

CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE D'UNE TOPOSEQUENCE REPRESENTATIVE DU BASSIN VERSANT DE SAN IGNACIO

**Jean-Louis Janeau
Rosario Ruíz de Esparza Villarreal**

Resumen

Cartografía de los estados de superficie de una toposequencia representativa de la Cuenca hidrológica de San Ignacio. Los estados de superficie (suelo y vegetación) en la zona árida del norte de México condicionan el escurrimiento y el llenado de los presones indispensables para la ganadería extensiva en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Así pues es necesario estudiar la hidrodinámica superficial, caracterizar los diferentes estados de superficie y comprender el funcionamiento entre los parámetros del medio. Este es el objetivo del artículo, que aporta además de una caracterización de la hidrodinámica superficial a lo largo de una toposequencia representativa de la cuenca en estudio, una aplicación práctica de la utilización de cartas obtenidas por la metodología enunciada en el presente documento.

Résumé

Les états de surface (sol et végétation) en zone aride du nord Mexique conditionnent le ruissellement et le remplissage des retenues artificielles indispensables à l'élevage extensif de la Réserve de la Biosphère de Mapimi. Il est donc nécessaire, afin d'étudier l'hydrodynamique superficielle, de répertorier les différents états de surface et d'en comprendre le fonctionnement par rapport aux paramètres édaphiques du milieu. C'est l'objet de cet article qui détermine, outre une caractérisation de l'hydrodynamique superficielle le long d'une toposequence représentative du bassin versant étudié, une application pratique de l'utilisation des cartes obtenues par la méthodologie énoncée au cours de ce document.

Abstract

Map of the states of surface of a topographical sequence of the San ignacio catchment. The states of surface (soil and vegetation) in the arid area in northern Mexico are conditioning the rain run-off and the filling-up of artificial low-volume dams, essential for extensive cattle breeding in the Biosfere Reserve of Mapimi. So, it is necessary for the study of superficial hydrodynamics, to list the different states of surface and to understand from these functioning among to the edaphic parameters of this environment. That is the subject of this article which contributes, in addition to a characterization of the superficial hydrodynamics along a topographical sequence representative of the catchment in study, a practical application of the use of maps obtained through the methodology exposed in this document.

Introduction

Les observations ont été effectuées sur une toposéquence située au centre de la Réserve de la Biosphère de Mapimi, en zone aride du nord Mexique. Celle-ci, décrite par Delhoume (1988) s'étend du "Cerro San Ignacio" jusqu'au "Preson" artificiel du même nom.

Ce transect, représentatif du milieu, comprend cinq unités géomorphologiques qui sont d'amont en aval : le *cerro*, le piedmont, la *bajada* supérieure, la *bajada* inférieure et une dépression de *bajada*.

A chaque localisation des unités de milieux correspondent une ou plusieurs surfaces élémentaires définies à partir du catalogue des états de surface de la zone sahéenne, établi par Casenave et Valentin (1988). Le terme de "surface élémentaire" désigne, à un instant donné, un ensemble homogène constitué par des éléments du milieu tels le couvert végétal, la surface du sol et les organisations pédologiques superficielles qui ont subi des transformations, sous l'effet des facteurs météorologiques, fauniques ou anthropiques.

Pour toutes les observations sur ces unités de milieux, ont été associés le relief, la végétation (Ruíz de Esparza Villarreal, 1986), les différents types de croûtes (organisations pédologiques superficielles) en définissant leur origine et leur fonctionnement. Le résultat est la détermination de surfaces élémentaires dont le regroupement donne une cartographie d'états de surface hiérarchisés quant à leur fonctionnement hydrodynamique.

Le but de ce travail est d'étudier la distribution spatiale de ces surfaces élémentaires et de voir leur rôle ainsi que les relations pouvant exister entre celles-ci et certains paramètres du milieu telle que la topographie.

Description de la toposéquence

A. Zone de relief ou Cerro. Pente supérieure ou égale à 25%.

Végétation :

Zone de végétation saxicole. C'est un matorral composé de *Larrea tridentata*, *Agave asperrima*, *Agave lecheguilla* et *Euphorbia antisiphilitica*. Ils sont accompagnés généralement par *Jatropha dioica* et *Fouquieria splendens*. Couverture de 26 à 40% (variation saisonnière).

Deux surfaces élémentaires :

a) Surface de type grossier (Fig. 1) : il s'agit d'une croûte structurale à 3 microhorizons sous un épandage de roches et de graviers; ces derniers ne sont pas ou peu enchassés dans des sables grossiers, des sables fins et dans une pellicule plasmique à porosité vésiculaire. Quelques blocs rocheux épars couvrent moins de 5% de la superficie de cette surface élémentaire. Le micro-profil présente une structure à porosité fissurale importante.

b) Surface de type grossier mais dont le recouvrement de graviers et de pierres est discontinu. Dans la pellicule plasmique, de nombreux éléments grossiers sont inclus. Surface inférieure à 5% de l'unité.

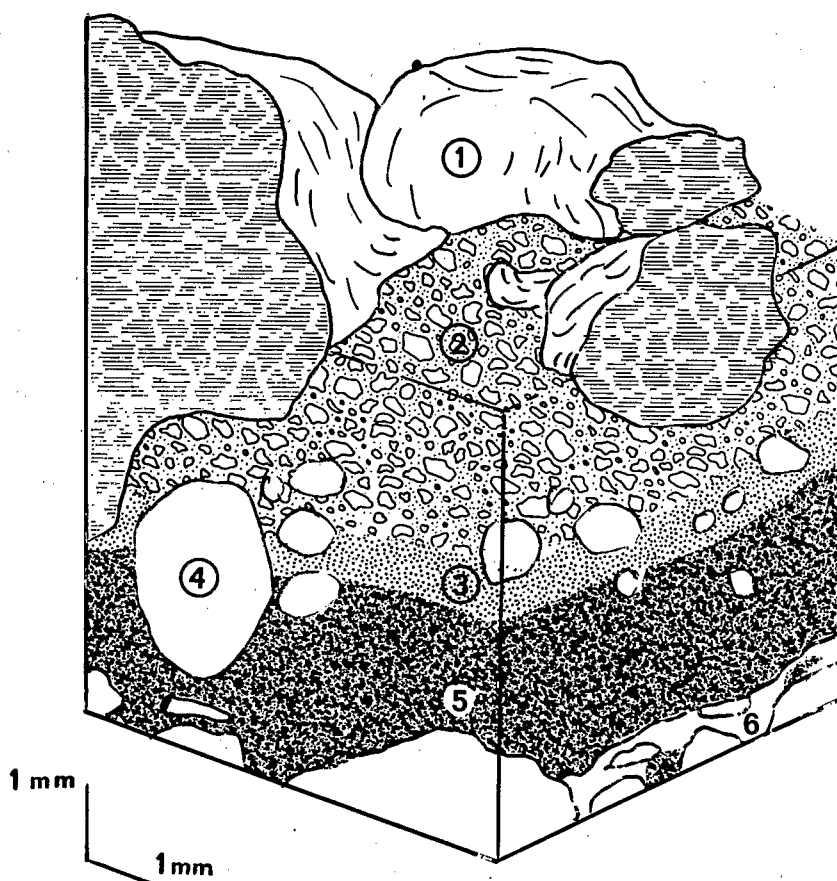


Fig. 1. Surface de type grossier. 1. Eléments grossiers; 2. Sables grossiers; 3. Sables fins; 4. Porosité vésiculaire; 5-6. Plasma à éléments grossiers.

Genèse de ces deux types de croûte :

Les graviers et pierres sont issus de la désagrégation physique des roches formant ce massif montagneux. La distribution granulométrique des sables et des éléments fins constituant la pellicule suit l'ordre inverse de la sédimentation. Il s'agit d'un tri granulométrique, sous l'effet cumulé de nombreuses pluies (effet de tamis).

Influence sur le ruissellement :

La couverture d'éléments grossiers joue un rôle ambivalent (Valentin, 1988) :

- par la protection du sol vis-à-vis de l'énergie cinétique de la pluie et par la limitation de la vitesse d'écoulement de l'eau, elle donne un faible ruissellement : inférieur en moyenne à 3% (données du micro-bassin versant, installé sur les hauts de pentes du *cerro*).

- par contre, sous pluie importante, d'au moins 40 mm et d'intensité supérieure à 60 mm/h (Delhoume *et al.*, à paraître), elle favorise le ruissellement instantané qui se concentre sur les quelques rares zones à recouvrement discontinu de cette unité.

B. Zone de piedmont. Pente de 6% (zone aval) à 25% (zone amont)

Végétation :

A proximité des sites de ruissellement se concentrent *Flourensia cernua*, *Cordia parvifolia*, *Buddleja marrubifolia*, *Lippia graveolens*, *Tecoma stans*. Parmi les végétaux dispersés nous trouvons essentiellement *Agave asperrima*, *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Opuntia rastrera*. Couverture de 27,3 à 32,5%.

Deux types de surfaces :

a) Surface à épandage de colluvions grossières, même type de surface que les pentes fortes du *cerro*, mais absence de blocs de diamètre supérieur à 50 cm.

b) Surface incisée de la surface du sol par des ravinaux. Ces derniers sont à surface d'épandage d'éléments grossiers et à surface de ruissellement (Fig. 2). Environ 5% d'occupation de la surface totale du piedmont.

Genèse :

Identique à la zone de relief pour les épandages d'éléments grossiers (éboulis). Pour les sites de ruissellement, nous trouvons un type de croûte formée sous l'influence d'une lame d'eau en mouvement (ruissellement hiérarchisé).

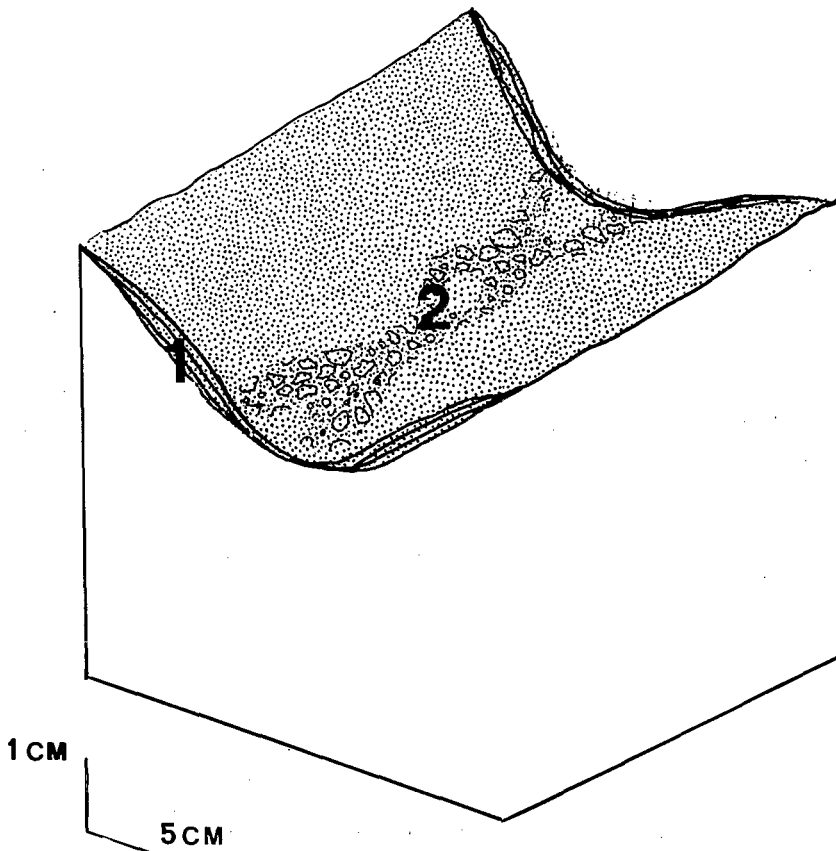


Fig. 2. Surface de type ruissellement. 1. Alternance pellicules plasmiques et microhorizons sableux; 2. Dépôts sableux discontinus au fond de l'axe de ruissellement.

Influence sur le ruissellement :

Moins d'obstacle au ruissellement, d'où un coefficient de ruissellement plus fort de l'ordre de 15 à 25 % pour l'ensemble de l'unité, lié à la concentration du ruissellement localisé dans les ravinaux.

C. Zone de la "bajada" supérieure (ou glacis). Pente de 2 à 6%.

Site d'écoulement hiérarchisé : ravines et ravinaux, d'où implantation de la végétation en bordure de ces "chemins d'eau".

Végétation :

Matorral de *Larrea tridentata* et *Fouquieria splendens* et plus en aval une formation végétale communément appelée *Nopalera* composée de *Opuntia rastrera*, *Opuntia microdasys* et *Agave asperrima* imbriquée dans le *matorral*. D'autres espèces importantes à dispersion aléatoire sont à citer : *Cordia parvifolia*, *Flourensia cernua*, *Jatropha dioica* et *Euphorbia antisiphilitica*. Couverture de 30 à 39,5%.

Trois types de surface dans ce milieu :

a) site de ruissellement : microhorizons sableux peu triés qui alternent avec de minces et fragiles pellicules plasmiques, concentrées le long des axes de ruissellement qui eux contiennent des éléments grossiers et des sables. Ces réorganisations superficielles correspondent à des croûtes de ruissellement. Occupation de la surface : 10%.

b) site sur sol nu, inter-végétation : microhorizon à recouvrement d'éléments grossiers discontinus, de faible diamètre, et sables libres sur pellicule plasmique : il s'agit d'une croûte structurale à 3 microhorizons (Fig. 3). Localement, l'on observe une pellicule plasmique peu épaisse correspondant à une croûte d'érosion (Fig. 4). Occupation de la surface : 60%.

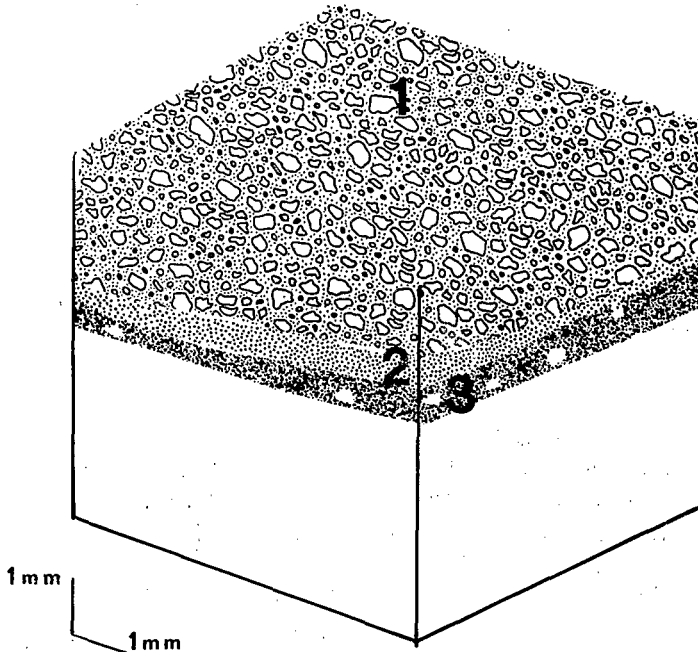


Fig. 3. Surface de type structurale 3. Pellicule structurale à trois microhorizons. 1. Sable grossier libre; 2. Sable fin pris en masse; 3. Pellicule plasmique à porosité vésiculaire.

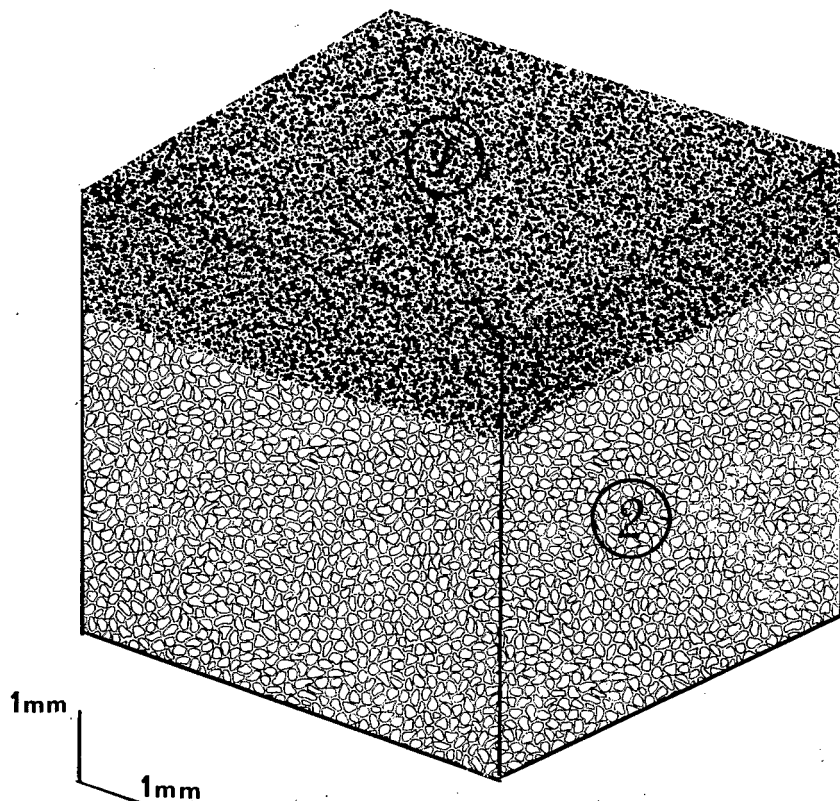


Fig. 4. Surface de type érosion 1. Pellicule d'érosion soudée à la matrice du sol 2.

c) site de végétation à implantation aléatoire : on y trouve une pellicule fine et rugueuse à porosité mésofaunique au pied des végétaux avec des apports sableux en amont de ceux-ci et un déchaussement plus ou moins prononcé en aval. Le type de surface est une croûte structurale à un microhorizon (Fig. 5). Occupation de la surface : 30%.

Genèse :

Les croûtes structurales à 3 microhorizons sont formées par un tri granulométrique et un lessivage vertical des éléments fins sous l'effet de la pluie. Les croûtes d'érosion sont l'évolution des croûtes structurales sous l'effet de l'érosion hydrique. Les sites sous végétation présentent une croûte à un microhorizon qui se forme dès les premières pluies sous l'effet *splach*. Une activité de la faune micromamallienne permet une infiltration préférentielle au pied des cactacées (*Nopal*).

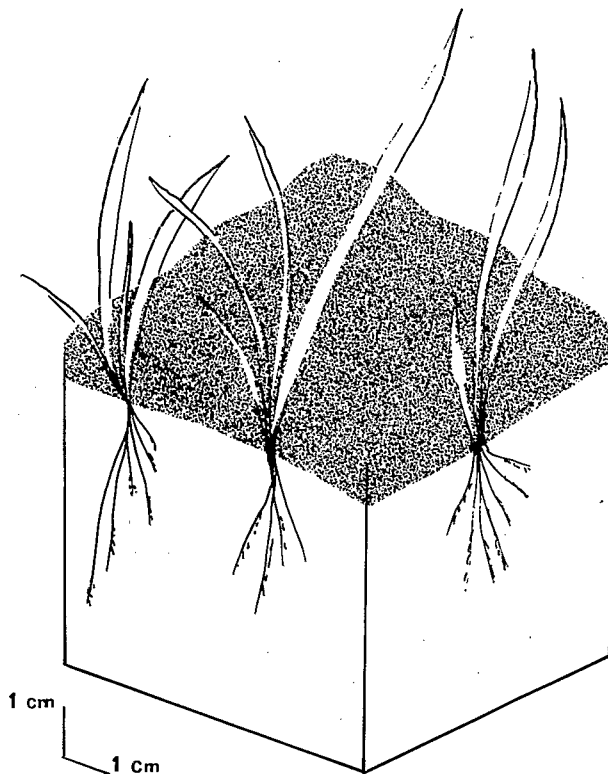


Fig. 5. Surface de type structurale 1. Pellicule structurale rugueuse.

Influence sur le ruissellement :

Coefficient plus élevé que dans le *cerro*. De 20 à 30% pour les sites nus, de 15 à 25 % pour les zones où la couverture de la végétation est plus importante. Les sites incisés où l'on trouve les croûtes de ruissellement n'ont pu être testés pour un problème d'ordre technique : incision plus importante que la hauteur de la parcelle expérimentale.

D. Zone de la "bajada" inférieure. Pente inférieure ou égale à 2%.

Il est important de noter que la végétation sur ce glacis, se dégrade d'amont en aval, en surface et en volume, sous l'influence de la sédentarisation relative du bétail à l'approche de la retenue d'eau.

Trois sites sont à retenir : à l'amont une formation complexe, le *Mogote* appelé aussi brousse tigrée en Afrique de l'ouest (Leprun, 1978), puis en aval une formation herbeuse d'*Hilaria* et enfin une succession de *Mogote* et de plages d'*Hilaria* dégradée.

1) Le *Mogote* présente une certaine régularité dans l'espace sous forme d'une succession ordonnée d'arcs, dans sa répétition et sa distribution. Il est composé pour la strate herbacée de *Hilaria mutica* et pour la strate arbustive de *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *Flourensia cernua* et *Lippia graveolens*. Couverture de 55 à 69,1 %.

L'axe principal du *Mogote* est perpendiculaire à la pente (Montaña, 1988; Delhoume, 1988) et son évolution se fait en amont des arcs par piégeage des graines dans les zones amonts à concentration de sables et limons sous l'effet du ruissellement bloqué par la végétation.

2) La formation herbeuse monospécifique d'*Hilaria* se présente en plages végétales discontinues et irrégulières.

Dans chacune de ces deux formations végétales, *Hilaria* est distribuée en touffes et présente un micro-relief particulier dont l'amplitude varie de 5 à 15 cm (hauteur de la touffe par rapport à la zone basse inter-touffe).

3) L'alternance *Mogote* et *Hilaria* qui est prédominante dans la partie basse de la *bajada* inférieure. Cette formation végétale présente sensiblement les mêmes espèces végétales mais dont les individus subissent une dégradation animale plus importante. On y observe une augmentation sensible des zones dénudées où l'on trouve des espèces telles que *Opuntia shottii*, *Agave asperrima*, *Larrea tridentata* et *Tridens pulchellus*. Couverture de 6 à 10%.

Pour les trois sites de cette zone, les surfaces sont les suivantes :

a) Deux types de surfaces pour le *Mogote* : la végétation au sein du *Mogote* présente une distribution homogène, d'où une surface sans croûte sous la végétation car il n'y a pas d'effet *splach* et l'activité faunique est plus importante, c'est une caractéristique commune des zones type *Mogote* ou brousse tigrée où alternent de la végétation et des zones dénudées (Elkins *et al.*, 1986, Valentin et Janeau, 1988). Cependant il existe au sein de ce même *Mogote* une autre surface élémentaire créée par le passage répété au même endroit des animaux qui induisent des ruissellements préférentiels par dégradation de la végétation et tassement du sol. C'est une croûte d'érosion que nous observons dans ces cheminements de bovins.

A l'amont du *Mogote* :

- Une zone de transit (inter arcs de *Mogote*) : recouvrement d'éléments grossiers discontinus, de faible diamètre, sables peu triés et pellicule plasmique. Croûte structurale à 3 microhorizons.

- Une zone pionnière à accumulation limoneuse dominante et sables : surface à superposition de microhorizons formés par l'alternance de limons

et de sables étroitement imbriqués et de pellicules plasmiques. C'est une croûte de décantation à plusieurs microhorizons et à tendance squameuse (Fig. 6 et 7).

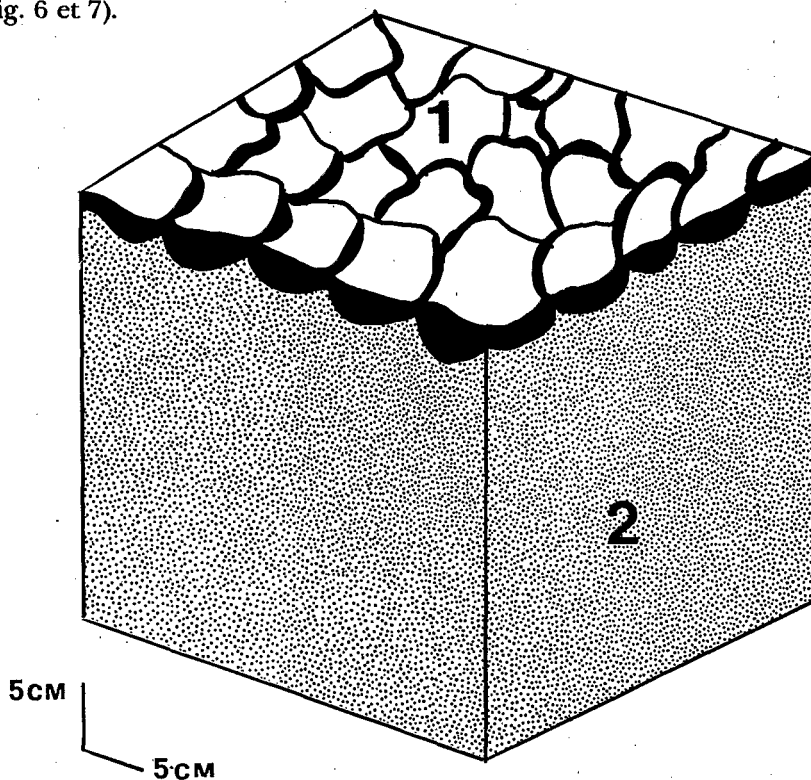


Fig. 6. Surface de type décantation. 1. Pellicule de décantation reposant sur la matrice du sol 2.

A l'aval :

Présence d'une forme d'érosion en marche d'escalier avec un décrochement de quelques centimètres dû au ruissellement lors des fortes pluies. Surface à 1 microhorizon avec reliques de dépôts sableux et limoneux, c'est une croûte d'érosion.

b) Quatre états de surface dont trois à croûte dans la formation monospécifique d'*Hilaria*.

- Sous les touffes, on trouve la matrice du sol grumeleuse (activité faunique), sans croûte.

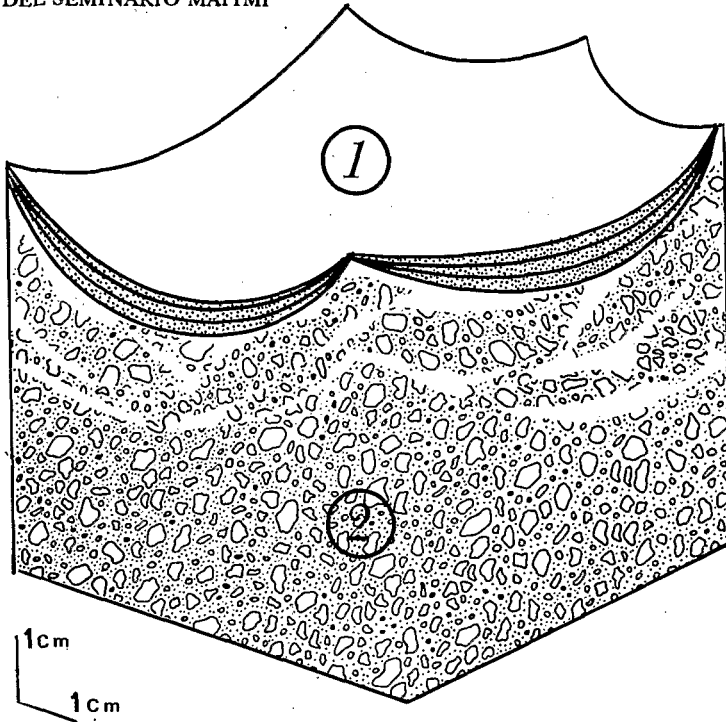


Fig. 7. Squame. 1. Pellicule de décantation reposant sur la matrice du sol 2.

- Le micro relief de ce système végétal en touffes présente sur les microversants de celles-ci des croûtes structurales à un ou deux microhorizons (Fig. 8).

- En inter touffe, croûte fine à recouvrement très discontinu de limons et sables pris en masse; cette pellicule plasmique dure est appelée croûte d'érosion. Mais principalement on y trouve, une croûte structurale à plusieurs microhorizons très soudés, à porosité fissurale liée à l'alternance humectation-dessiccation et à la texture du sol. C'est une croûte de décantation.

c) L'alternance *Mogote* et *Hilaria*.

Nous retrouvons les mêmes types de croûtes mais avec une proportion plus importante de surfaces dénudées, sites privilégiés des croûtes d'érosion à fort ruissellement (Casenave et Valentin, 1988).

Genèse des croûtes spécifiques à la *bajada* inférieure :

- Croûte structurale à 2 microhorizons : formée par un apport hydrique et une prise en masse des sables sous l'effet de la dessiccation.

- Croûte de décantation : elle résulte du dépôt des éléments fins transportés et déposés par les eaux de ruissellement.

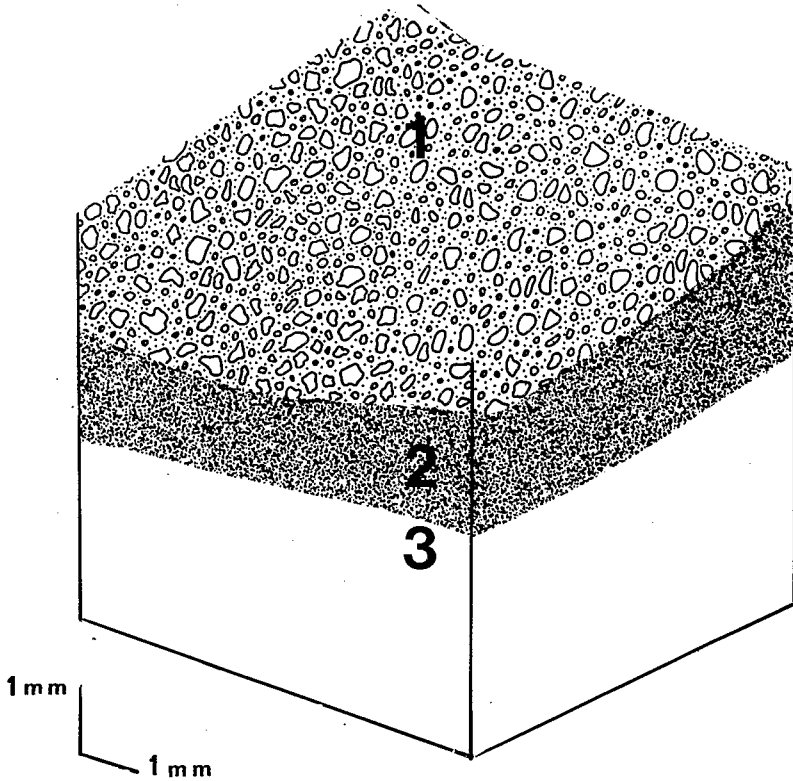


Fig. 8. Surface de type structurale 2. Pellicule structurale à 2 microhorizons. 1. Sable grossier continu; 2. Pellicule plasmique soudée à la matrice du sol 3.

Influence sur le ruissellement :

a) la couverture végétale du *Mogote* est comprise entre 10 et 20 % de l'unité totale de la *bajada* inférieure, mais son importance est primordiale au niveau du ruissellement dans le paysage car la quasi-totalité du ruissellement est piégé par ces arcs de végétation.

Le ruissellement parvenant à un autre arc de *Mogote* provient de la zone nue inter-arc amont couverte par des croûtes d'érosion. Ces croûtes sont les plus propices au ruissellement puis en ordre décroissant les croûtes structurales de 3 à 1 microhorizon.

Une exception, cependant, en cas de forte pluie supérieure à 30 mm et d'intensité au moins égale à 60 mm/h, un ruissellement en nappe et hiérarchisé sur les passages des bovins, traverse de part en part le *Mogote*.

b) dans les zones à *Hilaria* mentionnées, on observe 30 à 40 % d'occupation de la surface de cette unité par les touffes d'*Hilaria*.

Le ruissellement est conditionné par le micro-relief, ainsi en inter-touffe

le ruissellement est maximal. Cependant lors des fortes pluies, le ruissellement en nappe croît en hauteur et atteint les zones de versant, voir le sommet de la touffe où l'infiltration est alors très importante. Ce micro-relief et le peu de pente de cette unité, induisent un stockage temporaire de l'eau en surface et les croûtes de décantation qui en résultent prouvent une suralimentation hydrique de la formation herbeuse d'*Hilaria*.

c) c'est la zone d'alternance *Mogote* et *Hilaria* dégradée qui conditionne le remplissage du *preson*. La prédominance de zones dénudées à recouvrement de croûtes d'érosion induisent un fort ruissellement (40 à 50 %).

E. Zone amont du "preson" : dépression de la "bajada" inférieure proche de la "playa". Pente insignifiante, inférieure à 1%.

Végétation :

Variation annuelle du taux de couverture liée à celle de la retenue. Ce sont des herbacées non appétantes pour le bétail. On trouve *Solanum eleagnifolium*, *Xanthium strumarium*, *Florestina tripteris*, *Helenium autumnale*, *Hoffmanseggia densiflora*, *Heliotropium curassavicum* var. *curassavicum* et *Flaveria trinervia*.

Surfaces :

Ruissellement en nappe : croûte de décantation délimitant des squames ou des polyèdres au niveau de la proche bordure et du fond du *preson*, à l'état sec. Plus en amont, croûte structurale à plasma dominant (un seul microhorizon), sous la végétation. La formation de ces croûtes a été précisée plus haut.

Influence sur le ruissellement :

Ruissellement en nappe dû à la faible pente et stagnation des apports d'eau au *preson*. L'arrêt des eaux de ruissellement est effectué par le barrage artificiel dont le volume d'eau stocké est extrêmement variable. Il varie, en fonction de l'irrégularité des apports pluviométriques et de l'évaporation importante (10 mm/jour), très caractéristiques de cette zone aride du nord Mexique (Cornet, 1988).

Conclusion

La distribution des états de surface est ordonnée en fonction des différentes unités de milieu, elles-mêmes distribuées topographiquement. Depuis le haut de versant, nous passons progressivement d'une

infiltration forte à un ruissellement hiérarchisé de type ravines, ravinaux et griffes d'érosion, puis localement à un écoulement ralenti sous forte pluie ou stoppé par les arcs de végétation du *Mogote* et enfin à un ruissellement en nappe dont les sites privilégiés sont les zones nues à dispersion aléatoire inter-végétation (annexe 1).

Perspectives

Nous envisageons une étude fine des états de surface à l'échelle du bassin versant. Aux sites expérimentaux déjà testés, pourront s'ajouter un site dans la zone amont du pourtour du *preson* et d'autres sites en prolongement de cette toposéquence, jusqu'à la zone la plus basse ou *playa* et à l'incision du rio. Ainsi sera complétée l'étude de l'hydrodynamique superficielle pour le bassin versant. Ce type d'hydrodynamique étant prédominant dans la réserve de Mapimi.

Ultérieurement nous étendrons cette cartographie et des mesures sous simulation de pluie (simulateur de pluie Asseline et Valentin, 1978), à d'autres bassins représentatifs de la réserve de Mapimi situés sur versant dont la géomorphologie et la structure géologique présente des pendages inverses à ceux du versant étudié, dont l'effet sur le ruissellement en zone de *bajada* supérieure et inférieure peuvent déterminer l'implantation de nouveaux *presones*.

Bibliographie

- Asseline, J., Valentin, C. 1978. Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, XV (4): 321-349.
- Casenave, A., Valentin, C. 1988. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM, 242 pp.
- Cornet, A. 1988. Principales caractéristiques climatiques, *In* : C. Montaña (Ed.). Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la biosfera de Mapimí, Ambiente natural y humano. Publ. 23, Instituto de Ecología, México. pp. 45-76.
- Delhoume, J.P. 1988. Distribution spatiale des sols le long d'une toposéquence représentative. *In*: C. Montaña (Ed.). Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la biosfera de Mapimí, Ambiente natural y humano. Publ. 23, Instituto de Ecología, México. pp. 135-165.
- Delhoume, J.P. *et al.*, à paraître. Ruissellement et érosion en zone aride du Nord du Mexique. Réserve de la biosphère de Mapimi.

- Elkins, N.Z., Sabol, G.V., Wardt, T.J. et Whitford, W.G.** 1986. The influence of subterranean termites on the hydrological characteristics of a Chihuahuan desert ecosystem. *Oecologia* (Berlin), 68: 521-528.
- Leprun, J.C.** 1978. Compte-rendu de fin d'études sur les sols et leur susceptibilité à l'érosion, les terres de cures salées, les formations de "brousse tigrée" dans le Gourma (Mali). ORSTOM/DGRST, Paris, multigr., 45 p.
- Montaña, C., Breimer, R.F.** 1988. Major vegetation and environment units. In: C. Montaña (Ed.). Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la reserva de la biosfera de Mapimí. Ambiente natural y humano. Publ. 23, Instituto de Ecología, México. pp. 99-114.
- Ruiz de Esparza Villarreal, R.** 1986. Inventario de los recursos florísticos de la reserva de la Biosfera de Mapimí. Tesis profesional. 144 pp.
- Valentin, C.** 1988. Encroûtement superficiel, ruissellement et érosion des terrains à forte pente et à charge grossière. Training workshop on site selection, characterization and establishment of experiments for soil management networks. Chiangmaï, Thaïlande.
- Valentin, C., Janeau, J.L.** 1988. Cartographie des états de surface de trois bassins versants du Mali : Tin Adjar, Koumbaka et Dounfing. ORSTOM Abidjan. Côte d'Ivoire. 12 p.