméabilité à l'eau.

La maximisation de l'effet du pâturage a d'autant plus réduit le couvert végétal que le niveau de charge est élevé. L'effet du tassement du sol n'a pas été perceptible sur une profondeur de 7,5 cm, même avec le niveau de charge 12 BHA. Cela confirme l'hypothèse que le sol brun calcaire d'Aarid est résistant au tassement. Ceci peut être expliqué, d'une part, par sa contenance massique importante en éléments grossiers (30 %) et, d'autre part, par son état d'humidité assez sec (4,3 %) lors de l'essai expérimental. Le piétinement a eu, essentiellement, un effet de remaniement et de réorganisation de la couche superficielle du sol, qui pourrait être à l'origine de la diminution de sa perméabilité à l'eau. Les résistances à la pénétration et au cisaillement ont diminué avec le réarrangement de la surface du sol. Sa perméabilité à l'eau a diminué avec l'augmentation du niveau de charge qui correspond à une perturbation plus intense de la couche superficielle du sol. Ces résultats infirment, pour le périmètre d'Aarid, l'hypothèse d'amélioration de la perméabilité du sol à l'eau sous l'action du piétinement animal dans les zones arides émise par Savory et ses collaborateurs.

**Mots clés:** Etat de surface, Densité apparente, Résistance à la pénétration, Résistance au cisaillement, Couvert végétal, Perméabilité, Pâturage, Terrains de parcours, Zones arides, Aarid, Haute Moulouya, Maroc.

# PASTURE MAXIMIZATION EFFECT ON SOME SURFACE CHARACTERISTICS AND PERMEABILITY IN A MOROCCAN STEPPIC AREA, AARID (HIGH MOULOUYA)

By

M. SABIR<sup>1</sup>, A. MERZOUK<sup>2</sup>, O. BERKAT<sup>2</sup> and E. ROOSE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, B.P. 511, Salé, Maroc;

<sup>2</sup>I.A.V. Hassan II, B.P. 6202, Rabat-Instituts, Maroc;

<sup>3</sup>ORSTOM, B.P. 5045 Montpellier, 34032 France.

## SUMMARY

The rangelands, covering 85% of the area of moroccan kingdom, are characterized by a severe ecology and an intense degradation. This may result in a deterioration of soil hydrodynamics properties and their water and wind erosion. Facing this almost generalized situation, different management programs were undertaken for their rehabilitation. The conservation of water ressource, for which infiltration capacity is the key factor, must be ensured. Water permeability in soil is highly dependent on surface soil characteristics. The latest are affected by grazing. A comprehension and a mastering of grazing impact on soil hydrologic properties revealed necessary. This experimentation attempts to test, in the grazing improvement perimeter of Aarid (High Moulouya) on calcareous brown soil the following hypothesis: Soil is resistant to compaction by animal trampling and its permeability is not affected by grazing.

In a parcel of 40m x 7m, 80 ewes were used to simulate increasing rates of grazing: 0, 1, 2, 4, 8 and 12 ewes/ha/year (EHY). The balance capacity, 1 EHY, is reached after one hour of pasture. For each level, three observations were made for soil vegetal cover, the bulck density, the surface resistances of penetration and shearing and water permeability.

The maximisation of grazing effect has rather reduced vegetal cover as the rate is high. Soil compaction effect was not perceptible in a depth up to 7.5 cm, even with the grazing rate 12 EHY. This confirmed the hypothesis tested that calcareous brown soil of Aarid is resistant to compaction by animal trampling. This may be explained, from one side, by its massic important content of coarse elements (30%), and from the other side, by its humidity state fairly dry (4.3%) during the experimental trial. Animal trampling has essentially an reorganization effects of soil surface layer, which may causes diminution of its water permeability. The resistances to penetration and shearing decreased with the rearrangement of soil surface. Its water permeability decreased with the increased of grazing rate that correspond to a more intense perturbation of soil surface layer.

These results invalidate, for Aarid rangeland, the hypothesis of the improvement of soil water permeability du to animal trampling made by Savory and its co-workers.

**Key words:** Surface state, Bulck density, Resistance to penetration, Resistance to shearing, Vegetal cover, Permeability, Grazing, Rangeland, Arid areas, Aarid, High Moulouya, Morocco.

## INTRODUCTION

Les terres de parcours, couvrant dans leur ensemble environ 85 % de la superficie du Royaume du Maroc, soit 65,5 millions d'hectares, constituent un secteur de grande importance pour l'économie agricole du pays (MARA, 1993).

Outre leur écologie sévère, ils sont soumis à une dégradation intense qui est principalement due à leur utilisation abusive. Les charges animales sont souvent 3 à 5 fois supérieures à ce qu'elles devraient être (MARA, 1986). Cette dégradation des terrains de parcours conduit inévitablement à une détérioration des propriétés hydrodynamiques des sols et à leur érosion hydrique et éolienne (MARA, 1993).

Devant cette situation de dégradation presque généralisée et continue, divers programmes d'aménagement et de mise en valeur de ces terrains de parcours à l'échelle nationale ont été entrepris en vue de leur réhabilitation (El Gharbaoui, 1990).

L'utilisation des terrains de parcours doit assurer, en premier lieu, une production animale durable basée sur une production fourragère soutenue dont le facteur clé est le bilan d'eau dans le sol (Hanson *et al.*, 1978). Toute intervention d'aménagement et de gestion doit améliorer le bilan d'eau dans le sol, dont l'infiltration constitue le facteur clé. Cette dernière dépend beaucoup des conditions de surface (Escadafal, 1989), du type de sol (Hillel, 1980 et 1984), du type de couvert végétal (Dadkhah et Gifford, 1980; Hofmann et Ries, 1991) et du type d'aménagement pratiqué (Rauzi, 1960; Mohan et Gupta, 1983; Mbakaya *et al.*, 1988). L'état de surface du sol, défini comme étant la composition et l'organisation de la surface à un instant donné (Escadafal, 1989), est l'un des facteurs les plus déterminants de son aptitude à absorber et à stocker l'eau (Casenave et Valentin, 1989 et 1992). Cette caractéristique a une grande importance dans le contrôle du ruissellement, de l'érosion et de la production fourragère (Hanks, 1965).

Cependant, pour les terrains de parcours, ce sont les états de surface qui sont affectés par le pâturage (Gifford *et al.*, 1977; Blackburn, 1983; Abdel-Magid *et al.*, 1987b; Naeth *et al.*, 1991; Sabir *et al.*, 1992). Les effets physiques des sabots des animaux pâturant, peuvent causer des pertes ou des dommages mécaniques à la végétation ainsi que des modifications de l'état de surface du sol (Dadkhah et Gifford, 1980; Lewis, 1980; Balph et Malecheck, 1985). Le sabot de l'animal en déplacement, exerce des forces sur la surface du sol dans trois directions: une composante verticale du haut vers le bas (poids), une composante sagittale de l'avant vers l'arrière (propulsion) ou inversement (freinage) et une composante latérale de l'intérieur du corps vers l'extérieur (équilibre). Les amplitudes de ces forces varient selon les membres, antérieurs ou postérieurs, et la nature du déplacement, marche, trot, ou galop (Hamidouch, 1988). Ceci montre qu'un animal en marche peut avoir deux actions simultanées sur la surface du sol: un tassement et une pulvérisation.

Depuis quelques décennies, l'étude du fonctionnement des écosystèmes pastoraux a reçu une attention particulière, notamment l'étude de l'impact du pâturage, en vue d'un usage optimal et soutenu. Plusieurs résultats sont disponibles à travers le monde et montrent que l'impact du pâturage sur l'état de surface du sol et sur son comportement hydrologique est très variable selon les caractéristiques de l'écosystème (sol, climat, végétation) et le type, l'intensité, le timing et la durée du pâturage. Plus particulièrement, l'importance des effets du piétinement sur le sol varie selon la charge animale (Willat et Pullar, 1983; Warren *et al.*, 1986a), le type de sol, sa texture, sa teneur en matière organique et son humidité (Robinson et Alderfer, 1952; Vanhaveren, 1983), les conditions climatiques saisonnières (Warren *et al.*, 1986b) et le type de végétation (Wood et Blackburn, 1981; Blackburn, 1983).

Dans les zones humides le pâturage, notamment intense, réduit la couverture végétale, tasse le sol en surface et par conséquent son infiltrabilité à l'eau se trouve diminuée (Rognerud, 1989; Prajapati *et al.*, 1989; Naeth *et al.*, 1991). Le plus souvent, la capacité d'infiltration des terrains de parcours est d'autant plus réduite que la charge animale est élevée (Dadkhah et Gifford, 1980; Blackburn, 1983; Warren *et al.*, 1986b). Gifford et Hawkins (1978) rapportent que la capacité d'infiltration est réduite aux 3/4 dans les terrains modérément ou légèrement pâturés et à la moitié dans les terrains fortement pâturés. Linnartz *et al.* (1966), dans le Sud-Est des Etats Unis (précipitation annuelle de 1550 mm) sur sols à texture sablo-limoneuse, indiquent que le pâturage intense, sur une durée de 14 années, a réduit la capacité d'infiltration de 90 % de celle des terrains non pâturés. Rauzi (1963), dans le Dakota du Nord et sur sol limoneux, a trouvé que dans les terrains non pâturés, la capacité d'infiltration atteint le double de celle des terrains modérément pâturés et le triple de celle des terrains fortement pâturés.

Par contre, en zones arides, cette réaction du sol n'est pas aussi apparente et sévère. Le degré de sa manifestation dépend avant tout du type de sol (Orr, 1960; Wood et Blackburn, 1981; Gifford *et al.*, 1983; Valentin 1983; Abdel-Magid *et al.*, 1987b; Takar *et al.*, 1990). En effet, certains auteurs ont noté que le pâturage provoque le tassement du sol et augmente sa densité apparente (Reed et Peterson, 1961; Packer, 1953; Valentin, 1983). D'autres n'ont pas trouvé de différence dans la densité apparente du sol entre les terrains pâturés et les terrains non pâturés (Daubenmire et Colwell, 1942; Meeuwig, 1965; Laycock et Conrad, 1967). Cette variation dans les résultats est probablement due aux différences des types de sol, d'humidité et de végétation. En ce sens, Laycock et Conrad (1967) signalent que le pâturage sur des sols humides engendre souvent leur compaction, alors que sur les sols secs il n'a pas nécessairement le même effet. D'autres auteurs indiquent que le pâturage, notamment léger, dans les zones arides et semi-arides, peut améliorer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol. Le piétinement animal brise la pellicule de battance formée à la surface, imbrique beaucoup plus de matière végétale dans le sol (Valentin, 1983) et par conséquent améliore sa structure et sa porosité. La capacité d'infiltration se trouverait ainsi augmentée par rapport aux terrains non pâturés (Goodloe, 1969; Savory, 1978; Savory et Parsons, 1980). Ainsi, Branson *et al.* (1962) ont noté que sur sol battant du Montana (Etats Unis), la capacité d'infiltration passe de 7,6 mm/h pour le témoin non pâturé à 12,7 mm/h pour un pâturage léger. Gifford (1979) a noté aussi une augmentation de la capacité d'infiltration sous pâturage modéré sur sol sablo-limoneux battant du Sud-Est de l'Utah. Elle est passée de 35,8 mm/h dans les sites non pâturés à 48,3 mm/h dans les sites modérément pâturés durant 7 années. Ces auteurs n'ont pas donné de précision ni sur les niveaux de charge animale utilisés, ni sur la signification statistique des différences entre les résultats.

Cependant, certains auteurs contestent cet effet positif du pâturage (Wood et Blackburn, 1981; Wertz et Wood, 1986; Warren *et al.*, 1986a et b; Abdel-Magid *et al.*, 1987b). La différence est probablement due à la nature des sols. Ainsi, Abdel-Magid *et al.* (1987a), simulant le piétinement animal sur un sol limoneux, ont noté que l'augmentation de l'intensité du piétinement augmente le tassement du sol et réduit sa perméabilité. Elle passe de 299 mm/h pour le témoin à 186 et 129 mm/h pour des échantillons de sol recevant respectivement 8 et 32 coups d'un sabot artificiel exerçant une pression au contact du sol de 1,2 Kg/cm<sup>2</sup>.

Dans un but de mieux comprendre et maîtriser les processus hydrodynamiques du sol dans les terrains de parcours des zones arides du Royaume du Maroc, un certain nombre d'expérimentations ont été réalisées dans la station expérimentale du périmètre d'amélioration pastorale de l'Aarid, Haute Moulouya, Maroc (Sabir, 1994). Les résultats préliminaires après 4 années de pâturage à différents niveaux de charge ovine (0 à 8 brebis/ha/an ou BHA) ont indiqué

que l'effet du tassement du sol par l'action du piétinement animal, n'a pas été apparent. L'hypothèse suivante a été émise: «L'effort exercé par le piétinement, même à un niveau très fort de charge animale (8 BHA), ainsi que la durée du pâturage n'ont pas été suffisants pour tasser le sol brun calcaire de l'Aarid». Pour vérifier cette hypothèse, un essai de maximisation de l'effet du pâturage (0 à 12 BHA) a été réalisé. Cet article en présente les résultats.

## MATERIELS ET METHODES

La présente étude a été réalisée dans la station expérimentale du périmètre d'amélioration pastorale de l'Aarid, en Haute Moulouya. Elle est située à environ 45 Km à l'ouest de la ville de Midelt. L'altitude est de 1 800 m. La latitude est de 32,64 nord et la longitude est de 4,95 ouest.

La présente station a été le champ d'expérimentation de plusieurs générations de recherche depuis 1975, consacrées à l'étude du fonctionnement des écosystèmes pastoraux arides présents dans l'Aarid.

L'ambiance bioclimatique est du type aride à hiver froid dans la classification d'Emberger et Sauvage (Donadieu *et al.*, 1975). Pour la station d'Aarid, seules les données des précipitations journalières sont disponibles depuis 1976, avec deux lacunes, 1980-83 et 1986. La moyenne calculée, sur ces données, est de 276,6 mm/an. La station la plus proche de la zone est Midelt. La moyenne annuelle des précipitations y est de 219,2 mm. La moyenne annuelle des températures est de 14,1°C. Le mois le plus froid est décembre avec une moyenne des minima de 0,8°C. Le mois le plus chaud est juillet avec une moyenne des maxima de 32,8°C.

Le sol du lieu d'étude est développé sur l'amont d'un glacis de piémont (Jbel Tourarichine, Haut Atlas) de pente faible (2 à 3,5 %). Le matériel parental est constitué par des colluvions calcaires. Le drainage est bon. Il appartient à la classe des sols calcimagnésiques, sous-classe carbonatés, groupe brun calcaire et sous groupe modal. Il s'agit d'un sol à texture équilibrée (limono-argilo-sableuse) avec une teneur moyenne en éléments grossiers en surface de 30 %. La teneur en eau optimale de tassement est d'environ 19,4 % avec une densité sèche maximale de 1,93 g/cm<sup>3</sup> déterminée avec l'essai proctor.

La végétation, appartient à une formation steppique où l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) est l'espèce dominante. Parmi les espèces abondantes accompagnatrices, avec divers degrés d'abondance, on cite: *Stipa barbata* Desf., *Stipa parviflora* Desf., *Dactylis glomerata* L., *Artemisia mesatlantica* Maire, *Helianthemum virgatum* (Desf.) Pers., *Santolina rosmarinifolia* L., *Koeleria vallesiana* (Sut.) Gaud., *Teucrium polium* L., *Fumana thymifolia* (L.) Verlot.

Les niveaux de charge de pâturage ovin qui ont été simulés sont 0, 1, 2, 4, 8 et 12 brebis/ha/an (BHA). Pour cela, un troupeau composé de 80 brebis adultes a été utilisé pour faire des passages répétitifs dans une placette de 40 m de long et 7 m de large. L'état initial de la placette a été considéré comme le niveau 0 BHA ou témoin. Les autres niveaux simulés, 1, 2, 4, 8 et 12 BHA, ont correspondu à des durées croissantes de pâturage sur la base qu'une heure correspond à 1 BHA qui est le charge d'équilibre de défoliation de l'armoise blanche. Les animaux ont été tenus à réaliser un passage tous les quarts d'heure, d'un bout à l'autre de la placette dans le sens de la longueur.

Au centre de la placette, trois points ont été marqués d'une manière permanente dans le sens de la longueur et autour desquels les observations concernant le couvert végétal et les propriétés du sol ont été faites, d'abord pour l'état initial et, par la suite après la simulation de chaque niveau de charge animale. Un passage donnait 3 répétitions pour chaque variable observée.

Le recouvrement total de la végétation a été déterminé sur un quadrat de 1 m \* 1 m comportant 100 mailles de 10 cm de côté. Il a été déposé à la surface du sol puis

photographié perpendiculairement à 3 m de hauteur. La projection du négatif sur un plan a permis de déterminer la surface couverte par la végétation.

Les caractéristiques de la surface du sol évaluées sont la densité apparente des premiers 7,5 cm ( $\text{Da g/cm}^3$ ) par la méthode du cylindre, la résistance à la pénétration ( $\text{PEN Kg/cm}^2$ ) par un pénétromètre de poche (type « Soil test ») et la résistance au cisaillement ( $\text{SS } 0,1 \text{ Kg/cm}^2$ ) par un cissomètre (type « Soil test »). La perméabilité ( $\text{K mm/h}$ ) du sol à l'eau a été déterminée par la méthode des doubles anneaux concentriques. Le volume d'eau infiltrée est mesuré à 2 puis à 5 minutes du début et, par la suite, à un intervalle régulier de 5 minutes jusqu'à stabilisation. Ce volume est converti en hauteur de lame d'eau infiltrée par unité de temps ( $\text{mm/h}$ ). La perméabilité du sol à l'équilibre est considérée comme étant la moyenne des deux dernières 5 minutes (Gifford et Busby, 1974, Aboulabbes, 1984). Pour l'horizon de surface, cette valeur peut être considérée comme étant sa conductivité hydraulique à saturation (Libardi *et al.*, 1980; Sir *et al.*, 1988).

## RESULTATS ET DISCUSSION

Il ressort des résultats de cet essai (tableau 1) que le pâturage réduit la couverture végétale du sol d'autant plus que la charge animale augmente. Ainsi, après la simulation du pâturage, elle a passé, de 32,6 à l'état initial à 30,3; 28,1; 24,5; 20,9 et 18,5 %, respectivement pour les niveaux de charge animale 1, 2, 4, 8, et 12 BHA. Ce résultat est comparable à celui trouvé par Sabir *et al.* (1992).

Les résultats de la densité apparente ont confirmé l'hypothèse qui a été émise au départ. Le tassement du sol n'a pas été observé sur 7,5 cm de profondeur. Ce résultat est similaire à ceux de Daubenmire et Colwell (1942) et Meeuwig (1965) qui ont signalé que le pâturage n'a pas modifié la densité apparente du sol. Mais il est différent de ceux trouvés par d'autres auteurs qui ont noté que le piétinement animal pouvait tasser le sol jusqu'à une profondeur de 10 cm (Federer *et al.*, 1961; Gifford *et al.*, 1977 et 1983).

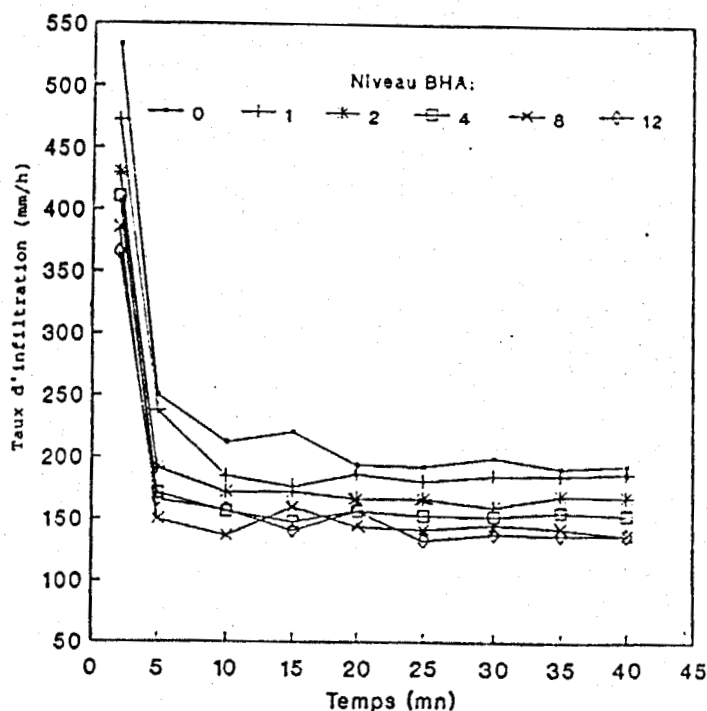
Cette différence pourrait être due, d'une part, à la contenance massique importante (30 %) de l'horizon superficiel du sol d'Aarid en éléments grossiers ( $>2$  cm) et, d'autre part, à son état d'humidité relativement sec (4,3 %). En effet, Marshall et Holmes (1979) et Magier et Ravina (1984) ont rapporté que la richesse du sol en éléments grossiers et son état de dessèchement favorisent sa résistance au tassement.

Il est aussi possible de considérer que l'intensité ainsi que la durée du pâturage, dans ces conditions expérimentales, comme étant insuffisantes pour tasser le sol d'Aarid sur une profondeur de l'ordre de 7,5 cm.

**Tableau 1.** Effet de la maximisation du pâturage ovin sur les caractéristiques de la surface et la perméabilité du sol brun calcaire à texture équilibrée de la station expérimentale de l'Aarid, Haute Moulouya, Maroc (climat aride à hiver froid).

Niveaux de charge BHA	Caractéristiques de la surface du sol									
	Da	s	PEN	s	SS	s	K	s	CV	s
0	1,2a	0,1	1,5a	0,5	1,3a	0,7	192,8a	79,5	32,6a	7,3
1	1,2a	0,1	1,6a	0,5	1,3a	0,4	186,4a	28,7	30,3a	4,5
2	1,1a	0,1	1,4a	0,4	1,3a	0,4	168,8ab	25,3	28,1ab	5,1
4	1,2a	0,1	1,3a	0,2	1,2a	0,3	154,5ab	45,7	24,5bc	5,4
8	1,2a	0,1	1,2a	0,3	1,2a	0,4	140,0b	35,4	20,9c	4,7
12	1,2a	0,1	1,2a	0,3	1,1a	0,4	137,6b	42,4	18,5c	3,5

Da : densité apparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ); PEN: résistance à la pénétration ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ );  
 SS : résistance au cisaillement ( $0,1 * \text{Kg}/\text{cm}^2$ ); K : perméabilité ( $\text{mm}/\text{h}$ ),  
 CV : couvert végétal (%); S : écart type;  
 a,b,c: les valeurs de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ).



**Figure 1.** Effet de la maximisation du pâturage sur la perméabilité du sol brun calcaire de l'Aarid (Haute Moulouya, Maroc).

Les résultats d'observation des résistances à la pénétration (PEN Kg/cm<sup>2</sup>) et au cisaillement (SS 0,1\*Kg/cm<sup>2</sup>), dans cette expérimentation, ont montré que le piétinement animal a eu surtout une action de pulvérisation et de remaniement de la surface du sol, notamment sa croûte de battance. Avec les passages répétitifs des animaux, les sabots, qui peuvent être simulés à des petits socs en déplacement, ont provoqué un remaniement et une réorganisation de la couche superficielle du sol. Sous le niveau 12 BHA, la surface du sol nu de la parcelle était presque entièrement remaniée.

En ce qui concerne la perméabilité du sol à l'eau, les résultats ont montré que le pâturage a eu un effet de réduction selon les niveaux de charge (tableau 1, figure 1). Puisque le sol n'a pas été tassé, cette réduction pourrait être expliquée par le remaniement de la surface du sol provoqué par le piétinement animal. Kemper et Miller (1976) et Logsdon *et al.* (1990) ont signalé que la déstructuration de la surface du sol a pour conséquence la diminution de sa porosité. Ce résultat infirme, pour le périmètre de l'Aarid, l'hypothèse d'amélioration de la perméabilité des sols battants sous l'action du piétinement animal dans les zones arides qui a été émise par un certain nombre d'auteurs (Goodloe, 1969; Savory, 1978; Savory et Parsons, 1980).

## CONCLUSION

La maximisation de l'effet du pâturage a réduit le couvert végétal. L'effet du tassement n'a pas été perceptible sur la profondeur de 7,5 cm, même avec un niveau de charge animal très élevé, de 12 BHA. Cela montre que le sol brun calcaire d'Aarid est résistant au tassement. Ceci peut être expliqué, d'une part, par sa contenance massique importante en éléments grossiers (30 %) et, d'autre part, par son état d'humidité assez sec (4,3 %) lors de l'essai expérimental. Le piétinement a eu, essentiellement, un effet de remaniement et de réorganisation de la couche superficielle du sol, qui pourrait être à l'origine de la diminution de sa perméabilité à l'eau. Ces résultats infirment, pour le périmètre d'Aarid, l'hypothèse d'amélioration de la perméabilité du sol à l'eau sous l'action du piétinement animal dans les zones arides émise par Goodloe (1969), Savory (1978) et Savory et Parsons (1980).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDEL-MAGID A.H., M.J. TRLICA and R.H. HART 1987a. Soil and vegetation responses to simulated trampling. *J. Range Manage.* 40: 303-306.
- ABDEL-MAGID, A.H., G.E. SCHUMAN and R.H. HART 1987b. Soil Bulk density and water infiltration as affected by grazing systems. *J. Range Manage.* 40: 307-309.
- ABOULABBES, O. 1984. Infiltration characteristics on a small watershed. Ph. D. in watershed Sc., Utah State Univ.
- BALPH, D.F., and J.C. MALECHECK 1985. Cattle trampling of crested wheatgrass under short duration grazing. *J. Range Manage.* 38: 226-226.
- BLACKBURN, W.H. 1983. Livestock grazing impacts on watersheds. *Rangelands* 5: 123-125.
- BRANSON, F.A., R.F. MILLER et I.S. McQUEEN 1962. Effect of contour furrowing, grazing intensities, and soil moisture on infiltration and vegetation near Ft. Peck, Montana. *J. Range Manage.* 15: 151-158.



- CASENAVE, A. et C. VALENTIN 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Col. Didactique, ORSTOM, Paris.
- CASENAVE, A. and C. VALENTIN 1992. A runoff capability classification system based on surface features criteria in semi-arid areas of West Africa. *J. Hydrology* 130: 231-249
- DADKHAH M., and G.F. GIFFORD 1980. Influences of vegetation, rock cover, and trampling on infiltration rates and sediment production. *Water Resources Bull.* 16: 979-986.
- DAUBEMMIRE, R.F. and W.E. COL-WELL 1942. Some edaphic changes due to overgrazing in Agropyron-poa prairie of southeastern Washington. *Ecology* 23: 32-40.
- DONADIEU, P.; O. BERKAT et M. ISMAILI 1975. Perspectives d'aménagement du périmètre d'amélioration pastorale de Boumia (Haute Moulouya), I.A.V. Hassan II
- EL BARE, B. 1985. Contribution à la connaissance des pâturages à armoise. Utilisation par les ovins et impacts du broutage sous différents niveaux de charge. *Mém. As., IAV Hassan II, Rabat.*
- EL GHARBAOUI A. 1990. Présentation de la situation actuelle des terrains de parcours. Session d'Echanges sur les écosystèmes arides en Afrique du Nord. Rabat, 24-29 Sept 1990.
- ESCADAFAL, R. 1989. Caractérisation de la surface des sols arides par observations de terrain et par télédétection. Applications: Exemple de la région de Tataouine (Tunisie). *Coll. Etudes & Thèses, ORSTOM.*
- FEDERER C.A., D.R. SCHMIDT and C.B. TANNER 1961. Pasture compaction by animal traffic. *Agron. J.* 53: 53-4
- GIFFORD, G.F. 1979. Infiltration dynamics under various rangeland treatments on uniform sandy-loam soils in southeastern Utah. *J. Hydrol.* 42: 179-185.
- GIFFORD G.F. and R.H. HAWKINS 1978. Hydrologic impact of grazing on infiltration: A critical review. *Water Resour. Res.* 14: 305-313.
- GIFFORD G.F., R.H. FAUST and G.B. COLTHARP 1977. Measuring soil compaction on rangeland. *J. Range Manage.* 30: 457-470.
- GIFFORD, G.F., F.D. PROVENZA and J.C. MALECHEK 1983. Impact of range goats on infiltration rates in southwestern Utah. *J. Range Manage.* 36: 152-153.
- GOODLOE S. 1969. Short duration grazing in Rhodesia. *J. Range Manage.* 22: 369-373.
- HAMIDOUCHE, M. 1988. Mesure des forces à l'interface des pieds d'un quadrupède avec le sol: Utilisation de la plate forme dynamométrique. *Mém. 3<sup>ème</sup> cycle, IAV Hassan II, Rabat.*
- HANKS R.J. 1965. Estimating infiltration from soil moisture properties. *J. Soil and Water Conser.* 20: 49-51
- HANSON C.L., A.R. KUHLMAN and J.K. LEWIS 1978. Effect of grazing intensity and range condition on hydrology of western South Dakota ranges. *South Dakota State University Brookings. Bull.* 647.
- HILLEL, D. 1980. Applications of soil physics. Academic Press. New York
- HILLEL, D. 1984. L'eau et le sol. Principes et processus physiques. Cabay, Louvain-La-Neuve.
- HOFMANN, L.R. and R.E. RIES 1991. Relationship of soil and plant characteristics to erosion and runoff on pasture and range. *J. Soil and Water Conser.* 143-147.
- KEMPER, W.D., and D.E. MILLER 1976. Management of crusting soils: Some practical possibilities. *Arizona Agr. Exp. Station. Tech. Bull.* 214: 1-6.
- LAYCOCK, W.A., and P.W. CONRAD 1967. Effect of grazing on soil compaction as measured by bulk density on high elevation cattle range. *J. Range Manage.* 20: 136-140.
- LEWIS, C.E. 1980. Simulated cattle injury to planted slash pine: combination of defoliation, browsing and trampling. *J. Range Manage.* 33: 340-345.

- LINNARTZ, M.E., C.Y. HSE, and V.L. DUVALL 1966. Grazing impairs physical properties of a forest soil in central Louisiana. *J. Forestry* 64: 239-243.
- LOGDSON, S.D.; R.R. ALLMARAS; L. WU; J.B. SWAN and G.W. RANDALL 1990. Macroporosity and its relation to saturated hydraulic conductivity under different tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1096-1101
- M.A.R.A. 1986. Plan national de lutte contre la désertification. Direction des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols; Ministère de l'Agriculture et la Réforme Agraire; Rabat.
- M.A.R.A. 1993. Stratégies de développement des terres de parcours au Maroc. Phase I: Situation actuelle des terres de parcours. Vol. I: Inventaire des ressources fourragères. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire; Direction de l'Élevage, Rabat.
- MBAKAYA, D.S.; W.H. BLACKBURN; J.M. SKOULIM and R.D. CHILD 1988. Infiltration and sediment production of a bushed grass land as influenced by livestock grazing systems, Buchuma, Kenya. *Trop. Agric (Trinidad)* 65: 99-105.
- MEEUWIG, R.O. 1965. Effect of seeding and grazing on infiltration capacity and soil stability of a subalpine range in central Utah. *J. Range Manage.* 18: 173-180.
- MOHAN, S.C. and R.K. GUPTA 1983. Infiltration rates in various land uses from a himalayan watershed in Tehri Garhwal. *Indian J. Soil Conser.* 11: 1-4.
- NAETH, M.A.; D.J. PLUTH; D.S. CHANASYK; A.W. BAILEY and A.W. FEDKENHEUER 1990. Soil compacting impacts of grazing in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Can. J. Soil Sci.* 70: 157-167.
- ORR, H.K. 1960. Soil porosity and bulk density on grazed and protected Kentucky bluegrass range in the Black Hills. *J. Range Manage.* 13: 80-86.
- PACKER, P.E. 1953. Soil stability requirements for the Gollatin elk winter range. *J. Wildlife Manage.* 27: 401-410
- PARAJAPATI, M.C.; A.K. TIWARI; K.T.N. NAMBIAR; J.P. SINGH; B.M. MALTHORA and V.N. SHARDA 1989. Effect of goat grazing on vegetation, runoff and soil loss in a stabilized ravine watershed viz-aviz animal growth. *Indian J. Soil Conser.* 17: 9-16.
- RAUZI, F. 1960. Water intake studies on range soils at three locations in the northern Plains. *J. Range Manage.* 4: 179-184.
- REED, M.J. and R.A. PETERSON 1961. Vegetation, soil, and cattle responses to grazing on northern Great Plains range. *USDA Tech. Bull.* 1252.
- ROBINSON, P.R. and R.B. ALDERFER 1952. Runoff from permanent pastures in Pennsylvania. *Agron. J.* 44: 459-462.
- ROGNERUD, B. 1989. Soil erosion and nutrient loss-development of land use from grain to pasture and animals. *Geografisk Tidsskrift*, 89: 7-10. (Norvège).
- SABIR, M. 1994. Impact du pâturage sur l'état de surface et les propriétés hydrologiques d'un sol dans un milieu steppique marocain (Périmètre de l'Aarid, Haute Moulouya). Thèse d'Etat; Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat.
- SABIR, M.; M. QARRO; O. BERKAT et A. MERZOUK 1992. Effets de la charge animale sur le développement de la végétation dans un milieu steppique: Aarid, Haute Moulouya. *Ann. Rech. For. Maroc.* 26: 59-67.
- SAVORY, A. 1978. A holistic approach to ranch management using short duration grazing in: (Hyder, D.M. ed) *Proc. First International Rangeland congress. Soc. Range Manage.* Denver. 10: 555-557.
- SAVORY, A. and S.D. PARSONS 1980. The Savory grazing method. *Rangelands* 2: 234-237

- TAKAR, A.A.; J.P. DOBROWOLSKI and T.L. THUROW 1990. Influence of grazing, vegetation life-form, and soil type on infiltration rates and interrill erosion on a somalian rangeland. *J. Range Manage.* 43: 486-490.
- VALENTIN, C. 1983. Effets du pâturage et du piétinement sur la dégradation des sols autour des points d'eau artificiels en région sahéenne (Ferro, Nord Sénégal). A.C.C. Lutte contre l'aridité en milieu tropical, Labo. Pédologie, ORSTOM.
- VALENTIN, C. and A. CASENAVE 1992. Infiltration into sealed soils as influenced by gravel cover. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1667-73
- VANHAVEREN, B.P. 1983. Soil bulk density and soil type on a shortgrass prairie site. *J. Range Manage.* 36: 586-588.
- WARREN, S.D.; M.B. MEVILL; W.H. BLACKBURN and M.E. GARZA 1986a. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1336-1341.
- WARREN, S.D.; W.H. BLACKBURN and C.A. TAYLOR 1986b. Effects of season and stage of rotation cycle on hydrologic condition of rangeland under intensive rotation grazing. *J. Range Manage.* 39: 500-503.
- WELTZ, M. and M.K. WOOD 1986. Short duration grazing in central New Mexico: Effects on infiltration rates. *J. Range Manage.* 39: 365-368
- WILLAT, S.T. and D.M. PULLAR 1983. Changes in soil physical properties under grazed pastures. *Aust. J. Soil Res.* 22: 343-348.
- WOOD, M.K. and W.H. BLACKBURN 1981. Grazing systems: Their influence on infiltration rates in the Rolling Plains of Texas. *J. Range Manage.* 34: 331-335.
- WOOD, M.K. and W.H. BLACKBURN 1984. Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas Rolling Plains. *J. Range Man* 37: 303-308