

Surpâturage et formation de terrassettes sur les versants de la Sierra Madre occidentale (Nord-Ouest du Mexique)¹

Jérôme Poulenard

Stagiaire ISTOM

Luc Descroix

Hydrologue ORSTOM

Jean-Luc Janeau

Pédologue ORSTOM

La Sierra Madre Occidentale constitue un véritable « château d'eau » pour les Hauts Plateaux et pour le littoral du Pacifique Nord (Mer de Cortès) du Mexique, autant de régions au climat semi-aride, voire aride (désert du Sonora, Bolsón de Mapimí). Au sud du désert de Chihuahua (bolsón de Mapimí), un grand périmètre irrigué, la Laguna (160 000 hectares), dépend ainsi presque entièrement des eaux de ruissellement du Río Nazas (87,5% des apports totaux du bassin), qui provenant de la Sierra Madre Occidentale, l'alimentent avant de se perdre dans les sebras du bassin endoréique que constitue la partie aval de la Région Hydrologique n°36 (RH36). Ce vaste bassin de 92 000 km² s'étend de la Sierra Madre au Désert de Chihuahua. Cette région connaît une activité érosive modérée, mais aussi une grande extension des versants modelés en « marches d'escalier » ou « terrassettes », formations qu'on attribue généralement au surpâturage intense.

I. Les conditions de l'élevage et du surpâturage dans la Sierra Madre Occidentale

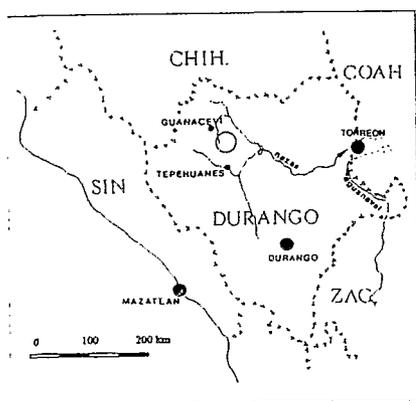
A. PRÉSENTATION DU MILIEU

La région du Haut Nazas est située à peu près au centre de la Sierra Madre Occidentale, qui s'étend sur plus de 1 000 kilomètres du Nord au Sud (fig. 1). Ce bassin est intégralement inclus dans le Nord de l'Etat de Durango. Le secteur choisi pour cette étude s'étend sur 400 km², sur les ejidos (communautés rurales formées après la Révolution Mexicaine) de Escobar, Bolerias et La Posta de Jihuites, qui font partie de la commune (municipio) de Guanaceví, et qui sont situés, à 2 200 mètres d'altitude environ, dans le massif de La Candela qui culmine à 3 150 mètres.

1. Cette étude a bénéficié d'un financement de l'AID "Erosion, Agrégation, Désagrégation" du Département Eaux Continentales de l'ORSTOM. Nous tenons à remercier tout particulièrement Mr Jean-Claude Leprun, responsable de cette AID, pour son appui à ce travail.



Figure 1 : Cartes de localisation de la région hydrologique 36 et du Haut-Nazas



* climat : du fait de la proximité du Pacifique et de la Convergence Inter-Tropicale, le régime pluviométrique est de type tropical (saison des pluies de juin à octobre, qui reçoit 75 % des précipitations totales, 600 mm en moyenne ici, températures moyennes annuelles de 15° à 2 000 mètres d'altitude) malgré la latitude, alors qu'immédiatement à l'Est dans le bassin endoréique, la continentalité confère à la Laguna un climat des Tropiques secs ($P = 200 \text{ mm/an}$);

* géologie : la Sierra Madre Occidentale, apparue au Tertiaire, est essentiellement constituée de roches extrusives ; ces matériaux, érodés, ont formé localement des conglomérats au cours du Pliocène. Dans le même temps, les terrains volcaniques se sont fracturés, provoquant des effondrements ; les conglomérats ont peu à peu comblé le fond des grabens ; d'où une dualité de lithologies entre rhyolites et tufs rhyolitiques d'une part, conglomérats de l'autre, et une lithologie a priori peu favorable au ravinement, puisque essentiellement constituée de rhyolites résistantes et de conglomérats assez perméables.

* végétation : de 2 000 à 2 400 mètres, c'est-à-dire à l'altitude des villages, elle est constituée de pâturages et le plus souvent d'une savane à chênes, incluse entre les pâturages et le « matorral xérophile » des secteurs plus secs (en dessous de 2 000 m) et la forêt de chênes, puis de pins, située au dessus de 2 400 m.

* un pays neuf qui se vide déjà : les Indiens Tarahumaras et Tepehuanes, peu nombreux mais sédentaires n'ont vu s'implanter une colonisation par des populations autochtones qu'à la fin du siècle dernier ; celle-ci s'est faite suivant une logique minière et sous la forme de grandes « haciendas » d'élevage extensif ; bien qu'avec la formation des ejidos (commencée ici en 1948 et achevée justement en 1971), les éleveurs se soient plus préoccupés de la pérennité du système productif, la culture de pays neuf, pionnier, a laissé son empreinte dans les réactions de la population vis à vis du milieu naturel.

Municipio	population 1980	population 1990
El Oro	18 461	14 815
Guanacevi	12 821	11 925
San Bernardo	7 563	5 629
Tepehuanes	14 740	14 942

Tableau 1 : Evolution de la population

La population de la Sierra Madre a augmenté jusqu'aux années 1970-80. Puis (tableau 1), elle a commencé à décroître, et ce, malgré un taux de natalité élevé.

Cette baisse s'explique par l'exode des populations actives (surtout masculines) vers les Etats Unis : les hommes cherchant à améliorer le niveau de vie familial vont travailler (temporairement au départ) de l'autre côté de la frontière.

B. L'ÉVIDENCE DU SURPÂTURAGE

Les traces du surpâturage sont partout : sol apparent sur de grandes surfaces, terrassettes occupant 20 à 30 % des versants.

1) L'ancienneté du surpâturage

Bien évidemment se pose, comme devant toute forme d'érosion, la question de son héritage ou de son actualité. Il est possible que la dégradation actuellement perceptible soit héritée : c'est ce que suggère une étude réalisée dans la même commune (Barral et al., 1993) : « *les phénomènes érosifs qui s'observent en différents points du territoire (...) sont probablement indicateurs d'un processus de dégradation ancien de la végétation et du sol* ».

L'évolution plus récente fait apparaître une dynamique originale, une sorte de « *dégradation verte des pâturages* » (Boutrais, 1994) : en effet, en comparant les photos aériennes de 1974 à la situation actuelle, on s'est rendu compte d'une multiplication du nombre d'arbres (par 1,5 à 4) : au fur et à mesure que disparaissent les graminées par surpâturage, s'installent petit à petit des ligneux non appétents : une végétation secondaire s'installe et le pâturage a disparu (Descroix et al., 1996).

JO	Mat. sèche kg/ha	Surf. ha	Nb UGB	Ch.Souh* ha/UGB	Ch.Réelle* ha/UGB
Costa	938	4 500	2 000	10,5	2,25
Paras	508	15 800	4 000	19,4	3,95
Temble	723	20 300	6 000	13,6	3,38

Ch. Souhaitable : charge optimale compte tenu de la disponibilité fourragère (matière sèche) par hectare ; charge réelle : charge effectivement mesurée sur le terrain (Barra! et al., 1993)

Ch. 2 : production fourragère par hectare

La surcharge pastorale actuelle

Pour apprécier l'éventuel surpâturage actuel, nous avons procédé à des mesures de charges de pâture (en kg/ha) (tableau 2). Les pâturages étant ici peu productifs, nous mesurons la charge de bétail en surface nécessaire ou disponible par UGB (unité de bétail) et non pas par UGB/hectare comme c'est le cas le plus souvent.

La comparaison ainsi présentée entre charge souhaitable et charge réelle est étonnante : sur l'ensemble de la zone, alors qu'un animal devrait disposer de 13,6 hectares en moyenne pour couvrir ses besoins, il ne dispose en réalité que de 3,38 hectares.

LES FACTEURS DU SURPÂTURAGE

Les principaux facteurs de surpâturage sont, outre le simple effectif du cheptel :

la gestion des troupeaux : et en particulier l'ultra-spécialisation dans l'élevage laitier de cette région. Le plus souvent, c'est une activité de naisseur (vente des veaux au mois d'octobre) : ainsi, au cours de la saison des pluies, la charge se trouve à son maximum.

la gestion de l'espace : elle explique en partie la répartition des zones surpâturées : celles-ci se trouvent logiquement (fig. 2) autour des points d'eau, des axes de communication et des villages : ce sont les zones de charge pastorale maximale, du fait de l'abreuvement, du soin à apporter aux vaches, et à la peur des voleurs de bétail toujours existants.

Les terrassettes de surpâturage

Elles ont déjà fait l'objet de plusieurs études dans d'autres secteurs, dans les Andes et dans les Alpes (Serrate, 1981), et se forment apparemment sous tous les climats de montagne dès lors que la charge bétailière et la pente dépassent un certain seuil.

DEUX DISPOSITIONS DIFFÉRENTES EN FONCTION DE LA PENTE

Il s'agit de versants présentant sur toute ou partie de leur étendue une série de terrassettes longitudinales et parallèles de faible largeur qui épousent le tracé des courbes de niveau et qui sont au plus souvent. L'ensemble du versant se présente de ce fait sous la forme

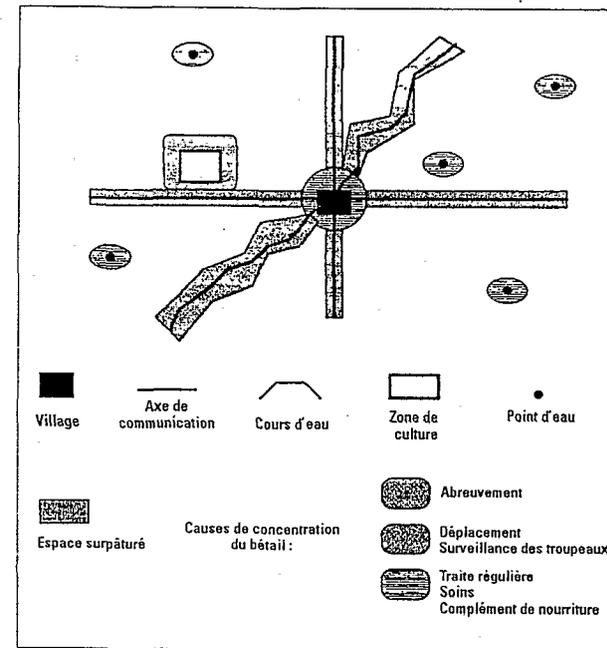


Figure 2: Localisation et causes de concentration du bétail

d'un « escalier ». Plus la pente est forte, plus les inter-terrassettes ont une taille importante : ainsi, le nombre de terrassettes décroît corrélativement à une augmentation de la pente ; par contre, la largeur des terrassettes, l'espace de marche, semble demeurer, dans tous les cas, constant (autour de 30 cm., et ce quelle que soit l'inclinaison du versant, ce qui correspond à la largeur nécessaire au déplacement d'un animal.

La couverture herbacée est bien plus faible sur terrassettes (4,2 % de couverture en moyenne) que sur inter-terrassettes (12,2 %) : le piétinement, par passage répété des animaux, explique parfaitement l'abaissement de ce couvert végétal sur les terrassettes.

La lithologie a une influence sur les pentes limites, maximales et minimales, sur lesquelles on rencontre ces formations ; en rhyolite, les terrassettes se forment sur des pentes de 21 à 45° ; sur conglomérats, on les trouve sur des pentes de 15 à 37°. La pente maximale sur conglomérats (37°) semble correspondre à la pente maximale atteinte sur le terrain par cette formation. Par contre, la pente maximale sur rhyolite (45°) pourrait correspondre à la pente limite de déplacement des bovins de cette zone.

Leur morphométrie, étudiée sur 4 versants incluant toutes variables, a permis de distinguer des terrassettes « horizontales » et des terrassettes « cellulaires » :

1. Les terrassettes « horizontales »

On les trouve sur les pentes inférieures à 35°, et elles se caractérisent par un parallélisme presque parfait des terrassettes qui suivent exactement les courbes de niveau. L'augmentation de la pente se traduit par un creusement plus important des « marches » qui apparaissent mieux dans le paysage. La moindre dureté des conglomérats et leur disposition en strates semi-horizontales pourraient expliquer la présence de ces terrassettes sur des pentes plus faibles que sur substrat rhyolitique.

2. Les terrassettes « cellulaires »

Sur les pentes supérieures à 35°, les terrassettes se croisent, formant un maillage de terrassettes « montantes » et « descendantes » dessinant des cellules (d'où le nom de terrassettes « cellulaires ») ; leur formation est favorisée par la présence d'obstacles (arbres, végétation arbustive non-appétante, rochers) : les fortes pentes obligent le bétail à un parcours en « Z » qui explique cette disposition. Dans certains cas, il y a formation d'un bourrelet sur le bord aval de la terrasette ; ceci peut être dû au creusement du replat par les eaux de ruissellement et par le passage des animaux.

B. FORMATION DES TERRASSETTES : SURPÂTURAGE ET/OU SOLIFLUXION ?

On a parfois attribué la formation des terrassettes aux processus périglaciaires qui touchent le manteau d'altération des roches à partir d'une certaine pente et d'une certaine altitude. Mais ici, les processus de solifluxion sont très rares : les manteaux d'altérites sont constitués d'arènes et ne comportent qu'une faible proportion d'argile : le drainage des sols est globalement bon et il ne semble pas pouvoir y exister de sur-rétention d'eau.

Plusieurs éléments laissent à penser qu'il s'agit ici d'une formation essentiellement due au surpâturage :

- Il se produit une centaine d'alternances gel/dégel par an, mais le gel est peu profond en général (la température descend rarement à -10° à 2 200 mètres et le dégel diurne est total) ;
- l'hiver est extrêmement sec, d'où bien peu d'alternances humectation/dessiccation ;
- on trouve ces terrassettes dans des secteurs bien plus bas où le gel intervient très peu ;
- enfin, on ne trouve pas de terrassettes dans les secteurs a priori non pâturés.

Surtout, à contrario, la densité de terrassettes croît aux abords des villages et le long des axes de déplacement du bétail, où les animaux suivent des cheminements précis. On peut tout au plus supposer qu'en été, l'humectation du sol peut faciliter la formation des terrassettes dont la cause première est bien le piétinement.

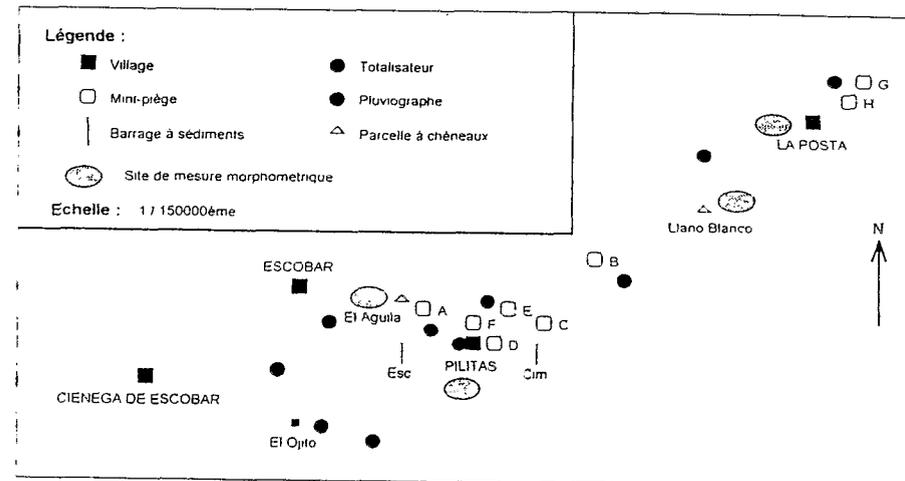


Figure 3 : Disposition des parcelles de mesure

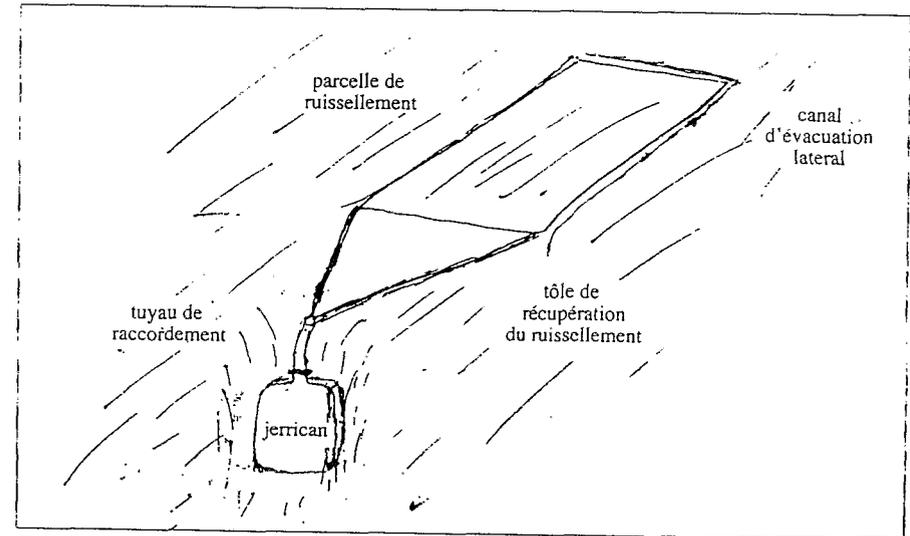


Figure 4 : Croquis d'un mini-piège

C. L'INFLUENCE DU PIÉTINEMENT SUR L'ÉROSION

1) Le dispositif et le protocole de mesure (fig. 3)

Pour ce qui est de la mesure de la pluviométrie, on disposait du réseau installé pour l'étude hydrologique dans le cadre de laquelle s'est intégré ce travail sur le surpâturage.

Les mini-pièges employés ici ont été adaptés de ceux utilisés par Olivier Planchon (Planchon, 1991) ; il s'agit d'une tôle d'acier située au bas d'une parcelle d'un demi

mètre carré et permettant l'écoulement de l'eau de la parcelle dans un tuyau vers un bidon de 20 litres semi-enterré ; la micro-parcelle, de 1 mètre de long sur 50 centimètres, est entourée d'un caniveau sur le haut et les deux côtés latéraux de manière à ne capter que le ruissellement de la parcelle (fig. 4).

D'autre part le but recherché n'était pas de travailler sur le transfert d'échelle, mais d'obtenir des données comparatives, donc de pouvoir étudier le rôle de la pente, de la lithologie, du piétinement, de la porosité du sol, de la couverture végétale, etc.. (voir caractéristiques des parcelles dans le tableau 3). Après chaque épisode pluvieux étaient mesurés le ruissellement et la perte en terre. Les mesures ont été effectuées durant la saison des pluies 1994 (juin à septembre) : une vingtaine d'événements pluvieux se sont produits, dont 10 ont provoqué un ruissellement.

N° (voir fig.3)	Lithologie	Pente (°)	Végétation en %	Poros. vésic.**	Piétinement	M.O.* en %	Argile en %	Pertes g/m²
A1	Rhyolite	25	10	non	non	5,3	8	3,34
A2	Rhyolite	20	15	non	non	6,3	6	1,45
A3	Rhyolite	40	5	oui	oui	2,2	6	18,32
B1	Conglom.	18	10	non	non	2,4	14	7,84
B2	Conglom.	25	10	oui	oui	3,3	8	33,28
B3	Conglom.	22	5	oui	oui	2,3	6	49,33
C1	Conglom.	15	15	non	non	1,7	6	4,61
C2	Conglom.	16	30	non	non	4,8	8	4,57
C3	Conglom.	10	30	non	non	3,9	4	3,9
D1	Conglom.	10	35	non	non	5,0	2	2,66
E1	Conglom.	9	30	oui	non	3,3	10	5,76
F1	Conglom.	3	15	oui	non	0,9	6	3,44
G1	Rhyolite	11	0	oui	oui	1,7	6	44,36
G2	Rhyolite	11	0	oui	oui	1,7	6	79,17
H1	Rhyolite	14	25	non	non	5,6	8	3,33
H2	Rhyolite	14	30	non	non	5,6	8	1,99

*M.O.: matière organique

**[la porosité vésiculaire a été définie par Casenave et Valentin (1991) comme étant l'existence de pores non fonctionnels, cavités plus ou moins sphériques, résultant de bulles d'air emprisonnées dans les micro-horizons; ces vésicules ont une influence considérable sur l'infiltration, en la rendant plus difficile] Les parcelles sont localisées sur la figure 3.

Tableau 3: Caractéristiques des parcelles à mini-pièges et pertes subies durant la saison des pluies 1994

Des mesures de porosité ont permis de constater une grande différence entre les terrassettes elles-mêmes et les inter-terrassettes : tous sols mélangés (dans les deux cas, moyenne de 40 échantillons), la porosité passe de 46,8 % dans les inter-terrassettes à 40,3 % sur les terrassettes ; ainsi, logiquement, le piétinement du bétail a des répercussions directes sur les facteurs physiques du sol : le tassement entraîne une baisse du pourcentage de vides ; cela devrait provoquer une diminution du volume d'eau infiltrée sur ces surfaces et une augmentation du volume d'eau ruisselée. Les précipitations étudiées ont permis de cerner les paramètres du ruissellement et de l'érosion dans ces terrains surpâturés de la Sierra Madre. Les mesures ont également démontré de manière classique le rôle prépondérant de l'énergie cinétique et de l'humidité préalable du sol (IPA, Indice des précipitations antérieures) dans la formation du ruissellement et du transport solide.

2) le résultat des observations

Nous ne reproduisons ici que les résultats totaux de l'érosion sur la saison (tableau 3) et la matrice de corrélation des variables influençant le ruissellement dans les secteurs surpâturés (tableau 4).

MATRICE	RUI	PER	PEN	COU	POR	PIE
RUI	1	0,84	0,45	-0,75	0,77	0,97
PER	0,84	1	0,07	-0,7	0,66	0,86
PEN	0,45	0,07	1	-0,41	0,09	0,43
COU	-0,75	-0,7	-0,41	1	-0,56	-0,74
POR	0,77	0,66	0,09	-0,56	1	0,76
PIE	0,97	0,86	0,43	-0,74	0,76	1

RUI = volume ruisselé en litres ; PER = perte solide en g/m² ; PEN = pente moyenne en degrés ; COU = couverture végétale en % ; POR = porosité vésiculaire > 30% ; PIE = présence de piétinement marqué

Tableau 4: Matrice de corrélation

La couverture végétale apparaît bien ici comme facteur aggravant de l'érosion ; la pente a un rôle bien moins évident, n'influençant apparemment pas du tout les pertes en sol ; la porosité vésiculaire apparaît également comme un facteur favorable aux pertes de sol : en effet, les pores non fonctionnels s'opposent aux pores fonctionnels qui, eux, favorisent l'infiltration de l'eau et retardent le ruissellement. Mais l'élément qui nous intéresse le plus ici est le piétinement du bétail, et il apparaît nettement que les parcelles situées dans les secteurs piétinés connaissent une plus forte perte en terre que les autres ; ceci apparaît également de manière claire dans la matrice de corrélation (tableau 4). La corrélation est très nette entre la présence du piétinement marqué et d'une part le ruissellement, d'autre part les pertes solides. Par contre, on peut s'étonner de l'absence de corrélation entre ces deux variables (ruissellement et pertes) et la pente ; cela peut, peut-être, s'expliquer par la prépondérance des autres variables.

Les pertes en sol sont, quoiqu'il en soit, très faibles (de 1 à 80 g/m²) pour une zone de montagne, même compte tenu de la sécheresse actuelle. Lors des épisodes pluvieux, les flux de ruissellement suivent de manière préférentielle les terrassettes, en particulier lorsque celles-ci présentaient une organisation cellulaire et surtout s'il y a un bourrelet aval.

Conclusion

Autant il est difficile de déterminer si le surpâturage est un facteur aggravant des processus érosifs en vigueur dans la Sierra Madre Occidentale, autant il est délicat de faire la part des variables entre l'énergie cinétique des pluies, les états de surface, les réorganisations superficielles, la pente, l'état initial du sol, etc.. autant il est clair qu'il existe une forte corrélation entre surpâturage et érosion : cela apparaît autant dans le paysage, où les secteurs surpâturés sont les plus dégradés que dans les mesures réalisées sur parcelles (coefficient de corrélation significatif sur parcelle expérimentale entre niveau de perte solide et présence de piétinement).

Les mécanismes physiques mis en évidence ci-dessus montrent que les mauvaises pratiques d'élevage, qui engendrent le surpâturage, sont responsables, pour une part importante, de l'ampleur de l'érosion. Le surpâturage est bien un facteur d'érosion et un facteur aggravant l'érosion quand elle existe déjà par ailleurs. Or, la réalité de ce surpâturage dans la Sierra Madre Occidentale est criante aussi bien par l'examen des charges pastorales que par l'observation dans le paysage des dégradations importantes du milieu.

Bibliographie

- BARRAL H., ORONA CASTILLO I., ANAYA E., 1993. — " Manejo ganadero en relación con el recurso agua " ; in Estudio de los factores que influncian el escurrimiento y el uso del agua en la RH36, INIFAP-ORSTOM, Gomez Palacio, pp.287-304 ;
- BOU TRAIS J., 1994. — " Eleveurs, bétail et environnement ". A la croisée des parcours, ORSTOM-Centre d'Etudes Africaines, Paris, pp.303-319 ;
- CASENAVE A. et VALENTIN C., 1989. — " Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration ". ORSTOM, coll. Didactiques, Paris, 229 p. ;
- DESCROIX L. et POULENARD J., 1996. — " Les formes d'érosion actuelle dans la Sierra Madre Occidentale : vers une cartographie de l'érosion ". *Bull. du labo. Rhod. de Géomorphologie*, n°33-34, Lyon, 20 p. ;