

Distribution Spatiale des Sols le Long d'une Toposéquence Représentative

JEAN PIERRE DELHOUME

RESUMEN

Los diferentes tipos de suelos de la Reserva de la Biosfera de Mapimí se diferencian esencialmente por el tipo de material en el cual se desarrollan y por el proceso de deposición original de ese material. Se trata fundamentalmente de depósitos aluviales y coluviales cuya repartición en el paisaje es función de la geomorfología.

Con el fin de poner en evidencia esta distribución espacial de la cobertura edafológica, se ha estudiado una toposecuencia representativa que comprende a la mayoría de los suelos de la Reserva de Mapimí, para los cuales se presentan las características morfológicas y analíticas.

La toposecuencia estudiada se extiende a lo largo de 12 km con orientación oeste-este. Ella comienza en un cerro de 1,475 m de altitud máxima, de pendientes pronunciadas (más de 20-25%) que se reducen en el piedemonte a 8-25%. La altitud y la pendiente decrecen a continuación en forma muy gradual pasando sucesivamente de la zona de bajada superior (2 a 6-8% de pendiente), a la bajada inferior (0.5 a 2% de pendiente), y a la playa (pendiente inferior a 1%) ubicada en la zona más baja (1,110 m) y donde se localiza el colector principal de aguas.

A lo largo de este transecto topográfico se identificaron ocho unidades elementales de paisajes teniendo en cuenta suelos, vegetación y geomorfología.

Unidad 1. Zona de relieve con pendientes fuertes. Vegetación poco abundante. Suelos muy poco evolucionados: Litosoles sobre rocas duras, Regosoles sobre coluviones pedregosos.

Unidad 2. Zona de piedemonte de pendientes medias. Vegetación de composición parecida a la de la unidad precedente, pero ligeramente más abundante. Suelos poco evolucionados, más profundos: Regosoles sobre coluviones constituidos por elementos de tamaño grueso a mediano.

Los suelos de las partes más altas (Unidades 1 y 2) se caracterizan por su juventud y su escasa evolución pedogenética.

Unidad 3. Zona de bajada superior, de pendiente regular que pasa progresivamente de 6-8% a 2%. Vegetación arbustiva dominada por *Larrea tridentata* y *Opuntia rastrera*. Suelos del tipo Yermosol háplico, sobre coluviones pedregosos de elementos de tamaño mediano a fino que reposan a mediana profundidad sobre lutitas.

Unidad 4. Zona de bajada inferior, de pendientes suaves (0.5-2%). La vegetación es discontinua, presentándose como la alternancia de arcos de vegetación densa y zonas de

suelo desnudo. Los suelos son esencialmente Yermosoles y Xerosoles háplicos, sobre aluviones finos y medianos que reposan a mediana profundidad sobre lutitas.

- Unidad 5. Depresiones de bajadas inferiores, de pendientes suaves (1%), ocupadas por una formación herbácea casi monoespecífica de *Hilaria mutica*. Los suelos son muy arcillosos y de escasa porosidad. Se trata de Yermosoles gípsicos o calcáreos, sobre aluviones arcillosos que reposan a mediana profundidad sobre lutitas. Presentan una acumulación secundaria de yeso o de carbonato de calcio, distribuida de modo discontinuo en forma de manchas y nódulos.

Los perfiles de suelo observados en las zonas intermedias (Unidades 3 a 5) son polifásicos y testimonian la evolución edafológica del Cuaternario reciente. Se distingue un suelo evolucionado antiguo, truncado, sobre el cual reposa el suelo actual constituido por aportes aluviales, joven, con una dinámica y una evolución lentas.

- Unidad 6. Localizada en la zona de transición entre bajada y playa, esta unidad se desarrolla sobre material de aporte constituido por depósitos gravosos relativamente espesos. La pendiente es inferior a 1% y la vegetación presenta un estrato herbáceo dominado por *Hilaria mutica* y un estrato arbustivo dominado por *Larrea tridentata* y *Prosopis glandulosa*. Los suelos son jóvenes: se trata esencialmente de Yermosoles calcáreos, de textura media, que se desarrollan sobre un material de aporte rico en elementos gruesos. En estos suelos se observa una redistribución poco acentuada y en forma discontinua de carbonato de calcio secundario.

- Unidad 7. Se trata de la zona más baja (playa) caracterizada por una pendiente muy reducida (inferior a 0.5%). La vegetación está constituida por formaciones herbáceas (*Hilaria mutica* y *Sporobolus airoides*) y por formaciones arbustivas (con abundancia de halófitas) donde dominan *Prosopis glandulosa*, *Atriplex spp.* o *Suaeda spp.* Los suelos se desarrollan sobre un material de aporte aluvial, de textura fina, y presentan distintos grados de salinidad: Yermosoles gípsicos con fase salina o sódica, Solonchaks órticos y, localmente, Vertisoles crómicos.

- Unidad 8. Localizada también en la zona de playa, esta unidad se diferencia por la distribución horizontal de la vegetación, constituida casi únicamente por una especie: *Suaeda nigrescens*. La misma, en efecto, se localiza a lo largo de líneas que forman una red de polígonos de 30 a 40 m de lado, los espacios interiores de los polígonos están desprovistos de vegetación. El suelo es un Yermosol gípsico, con fase más o menos salina y/o sódica, desarrollado en un material de aporte aluvial de textura fina. A escasa profundidad se encuentra un horizonte de yeso secundario, constituido por pequeños cristales de unos pocos milímetros de diámetro.

Los suelos de las zonas bajas (unidades 6 a 8), desarrollados sobre materiales de aporte aluvial, se caracterizan esencialmente por su textura fina y por el grado más o menos pronunciado de salinidad que poseen, el cual puede ser, localmente, muy elevado.

Por último, presentamos también en este trabajo suelos gipsíferos desarrollados sobre dunas antiguas ubicadas fuera del transecto descrito.

RESUMÉ

Les différents types de sols de la Réserve de la Biosphère de Mapimé se différencient essentiellement par le type de matériau dans lequel ils se développent et par le mode de mise en place de ce matériau. Il s'agit surtout d'alluvions et de colluvions, dont la répartition dans le paysage est fonction de la géomorphologie.

Afin de mettre en évidence cette distribution spatiale de la couverture pédologique, nous avons étudié une toposéquence représentative de la Réserve de Mapimi, comprenant la majorité des unités de sols de celle-ci, pour lesquelles nous présentons les caractéristiques morphologiques et analytiques.

La toposéquence étudiée, d'orientation ouest-est, s'étend sur douze kilomètres. Elle débute par un relief culminant à 1475 m, à pentes fortes (plus de 20/25%), qui se réduisent dans le piedmont (8 à 25%). L'altitude et la pente décroissent ensuite très graduellement et l'on passe successivement de la zone de *bajada* supérieure (2 à 6/8% de pente), puis à la *bajada* inférieure (0.5 à 2% de pente) et à la *playa* (pente inférieure à 1%), zone la plus basse (1110 mètres d'altitude), où est localisé l'axe principal de concentration et d'écoulement des eaux.

Le long de ce transect topographique, nous avons identifié huit unités élémentaires de paysage, incluant le sol, la végétation et la géomorphologie, décrites d'amont en aval de la toposéquence.

Unité 1: Zone de relief à pentes fortes. Végétation très peu abondante et très peu dense. Sols très peu évolués: Lithosols sur roches dures, Régosols sur colluvions caillouteuses.

Unité 2: Zone de piedmont à pentes moyennes. Végétation de composition semblable à celle de l'unité précédente, mais légèrement plus abondante. Sols peu évolués, plus épais: Régosols sur colluvions constituées d'éléments de taille grossière à moyenne.

Les sols des zones hautes (unités 1 et 2) sont caractérisés par leur jeunesse et leur faible évolution pédogénétique.

Unité 3: Zone de *bajada* supérieure, à pente régulière passant progressivement de 6-8 à 2%. Végétation arbustive dominée par *Larrea tridentata* et *Opuntia rastrera*. Sol du type Yermosol modal, sur colluvions caillouteuses à éléments de taille moyenne à fine, reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaro-marneux autochtone.

Unité 4: Zone de *bajada* inférieure, à pente faible (0.5 à 2%). La végétation est discontinue ou contractée, du type brousse tigrée ou *mogote* et se présente sous forme d'une alternance de bandes végétales denses ou arcs de végétation et de zones dénudées sans couverture végétale. Les sols sont essentiellement des Yermosols et des Xérosols modaux, sur alluvions fines et moyennes, reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaro-marneux autochtone.

Unité 5: Dépressions de *bajada* inférieure, à pente faible (1%), occupées par une formation herbeuse constituée presque uniquement d'une seule espèce: *Hilaria mutica*. Les sols sont très argileux et à faible porosité. Il s'agit de Yermosols gypseux ou calcaires, sur alluvions argileuses reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaro-marneux autochtone. Ils présentent une accumulation secondaire de gypse ou de calcaire, sous forme discontinue en amas et taches.

Les profils de sols observés dans les zones intermédiaires (unités 3 à 5) sont polyphasés et témoignent de l'évolution pédogénétique du Quaternaire récent. On distingue un sol évolué ancien en place, tronqué, sur lequel repose le sol actuel constitué d'apports alluviaux, jeune, à dynamique et évolution lentes.

Unité 6: Localisée dans la zone de transition *bajada-playa*, cette unité est formée d'un matériau d'apport constitué d'épandages graveleux, relativement épais. La pente est inférieure à 1% et la végétation se compose d'une strate herbacée à *Hilaria mutica* dominante et d'une strate arbustive à *Larrea tridentata* et *Prosopis glandulosa*. Les sols sont jeunes: il s'agit essentiellement de Yermosols calcaires, de texture moyenne, se dé-

veloppant dans un matériau d'apport, riche en éléments grossiers, dans lesquels s'individualise une redistribution peu accentuée de calcaire secondaire sous forme discontinue.

- Unité 7: Il s'agit de la zone la plus basse (*playa*) caractérisée par sa pente très faible (inférieure à 0.5%). La végétation est constituée par des formations herbacées (*Hilaria mutica* et *Sporobolus* spp. et des formations arbustives à *Prosopis glandulosa*, à *Atriplex* spp. et à halophytes (*Suaeda* spp.). Les sols se développent dans un matériau d'apport alluvial, de texture fine et présentent des degrés divers de salinité: Yermosol gypseux à phase saline ou sodique, Solontchaks modaux et localement Vertisols chromiques.
- Unité 8: Bien que localisée dans la zone de *playa*, cette unité s'en différencie par l'aspect sous lequel se distribue la végétation, constituée quasi uniquement d'une seule espèce: *Suaeda nigrescens*. Celle-ci est en effet localisée le long des lignes d'un réseau polygonal de 30 à 40 mètres de côté, les espaces intérieurs de ce réseau étant dépourvus de végétation. Le sol est un Yermosol gypseux, à phase plus ou moins saline et/ou sodique, développé dans un matériau de texture fine d'apport alluvial, présentant à faible profondeur un horizon de gypse secondaire en petits cristaux de quelques millimètres.

Les sols des zones basses (unités 6 à 8), développés dans des matériaux d'apport alluvial, se caractérisent essentiellement par leur texture fine et par leur degré plus ou moins prononcé de salinité, celle-ci pouvant être, localement, très élevée.

Bien que non situés le long du transect ci-dessus, sont présentés des sols gypseux développés sur dunes anciennes.

ABSTRACT

The different soil types of the Mapimí Biosphere Reserve are differentiated, essentially, by the type of material in which they develop, and by the original process of deposition of this material. Basically, it is a matter of alluvium and colluvium deposits, whose distribution over the terrain is a function of geomorphology.

In order to make evident the spatial distribution of the pedogenetic cover, a representative topequence has been studied, comprehending the majority of the soils of the Mapimí Reserve, for which the morphological and analytical characteristics are presented.

The topequence studied extends along a 12 kilometre, east-west oriented line. It begins at a hill with a maximum height of 1,475 m, and pronounced slopes (more than 20-25%) whose steepness lessens, at the piedmont, to 8-25%. The height, and slope decrease, thereafter, in very gradual form, passing, successively, from the upper *bajada* (2 to 6-8% slope) to the lower *bajada* (0.5 to 2% slope), and to the *playa* (slope of less than 1%), situated in the lowest zone (1,110 m), and being the site of the principal water collector.

Along this topographical transect, eight elementary units of terrain were identified, taking into account soils, vegetation and geomorphology.

Unit 1: Relief zone, with steep slopes. Sparse vegetation. Soils with very little evolution; Lithosols on hard rocks. Regosols on stony and gravelly colluviums.

Unit 2: Piedmont zone with medium slopes. Vegetation whose composition is similar to that of the preceding unit, but slightly more abundant. Soils with little evolution, which are deeper Regosols on colluviums made up of large to medium-sized elements.

The soils of the higher parts (units 1 and 2) are characterized by their youth and their scarce pedogenetic evolution.

- Unit 3: Upper *bajada* zone, with a regular slope passing, progressively from 6-8% to 2%. Shrub-type vegetation, dominated by *Larrea tridentata* and *Opuntia rastrera*. Haplic Yermosol-type soils, on stony and gravelly colluviums of medium to fine-sized elements which lie at medium depth, on siltstones.
- Unit 4: Lower *bajada* zone, with gentle slopes (0.5-2%). The vegetation is discontinuous, presenting itself as an alternation of dense vegetation arcs and zones of bare soil. The soils are, essentially, Yermosols, and haplic Xerosol on fine and medium alluviums resting, at medium depth, on siltstones.
- Unit 5: Lower *bajada* depressions, with gentle slopes (1%) occupied by an almost monospecific herbaceous formation of *Hilaria mutica*. The soils are very clayey and of scarce porosity. One is dealing with gypsic or calcareic Yermosols on clayey alluviums resting at medium depth on siltstones. They present a secondary accumulation of gypsum or calcium carbonate distributed in a discontinuous manner in the form of stains and nodules.

The soil profiles observed in the intermediate zones (units 3 to 5) are polyphasic and show proof of pedogenetic evolution of the recent Quaternary. An old, fully-developed, truncated soil is distinguished, on which lies the present-day soil which is constituted by alluvial deposits and is young, with slow dynamics and evolution.

- Unit 6: Located in the transition zone, between *bajada* and *playa* this unit develops on material whose make-up is constituted by relatively thick, gravelly deposits. The slope is less than 1% and the vegetation presents a herbaceous stratum dominated by *Hilaria mutica* and a shrub-like stratum dominated by *Larrea tridentata* and *Prosopis glandulosa*. The soils are young: one is dealing, essentially, with calcareous Yermosols, of medium texture, which develop on a material with a make-up rich in coarse elements. In these soils, one can observe a redistribution, little-accentuated and in discontinuous form, of secondary calcium carbonate.
- Unit 7: This is the lowest zone (*playa*) characterized by a very much reduced slope (less than 0.5%). The vegetation is made up of herbaceous formations (*Hilaria mutica* and *Sporobolus airoides*) and by bushy formations (with an abundance of halophites) in which there is a dominance of *Prosopis glandulosa*, *Atriplex* spp. or *Suaeda* spp. The soils develop on a material of alluvial origin, with fine texture, and they present different grades of salinity: gypsic Yermosols with a saline or sodic phase, ortic Solonchaks and, locally, chromic Vertisols.
- Unit 8: Localized, also, in the *playa* zone, this unit is differentiated by the horizontal distribution of vegetation, made up, almost exclusively, of one species: *Suaeda nigrescens*. The latter, in fact, is located along lines forming a network of polygons with sides measuring 30 to 40 m, and whose interior spaces are lacking in vegetation. The soil is gypsic Yermosol, with a more or less saline and/or sodic phase, developed on a fine-textured material of alluvial origin. At little distance below the surface, one finds a horizon of secondary gypsum, made up of small crystals with a diameter of a few millimetres.

The soils of the low zones (units 6 to 8), developed on materials of alluvial origin, are, essentially, characterized by their fine texture and the more or less pronounced degree of salinity which they show, which can, locally, be very high.

Finally, in this study, we also present gypsic soils developed on old dunes located outside the described transect.

INTRODUCTION

Les différents sols de la Réserve de la Biosphère de Mapimí se différencient essentiellement par le type de matériau dans lequel ils se développent et par le mode de mise en place de ce matériau. C'est ainsi que l'on distingue :

- les sols sur matériau autochtone ou *in situ*: Lithosols et Régosols sur roches volcaniques, calcaires, grès . . .
- les sols sur matériau allochtone, ou d'apport, avec deux types de mise en place du matériau:
 - mise en place terrestre: sols sur alluvions ou colluvions.
 - mise en place éolienne: sols sur dunes sableuses ou gypseuses.

Les alluvions et les colluvions constituent la majorité de ces matériaux et leur répartition dans le paysage est liée essentiellement au relief. Il en résulte que la distribution spatiale des différentes unités de sols est surtout fonction de la géomorphologie.

Afin de préciser ces variations de la couverture pédologique dans le paysage, nous avons étudié un transect ou toposéquence afin de mettre en évidence les successions et passages latéraux des différentes unités de sols, ordonnées selon la variable relief ou topographie.

La toposéquence retenue est caractéristique et représentative de la pédologie de l'ensemble de la Réserve, en ce sens qu'elle inclut la majorité des unités de sols envisagés sous leur aspect génétique, mis à part les sols développés sur matériau éolien et ceux de la zone calcaire localisée à l'est de la Réserve de Mapimí.

Le transect étudié, d'orientation ouest-est, s'étend sur 12 km de longueur. Il débute à l'est par un relief, le *cerro* San Ignacio, culminant à 1 475 mètres, à pentes fortes (supérieures à 25 %) qui se réduisent dans le piedmont (8 à 25 %). L'altitude décroît ensuite graduellement en allant vers l'ouest et l'on passe successivement de la *bajada* supérieure (2 à 6 % de pente) à la *bajada* inférieure (0.5 à 2 % de pente), puis à la *playa* (pente inférieure à 1 %). C'est dans cette dernière qu'est localisé l'axe principal de concentration et d'écoulement des eaux superficielles, à une altitude de 1 110 mètres.

Le long de cette toposéquence, nous avons identifié huit unités définies essentiellement comme des unités élémentaires de paysage, incluant le sol, la végétation (d'après Montaña, 1987) et la géomorphologie. Nous définissons ci-dessous ces unités (notées de 1 à 8), en les décrivant de l'amont vers l'aval du transect (Fig. 1). La classification pédologique utilisée est celle de la FAO/UNESCO (1974 et 1976).

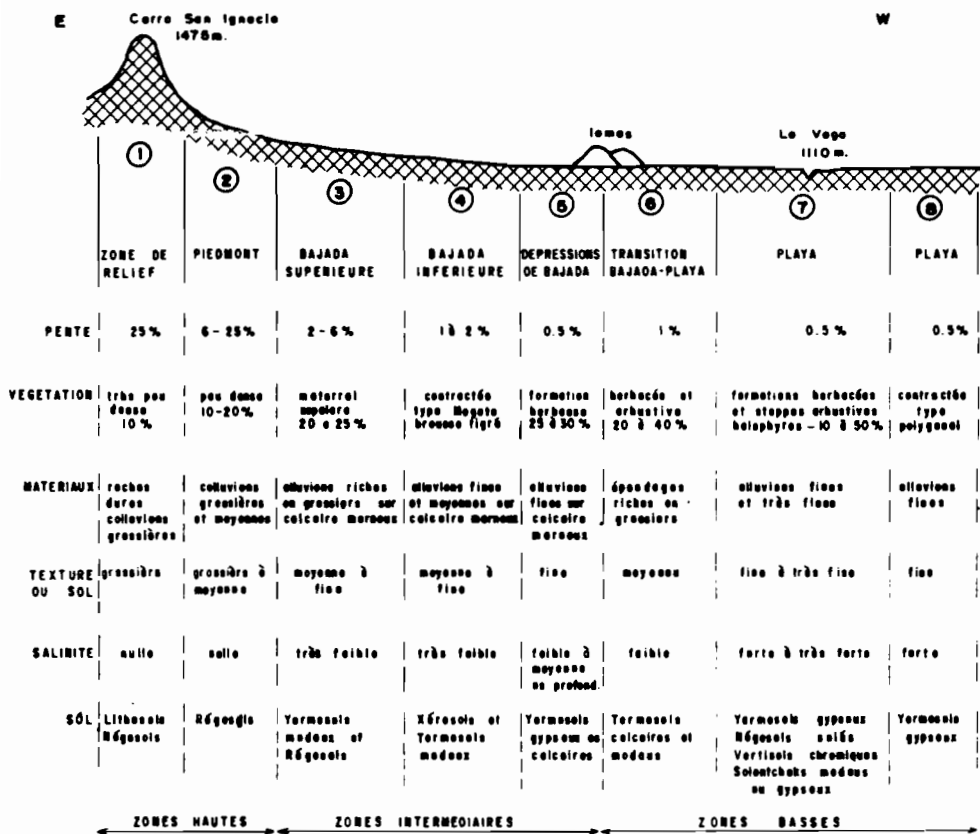


Fig. 1. Représentation schématique de la toposéquence étudiée avec ses principales caractéristiques.

I. ZONES HAUTES

I.1. Unité 1. Zone de relief

Cette unité correspond à un massif montagneux à pentes fortes (plus de 20 à 25%), constitué de roches volcaniques basiques.

La végétation est très peu abondante et très peu dense (moins de 10% de recouvrement), constituée surtout de ligneux hauts (*Fouquieria splendens*), de ligneux bas (*Larrea tridentata*), de succulentes (*Opuntia microdasys*) et de quelques herbacées.

D'une manière générale, les sols de cette unité sont très peu évolués car constamment rajeunis par l'érosion hydrique et l'altération surtout physique, très pauvres, très peu épais: Lithosols sur roches dures, ou peu épais: Régosols sur colluvions caillouteuses.

L'évolution pédogénétique est très limitée pour cette unité par suite de la faiblesse de l'altération chimique, de la quasi-absence de végétation et des fortes pentes ne permettant pas une stabilisation et une fixation en place du matériau.

I.2. Unité 2. Zone de piedmont

Dans cette unité, les sols se forment surtout sur un matériau d'apport colluvial, constitué d'éboulis de blocs, cailloux et graviers, provenant essentiellement de la désagrégation physique des roches formant les massifs montagneux. Les résidus de cette altération viennent s'accumuler dans les zones de piedmont où ils se stabilisent par suite des pentes moins fortes (8-10 à 20%).

Les sols qui se développent dans ces colluvions sont plus épais que ceux de l'unité précédente, car il y a eu souvent, lorsque la topographie le permet, apports successifs superposés, qui de plus, confèrent à ces sols une relative ancienneté. Il s'agit essentiellement de Régosols sur colluvions de nature et surtout de taille très variées, dont la réorganisation structurale est formée de nombreux vides, permettant ainsi une pénétration plus profonde du système racinaire de la végétation. Il en résulte que cette dernière est plus abondante et plus dense (recouvrement: 10 à 20%), avec une composition semblable à celle de l'unité précédente.

I.3. Conclusions

Les sols des zones hautes sont caractérisés par leur jeunesse, leur faible évolution pédogénétique et leur nature constituée essentiellement d'éléments grossiers de toutes tailles en mélanges plus ou moins importants avec de la terre fine.

II. ZONES INTERMEDIARES

II.1. Unité 3. Zone de *bajada* supérieure

La zone de piedmont passe vers l'aval, par une rupture de pente assez accusée, à un glacis d'accumulation, appelé localement *bajada*. La partie amont de ce dernier a une pente régulière, qui diminue très graduellement de 6-8% à 2%.

Les sols se développent dans des alluvions constituées de cailloux, graviers et terre fine, qui deviennent de plus en plus fines vers l'aval. A moyenne profondeur (80 à 120 cm en moyenne), ces alluvions reposent sur le substrat de roches sédimentaires du type calcaire marneux, présentant différents faciés.

La végétation est une formation arbustive ou *matorral* dominée par *Larrea tridentata* avec la présence de *Opuntia rastrera* (*nopalera*). Le taux de recouvrement global moyen est de 20 à 25%.

Le ruissellement est important dans cette unité: il s'organise et se concentre rapidement en petites ravines à incision linéaire orientée dans le sens de la pente, qui vers l'aval, avec la diminution de la pente et la réduction de la vitesse d'écoulement, devient un ruissellement diffus en nappe.

Le sol type de cette unité peut être défini par le profil suivant (d'après Breimer, 1985):

Horizon A1: 0 à 24 cm — brun à brun foncé — nombreux éléments grossiers (graviers, cailloux, blocs) — texture argilo-limoneuse — structure particulière — poreux, porosité tubulaire — nombreuses racines, fines et très fines — très calcaire — transition nette et régulière.

Horizon Bk: 24 à 90 cm — brun clair — nombreux éléments grossiers (graviers, cailloux et blocs) — texture argileuse — structure polyédrique subanguleuse, nette, moyenne — peu poreux, porosité tubulaire — quelques racines, très fines et fines — quelques accumulations de calcaire secondaire, blanc, en taches et amas.

> 90 cm: roche-mère (lutite) peu altérée, à débit en polyèdres et plaquettes de quelques centimètres.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Hzon.	Texture (%)			pH eau	Conductiv. électrique (mS/cm)	Matière organique (%)	Capacité d'échange (méq/100 g sol)
		Argile	Limon	Sable				
0-24	A1	38	26	36	8.2	2 <	1.0	16.5
24-90	Bk	46	12	42	8.2	3.5	0.4	17.5

Classification: Yermosol modal, sur alluvions caillouteuses, dont la taille des éléments devient progressivement plus fine, de l'amont vers l'aval de l'unité, reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaro-marneux autochtone.

En fonction du degré d'évolution pédogénétique, on rencontre pour cette unité, des intergrades entre le sol ci-dessus et un sol moins évolué classé comme Régosol sur alluvions caillouteuses.

Localement, certains sols de cette unité présentent une légère redistribution de calcaire secondaire, sous forme discontinue en amas et taches, à moyenne profondeur.

II.2. Unité 4. Formation à végétation contractée type brousse tigrée ou *mogotes de bajada inférieure*

Alors que les unités précédentes se définissent à partir de critères géomorphologiques et lithologiques, l'unité 4 s'individualise par l'aspect particulier sous lequel se distribue la végétation. Celle-ci est en effet discontinue ou contractée et se présente sous forme d'une alternance de bandes ou arcs de végétation dense et de zones de sol nu (Cornet *et al.*, 1983).

Les bandes végétales ont une largeur de 20 à 60 mètres, sur 150 à 300 mètres de longueur, et leur grand axe est toujours perpendiculaire à la ligne de plus grande pente. Les zones de sol nu occupent les espaces entre les arcs de végétation, avec une largeur très variable (40 à 250 mètres), indépendante et sans relations avec celle des arcs.

D'amont en aval, on observe cependant une répétitivité dans la succession des différents éléments constituant cette unité, qui s'ordonnent dans le détail de la manière suivante (Fig. 2):

1. Le sol nu amont ou espace inter-arc amont, avec deux zones:

- une zone de transit ou zone à gravillons, sans aucune végétation. Sur la surface du sol lisse, compacte et très peu poreuse, qui favorise le balayage des graines

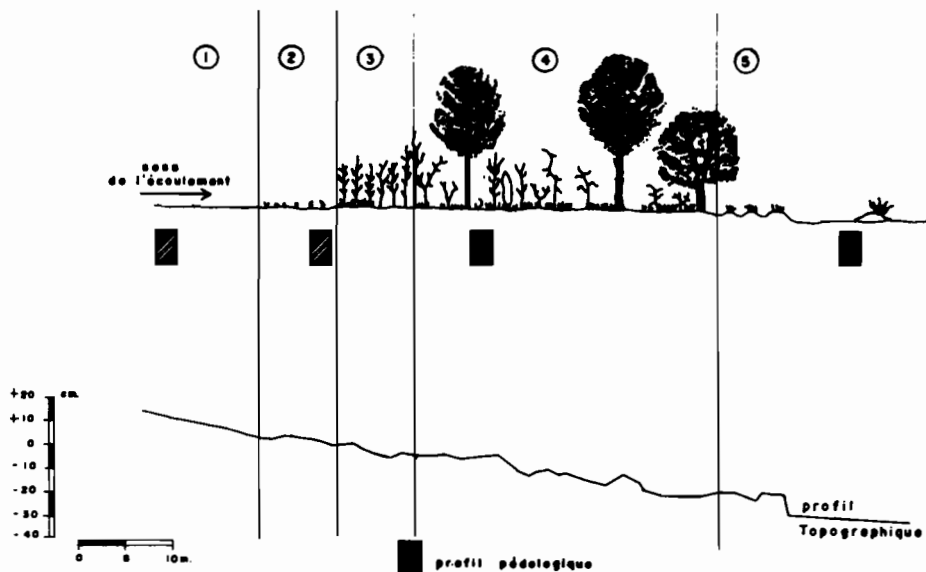


Fig. 2. Coupe transversale d'un *mogote* (d'après Cornet *et al.*, 1983). 1. Zone de transit à gravillons. 2. Zone d'arrivée ou pionnière. 3. Front à *Flourensia*. 4. Corps du *mogote*. 5. Zone aval.

par le vent, reposent de très nombreux petits graviers (1 à 5 mm, recouvrement de 60 à 80%) de nature variée (basalte, grès, calcaire . . .).

Une telle organisation au contact sol-atmosphère crée un milieu beaucoup plus favorable au ruissellement qu'à l'infiltration des eaux pluviales.

- une zone d'arrivée ou zone pionnière, qui succède vers l'aval à la zone de transit, et qui précède directement l'arc de végétation. La partie supérieure du sol est constituée par une pellicule d'environ un centimètre d'épaisseur, constituée d'un matériau de texture limoneuse (42 à 51% de limons totaux, 52 à 66% d'argile et limons totaux), sans aucun élément grossier. Ce micro-horizon superficiel contraste très nettement avec la partie superficielle équivalente du sol de la zone de transit ci-dessus, dont la texture est sableuse (16 à 21% de limons totaux, 28 à 38% d'argile et limons totaux) et qui contient de très nombreux petits éléments grossiers. De par sa texture fine, cette pellicule de surface, sous l'action de la dessiccation, se fissure selon un réseau polygonal donnant des polyèdres de quelques centimètres de côté, disjointifs et à bords relevés. Une telle organisation de la superficie du sol favorise le piégeage des graines, ainsi que l'infiltration des eaux de ruissellement, permettant ultérieurement de nombreuses germinations d'espèces comme *Tridens pulchellus*, *Bouteloua barbata*, *Sida leprosa*, et ainsi la colonisation progressive par la végétation de cette zone pionnière.

2. L'arc de végétation proprement dit, succédant immédiatement à la zone pionnière ci-dessus, où l'on distingue d'amont en aval:

- une strate arbustive constituée quasi uniquement par *Flourensia cernua*, dominant une strate herbacée dense de *Hilaria mutica*. Cette dernière espèce est présente sur l'ensemble de l'arc de végétation, avec un taux de recouvrement basal de 30 à 40%. Cette graminée pérenne est l'une des espèces à intérêt fourrager les plus importantes dans le Réserve de Mapimí.
- une strate arbustive dense où se rencontrent les espèces caractéristiques du *mogote*, comme *Prosopis glandulosa*, *Aloysia lycioides*, *Lippia graveolens*.
- une strate arbustive moins dense, plus pauvre en espèces, composée surtout de *Prosopis* plus âgés que ceux de l'unité précédente et de quelques *Acacia constricta*.
- la zone aval de l'arc végétal, occupée par de vieilles touffes dépérissantes de *Hilaria mutica* et de quelques arbustes. A ce niveau, le taux de recouvrement végétal est faible et inférieur à celui des trois zones précédentes ci-dessus.

Pour l'ensemble de l'arc de végétation, la surface du sol présente un micro relief caractéristique, constitué d'une alternance de zones en relief correspondant aux touffes végétales et de zones en dépression sans végétation.

3. L'espace inter-arc aval ou sol nu aval qui, avec une dénivellation brutale de 10 à 15 cm, fait suite à l'arc de végétation ci-dessus. On y recontre quelques cactacées et des reliques d'arbustes morts tels que *Flourensia* et *Prosopis*.

Cet espace aval du *mogote* passe progressivement à l'espace inter-arc amont de l'arc de végétation suivant.

La pente générale de cette unité est voisine de 1%, ce qui est suffisant pour que se crée et s'organise, par suite de l'état de surface du sol, un ruissellement en nappe dans la zone de transit ou zone à gravillons. Cette dernière, en jouant le rôle d'un impluvium, permet ainsi un apport d'eau complémentaire à l'arc de végétation situé plus en aval: il y a tout d'abord, dans la zone pionnière, infiltration favorisée par la fissuration de la surface du sol, et ensuite, piégeage puis infiltration et stockage de l'eau dans le sol dans la moitié amont essentiellement de l'arc de végétation, par suite du micro-relief.

Avec cette redistribution des eaux de surface, l'arc de végétation utilise ainsi, en moyenne, 1.5 à 2 fois la pluviométrie annuelle, ce qui explique la densité et la diversité de la couverture végétale à ce niveau, bien que l'on soit en milieu aride.

Cet apport d'eau de ruissellement est stocké dans le sol surtout aux niveaux de la zone pionnière et de la partie amont de l'arc de végétation, alors qu'il n'y a pratiquement plus de ruissellement arrivant à la zone aval du *mogote*. Il en résulte que dans cette dernière, la végétation est moins dense, ne recevant que l'eau pluviale, et avec les variations pluviométriques inter-annuelles qui caractérisent le milieu, en année sèche, les plantes crèvent par suite d'un déficit hydrique: ce sont les reliques d'arbustes que l'on observe à ce niveau. Inversement, la zone amont de l'arc de végétation peut survivre grâce aux apports d'eaux de ruissellement, même lors des années de sécheresse.

La zone pionnière est colonisée peu à peu par la végétation, grâce aux germinations qui s'y développent préférentiellement, par suite du piégeage des graines et de l'infiltration de l'eau dans le sol. A leur contact avec l'arc de végétation, les eaux de ruissellement sont freinées, ce qui combiné avec une très légère rupture de pente, provoquent le dépôt des éléments fins qu'elles contenaient en suspension: ceux-ci correspondent au micro-horizon superficiel de la zone pionnière, décrit ci-dessus.

En fonction du temps, il apparait ainsi une dynamique évolutive du *mogote*: il y a colonisation progressive par la végétation de la zone amont de l'arc végétal avec, corrélativement, mort de la végétation de la zone aval. Il en résulte un déplacement lent et irrégulier vers l'amont de l'arc de végétation, qui doit se poursuivre jusqu'à ce qu'un état d'équilibre soit atteint, en fonction des conditions topographiques.

La couverture pédologique ne présente pas de discontinuités ou hétérogénéités majeures pour l'ensemble de l'unité, mis à part quelques variations dans la partie supérieure du sol, dûes essentiellement à la présence de végétation, qui ne modifient pas le type de sol, considéré sous les aspects genèse et nature du matériau dans lequel il se développe. Aussi, peut-on caractériser morphologiquement la couverture pédologique de cette unité par le profil-type ci-dessous, situé dans un arc de végétation.

Horizon A11: 0 à 4 cm — gris brun clair — à débris organiques — effervescence à l'acide — éléments grossiers, recouvrement 5%, graviers — texture limoneuse — structure polyédrique subanguleuse, fine (tendance à grumeleuse) — peu poreux — friable — quelques racines, fines — transition nette et régulière.

Horizon A12: 4 à 18 cm — gris clair — à matière organique non visible — effervescence à l'acide — éléments grossiers, recouvrement 20%, graviers, émoussés — texture sablo-argileuse — structure polyédrique, fine — peu poreux, pores très fins, porosité tubulaire et intergranulaire — peu friable — racines, fines et moyennes, inclinées — transition distincte et régulière.

Horizon B21: 18 à 40 cm — gris clair — à matière organique non visible — effervescence à l'acide — éléments grossiers, recouvrement 20-25%, graviers émoussés — texture argilo-sableuse — structure polyédrique fine, peu nette, tendance à massive — peu poreux, pores fins, porosité tubulaire et intergranulaire — très peu friable — quelques racines, fines et moyennes, horizontales et inclinées — transition distincte et régulière.

Horizon B22: 40 à 60/70 cm — gris-clair — apparemment non organique — effervescence à l'acide — éléments grossiers, recouvrement 25%, graviers et quelques cailloux — texture équilibrée — structure massive à débit anguleux — très peu friable, très compact — très peu poreux, porosité intergranulaire — quelques racines fines, inclinées — transition nette et ondulée.

Horizon IIB23: 60/70 à 85/95 cm — gris-clair — non organique — forte effervescence à l'acide — pas d'éléments grossiers — texture argilo-limoneuse — structure polyédrique nette, moyenne — peu poreux, pores tubulaires fins et moyens — très peu friable — quelques racines, fines — transition distincte et ondulée.

Horizon IIB3: 85/95 à 110 cm — horizon de transition, constitué de terre fine de texture argilo-limoneuse en agrégats polyédriques fins, juxtaposée à des plaquettes de calcaire marneux non altéré — bariolage de couleur avec zones brune et beige-clair — peu poreux — pas d'éléments grossiers — forte effervescence à l'acide — rares racines, fines et très fines — peu friable — transition distincte et régulière.

Horizon IIC: 110 à 150 cm observé — roche-mère (calcaire marneux) très peu altérée, à débit en plaquettes et polyèdres, dont la taille augmente avec la profondeur — pas de racines — pas d'éléments grossiers — forte effervescence à l'acide.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Horizon	Texture (%)			pH eau	Carbone organique (%)	Azote total (%)	C/N	Capacité d'échange (méq/100g)	Conductivité électrique (mS/cm)	CaCO ₃ (%)
		Argile	Limons	Sable							
0-3	A 11	15.9	42.3	41.8	8.1	1.96	0.052	37.7	27.5	1.00	12.2
6-14	A 12	28.0	16.2	55.8	8.5	0.53	0.053	10.0	22.2	0.80	12.8
25-33	B 21	33.1	15.2	51.7	7.7	0.31	0.056	5.5	21.3	0.60	22.4
48-58	B 22	24.1	31.2	44.7	8.2	0.23	0.033	7.0	19.6	1.00	22.0
71-79	II B 23	39.4	42.4	18.2	8.4	0.21			21.3	0.75	33.7
97-105	II B 3	37.4	48.0	14.6	8.8	0.19			18.5	2.00	36.7
130-140	II C	41.0	24.7	34.3							

Classification: Xérosol modal, sur alluvions fines et moyennes, reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaire-marneux autochtone.

Les soixante centimètres supérieurs du sol sont constitués par un matériau allochtone d'apport alluvial provenant de l'altération et de la désagrégation physico-chimique des reliefs situés à l'amont. Ce matériau, formé d'un mélange de terre fine et d'éléments grossiers (graviers et cailloux), est venu s'épandre, vraisemblablement lors de la dernière phase pluviale du Quaternaire (22 000 à 11 000 ans BP), sur la roche calcaire en place constituant le substrat.

Le sol s'est développé ainsi dans deux matériaux superposés, d'origine et de nature différentes: de 0 à 60 cm, présence d'éléments grossiers et texture moyenne à équilibrée; au-dessous de 60 cm, absence d'éléments grossiers et texture fine. Les pH sont basiques et la conductivité électrique est faible (absence de salure). Le carbonate de calcium augmente de haut en bas du profil: il s'agit d'un calcaire primaire, d'origine lithologique, et l'on n'observe aucune forme d'accumulation secondaire de cet élément.

La teneur en carbone organique de l'horizon superficiel est voisine de 2%: il s'agit d'une matière organique très peu évoluée (rapport C/N proche de 40) provenant des apports périodiques au sol de litière (feuilles mortes surtout), qui se minéralise rapidement, puisque dès l'horizon A12 on retrouve une teneur en carbone organique et un rapport C/N voisins de ceux que l'on observe dans un sol situé dans les zones sans végétation, comme le montrent les valeurs ci-dessous:

	Sol dans arc de végétation		Sol dans zones sans végétation	
	C organique (%)	C/N	C organique (%)	C/N
Horizon A11	1.96	37.7	0.55	7.1
Horizon A12	0.53	10.0	0.45	6.7
Horizon B21	0.31	5.5	0.30	6.0

Le sol situé dans les zones sans végétation (espaces inter-arc amont et aval) présente la même succession morphologique d'horizons que le profil-type ci-dessus, avec cependant quelques faibles variations dans l'épaisseur des horizons.

C'est essentiellement sous l'influence de la végétation que se modifient certaines caractéristiques analytiques et propriétés physiques de la partie supérieure du sol, en fonction de l'absence ou de la présence d'une couverture végétale. Celle-ci, par ses apports périodiques, donne au sol une plus forte teneur en humus, qui combinée à une relative abondance de racines, favorisent l'existence d'une structure plus fine et plus arrondie (tendance à grumeleuse), améliorant ainsi les propriétés physiques du sol: meilleure aération et meilleure porosité, avec augmentation de la perméabilité. Ce sont

les différences essentielles que l'on observe pour la couverture pédologique de cette unité, entre le sol sans végétation et le sol situé dans les arcs de végétation. Mais ces différences restent limitées aux trente centimètres superficiels; au-dessous, les caractéristiques du sol sont semblables, en présence ou en l'absence d'une couverture végétale.

Du fait de sa pauvreté en matière organique, le sol situé dans les espaces inter-arc, sans végétation, est classé comme un Yermosol modal, sur alluvions fines et moyennes, reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaro-marneux autochtone.

II.3. Unité 5. Dépressions à *Hilaria mutica* de bajada inférieure

L'existence de cette unité est liée à la présence de petites collines ou *lomas*, localisées essentiellement à l'aval de la bajada inférieure, qui en créant des contre-pentes, modifient le sens d'écoulement des eaux de surface et donnent naissance à des zones basses à pente très faible (moins de 1%), où viennent s'accumuler les eaux de ruissellement. Ce sont ces dépressions qui constituent l'unité 5 de la toposéquence.

La végétation est essentiellement une formation herbeuse, constituée presque uniquement d'une seule espèce: *Hilaria mutica*, graminée pérenne, dont le recouvrement basal est de 25 à 30%. Cette strate herbacée, où l'on note la présence de cactacées, est dominée par quelques arbustes parmi lesquels l'espèce *Prosopis glandulosa* est la plus abondante.

Comme pour l'unité précédente, la végétation se distribue de manière contractée, mais alors que dans l'unité 4 la discontinuité dans la répartition spatiale de la couverture végétale avait une échelle multi-décamétrique, pour la présente unité, l'échelle est métrique. Il y a en effet alternances de touffes végétales de 30 à 40 cm de diamètre, en relief de 5 à 10 cm, et de zones de sol nu en dépressions.

Par suite de cette microtopographie et de la localisation de cette unité dans les zones basses du paysage, il y a des apports d'eaux importants par ruissellement, qui sont piégés dans les espaces en dépressions situés entre les touffes végétales, et stockés dans le sol.

Nous retrouvons ainsi, comme pour l'unité précédente, une formation végétale fonctionnant, dans ce milieu aride, avec une quantité d'eau nettement supérieure (plus de 50%) à la pluviométrie naturelle.

L'étude morphologique et analytique de plusieurs profils de sols situés dans cette unité montre que la couverture pédologique est continue et homogène. Nous caractérisons celle-ci par le profil morphologique et les résultats analytiques suivants:

Horizon A11: 0 à 6 cm — horizon discontinu, développé essentiellement sous les touffes de végétation — gris-brunâtre-clair — à matière organique non visible — effervescence à l'acide — très peu d'éléments grossiers, recouvrement inférieur à 1%, graviers — texture argilo-limoneuse — structure lamellaire en superficie,

passant rapidement à polyédrique sub-anguleuse, fine, nette — fragile — poreux, porosité tubulaire, pores fins et moyens, quelques-uns grossiers — racines, fines et moyennes, localisées essentiellement sous les touffes végétales — transition nette et régulière.

Horizon B21: 6 à 60 cm — gris-brun-rougeâtre — à matière organique non visible — pas d'éléments grossiers — effervescence à l'acide — texture argileuse — structure polyédrique, moyenne, nette — non fragile — très peu poreux, porosité tubulaire, pores très fins — racines jusqu'à 30 cm, fines et moyennes, obliques, passant au-dessous à quelques racines, horizontales, très fines et fines — pas de faces de glissement — transition distincte et régulière. (Horizon caractérisé par sa texture fine, sa faible porosité et sa forte cohésion qui forme obstacle à la pénétration des racines).

Horizon II C1cs: 60 à 90 cm — gris-brunâtre-clair — apparemment non organique — effervescence à l'acide — pas d'éléments grossiers — éléments secondaires, recouvrement 15 à 20%, sous forme discontinue, en amas et taches blanchâtres, de gypse — texture argilo-limoneuse — structure polyédrique, nette, fine — peu poreux, pores tubulaires, fins et très fins — présence d'éléments en plaquettes, de 1 à 2 mm, de roche-mère (calcaire marneux peu altéré) — pas de racines — peu fragile — transition distincte et régulière. (Horizon d'altération physico-chimique de la roche-mère où s'est développée une accumulation secondaire de gypse).

Horizon II C2: 90 à 150 cm observé — roche-mère présentant à la partie supérieure une fragmentation physique en polyèdres et plaquettes de 5 à 20 mm, dont la taille augmente progressivement avec la profondeur.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Horizon	Texture (%)			pH eau	Carbone org. (%)	Azote total (%)	C/N	Conduct. électr. (mS/cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	Capacité d'échange (méq/100 g)
		Argile	Limon	Sable								
0-6	A 11	37.5	20.0	42.5	8.4	0.55	0.062	8.9	1.2	19.0	7.5	19.7
12-20	B 21	51.5	12.0	36.5	8.9	0.57	0.061	9.3	1.1	23.0	8.9	22.5
30-40	B 21	51.1	14.0	34.9	8.9	0.38	0.043	8.8	0.5	21.3	9.5	23.5
45-55	B 21	55.1	12.0	32.9	8.8	0.38	0.033	11.5	6.8	20.7	9.9	24.5
75-82	II C1cs			26.9	8.2	0.34	0.020	17.0	11.9	17.6	17.1	32.1
110-120	II C2									17.3	4.8	

Classification: Yermosol gypseux, sur alluvions argileuses, reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaro-marneux autochtone.

La texture du sol est argileuse dès la surface. Il s'agit essentiellement d'une argile

de type smectite, associée à de l'illite. Malgré ces caractéristiques, le sol ne présente pas de propriétés verticales (fentes, faces de glissement).

La teneur en matière organique, moins de 1%, est faible, avec des rapports C/N voisins de 9, indiquant un humus bien évolué.

La conductivité électrique reste négligeable dans les 40 cm supérieurs du sol; au-dessous, elle devient notable surtout en profondeur où elle atteint 12 mS/cm. Il s'agit d'une salinité d'origine lithologique provenant de la roche-mère.

En ce qui concerne le carbonate de calcium, on note un très léger appauvrissement en surface, tandis que le gypse présente à moyenne profondeur une augmentation très nette, correspondant à une accumulation secondaire sous forme discontinue. Compte tenu de l'hydrodynamique actuelle de ce type de sol (faible infiltration, front d'humectation ne dépassant pas 50 à 60 cm), cette redistribution du gypse en profondeur ne peut être qu'un caractère hérité d'une pédogenèse plus ancienne.

Certains sols de cette unité présentent, au lieu d'une accumulation secondaire de gypse, une redistribution de calcaire. Celle-ci est localisée en profondeur (70 à 90 cm), de manière discontinue en taches et amas, les autres caractéristiques morphologiques et analytiques restant similaires à celles du profil ci-dessus. Dans ce cas, le sol est classé comme un Yermosol calcaire, sur alluvions argileuses, reposant à moyenne profondeur sur un matériau calcaro-marneux autochtone. La répartition de ce dernier type de sol dans le paysage est liée essentiellement à la proximité d'un relief constitué de roches calcaires ou de roches volcaniques basiques.

II.4. Conclusions

Les sols des unités 3, 4 et 5 ci-dessus sont très semblables par leur morphologie et par les matériaux dans lesquels ils se sont formés. Ils se développent en effet dans deux matériaux différents superposés: une roche calcaro-marneuse en profondeur, autochtone, sur laquelle sont venus s'épandre de manière continue des apports alluviaux.

La mise en place de ces derniers est à mettre en liaison avec la dernière glaciation Quaternaire (Wisconsin), à laquelle correspond dans la zone d'étude, une période humide. Durant celle-ci d'importants phénomènes d'érosion ont modifié les paysages et provoqué en particulier, une abrasion de la partie supérieure des sols préexistants, avec corrélativement dépôts de nouveaux matériaux sur ceux-ci.

Progressivement à partir de la fin de la période humide ci-dessus (10 000-8 000 ans BP), le climat est devenu plus chaud et plus sec, aboutissant au climat aride que nous observons aujourd'hui. Dans un tel milieu, la dynamique et l'évolution actuelles des sols, du fait des faibles précipitations, ne peuvent être que limitées, et ne concernent, dans la plupart des cas, que la partie supérieure du profil pédologique par suite de la nature argileuse du sol qui s'oppose à une infiltration vers la profondeur des solutions.

Les profils de sols que l'on observe actuellement dans les zones intermédiaires sont ainsi les témoins de l'évolution pédogénétique du Quaternaire récent. Ce sont des sols polyphasés, avec en profondeur un sol évolué ancien en place, tronqué, caractérisé lo-

calement par une redistribution secondaire d'éléments comme le gypse ou le calcaire, sur lequel repose le sol actuel, constitué d'apports alluviaux, relativement jeune, à dynamique et évolution lentes.

Pour l'ensemble des sols des zones intermédiaires, il faut noter l'absence de salinité notable dans les 60 centimètres supérieurs et le classement granulométrique du matériau d'apport qui devient de plus en plus fin à mesure que l'on s'éloigne des reliefs.

Ces zones se caractérisent aussi par le type de répartition de la végétation dans le paysage. Celle-ci est en effet discontinue ou contractée, avec deux échelles de distribution:

- une répartition à l'échelle multidécamétrique: il y a alternances de zones à végétation (quelques dizaines de mètres de diamètre) et de zones de sol nu sans couverture végétale, alternances pouvant être irrégulières ou bien présenter une régularité dans la succession et la répétitivité des alternances (cas de l'unité 4, formation de brousse tigrée ou *mogote*).
- une répartition à l'échelle mètre dans les zones à végétation (cas de l'unité 5, formation d'*Hilaria mutica*): il y a alternances de touffes végétales en relief sur le sol (quelques dizaines de centimètres de diamètre) et de zones de sol nu en dépression, créant une microtopographie qui joue un rôle important dans la redistribution et le stockage de l'eau dans le sol au niveau stationnel.

Avec cette végétation contractée, il se créent des surfaces à fort ruissellement dans les zones de sol nu, avec corrélativement piégeage d'eau complémentaire dans les zones de végétation. Il en résulte ainsi une distribution sélective de l'eau dans le paysage avec une infiltration et un stockage différentiels dans le sol, selon la localisation topographique et la présence ou l'absence d'une couverture végétale. A terme, cela peut induire une évolution pédogénétique différenciée entre les zones de végétation et les zones de sol nu, qui traduirait l'influence, à postériori, d'un couvert végétal sur un milieu pédologique préexistant.

III. ZONES BASSES

III.1. Unité 6. Épandages graveleux de la zone de transition *bajada-playa*.

Par suite de la structure géologique, le substrat de la zone de transition *bajada-playa* présente une alternance de strates, plus ou moins redressées, d'un matériau calcaire-marneux et de conglomérats. Ces derniers, plus résistants, ont été mis à l'affleurement par érosion différentielle et ont donné naissance à des épandages graveleux constitués surtout de graviers, cailloux et pierres de nature diverse (calcaire, basalte, grès . . .). La distribution de ces épandages est cependant hétérogène, avec des variations dans leur épaisseur et dans leurs compositions granulométrique et minéralogique.

La pente est très faible (légèrement inférieure à 1%) et la végétation se présente, ici aussi, de manière discontinue et irrégulière avec alternance d'espaces dénudés pra-

tiquement sans végétation et de zones végétales plus ou moins denses (recouvrement de 20 à 40%). Dans celles-ci, on distingue une strate herbacée dominée par *Hilaria mutica* et une strate arbustive à *Larrea tridentata* et *Prosopis glandulosa*. On note la présence de crassuléscentes, avec surtout le genre *Opuntia*.

Le profil de sol caractéristique de cette unité peut être décrit morphologiquement de la manière suivante:

En surface, pierrosité notable (recouvrement 15 à 20%) constituée de graviers et cailloux surtout, arrondis, de roches volcaniques et de grès.

Horizon A1: 0 à 50/55 cm — gris-brun clair — à matière organique non visible — forte effervescence à l'acide — éléments grossiers, recouvrement 30 à 35%, graviers et cailloux, arrondis — texture équilibrée — structure polyédrique subanguleuse, peu nette, fine — peu poreux, porosité tubulaire, pores fins et quelques-uns moyens — quelques racines, fines, sub-horizontales et inclinées — friable — transition distincte et légèrement ondulée.

Horizon B21ca: 50/55 à 75/80 cm — gris-clair — apparemment non organique — forte effervescence à l'acide — éléments secondaires, de calcaire, en taches, amas et nodules blanchâtres, recouvrement 10 à 12% — éléments grossiers, recouvrement 25 à 30%, graviers et cailloux, arrondis — texture limono-argileuse — structure massive à éclats anguleux — peu poreux, quelques pores fins, tubulaires — peu friable — très peu de racines, fines, horizontales — transition nette et légèrement ondulée.

Horizon B22: 75/80 à 150 cm observé — gris-clair — apparemment non organique — forte effervescence à l'acide — éléments grossiers très peu abondants, recouvrement inférieur à 1%, petits graviers arrondis — texture limoneuse à équilibrée en surface passant vers la profondeur à limono-sableuse et sablo-limoneuse — structure polyédrique anguleuse peu nette avec tendance à massive à éclats anguleux — peu poreux en surface devenant légèrement plus poreux au-dessous, porosité tubulaire et intergranulaire — pas de racines — peu friable.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Hzon.	Texture			pH	Carbone org. (%)	Azote total (%)	C/N	CaCO ₃ (%)	Conduct. élect. (mS/cm)	Capacité d'échange (méq/100 g)
		Argile	Limon	Sable							
0-6	A1	16.8	16.7	66.5	7.7	0.53	0.042	12.6	32.6	0.45	13.7
12-24	A1	20.8	26.7	52.5	7.8	0.59	0.070	8.4	37.7	0.35	18.6
30-42	A1	18.8	32.7	48.5	7.8	0.59	0.042	14.0	39.8	0.45	12.9
52-65	B21ca	21.4	30.7	47.9	8.1	0.51	0.070	7.3	50.0	0.45	15.0
88-100	B22	18.9	31.4	49.7	7.7	0.55			42.3	0.75	14.5

Classification = Yermosol calcaire, de texture moyenne, sur épandages graveleux.

La texture de la terre fine est moyenne et la teneur en humus est très faible, avec cependant une répartition homogène sur l'ensemble du profil. Le sol ne présente pas de salure, la conductivité électrique restant inférieure à 1 mS/cm. Un horizon de redistribution de calcaire secondaire, sous forme discontinue, s'est individualisé à moyenne profondeur, mais il s'agit d'une accumulation plus ou moins accentuée et l'on rencontre ainsi tous les intergrades entre le Yermosol calcaire et le Yermosol modal.

D'une manière générale, les sols de cette unité se développent dans un matériau d'apport relativement épais et riche en éléments grossiers. Leur évolution pédogénétique actuelle est limitée.

III.2. Unité 7. Zone de *playa*

Par suite d'un jeu de failles, la *playa* est un fossé d'effondrement où sont venus s'accumuler, au cours des temps géologiques, des sédiments alluviaux et lacustres sur de grandes épaisseurs.

Actuellement, cette unité se présente comme une surface plane à pente très faible (inférieure à 0.5%), dans laquelle un axe central d'écoulement canalise les eaux superficielles vers une *laguna* à forte concentration saline, située au nord-ouest de la Réserve de Mapimi et qui correspond au niveau de base d'un bassin endoreïque.

Les eaux de ruissellement, plus ou moins chargées en sels solubles, se redistribuent très lentement et de manière irrégulière dans cette zone de *playa*, par suite de la pente très faible, de l'évaporation, du micro-relief et de l'hétérogénéité spatiale dans la répartition des pluies. Il en résulte ainsi une succession de cycles dissolution-dépôt des sels solubles contenus dans ces eaux qui, progressivement et irréversiblement viennent se déposer dans les sols, essentiellement dans la partie supérieure de ceux-ci.

La couverture pédologique de cette unité présente ainsi des degrés variables de salinité, et les différents sols de *playa*, qui se développent généralement dans un matériau d'apport alluvial de texture fine, sont les suivants, d'après González-Barrios, 1986:

- des Yermosols gypseux, présentant un horizon d'accumulation secondaire de gypse à moyenne profondeur, avec un faciès salin et/ou sodique plus ou moins accentué. Certains de ces sols présentent de plus des propriétés vertiques peu accentuées (fentes essentiellement).
- des Régosols faiblement à moyennement salés et à phase sodique, développés dans un matériau de texture fine à moyenne.
- des Vertisols chromiques, à faciès salin et sodique.
- des Solontchaks modaux, certains d'entre eux présentant un horizon d'accumulation secondaire riche en gypse.

La végétation de cette unité est constituée soit de formations herbacées dominées par quelques arbustes, soit de steppes arbustives ou sub-arbustives.

Les espèces herbacées les plus importantes sont *Hilaria mutica*, *Sporobolus airoides* et *Sporobolus spiciformis*, tandis que parmi les arbustes dominant *Prosopis glandulosa*, *Atriplex acanthocarpa*, *Atriplex canescens* et des espèces halophytes comme *Suaeda nigrescens* et *Suaeda suffrutescens*.

Nous présentons ci-dessous deux profils de sols caractéristiques de l'unité, un vertisol chromique et un solontchak gypseux.

1. Vertisol chromique: situé près de l'axe central d'écoulement, canalisateur des eaux de surface

Description morphologique

Horizon A11: 0 à 10 cm — gris-brunâtre — à matière organique non décelable — pas d'éléments grossiers — forte effervescence à l'acide — texture argilo-limoneuse — structure polyédrique sub-anguleuse, fine, nette — peu poreux, pores tubulaires très fins, et fins — très fragile — quelques racines, fines, inclinées — transition nette et régulière.

Horizon B21sa: 10 à 65/70 cm — gris-brunâtre — à matière organique non décelable — pas d'éléments grossiers — forte effervescence à l'acide — texture argileuse — structure prismatique grossière, bien développée et nette dans la moitié supérieure de l'horizon — peu poreux à très peu poreux, pores tubulaires, très fins — fentes verticales, de quelques millimètres à 2 centimètres de large, débutant au sommet de l'horizon et se terminant à la base de celui-ci — quelques faces de glissement, peu nettes et peu accentuées — peu fragile à très peu fragile — très peu de racines, fines et moyennes — transition distincte et légèrement ondulée.

Horizon B22sa: 65/70 à 115 cm — gris-brun rougeâtre — non organique — pas d'éléments grossiers — forte effervescence à l'acide — texture argileuse — structure polyédrique, peu nette, moyenne — très peu poreux, pores tubulaires très fins — très peu fragile — pas de racines — pas de fentes — pas de faces de glissement — transition graduelle et régulière.

Horizon B23sa: 115 à 160 cm observé — gris-brun-clair — non organique — pas d'éléments grossiers — forte effervescence à l'acide — texture argileuse — structure polyédrique sub-anguleuse, très nette, moyenne — peu poreux, pores tubulaires très fins et fins — pas de fentes — pas de faces de glissement — très peu fragile — pas de racines.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Horizon	Texture (%)			pH	Carbone org. (%)	Azote total (%)	C/N	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)
		Argile	Limon	Sable						
0-10	A11	40.2	45.0	14.8	8.2	0.62	0.080	7.8	23.6	11.8
20-32	B21sa	46.8	38.4	14.6	8.7	0.47	0.062	7.6	23.1	12.7
40-56	B21sa	45.5	40.3	12.3	8.7	0.34	0.050	6.8	23.6	13.7
80-96	B22sa	49.8	38.8	9.3	8.5				26.8	14.5
132-148	B23sa	46.1	42.9	8.6	8.4				27.5	14.2

Profondeur (cm)	Horizon	Conduct. électr. (mS/cm)	Capacité d'échange (méq/100 g)	Na échangeable (méq/100 g)	% Na échangeable
0-10	A11	24.0	22.3	6.8	30.5
20-32	B21sa	21.7	23.6	14.2	60.2
40-56	B21sa	17.6	24.8	18.8	75.6
80-96	B22sa	13.8	25.4	17.9	70.5
132-148	B23sa	12.0	24.9	17.3	69.5

Classification: Vertisol chromique, à caractères vertiques peu accentués, halomorphe, sur alluvions à texture fine.

Développé dans un matériau alluvial de texture argileuse, le sol présente des propriétés vertiques nettes, mais peu développées. La teneur en humus est faible, avec un rapport C/N bas indiquant une matière organique évoluée. La salinité est relativement importante, surtout dans la partie supérieure du sol où la conductivité est supérieure à 20 mS/cm, avec une décroissance régulière de haut en bas du profil. Il s'agit essentiellement de chlorures associés surtout au sodium. A noter la forte proportion de cet élément sous forme échangeable dans le complexe absorbant. Le carbonate de calcium et le gypse sont primaires et sont constitutifs du matériau originel du sol.

- Solontchak gypseux (d'après González-Barrios, 1986): localisé en bordure ouest de la Laguna de Palomas, et à environ 19 kilomètres au nord-ouest de la toposéquence décrite ci-dessus.

Description morphologique

Horizon A1sa-cs: 0 à 45 cm — gris-brun-clair — peu organique — pas d'éléments grossiers — effervescence à l'acide — éléments secondaires, avec une répartition gé-

néralisée, en cristaux de gypse (rose des sables, fer de lance), de quelques millimètres à quelques centimètres et en taches blanchâtres — texture limono-sableuse — structure massive — peu poreux, porosité intergranulaire — peu friable — quelques racines, fines et très fines — transition nette et légèrement ondulée.

Horizon B21sa-cs: 45 à 70 cm — gris-brun-clair — apparemment non organique — effervescence à l'acide — pas d'éléments grossiers — éléments secondaires de gypse, en lignes blanchâtres superposées de quelques centimètres d'épaisseur, et en nombreux cristaux de quelques millimètres — texture argilo-limoneuse — structure massive — poreux, porosité intergranulaire — pas de racines — transition distincte et régulière.

Horizon B22sa-cs: 70 à 105/110 cm — gris-clair — apparemment non organique — pas d'éléments grossiers — effervescence à l'acide — éléments secondaires, de gypse, formant une croûte/encroûtement horizontal, discontinu, compact et contenant de très nombreux cristaux très fins de gypse — texture argilo-sableuse — très peu poreux — pas de racines — transition nette et légèrement ondulée.

Horizon B23sa-cs: 105/110 à 145 cm — gris-brun clair — non organique — pas d'éléments grossiers — effervescence à l'acide — éléments secondaires, en cristaux de gypse, de 1 à 5 centimètres (rose des sables) — texture limono-argileuse — structure massive — peu poreux, pores tubulaires, fins et très fins — pas de racines.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Horizon	pH	Carbone org (%)	Azote total (%)	C/N	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)	Conduct. élect. (mS/cm)	Capacité d'échange (mék/100 g)	% Na échangeable
0-6	A1sa-cs	8.1	0.24	0.022	10.9	13.0	46.8	3.4	11.5	7.3
16-24	A1sa-cs	8.4	0.12	0.012	10.0	15.0	38.6	19.7	15.0	100
36-42	A1sa-cs	8.4	0.08	0.010	8.0	12.0	41.7	29.6	9.7	100
52-68	B21sa-cs	8.1	0.09	0.009	10.0	9.0	52.1	58.4	6.0	100
85-95	B22sa-cs	8.1				7.0	67.7	51.9	4.5	100
122-132	B23sa-cs	7.9				22.0	13.7	86.6	16.1	100

Classification: Solontchak modal, à encroûtement gypseux de nappe, à phase sodique, sur matériau d'apport alluvial de texture moyenne à fine.

Ce type de sol est caractérisé d'une part par une forte salinité, et d'autre part, par l'existence d'une accumulation secondaire importante de sulfate de calcium.

Le profil salin est descendant, c'est-à-dire que la salinité augmente avec la profondeur: la conductivité électrique passe en effet de 20 mS/cm près de la surface à plus de 80 mS/cm en profondeur. Cette salinité est à mettre en liaison avec l'existence d'une nappe phréatique, riche en sels solubles parmi lesquels dominent les chlorures associés à du sodium et secondairement à du calcium et du magnésium.

L'accumulation secondaire de gypse est liée, de même, au battement de la nappe. Celle-ci est venue déposer à moyenne profondeur le gypse en solution qu'elle contenait, sous forme d'un encroûtement très riche en gypse. En surface, on observe une augmentation de la teneur en sulfate de calcium, due aux remontées capillaires de solutions contenant du gypse dissous, lequel est venu se déposer à la superficie du sol par suite de l'évaporation.

A noter la très faible teneur en matière organique.

III.3. Unité 8. Zone à végétation contractée type polygonal, de *playa*.

Bien que située dans la *playa*, cette unité s'individualise par l'aspect sous lequel se distribue la végétation: celle-ci est en effet du type contractée et occupe les côtés d'un réseau polygonal irrégulier, très nettement visible sur photographies aériennes.

Ce réseau, constitué de lignes se recoupant, est mis en évidence par la végétation qui, en s'installant de manière dense le long de ces lignes, fait ressortir en l'amplifiant le réseau polygonal, par contraste avec les espaces entre les lignes pratiquement dépourvus de toute végétation.

Dans le détail (Fig. 3), la maille polygonale est très irrégulière, avec des côtés orientés en tous sens et parfois interrompus. Ceux-ci ont une longueur variant de 10 à 40 mètres et une largeur de 3 à 5 mètres avec la végétation. La pente générale moyenne est de 0.2%.

Des relevés micro-topographiques font apparaître dans la partie médiane des lignes du réseau, des dépressions de la surface du sol de 10 à 30 cm de profondeur et de 1 à 2 mètres de largeur, qui sont présentes sur chaque ligne et sur toute la longueur de celle-ci.

La végétation est constituée par une communauté quasi mono-spécifique de *Suaeda nigrescens* ayant colonisé les côtés du réseau polygonal avec des arbustes atteignant 1 à 2 mètres de hauteur. Sous cette strate arbustive on rencontre une strate herbacée très pauvre en espèces et d'un faible taux de recouvrement, constituée essentiellement par *Hilaria mutica*, *Sida leprosa* et *Bouteloua barbata*.

Dans les espaces intérieurs du réseau polygonal, la surface du sol est dénudée, pratiquement sans végétation. On rencontre seulement quelques buissons de *Suaeda* en très mauvais état et des restes d'arbustes morts.

Le profil pédologique suivant est caractéristique et représentatif du sol de cette unité.

Horizon A11: 0 à 4 cm — gris-brun-clair — très peu organique — effervescence à l'acide — pas d'éléments grossiers — texture équilibrée — structure particulière — peu poreux, pores très fins, tubulaires et intergranulaires — peu friable — quelques racines, très fines et fines — transition nette et régulière.

Horizon A 12: 4 à 30 cm — gris-brun — très peu organique — effervescence à l'acide — pas d'éléments grossiers — texture argilo-limoneuse — structure polyédrique

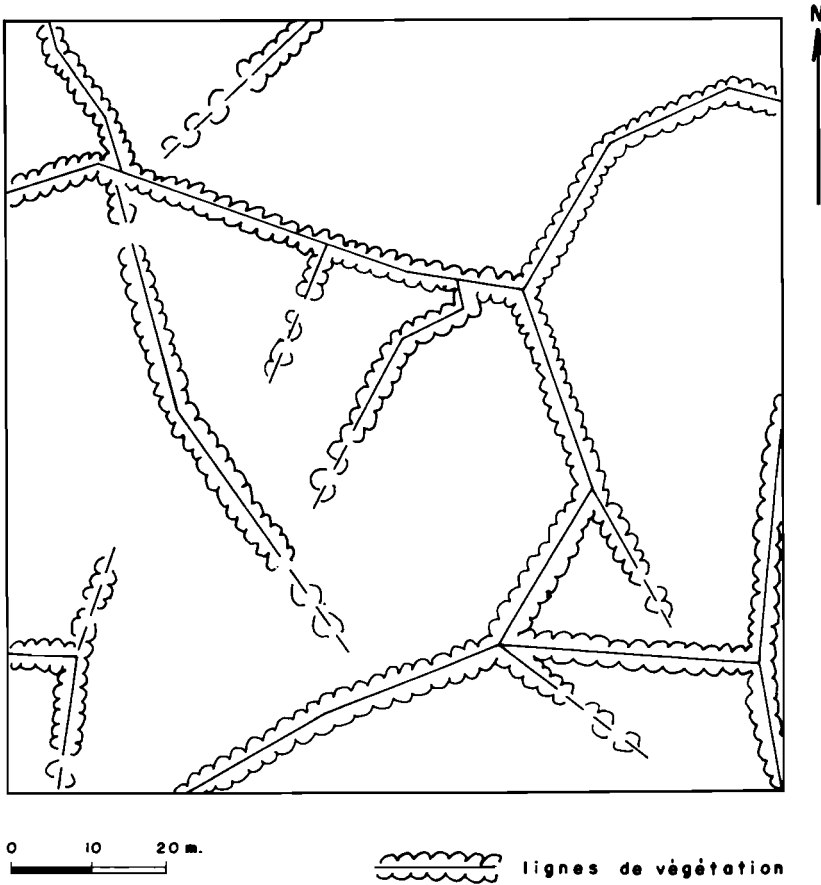


Fig. 3. Diagramme du réseau polygonal en projection horizontale (100 x 100 m) (d'après Delhoume *et al.*, 1983).

fine, peu nette — peu poreux, pores très fins, intergranulaires et tubulaires — quelques racines, très fines et fines — très peu friable — transition nette et régulière.

Horizon B21cs: 30 à 55 cm — gris-brun-clair — très peu organique — effervescence à l'acide — pas d'éléments grossiers — éléments secondaires, en nombreux cristaux de gypse, de 1 à 3 mm, répartis de manière uniforme dans l'horizon et juxtaposés à la terre fine — texture limono-argileuse — structure polyédrique fine, nette, très fragile — très friable — peu poreux, pores intergranulaires — très peu de racines, fines et très fines — transition graduelle et régulière.

Horizon B22: 55 à 140 cm observé — gris-brun-clair — apparemment non organique — pas d'éléments grossiers — effervescence à l'acide — éléments secondaires,

de gypse, en cristaux de 1 à 3 mm, localisés de 55 à 100 cm, dont la quantité diminue avec la profondeur — texture argileuse à très argileuse — structure polyédrique fine jusqu'à 70 cm de profondeur, grossière de 70 à 90 cm puis fine au-dessous — très peu friable — très peu poreux — quelques faces de glissement à la partie supérieure de l'horizon — quelques fentes, verticales, de 0.5 à 1 cm de large, débutant au sommet de l'horizon et se terminant à 90 cm de profondeur.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Horizon	Texture (%)			pH eau	Carbone organ. (%)	Azote total (%)	C/N	Conduct. électr. (mS/cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)
		Argile	Limon	Sable							
0-4	A11	18.3	26.3	55.4	8.2	0.36	0.042	8.6	1.2	16.3	8.8
6-12	A12	40.3	14.3	45.4	8.1	0.40	0.033	12.1	2.8	15.3	10.6
18-25	A12	38.0	16.7	45.4	8.2	0.35	0.039	9.0	4.0	18.4	12.8
32-45	B21cs	24.3	28.3	47.4	8.1	0.30			14.5	21.4	37.6
58-68	B22	44.0	18.7	37.3	8.9				25.0	19.4	22.0
75-85	B22	48.3	30.3	21.4	8.7				20.9	21.4	12.5
110-120	B22	60.3	20.3	19.4	8.7				20.0	22.4	10.0

Classification: Yermosol gypseux, sur alluvions argileuses, halomorphe et à faciès verticale.

La texture est fine dès l'horizon A12, et la teneur en matière organique est très faible. Celle-ci est bien évoluée avec un rapport C/N variant de 9 à 12. Le profil salin est descendant et augmente de manière assez brutale à partir de l'horizon B21cs. Il s'agit essentiellement de chlorures et de sulfates associés au sodium et au calcium. L'accumulation secondaire de gypse s'individualise très nettement à mi-profondeur.

Au niveau des lignes de végétation, la morphologie du profil pédologique ci-dessus est différente (Fig. 4): on observe en effet, à la verticale de l'axe médian des lignes ou côtés du réseau polygonal, un affaissement en coin des horizons pédologiques. Cette morphologie particulière laisse supposer qu'il y a eu effondrement de l'horizon gypseux B21cs dans un vide de l'horizon argileux sous-jacent, avec corrélativement, affaissement des horizons A et ainsi, abaissement de la superficie du sol, donnant l'aspect actuel en dépression de cette dernière.

Pour l'ensemble des diverses descriptions de sol réalisées dans cette unité, on observe la même morphologie particulière des horizons décrite ci-dessus au niveau de l'axe médian des côtés du réseau polygonal, ainsi que des caractéristiques analytiques semblables à celles du profil pédologique type.

Une particularité des sols de cette unité est la présence, en bordure des lignes de végétation, d'excroissances circulaires de la superficie du sol. Ces micro-buttes de 1

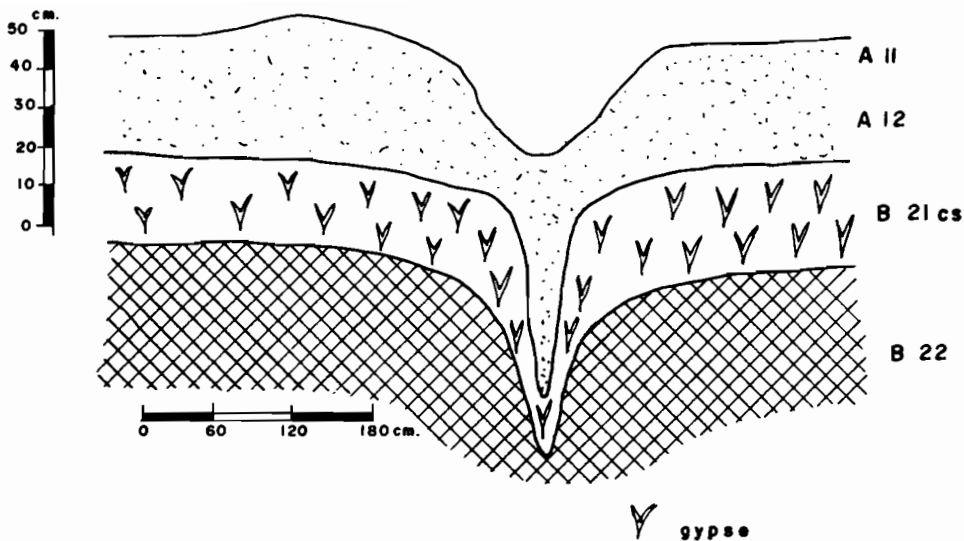


Fig. 4. Coupe transversale du sol, au niveau d'une ligne de végétation (d'après Delhoume *et al.*, 1983).

à 1.50 mètre de diamètre et de 10 à 20 centimètres de hauteur en leur centre, correspondent à des zones de forte concentration saline. La conductivité électrique y atteint en effet 40 à 50 mS/cm sur 50 à 60 centimètres d'épaisseur. Le sol de ces plages de salure présente une structure très dégradée, particulière, et l'on y observe de nombreuses efflorescences blanchâtres correspondant à des dépôts secondaires de sels.

La genèse de ce réseau polygonal fait intervenir divers processus physico-chimiques qui se combinent, et débute, comme nous avons pu l'observer, par l'apparition de lignes rectilignes à la surface du sol, en légère dépression, de 10 à 30/40 mètres de longueur. Ces lignes correspondent en fait à des fentes de retrait verticales du sol, prenant naissance au sommet de l'horizon argileux B22 et traversant celui-ci sur 20 à 40 cm d'épaisseur, avec une largeur pouvant atteindre plusieurs centimètres.

L'horizon B21cs d'accumulation secondaire de gypse, du fait de sa forte friabilité, a tendance à fluer dans les vides ainsi créés dans l'horizon sous-jacent par l'ouverture des fentes. Corrélativement, il y a abaissement progressif des horizons supérieurs du sol (A11 et A12) aboutissant à la formation d'une zone en dépression à la surface du sol, telle que celle que nous observons dans l'axe médian des lignes de végétation.

Ces phénomènes sont vraisemblablement favorisés et accentués d'une part par des alternances dissolution-dépôt du gypse et des sels et, d'autre part, par des variations de volume des minéraux hydratés lors de la dessiccation.

Diverses lignes en dépression apparaissent ainsi peu à peu à la surface du sol qui, en se recoupant, délimitent un réseau polygonal irrégulier. Leur micro-topographie en creux en fait des zones privilégiées de concentration et d'accumulation des eaux plu-

viales, où se conserve plus longtemps l'humidité du sol. Dans ce milieu aride, cette redistribution préférentielle de l'eau ne peut que favoriser la colonisation progressive des lignes en dépression par la végétation, qui débute par des germinations constituées presque uniquement de *Suaeda nigrescens*. Celles-ci se développent ensuite et aboutissent à des lignes de végétation dense, mettant en évidence le réseau polygonal que l'on observe actuellement, par contraste avec les espaces inter-lignes dépourvus de végétation.

III.4. Conclusions

Les sols des zones basses (unités 6 à 8), à pente très faible, se développent dans un matériau d'apport alluvial, de texture fine, atteignant plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

Il s'agit de zones d'accumulation des eaux superficielles plus ou moins chargées en sels solubles, lesquels se déposent progressivement dans les sols. Il en résulte ainsi une couverture pédologique présentant des degrés variables de salinité, avec une gamme de sols possédant le caractère halomorphe avec une intensité plus ou moins accusée, ainsi que des propriétés verticales.

Localement, on observe une formation végétale contractée du type polygonal, dont l'origine est due à l'apparition d'un réseau de fentes de retrait verticales dans un sol argileux présentant un horizon d'accumulation secondaire de gypse en cristaux de quelques millimètres.

IV. SOLS GYPSEUX SUR DUNES ANCIENNES

Le niveau de base du bassin endoreïque dans lequel est située la zone ouest de la Réserve de Mapimí, est constitué par une *laguna* où viennent s'accumuler les eaux de surface, riches en éléments dissous (gypse, sels). Ces derniers s'y déposent progressivement, formant ainsi un milieu à haute concentration saline.

La bordure est de cette *laguna* comporte un cordon de dunes atteignant vingt mètres de hauteur et s'étirant sur une quinzaine de kilomètres de longueur avec une largeur moyenne de cinq cent mètres. Il s'agit d'une formation éolienne constituée d'un matériau sableux riche en gypse. Ce dernier forme en surface un encroûtement résistant et compact devenant localement une croûte, qui a protégé la dune de son démantèlement. Les versants sont cependant entaillés par des ravines et griffes d'érosion hydrique.

La végétation est très pauvre avec un faible taux de recouvrement (10 à 20%). Les espèces dominantes sont *Larrea tridentata* et *Haplopappus heterophyllus*.

Le profil pédologique suivant est caractéristique de cette formation dunaire. Il est localisé près du sommet (pente 1%) et l'on note en surface du sol la présence d'éléments grossiers de croûte gypseuse de 10 à 20 centimètres de longueur.

Description morphologique

Horizon A11cs: 0 à 50 cm — blanchâtre avec zones jaunâtres — apparemment non organique — effervescence à l'acide — éléments secondaires de gypse, en croûte et encroûtement à aspect massif, avec une répartition généralisée — texture sablo-limoneuse — structure massive — peu poreux, pores fins et moyens, tubulaires et intergranulaires — très peu de racines — très peu friable — transition distincte et régulière.

Horizon B21cs: 50 à 90 cm — beige clair — non organique — effervescence à l'acide — éléments secondaires de gypse, en encroûtement friable, avec une répartition généralisée — texture sablo-limoneuse — structure massive avec tendance à particulière localement — peu poreux, porosité intergranulaire — peu friable — pas de racines — transition distincte et régulière.

Horizon B22cs: 90 à 150 cm observé — ocre jaunâtre — non organique — effervescence à l'acide — éléments secondaires de gypse, en taches et traînées blanchâtres et en micro-cristaux de 1 mm, avec une répartition généralisée, mais dont l'abondance diminue avec la profondeur — texture limono-sableuse — structure massive — peu poreux, porosité intergranulaire — pas de racines.

Caractéristiques analytiques

Profondeur (cm)	Horizon	Carbone organ. (%)	Azote total (%)	C/N	Conduct. électrique (mS/cm)	CaCO ₃ (%)	Gypse (%)
0-8	A11cs	0.30	0.040	7.5	2.5	5.2	69.4
12-22	A11cs	0.28	0.037	7.6	2.5	6.3	68.6
35-40	A11cs	0.22	0.032	6.9	2.5	6.5	67.3
52-65	B21cs				2.8	7.6	56.3
78-90	B21cs				2.9	10.3	48.2
110-120	B22cs				1.3	7.0	40.8
125-145	B22cs				11.7	9.1	39.6

Classification: Yermosol à croûte/encroûtement gypseux fortement développé, sur matériau de texture grossière d'origine éolienne.

Le sol se développe dans un matériau sableux où s'est individualisée une accumulation très importante de gypse secondaire, sous forme de croûte/encroûtement, dont la teneur décroît de haut en bas du profil. La salinité est faible et ce n'est qu'en profondeur qu'apparaît une conductivité relativement élevée.

Ce profil de sol est celui où la redistribution du gypse secondaire est la plus forte-

ment individualisée. Sur les versants de la dune, l'accumulation de sulfate de calcium n'atteint pas le stade croûte/encroûtement et il se redistribue essentiellement sous forme de taches et amas ainsi que de manière diffuse, avec des teneurs inférieures (20 à 40%) à celles du profil ci-dessus. Dans ce cas, le sol est un Yermosol ou un Régosol à faciés gypseux plus ou moins accentué.

A mesure que l'on se rapproche de la *laguna*, la salinité du sol devient de plus en plus importante, avec des conductivités atteignant, dès la surface, 10 à 15 mS/cm, et celles-ci se maintiennent sur toute l'épaisseur du profil. En plus des caractéristiques ci-dessus, les sols deviennent ainsi halomorphes avec le plus souvent un faciés sodique.

La mise en place de cette formation éolienne est à mettre en liaison avec les alternances climatiques du Quaternaire. Durant une phase interpluviale de celui-ci, le climat est devenu progressivement plus sec et plus aride ce qui a favorisé, durant la période la plus sèche de l'année, la déflation du fond de la *laguna*. Les produits de cette érosion éolienne, constitués essentiellement de pseudo-sables riches en gypse, sont venus s'accumuler en bordure de la *laguna* pour former un cordon dunaire qui s'apparente aux bourrelets éoliens ou lunettes que l'on observe en bordure de certaines dépressions fermées de zones arides.

La dune s'est formée sur la rive opposée aux vents dominants actifs, ce qui explique sa présence uniquement sur une des bordures de la *laguna*. Deux buttes-témoins résiduelles de cette formation sont localisées à environ cinq kilomètres de l'extrémité sud de la *laguna* actuelle, ce qui laisse supposer que cette dernière avait une plus grande extension.

La mise en place de ce cordon dunaire est antérieure à la dernière période humide du Quaternaire (pluvial Wisconsin, 22 000 ans — 11 000 ans BP). Au cours de cette dernière, l'axe principal d'écoulement des eaux de surface a en effet recoupé et entaillé la dune gypseuse ci-dessus, de façon à pouvoir se déverser dans la *laguna* qui constitue le niveau de base. Au cours de ce dernier pluvial, la *laguna* avait une plus grande extension et progressivement, à partir de la fin de la période humide (10 000 ans BP environ), celle-ci s'est réduite corrélativement avec la diminution des pluies et l'aridité croissante.

REFERENCES CITÉES

- BREIMER, R., 1985. *Soil and landscape survey of the Mapimi Biosphere Reserve, Durango, México*. UNESCO, Montevideo, Uruguay, 128 p.
- CORNET, A., J. P. DELHOUME and C. MONTAÑA, 1983. *Vegetation Patterns and Soils in the Mapimi Bolson (Chihuahuan Desert, Mexico)*. I. *Vegetation Arcs*. Second Chihuahuan Desert Symposium, Alpine, Texas, 20-21 october 1983.
- DELHOUME, J. P., C. MONTAÑA and A. CORNET, 1983. *Vegetation Patterns and Soils in the Mapimi Bolson (Chihuahuan Desert, Mexico)*. II. *Polygonal Patterns*. Second Chihuahuan Desert Symposium, Alpine, Texas, 20-21 october 1983.
- FAO/UNESCO, 1974. *Soil map of the world, 1:5.000.000*. Vol. I. Legend. UNESCO, Paris, 59 pp.
- FAO/UNESCO. *Mapa mundial de suelos, 1:5.000.000*. Vol. I. Leyenda. UNESCO, Paris, 60 pp. and Vol. III, México y América Central. UNESCO, París, 104 pp.

- GONZÁLEZ BARRIOS, J.L., 1986. *Estudio de la repartición de la salinidad en una zona baja (playa) de una cuenca endorreica en el desierto de Chihuahua*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Monterrey, N.L., 280 pp., 4 mapas.
- MONTAÑA, C., 1987. Las formaciones vegetales. In: Montaña, C. (ed.). *Estudio Integrado de los Recursos Vegetación, Suelos y Agua en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. I. Ambiente Natural y Humano*. Instituto de Ecología, México. (En prensa).

CARLOS MONTAÑA (Editor)

ESTUDIO INTEGRADO DE LOS RECURSOS
VEGETACIÓN, SUELO Y AGUA EN LA
RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMÍ.

I. AMBIENTE NATURAL Y HUMANO

INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.

MÉXICO. D. F.

1988

Contenido

<i>Lista de Autores</i>	7
<i>Prólogo</i>	
F. DI CASTRI	11
<i>Presentación</i>	
C. MONTAÑA	15
1. El Concepto de Reserva de la Biosfera	
G. HALFFTER	19
2. Principales Características Climatiques	
A. CORNET	45
3. Cenozoic Geology of the Eastern Half of the La Flor Quadrangle, Durango and Chihuahua, México	
J. R. BARTOLINO	77
4. Major Vegetation and Environment Units	
C. MONTAÑA y R. F. BREIMER	99
5. Physiographic Soil Survey	
R. F. BREIMER	115

6. Distribution Spatiale des Sols le Long d'une Toposéquence Représentative	
J. P. DELHOUME	135
7. Las Formaciones Vegetales	
C. MONTAÑA	167
8. La Vegetación y sus Relaciones con el Ambiente	
C. MONTAÑA	199
9. Lista de las Especies Vasculares	
R. RUIZ DE ESPARZA VILLARREAL	225
10. El Hombre y su Impacto en los Ecosistemas a Través del Ganado	
H. BARRAL	241
11. La Evolución del Uso de los Recursos Naturales Renovables en el Norte Árido de México	
E. EZCURRA y C. MONTAÑA	269
<i>Anexos (ver contraportada)</i>	
Mapa de Suelos de la Reserva de la Biosfera de Mapimí	
R. F. BREIMER	
Mapa de Vegetación de Reserva de la Biosfera de Mapimí	
C. MONTAÑA	