

LES FORMES D'ÉROSION ACTUELLE DANS LA SIERRA MADRE OCCIDENTALE (NORD-OUEST DU MEXIQUE) :

VERS UNE CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION

Luc DESCROIX¹ et Jérôme POULENARD²

Résumé : *Un secteur de 400 km², situé au coeur de la Sierra Madre occidentale, sert de témoin à un inventaire des formes d'érosion des sols par ravinements et mouvements de terrain en terrassettes ainsi que des sapements latéraux de cours d'eau. Alors que les caractéristiques climatiques régionales ne témoignent pas d'une agressivité marquée, le facteur déclenchant semble être la surcharge pastorale (troupeaux bovins) au détriment de la couverture herbacée ; ceci expliquerait la décroissance de la biomasse totale visible sur des documents satellitaires de 1972 et 1992 alors que les pinèdes se sont étendues durant cette période. L'accroissement probable des coefficients de ruissellement, lié à cette dégradation et au tassement du sol, paraît être la cause des phénomènes de ravinement et de sapement de berges qui affectent la région de manière encore peu brutale.*

Mots-clés : *érosion - mouvements de terrain - terrassettes - ravinements - surcharge pastorale - image satellite -*

Abstract : *Soil erosion landforms caused by gullyng, mass movements (terraces) and stream bank sapping were enregistred in an area of 400 km² in the western Sierra Madre (Mexico). Whereas regional climate shows no particular erosivity the triggering factor appears to be grass cover degradation due to overstocking ; this could account for total biomass decrease as shown by satellite from 1972 and 1992 while pine canopy expanded during this period. Probable increase of runoff coefficients results from this degradation and from soil compaction, thus developing gullyng and bank sapping though in a still moderate way.*

Key-words : *Soil erosion - mass movements - terraces - gullyng - overstocking - satellite imagery -*

Introduction

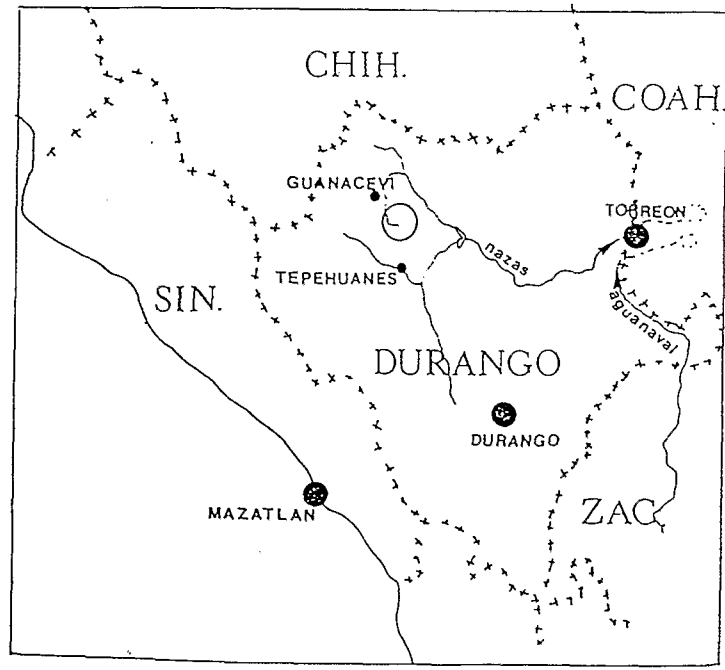
Le Nord-Mexique est un " pays neuf ", dans ce sens qu'il a été habité de manière très lâche avant d'être colonisé, tardivement, au siècle dernier, par les éleveurs de bétail : son histoire ressemble bien plus à celle de l'Ouest américain qu'à celle du Centre et du Sud du Mexique, où de puissantes civilisations ont, depuis longtemps, imprimé leurs marques dans le paysage.

La Sierra Madre était habitée par des sédentaires et non par des nomades (apaches) comme dans l'Altiplano, mais leur faible densité a peu affecté le milieu naturel, qui est resté peu exploité, jusqu'à la constitution des grandes propriétés (fin du XIX^{ème} siècle) et surtout celle des ejidos, ces communautés rurales formées après la Révolution et ici seulement après 1945.

¹ Hydrogéologue à l'ORSTOM

² Stagiaire à l'ISTOM (Institut des Sciences e Techniques de l'Outre-Mer)

FIG.1: CARTE DE LOCALISATION DE LA R.H.36 ET DU SECTEUR ETUDIE



MOTIVADO en la necesidad de tener un
registro de los datos

L'activité dominante, hormis l'exploitation forestière dans les zones les plus élevées est l'élevage extensif de bovins, peu productif et entouré d'une forte connotation culturelle et affective, les revenus des ménages provenant de plus en plus des salaires perçus à temps partiel ou complet, par les travailleurs émigrés aux Etats-Unis.

Malgré la faible densité de population, on remarque de grandes disparités dans la charge pastorale. Des secteurs très étendus (et apparemment en forte extension) sont touchés par un surpâturage grave ; au point qu'une année sèche (1994, qui a connu un déficit pluviométrique de 50%) se traduise par une disparition presque complète du fourrage naturel, cette pénurie obligeant les paysans à l'achat d'aliments pour bétail venu de l'extérieur. On note, de plus, une surmortalité du bétail et une intensification de la dégradation des sols par son piétinement. Les traces de ce phénomène se retrouvent presque partout, et de manière plus aigüe autour des zones habitées et cultivées.

La région dont il est question ici se trouve au coeur de cette Sierra Madre occidentale, au Nord-Ouest de l'Etat de Durango (fig. 1) ; elle constitue un véritable "château d'eau" pour l'Altiplano Nord-Central Mexicain, ce qui justifie de tenter d'y préserver la ressource sol-eau-plante.

I - ENTRE LE DESERT ET LE PACIFIQUE : UN CHATEAU D'EAU AUX RESSOURCES MENACÉES

La Sierra Madre Occidentale s'étend sur plus de 1000 kilomètres du Nord au Sud, de l'Etat de Sonora (frontalier avec les Etats-Unis) à celui de Nayarit. Dans sa partie centrale, au Nord de l'Etat de Durango, elle est constituée par des empilements de couches de tufs volcaniques et de coulées de rhyolite, l'épaisseur de ces formations dépassant largement 1500 m. Ceci s'explique par sa formation, qui s'est opérée en trois phases tectoniques principales :

- 1 - une phase de compression au Permo-trias, qui a plissé et déformé les terrains primaires ;
- 2 - une seconde phase de compression de la fin du Crétacé à l'Eocène (orogénèse laramienne) due à la subduction d'une paléo-plaque ("Farallon") sous la plaque américaine ; les efforts de compression ont provoqué la fusion partielle de la plaque, créant en profondeur un arc magmatique actif qui se manifeste par le plissement des terrains secondaires (qui constituent les chaînes plissées calcaires qui parcourent l'Altiplano entre les 2 Sierras Madres), l'apparition de divers types de métamorphisme et d'épisodes volcaniques divers ; ces épisodes ont commencé à édifier la Sierra Madre occidentale ; c'est à l'Oligo-Miocène que se superposèrent les coulées rhyolitiques et les couches de tufs qui constituent aujourd'hui l'essentiel de la Sierra (fig. 2).
- 3 - une phase de distension, due à l'ouverture de la Mer de Cortès (Golfe de Californie) liée à la migration vers le Nord-Ouest d'une plaque paléo-pacifique, et qui a provoqué la formation des grabens, d'orientation NNW-SSE, très étendus et nombreux dans cette zone centrale de la Sierra Madre Occidentale (DDG, 1982).

Sa formation a bousculé les terrains sédimentaires préexistants, les plissant et les rejetant vers l'Est où ils s'abaissent peu à peu constituant les assises de l'Altiplano Nord-Mexicain. Les crêtes sont à plus de 3000 mètres, les fonds de vallées entre 1 700 et 2 000 mètres. Par ailleurs, la lithologie est peu favorable au ravinement, étant constituée surtout de rhyolite, ou de tufs et conglomérats assez perméables.

La pluviométrie dépasse les 800 mm sur la ligne de partage des eaux Pacifique/Altiplano, et s'abaisse à 450 mm dans les fonds de vallées. Le climat est rude l'hiver du fait de l'altitude (plus de 100 jours de gel à 2 500 mètres, limite supérieure des villages),

mais assez peu agressif. Les pluies tombent essentiellement en saison chaude, mais le maximum en 24 heures n'est que de 90 mm, soit moins que les valeurs observées dans la zone de l'Altiplano, où il dépasse 110 mm pour un total annuel de 200 mm seulement. On passe peu à peu du matorral xérophile (au dessous de 500 mm de pluies) constitué d'acacias, de mimosas et *prosopis*, à des savanes à acacias, puis à chênes, pour finir, au dessus de 2 700 mètres d'altitude, par de belles et denses forêts de pins.

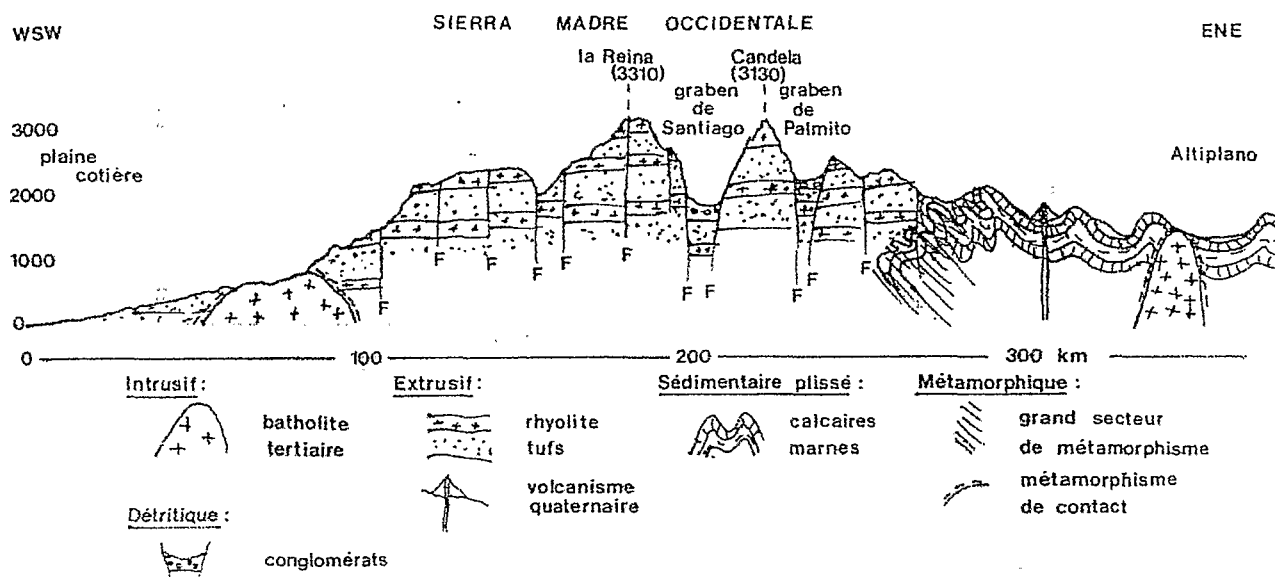


Figure 2 : Coupe géologique à travers la Sierra Madre occidentale

Cette région était auparavant peuplée par des indiens Tepehuanes et Tarahumaras, sédentarisés dans les régions les plus boisées des Etats de Durango et de Chihuahua. La "colonisation" par des populations allogènes ne date que de la fin du siècle dernier : elle s'est surtout faite sous la forme d'haciendas pratiquant l'élevage extensif, de communautés rurales et d'exploitations forestières. Du fait des faibles densités de population (1 à 2 hab/km² dans le Municipio - commune de plusieurs milliers de km² - de Guanaveci), la Réforme Agraire n'a été appliquée que très tard (années 1948-70) (fig. 1).

La population a augmenté, dans la Sierra, jusqu'aux années 1970-80. Puis, dans de nombreux secteurs de la Sierra, la population a commencé à décliner, malgré le maintien d'une forte natalité (5 à 8 enfants par famille), (Tableau 1 de la population des municipios - commune - de la taille d'un canton voire d'un arrondissement en France). C'est l'exode des populations actives (essentiellement masculines) qui explique cette baisse ; ce n'est pas un exode rural "intérieur", comme on l'a connu en Europe aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles. Il s'agit ici d'une émigration vers les Etats-Unis, des hommes cherchant à améliorer, le plus souvent temporairement (du moins au départ), le niveau de vie familial : beaucoup vont travailler de l'autre côté de la frontière pour constituer une dot, pour acheter des vaches pour la famille. Mais en fait, au début clandestins, ces jeunes gens acquièrent au bout de 4 ou 5 ans les "papiers" pour être en règle, et dès lors, restent, en majorité, en Californie, au Nevada, ou dans l'Illinois.

Tableau 1 : EVOLUTION DE LA POPULATION

Municipio	Population 1980	Population 1990	Evol. 80-90
El Oro	18 461	14 815	-20%
Guanacevi	12 821	11 925	-7%
San Bernardo	7 563	5 629	-25%
Teêhuanes	14 740	14 942	+1,5%

source : INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, recensements 1980 et 1990

De ce fait, la population de la Sierra stagne ou baisse, et le cheptel a, lui, tendance à baisser (avec tout de même de belles progressions locales, et une croissance pour l'ensemble de l'Etat de Durango, tableau 2) ; il s'agit aussi, de plus en plus, d'espèces sélectionnées pour la viande (hereford, charolais) ou le lait (croisés de zébus, variétés suisses ou hollandaises). Mais la gestion du bétail est limitée, dans l'espace, par des contraintes plus ou moins incontournables :

- le manque de points d'eau,
- la peur des voleurs de bétail,
- la concentration des rares habitants en petits villages assez éloignés des uns des autres (10-15 km),
- le manque d'hommes (beaucoup ayant émigré) : dans bien des villages les seuls hommes sont des vieillards.

Tableau 2 : EVOLUTION DU NOMBRE DE TETES DE BETAIL

Municipio	Année	1970	1990	Evol. 70-90
Guanacevi		39 035	29 663	- 24%
Inde		32 281	38 820	+ 20%
El Oro		82 250	51 082	- 39%
San Bernardo		28 002	25 710	- 8%
Santiago Papasquiaro		64 699	69 971	+ 8%
Tepehuanes		23 818	28 247	+ 19%
Etat de Durango		1037 857	1102 045	+ 6%

source : INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, recensements agricoles, 1970 et 1990

Tous ces éléments peuvent expliquer que, sur des pentes même faibles, et ce du piedmont de la Sierra jusqu'à la limite inférieure de la forêt de pins (exploitée pour le bois d'oeuvre dont le Durango est le premier fournisseur au Mexique), les traces de surpâturage sont très fréquentes, voire omni-présentes au dessous de 1 800 mètres, là où les pâturages villageois sont coalescents.

Or, cette Sierra est un véritable château d'eau, surtout pour les zones arides qui l'encadrent à l'Est et au Nord-Ouest : la pente, la lithologie et surtout la pluviométrie bien plus élevée (plus de 800 mm sur les crêtes contre moins de 200 mm dans certains secteurs du désert du Chihuahua) lui procurent des coefficients d'écoulement de l'ordre de 15 à 17%, ce qui permet aux cours d'eau d'atteindre l'Altiplano Nord-Mexicain avec suffisamment d'eau pour

y autoriser l'irrigation : ainsi le Rio Nazas, dont les principales sources se trouvent dans le secteur étudié ici, alimente, par le réservoir de Palmito auquel il apporte en année moyenne un milliard de m³ d'eau, un périmètre irrigué de 150 000 hectares, la Laguna, ainsi nommée parcequ'elle est située à l'emplacement de la lagune dans laquelle venait s'évaporer l'eau de ruissellement du bassin-versant avant la construction du barrage de Palmito (1946). Le secteur choisi pour cette étude fait partie de la région hydrologique 36 (R.H. 36), qui est donc un bassin endoréique. Mais, sur le littoral Nord-Pacifique et tout l'Altiplano Nord Mexicain, l'approvisionnement en eau est dépendant des apports de la Sierra Madre Occidentale. C'est dire l'importance vitale de celle-ci et l'intérêt de faire en sorte que cette ressource perdure.

II - METHODOLOGIE : LES FORMES DE L'EROSION ACTUELLE ET LEUR REPARTITION SPATIALE

1 - Méthodologie

L'inventaire des zones érodées et des formes d'érosion a été fait :

- pour 1974, par photo-interprétation : c'est la seule couverture photo du pays entier, qui a servi à réaliser la carte topographique au 1/50 000ème ;
- pour 1992, par inventaire in situ sur le terrain correspondant à une superficie de 400 km², situés entre 2100 et 2600 mètres d'altitude;
- les zones surpâturées sont plus délicates à repérer sur la photographie aérienne : pour compléter l'information (les terrassettes apparaissent souvent mais pas la densité du couvert herbacé), on s'est servi de deux scènes satellitaires Landsat MSS (résolution spatiale de 80 mètres), l'une de 1972, l'autre de 1992 : elles ont donc un décalage de 2 ans par rapport aux photos aériennes d'une part, à la situation actuelle d'autre part ; elles ont servi à comparer les valeurs d'indice de végétation : les plages de sol nu ou très peu couvert apparaissent nettement, en 1972, autour des villages, et, en 1992, avec plus d'extension (fig. 4). L'indice de végétation utilisé est l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, Tucker, 1977). Cet indice est établi suivant le rapport suivant :

$$I_{veg} = (IR - R) / (IR + R)$$

(avec PIR = radiométrie du canal Infra-rouge, R = radiométrie du canal Rouge)

2 - Les formes d'érosion

La petite zone étudiée (environ 400 Km²) au coeur de la Sierra Madre Occidentale comprend quatre villages (La Cienaga, Escobar, Pilitas, et la Posta), ainsi que quelques petits hameaux ("ranchos").

Les formes d'érosion qui y ont été inventoriées sont (figure 3) :

- les ravinements, avec la distinction entre moins d'1 mètre de profondeur et plus d'1 mètre de profondeur.
- les sapements de berge, sans qu'il ait pu être établi s'il existait une relation entre les ravinements et ces sapements (ils ont été inventoriés sur tous les cours d'eau) ;
- les terrassettes dues au piétinement du bétail ;

Les terrains de cette région de la Sierra Madre comportent peu de traces de phénomènes de solifluxion, sinon, localement, là où la pente est forte : mais il semble que globalement, du fait de leur faible proportion d'argiles, le drainage des sols sur arène rhyolitique ou sur la roche-mère soit bon et ne provoque pas de sur-rétention d'eau.

La répartition spatiale des formes d'érosion est intéressante à étudier du fait de la relative homogénéité lithologique : les terrains sont essentiellement constitués de roches volcaniques : rhyolites, tufs rhyolitiques et conglomérats essentiellement formés de galets rhyolitiques, constituant des bancs plus ou moins indurés (ces formations conglomératiques sont le plus souvent piégés dans de nombreux grabens).

De fait, il ne semble pas y avoir, a priori, de déterminisme, ni au niveau des pentes, ni au niveau lithologique, quant à la localisation des attaques de l'érosion.

3 - Localisation des zones ravinées

La figure 3 (carte des formes de l'érosion) permet de constater que les principaux ravinements se localisent dans la vallée et dans les environs immédiats de La Cienega de Escobar (au sud-ouest de la zone étudiée) : or, il s'agit d'une dépression peu marquée, au relief mollement vallonné, sans accident de relief notable. De longues ravines la parcourent, la plupart d'entre elles ayant plus de 1 mètre de profondeur (et même plus de 5 mètres bien souvent), et parfois plusieurs centaines de mètres de longueur (certaines sont d'ordre kilométrique). Ailleurs, les ravines profondes sont plus localisées, autour des villages (Pilitas, La Posta), ou des zones de cultures (Llano Blanco, terroir agricole de La Posta).

Certaines ravines (parfois profondes) sont guidées par des fossés creusés, le long des pistes, parallèlement à leur bord amont, pour éviter l'écoulement de l'eau des versants sur la chaussée : l'eau s'y concentre et creuse des sillons parallèles à la voie de circulation. Mais la plupart de ces ravines (La Cienega, Llano Blanco, Pilitas) ont été creusés, loin des routes, dans les terres cultivées (La Cienega) ou les traversent, en provenance des pâturages les dominant (Pilitas, La Posta) (fig. 4).

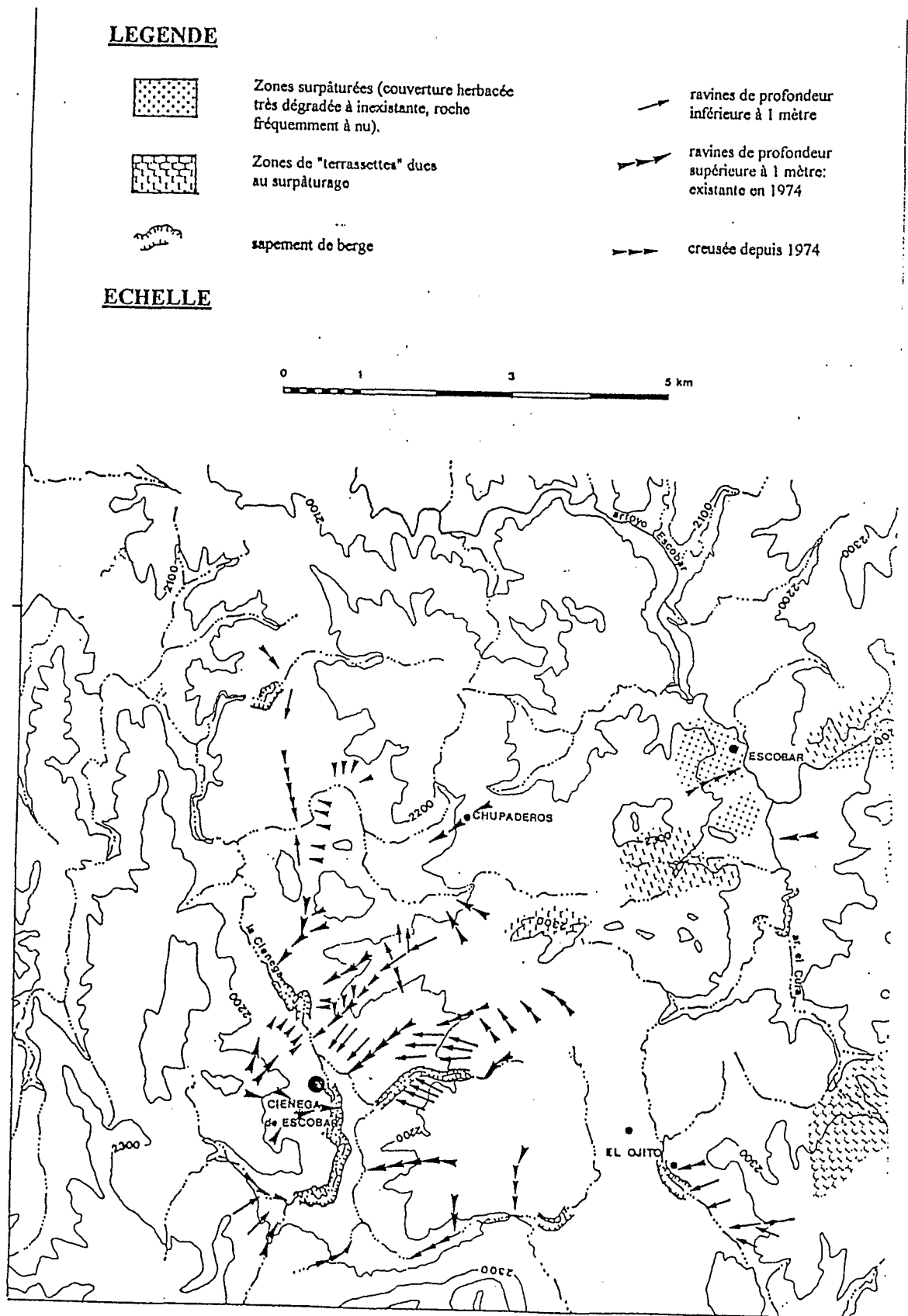
Les sols sont, sauf dans la cuvette de La Cienega et les fonds de vallée, peu profonds, et la roche-mère (rhyolite ou conglomérats) est vite atteinte, ce qui freine le creusement, et explique peut-être le tracé linéaire des ravines, et leur faible extension en surface : nulle part il ne semble y avoir de risque de formation de bad-lands, et rares sont les ravines coalescentes.

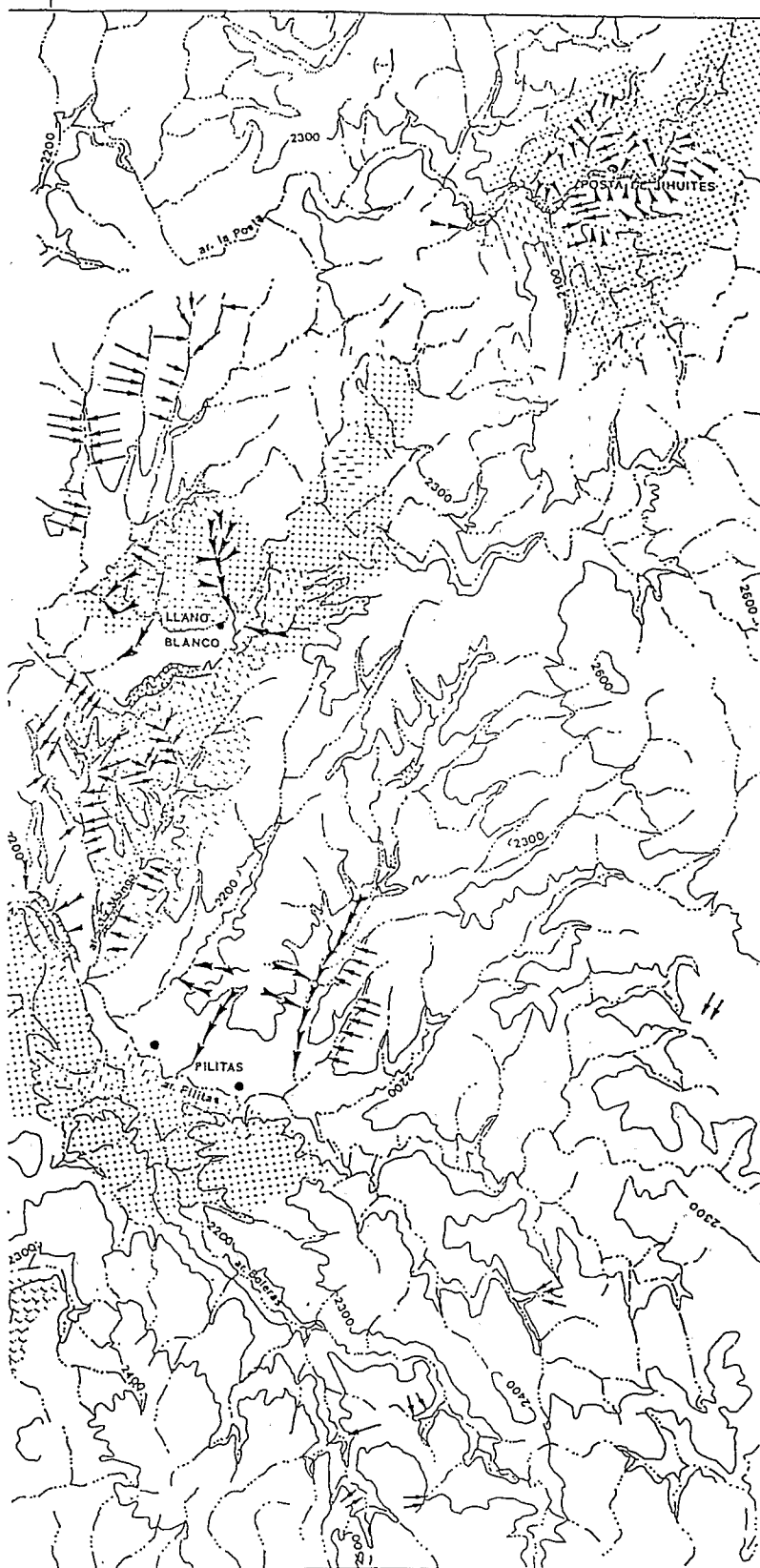
4 - Localisation des terrassettes

Les dégâts du surpâturage sont, eux, beaucoup plus étendus en surface, mais en fait peu marqués dans le paysage même : même là où le sol, peu épais, a pratiquement disparu, on voit peu de traces de ruissellement concentré et de ravinement : par contre, apparaissent, sur les pentes supérieures à 20° (et à 17-18° sur les conglomérats), les " terrassettes " liées au piétinement du bétail que l'on rencontre sous toutes les latitudes ou presque, en climat tempéré ou tropical. Celles-ci font l'objet d'une étude en cours (Poulenard J, Descroix L et Janau J.-L.) et devant s'achever fin 95-début 96. Les passages du bétail (ici bovin, mais on retrouve les mêmes, dans les Andes, dans les Alpes ou dans l'Atlas avec du bétail ovin ou caprin) se font le long des courbes de niveau d'où la formation de ces versants en " marches d'escalier " (fig. 5).

Au dessus d'une certaine pente (30-35° suivant la lithologie), les terrassettes se ferment en cellules allongées en travers les versants (c'est-à-dire plus longue dans le sens horizontal), du fait de grand nombre de traverses inter-terrassettes que constitue le bétail lorsque la pente augmente (fig. 5). La pente limite pour la formation de ces terrassettes semble être d'environ 45-50° sur les rhyolites - roche-mère ou éboulis - (au delà, le bétail bovin ne peut plus évoluer sans risque) ; il n'y a pas de pente-limite dans les conglomérats, ceux-ci n'ayant nulle part une pente supérieure à 40° ; par contre, les bancs les plus indurés y facilitent la localisation des terrassettes (fig. 7).

Figure 3 : Formes d'érosion et surpâturage dans la Sierra Madre occidentale





105° 40'

25° 40'

FIG. 4 : Ravine creusée sous forêt de chênes surpâturée - La Posta.



FIG. 5 : Terrassettes dans les tufs volcaniques - Tepehuanes.



Autant il est très facile de localiser les ravines sur les photographies aériennes de 1974, et d'en comparer l'existence et l'extension par rapport à la situation actuelle, ainsi que les sapements de berge, autant les éléments permettant de dater l'apparition des " terrassettes " sur les versants font défaut... En effet, localement, on devine, sur la photo aérienne, l'existence des terrassettes, mais leur repérage est trop peu fiable pour constituer un inventaire correct : la qualité de la photo est relativement bonne, mais il est bien sûr très difficile de repérer un élément d'une largeur inférieure à 1 mètre (même si sa longueur atteint plusieurs dizaines, voire centaines de mètres) : leur largeur moyenne est de 30 à 40 centimètres.

Les zones surpâturées, comme les zones à terrassettes, se localisent au pourtour des villages et des terroirs cultivés, c'est-à-dire où l'on mène le plus le bétail à pâturer.

5 - Localisation des sapements de berge

Quand le cours d'eau coule dans ses alluvions récentes (zone dépressionnaire de Cienega, Escobar, Piltas), très souvent, on constate le sapement des terrasses actuelles par le cours d'eau, sans que l'on puisse attribuer cela à de forts coefficients de ruissellement (fig. 3), ou à un déséquilibre du bilan des transports solides (déficit de matériaux ou augmentation de la capacité de creusement).

L'année 1994, très déficitaire en pluie (-50%) et bien plus encore en écoulement (-96% sur l'ensemble du bassin de Nazas !!), n'a pas permis de comprendre les mécanismes de ces sapements. Les cours d'eau dont les berges sont sapées sont ceux qui coulent dans les zones d'accumulation ; il s'agit d'un empâtement hérité : les colluvions actuelles venues des versants n'ont pas encore formé de cônes en bas de versant, ce qui laisserait penser que les cours d'eau arrivent à tout évacuer pour le moment. Est-ce lié à un accroissement du coefficient de ruissellement lié à la dégradation des sols, qui n'aurait pas encore agi sur la charge (d'où le déséquilibre du bilan) ? Le creusement avec sapements latéraux, évoquant une action torrentielle classique, pourrait être en fait hérité d'une période récente où le ruissellement aurait crû du fait de la dégradation des pâturages, sans que ne s'accroissent encore les transports solides : il reste à déterminer si cet accroissement de torrentialité est d'origine anthropique ou climatique.

Par ailleurs la présence, dans le bassin de la Cienega (qui est touché par des ravinements et sapements de berge) de ravines héritées (leur fond est végétalisé et ne comporte pas de trace de ruissellement récent) peut faire penser que le colluvionnement en bas de versant a repris et que les ravines latérales n'ont plus un débit compétent pour évacuer cette charge solide supplémentaire.

III - L'EROSION ANTHROPIQUE : UN PHENOMENE RECENT ?

Les recensements de cheptel ont été faits en 1970 et 1990 au Mexique : les effectifs pour les munipios qui nous intéressent sont dans le tableau 2 ci-dessus, et font apparaître une baisse du nombre de bêtes. Pourtant les paysans présents sur place ont tendance à dire que les troupeaux augmentent : il est probable que les 4 villages choisis ne soient pas représentatifs de l'ensemble de la région pour l'évolution des effectifs ; toutefois, dans l'ensemble de l'Etat de Durango, l'effectif a augmenté. Enfin, la dégradation des sols et le surpâturage sont généraux, même dans les secteurs où le cheptel baisse (ce peut être d'ailleurs l'explication à cette diminution du nombre de têtes de bétail) (tableau 3).

FIG. 6 : Alentours de la Posta. Manteau herbaçé détruit, sol à nu, Ravines en cours de creusement sous la savane à chênes.

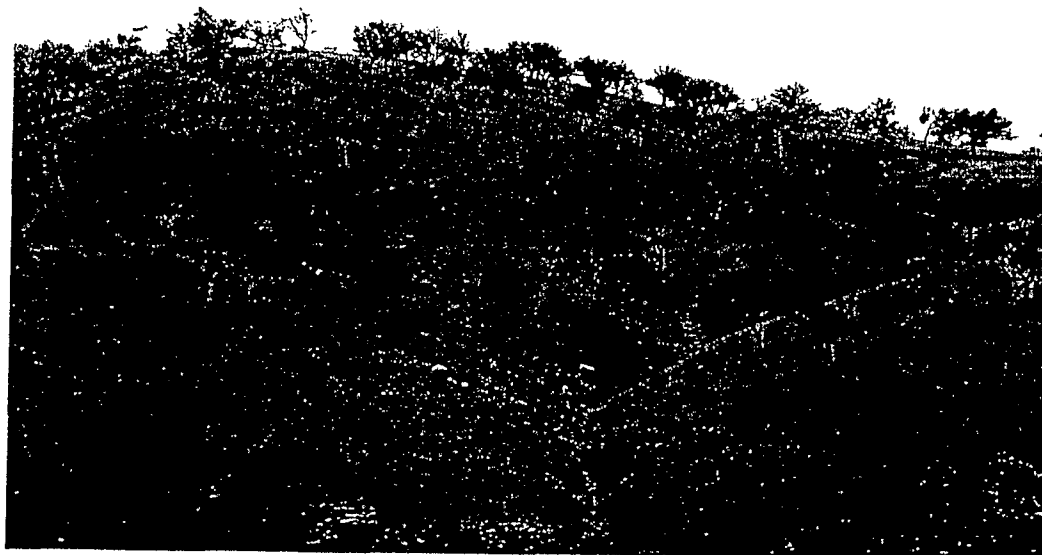


FIG. 7 : Terrassettes s'appuyant sur les banes indurés de conglomérats (Pilitas).



TABLEAU 3
CHARGE PASTORALE ET SURPATURAGE

Ejido (localisation figure 3)	Superficie en hectare	Nombre de têtes de bovin	Surface par bovin en hectares
La Cienaga	9 000	1 000	9
Escobar	6 000	1 000	6
Boleras	15 800	4 000	3,95
La Posta	4 500	2 000	2,25

source : Barral et Anaya, 1995

Les enquêtes sur le terrain donnant des résultats difficiles à comparer à ceux (par ailleurs forcément discutables) des recensements, on a tenté de recouper trois éléments pour arriver à émettre l'hypothèse de la relative jeunesse du surpâturage :

1 - Les témoignages des habitants :

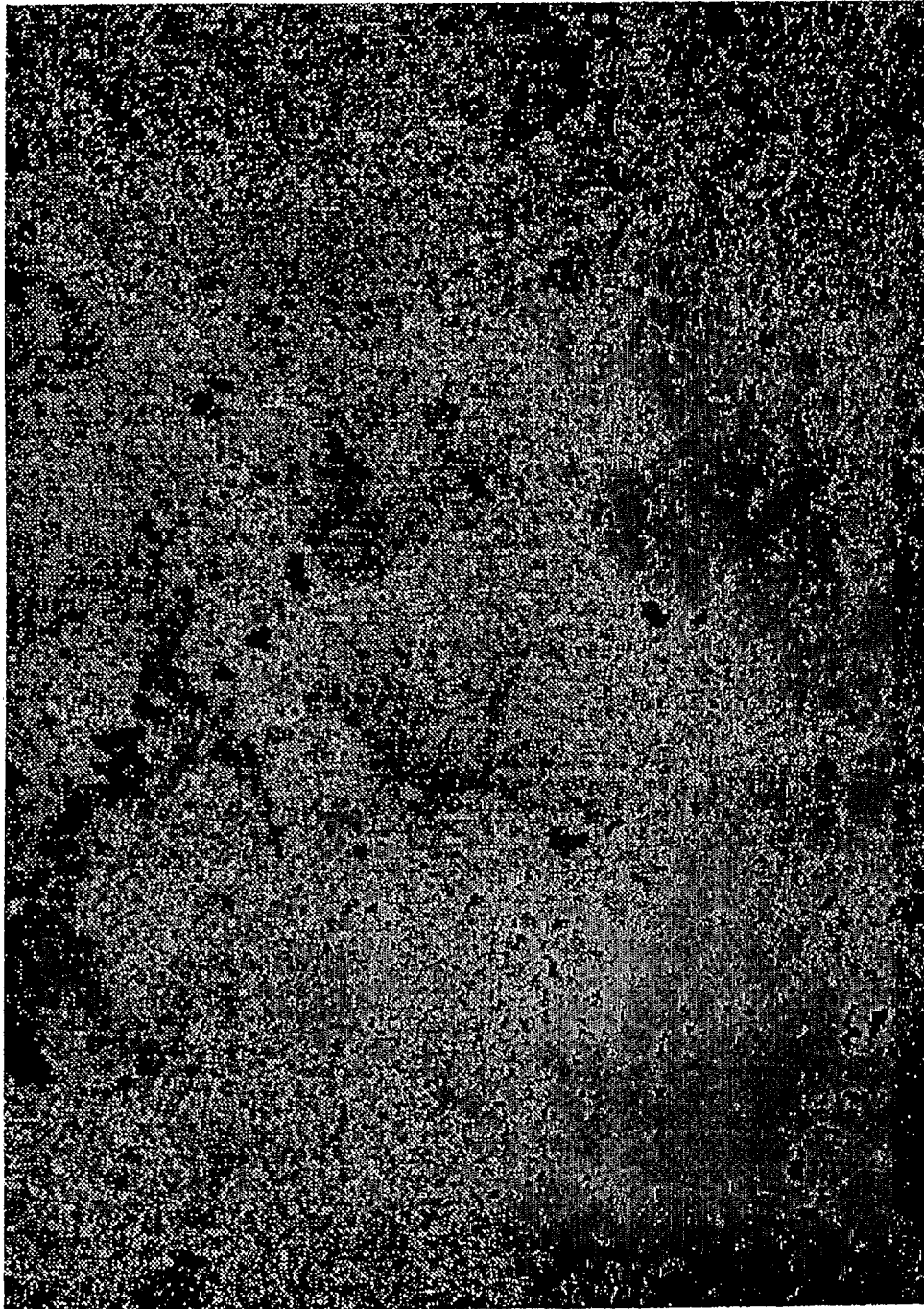
Le nombre de têtes de bétail, en valeur absolue, est difficile à obtenir, mais les commissaires ejidaux (chefs des "ejidos" communautés rurales issues de la Réforme Agraire) des 4 ejidos concernés sont certains que le bétail a augmenté ces 20 dernières années : ils ne seraient donc pas représentatifs de la moyenne. Les ejidos étudiés sont sur les municipios de Tepehuanes (où le troupeau a augmenté) et de Guanacevi (où il a fortement baissé) ; l'une des causes de l'augmentation est l'achat de vaches par les émigrés aux Etats-Unis, dont la famille continue à gérer l'exploitation. De plus, dans les secteurs les plus nettement touchés par le surpâturage (Pilitas, La Posta), les "anciens", qui étaient là au moment de la création des ejidos (années 50-60) s'accordent aussi à dire que les pâturages étaient alors bien plus fournis. Certes, il faut faire, comme ailleurs, la part du vrai et les paysans ont tendance à indiquer un troupeau plus petit que la réalité, comme à dire que ce qu'il rapporte n'est guère intéressant, que les pâturages ne sont plus ce qu'ils étaient... Mais les paysans de la Sierra ont dû bien souvent se battre pour obtenir les terres qu'ils travaillent aujourd'hui (l'application de la Réforme Agraire ne s'est pas faite toute seule.), et ils n'ont aucune raison de crier trop fort que c'est le nouveau système de gestion du bétail qui a dégradé les pâturages. Ceci étant, les chiffres que l'on a pu obtenir du nombre de têtes de bétail sont parfois étonnants et indiquent une nette surcharge pastorale (cas de La Posta).

2 - Les scènes satellitaires

Les scènes satellitaires Landsat MSS (à résolution spatiale de 80 mètres) de 1972 (satellite Landsat 1) et de 1992 (Landsat 4) permettent, après correction radiométrique, de constater qu'il y a diminution de la biomasse entre les deux dates : l'indice NDVI (Indice de la Différence Normalisée de Végétation) semble diminuer assez sensiblement entre les 2 dates. La différence est suffisamment forte (20 à 30) pour ne pas être due seulement à la différence de sensibilité éventuelle des 2 capteurs, ni à la différence de mois entre les deux scènes : Les deux sont en saison sèche. Celle de 1972 a été saisie en décembre, après 2 mois de saison sèche; celle de 1992 en avril, après deux mois de saison sèche aussi car il y eu cette année là des pluies exceptionnelles en janvier-février : du reste, après deux mois de saison sèche les herbages sont déjà jaunés (figure 8 A-B et 9 A- B selon des découpages de classes légèrement différents).

FIG. 8A : L'indice de la végétation N.D.V.I. en 1972 (d'après scène Landsat MSS)

en bleu : les zones de sol nu : labours, zones érodées, lits de rivières, zones surpâturées ;
en jaune et vert : "savane" pâturée à chênes ;
en rouge : forêt de chênes, de pins, et de chênes/pins.



No way p. 15

no hay P. 16

FIG. 9B : L'indice de la végétation N.D.V.I. en 1992 (d'après scène Landsat MSS)

en bleu : les zones de sol nu : labours, zones érodées, lits de rivières, zones surpâturées ;
en jaune et vert : "savane" pâturée à chênes ;
en rouge : forêt de chênes, de pins, et de chênes/pins.



Les photographies aériennes (voir plus bas) ne montrant pas le déboisement dans cette région de forêt claire et savane d'altitude (couverture arborée de 20-30 %), on peut supposer que c'est le manteau herbacé qui s'est fortement dégradé (fig. 5, 6 et 7).

3 - La fin de la concurrence pour le sol ?

Le sentiment des habitants (et des spécialistes) est, au contraire, que la forêt a été fortement dégradée ces dernières années (pour le bois de chauffe, ici le chêne, et le bois d'oeuvre, le pin) ; des comptages de végétation ont donc été réalisés sur photographie aérienne et sur le terrain, à 20 ans d'écart (1974-1994) : 2 sites ont été sélectionnés sur rhyolite, 2 sur conglomérats, avec des expositions différentes (voir tableau 4)

Site	Lithologie	Expo	arbres en 1974	arbres en 1994	dont * jeunes
La Manga	conglomérats	Ouest	427	1139	475
Pilitas	conglomérats	Nord	139	467	71
Escobar	rhyolite	Sud	175	740	270
El Aguila	rhyolite	Est	144	212	23

* jeunes : arbres (en général pins) de taille inférieure à 2 mètres

L'évolution, a priori, semble être l'inverse de ce que pense globalement la population de ces villages (et les scientifiques, en général, très inquiets du rapide déboisement du pays).

Mais cette tendance pourrait bien être tout de même le signe d'une dégradation : la plupart des jeunes arbres sont des pins peu appétants pour le bétail. Un jeune chercheur mexicain³ a émis l'hypothèse que cette croissance du nombre d'arbres pourrait être liée justement à la rapide dégradation du couvert herbacé de la savane d'altitude (figure 5) : sans que sa disparition ne favorise la germination des graines de pins, ce manteau herbacé n'est plus en compétition pour gêner la croissance des arbres, dans une région où le stress hydrique est tout de même important (8 mois de saison sèche), même durant la saison des pluies où des périodes de plusieurs semaines sans pluies sont fréquentes.

³ - Il s'agit d'une communication orale de David VIRAMONTES PEREIDA, biogéographe.

CONCLUSION

L'évolution récente de la végétation et des sols est donc marquée par une dégradation inquiétante bien que relativement peu brutale, du milieu naturel ; l'agent principal de cette dynamique semble le bétail bovin, et de fait le paysage est très marqué par la surcharge pastorale : sols squelettiques, affleurements rocheux au milieu des pâturages, traces de piétinement, auréoles de dégradation autour des lieux habités et des points d'eau, "terrassettes" liées au surpâturage

De ce fait, le stock fourrager semble s'être dégradé ces dernières décennies, ce qui a provoqué ces phénomènes de surpâturage et peut-être d'évolution de la végétation avec la croissance de conifères facilitée par la disparition progressive des graminées. Sans que l'on puisse établir directement un lien entre cette surcharge pastorale et l'érosion des sols, il est évident que les conditions du ruissellement des eaux et du bilan hydrique en général sont modifiées : il est probable que les coefficients de ruissellement s'accroissent, et avec eux les risques de concentration des filets d'eau et le creusement des ravines ; le piétinement du bétail et le tassement qu'il provoque limite également l'infiltration.

Il semble donc que contrairement à un sentiment relativement répandu, le manteau forestier ne soit pas menacé dans l'immédiat, mais que la dégradation du couvert herbacé est une menace pour l'économie locale autant que pour la conservation des sols et des ressources hydriques.

BIBLIOGRAPHIE

- BARRAL H. et ANAYA E. : données recueillies lors d'enquêtes de terrain sur 4 ejidos de la Sierra Madre Occidentale.
- CENID-RAPA-ORSTOM-DEC : Anàlisis de los factores que influncian los escurrimentos en la Region Hidrologica 36" ; Cenid Raspa-INIFAP/ORSTOM-Département Eaux Continentales, 370 p. 1994.
- DGG, Direccion Général de Geographia : Geologica de la Republica Mexicana, 1982, Mexico.
- EOSAT : Scènes satellitaires MSS de 1972 et 1992.
- INEGI : Cartes climatologiques du mexique au 1/100 000 ème (feuilles Chihuahua, Monterrey, Guadalajara).
- INEGI : Recensements de population et agricoles 1970, 1980, 1990.
- POULENARD J., (1995) : L'érosion due au surpâturage dans la Sierra Madre Occidentale, rapport de stage ISTOM/ORSTOM, juin 1995.
- TUCKER (1977) : Use of near infrared/red ratiance ratios for estimating vegetation biomass and physical status. Proc. IIth International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann. Arbor. Mi., 1, ERIM, p. 493-494.
- VIRAMONTES PERREIDA David (1995) : Caracterizacion de los suelos y la vagatacion en relacion con el potencial hidrico, en dos cuencas experimentales de la parte alta de la cuenca del rio Nazas, 23 p. Figures, rapport ORSTOM, février 1995.

A detailed black and white topographic map of a mountainous region, likely the Rhodanien area. The map features numerous contour lines of varying thickness and spacing, indicating elevation changes. A prominent river valley runs vertically through the center-left of the image. The terrain is rugged, with several peaks and ridges. The overall style is that of a technical or scientific map.

**LABORATOIRE RHODANIEN
DE GEOMORPHOLOGIE**

bulletin N° 33-34

ISSN 0152 8335