

RAPPORT D'ACTIVITE
"EROSION ET SURPATURAGE DANS LA SIERRA MADRE OCCIDENTALE"

Jérôme POULENARD
Stagiaire ISTOM

→ ORSTOM

dans le cadre du projet CENID-RASPA ORSTOM-DEC
Nord Mexique

INTRODUCTION

Contexte de l'étude

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet ORSTOM CENID-RASPA.

Ce projet a pour objectif une évaluation des écoulements superficiels se déroulant sur la Région Hydrologique n° 36.

Vaste zone endoréique (92 000 Km²), la RH 36 appartient à l'altiplano Mexicain et est encadrée par les Sierras Madres Occidentale et Orientale.

Elle est caractérisée par un climat aride (200 mm de pluviométrie annuelle) dans sa partie basse, et semi-aride où sub-humide dans sa partie haute (2000 à 3000 m d'altitude).

Elle est irriguée essentiellement par les Rios Aguanaval et Nazas.

Ces Rios constituent la principale ressource en eau de la grande zone peuplée de la "Laguna Comarca" (1 million d'habitants entre Torreón, Gomez-Palacio et Lerdo), au fond du bassin endoréique.

Ainsi, ils sont la véritable moelle épinière de cette zone aride. Il était donc indispensable de comprendre et d'analyser leur fonctionnement dans la région d'accumulation des eaux superficielles.

Dans ce cadre, il a été mis en évidence que la Sierra Madre Occidentale agit comme le château d'eau de la RH36 en alimentant de ces pluies le Rio Nazas, qui constitue à lui seul 87,4% des apports en eau de la Laguna.

Par conséquent, une étude détaillée des ruissellements dans cette Sierra Madre Occidentale est une nécessité pour rendre compte du fonctionnement hydrologique de la RH 36.

Au cours des travaux de terrain réalisés par l'équipe du projet ORSTOM CENID sur cette partie haute, il a été observé une forte activité érosive et notamment la présence sur de grandes surfaces de formations géomorphologiques de "terrassettes" et également dénommées "marches d'escalier".

Ces terrassettes, dont nous tenterons de comprendre la formation, les caractéristiques et la morphologie, sont le plus souvent le signe d'un surpâturage aigu, qui pourrait être le facteur essentiel des processus érosifs superficiels de cette zone.



Or l'érosion des sols représente un enjeu majeur, puisque ce phénomène est considéré comme en recrudescence et pourrait affecter une part importante des sols de cultures ou de pâturages d'ici à l'an 2000 (30 à 40 % des sols actuellement utilisés).

Pourtant il apparaît difficile d'établir à l'heure actuelle à quel niveau ces pertes en terre estimées constituent une menace pour la durabilité des systèmes de cultures.

Objectif de l'étude

Donc, l'impact de l'érosion est d'une importance capitale sur la gestion future de ces terres de Montagnes de la Sierra Madre Occidentale.

Leur intégration à l'économie agricole Mexicaine repose, en effet, sur cet aspect de contrôle du capital Terre, considéré comme lutte contre un des facteurs limitant de la production.

Il s'agit ainsi de répondre aux questions suivantes :

- + Quelle est l'intensité de l'érosion dans cette zone ?
- + Dans quelle mesure le surpâturage est le facteur aggravant essentiel de ce processus ?
- + Quelles stratégies de gestion des troupeaux et du terroir seraient souhaitables pour en limiter les effets ?

Cette étude se propose d'apporter des éléments de réponses à ces questions. Il va de soi que, dans un délai aussi court (4 mois), et avec les moyens disponibles, il est hors de propos de prétendre proposer une vision exhaustive de ces phénomènes complexes.

Méthodologie générale

Dans un premier temps, nous nous contenterons de réaliser un inventaire des formes érosives de la zone, puis une description géomorphologique et morphométrique propre à ces phénomènes (proto-griffes, ravines, terrassettes).

Plus précisément, en ce qui concerne les terrassettes, nous tenterons de déterminer les pentes limites de formation de celles-ci ainsi que leurs dispositions et formes selon les facteurs pentes, végétation et types de sol.

Enfin nous chercherons quel est le comportement hydrique spécifique de ces terrassettes.

Dans un deuxième temps nous nous attacherons aux fonctionnements hydriques et érosifs de ces formations en marche d'escalier.

Nous réaliserons ceci par l'examen et l'interprétation des résultats obtenus sur parcelles expérimentales au cours des événements pluvieux naturels de la saison des pluies 1994.

Enfin à l'aide de ces résultats nous tenterons de proposer des solutions susceptibles d'être appliquées par les communautés rurales de ces zones afin de réduire l'intensité de ces phénomènes de dégradation du milieu.

1. Présentation de la zone d'étude.

1.1 Localisation de la zone

Ce travail a eu pour cadre géographique la Sierra Madre Occidentale qui s'étend au Nord-Ouest du Mexique, sur plus de 1000 Km du Nord au Sud.

Le choix de la zone précise de travail a correspondu à un double désir de représentativité sur l'ensemble de la Sierra et d'autre part de l'observation préalable de phénomènes nombreux de dégradation des sols.

Le tableau ci-dessous présente la localisation de cette zone.

Nous présentons ici une localisation selon les dénominations administratives, géographiques et hydrologiques, car chacun de ces éléments constitue une grille de lecture possible de cet région.

LOCALISATION	
	de 105° 35'W à 105° 45'W de 25° 35'N à 25° 45'N
Administrative	Mexique Etat de Durango Municipios de Guanacevi et de Tepehuanes Ejidos de Boleras, Escobar, Posta de Jihuites
Géographique	Sierra Madre Occidentale Sierra " La Candela"
Hydrologique	Région Hydrologique 36 Bassin du "Nazas" Haut Bassin du "Sextin"

1.2 Géologie

La Sierra Madre Occidentale est apparue au Tertiaire et est essentiellement constituée de roches extrusives.

Une série gigantesque d'éruptions a bousculé, plissé vers l'Est, et en partie recouvert à cette période les terrains sédimentaires secondaires (calcaires) qui y préexistaient et que l'on retrouve dans la partie basse de la RH 36 . Ces multiples éruptions ont ainsi provoqué un empilement de roches volcaniques, le plus souvent rhyolites et tufs.

Ces roches, érodées, ont donné naissances à des conglomérats au cours du pliocène.

Dans le même temps, les terrains volcaniques se sont fracturés provoquant ainsi des effondrements.

Les roches détritiques (conglomérats) ont alors peu à peu comblé les grabens ainsi formés.

Ainsi aujourd'hui, la Sierra Madre est constituée d'une alternance de rhyolites ou de tufs et de conglomérats.

En ce qui concerne notre terrain d'étude, cette dualité lithologique constituera une base à laquelle nous nous référerons de façon continue.

En effet il s'agira de définir le comportement de ces deux types de terrain et d'apprécier leurs différences éventuelles en ce qui concerne la résistance à l'érosion.

Un premier élément réside dans la différence de dureté de ces deux roches.

La rhyolithe est une roche dure par opposition aux conglomérats, tendres.

Cette première différence a une conséquence géomorphologique immédiate:

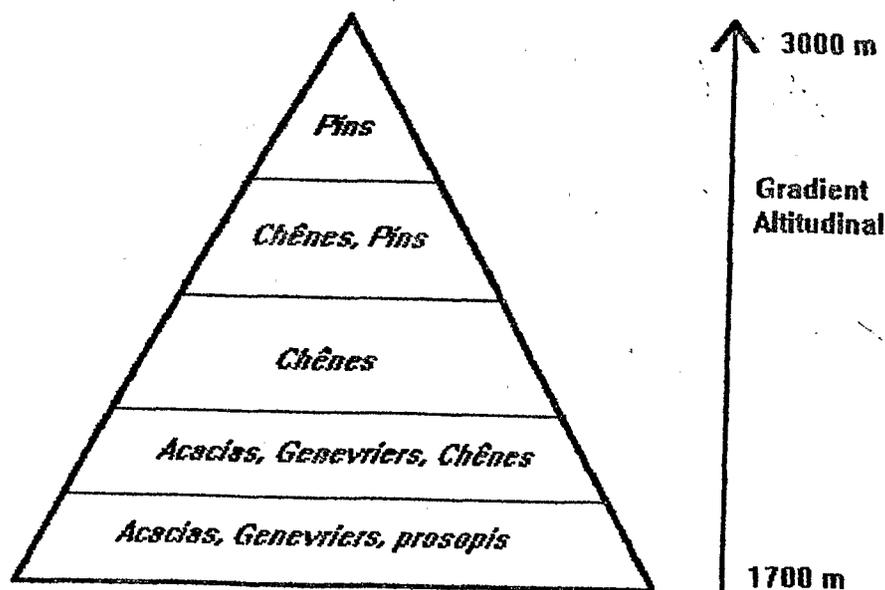
les versants sur conglomérats auront une pente limite (autour de 45°) alors que cela n'a pas été mis en évidence pour les versants rhyolitiques.

1.3 végétation

Dans la Sierra Madre Occidentale, la végétation se dispose en un étage altitudinal.

Ainsi des piémonts aux sommets nous pouvons distinguer une véritable zonation des types de végétation selon le facteur altitude.

Le schéma page suivante présente les espèces principales se disposant sur l'ensemble du transect altitudinal de la zone.



Étage altitudinal de la végétation dans la Sierra Madre Occidentale

Cette hiérarchisation altitudinale est classique dans toutes les zones montagneuses mais elle semble accrue ici par les facteurs climatiques.

En effet, dans une zone sub-humide à longue saison sèche comme celle-ci, le facteur limitant à la croissance des végétaux réside essentiellement dans les possibilités de disposition en eau. Or comme nous pourrions le remarquer il existe une relation positive entre altitude et pluviométrie.

De façon évidente cet étagement a des limites et les facteurs locaux de relief, d'exposition et de type pédologique influencent de façon capitale la disposition végétative.

D'autre part on observe une importante variabilité de la densité de couverture végétale. De la savane claire jusqu'aux forêts sombres de pin on rencontre tous les types de couverture végétales (de 10 à 100 %).

Cette hétérogénéité ne semble pas pouvoir uniquement s'expliquer par les facteurs cités plus haut. Les activités humaines d'exploitation forestière et d'élevage sont sans aucun doute comme nous le verrons d'autres facteurs essentielles à prendre en compte.

1.4 Climat

Le climat de la Sierra Madre trouve sa définition par la combinaison de la latitude et de l'altitude. Par la latitude il peut être rattaché à l'ensemble des climats subtropicaux mais l'altitude de la zone lui adjoint des éléments propres aux climats montagneux.

Ainsi ces principales caractéristiques sont les suivantes :

- * 75 % des pluies annuelles ont lieu sur les quatre mois d'été.
 - * 100 jours de présence de gel.
 - * Evolution de la pluviométrie avec l'altitude selon la relation simplifiée suivante : $x = 2,48 y + 662$ avec x : altitude et y : pluviométrie.
 - * Température moyenne annuelle de 14°C suivant une relation linéaire avec l'altitude : $T = 29,13 - 0,0062 h$ avec T : température et h : altitude.
 - * Pluviométrie moyenne annuelle : 611mm (Station de mesure de La Cienega de Escobar; 22 ans de mesure).
 - * La répartition des pluies dans l'année n'est pas encore suffisamment connue mais il semble que les pluies soient relativement peu nombreuses en saison humide mais qu'elles peuvent atteindre de grosses intensités. Ce point reste évidemment à vérifier et à développer puisque la forme des pluies et l'énergie cinétique des gouttes sont des facteurs essentiels de l'érosivité de ces pluies.
- L'examen des données des pluviomètres OEDIPE qui enregistrent l'intensité des pluies nous permettra une première approche de ces éléments.
- Pourtant les pluies enregistrées au cours de la saison humide 1994 (environ 400 mm) correspondent à un minimum des normales de la série 1970-1990 et ne sont donc pas forcément représentatives de la variabilité temporelle normale.

2. Méthodologie et dispositifs expérimentaux

Afin de répondre à notre objectif, il nous a semblé adéquat de proposer un protocole de recherche dirigé sur les trois axes principaux de cette étude; A savoir une **description des formes**, une étude du **comportement des sols vis à vis de l'eau**, et une tentative d'appréciation des **fonctionnements hydro-érosifs**. Il nous a fallu donc trouver des moyens expérimentaux adaptés à chacune de ces parties.

2.1 Description des formes

2.1.1 Terrassettes

L'un des objectifs premiers de cette étude consistait en une analyse des formes et des dispositions des terrassettes de pâturage.

Nous avons donc procédé à une mesure morphométrique de ces marches d'escalier. Pour ce faire nous avons choisi 4 versants représentatifs (2 sur chaque type lithologique) et nous avons mesuré au décamètre, la taille des terrassettes et des inter-terrassettes, leur nombre et la pente moyenne de chaque zone de mesure.

Pour chaque site nous avons déterminé les lieux de mesure en tentant de sélectionner une série de disposition avec une pente moyenne croissante.

En effet la pente est pour la présence et la forme de ces terrassettes le facteur déterminant.

Ainsi nous avons pu déterminer les pentes limites de leur formation et leur morphologie selon les caractères de pente, de couverture végétale et de lithologie.

2.1.2 Rigoles d'érosion

De manière plus anecdotique puisque cela ne constituait pas le cœur de ce travail, nous avons mesuré la forme d'une rigole représentative.

Pour ce faire nous avons utilisé une "règle topographique", dispositif fonctionnant sur le principe du rugosimètre.

Il s'agit d'une simple règle métallique supportant 20 fines tiges, répartie sur un mètre et qui peuvent coulisser verticalement. Elles épousent ainsi la topographie du terrain et leurs têtes indiquent sur un tableau gradué les côtes du profil.

Cet appareil est destiné en fait à mesurer l'ablation du sol, mais il n'a pu nous servir dans ce sens, vu la trop faible durée de l'étude.

Cependant il nous a permis de décrire la forme d'une petite ravine ou rigole.

Nous avons installé plusieurs points de mesure à distance fixe (5 m) et cela de l'apparition d'un creusement à la surface jusqu'au point où la profondeur de la ravine ne permettait plus la mesure.

Nous avons réalisé ce travail en espérant que la topographie de cette rigole permettra de comprendre les processus de son creusement.

2.2 Comportement hydrique des sols

Il est évident que le comportement des sols vis-à-vis de l'eau de pluie est un élément décisif des processus érosifs.

Dans ce cadre nous avons favorisé l'étude des composantes susceptibles de montrer le compactage des sols du au piétinement animal, et leurs conséquences sur le comportement hydrique superficiel.

En effet la "réponse des sols" à l'eau est dépendante des éléments de porosité apparente, de perméabilité, de texture, de taux de Matière Organique et nous pouvons penser que les zones de passage du bétail auront des caractéristiques propres à influencer le ruissellement et l'érosion.

2.2.1 Porosité apparente

Cette mesure est essentielle pour apprécier la pression exercée par le piétinement des animaux. Cette pression doit faire évoluer la surface du sol vers un abaissement de sa porosité apparente.

Ainsi nous avons réalisé plusieurs séries de mesure de cette porosité et ceci sur deux versants pâturés, l'un sur substrat rhyolitique, l'autre sur conglomérat.

Ces mesures ont été effectuées sur les terrassettes de déplacement animal d'une part et d'autre part sur les inter-terrassettes non pâturées.

De plus afin de chercher à exclure ou réduire les imprécisions ou les erreurs de cette mesure, nous avons pratiqué deux types de méthodes d'analyse différente :

- * Porosité apparente par densité apparente sur motte (méthode à la paraffine)
- * Porosité apparente par densité apparente (méthode au cylindre)

En effet la méthode sur motte que nous avons choisie tout d'abord s'est avérée insuffisante pour principalement les deux raisons suivantes :

+ cette méthode se révèle parfaitement valable pour des mottes d'un poids de 30 à 100 g. Or il nous a été extrêmement difficile de ramener au laboratoire des mottes de taille conséquentes, et ceci d'une part par la petite taille naturelle des agrégats de ces sols, et d'autre part par la longueur et la mauvaise qualité de la piste de retour, qui a provoqué des secousses qui ont brisé ces mottes.

+ les résultats observés ne sont parfaitement significatifs que pour les mottes elles-mêmes, qui ne sont pas forcément représentatives de l'ensemble de la surface où elles ont été collectées. L'échantillonnage des mottes se révèle donc décisif et il a semblé particulièrement délicat dans notre étude.

2.2.2 Tests de perméabilité

Nous avons pratiqué sur les mêmes versants, une série de tests de perméabilité.

Ces tests ont été effectués par un protocole rudimentaire :

Les cylindres de mesure de densité ont été enfoncés dans le sol en place jusqu'à une profondeur permettant d'y inclure un volume de 130 Cm^3 de terre.

Cette fraction de la superficie du sol a été placée sur une surface horizontale (sans remaniement de la structure) et nous avons mesuré le temps de disparition, de la surface de ce sol, d'un volume d'eau de 50 ml déposé lentement sur les bords du cylindre.

En effet les fortes pentes des inter-terrassettes ne nous permettaient pas de réaliser un test sur sol en place, ce qui aurait évité un déplacement susceptible d'apporter des modifications structurales aux sols.

Cette méthode ne constitue pas une mesure de la perméabilité du sol et les résultats obtenus ainsi ne seront qu'à comparer entre-eux.

Malgré cela, l'examen des résultats laisse apparaître que cette méthode permet une bonne appréciation de la différence de réaction à l'eau selon la disposition du sol (pâturé ou non).

2.2.3 Autres mesures

Afin de compléter notre compréhension de ce comportement hydrique du sol, nous avons d'une part prélevé un ensemble d'échantillon de surface, et d'autre part réalisé une série de trois petits profils (50 cms de profondeur) sur un versant dégradé.

Nous nous sommes contenté de réaliser sur les échantillons ainsi prélevés, une mesure de la matière organique, une analyse texturale et en ce qui concerne les échantillons de surface, une mesure de la rétention d'humidité à différents Pf.

En effet ces échantillons proviennent des lieux de test de porosité et de perméabilité et les éléments mentionnés plus haut permettront d'éclairer les résultats de ces tests.

La réalisation des profils avait, elle, pour objectif, une observation des phénomènes internes et notamment de vérifier la présence de lessivage oblique.

2.3 Fonctionnement hydrique et érosif

2.3.1 Mini-pièges

2.3.1.1 Dispositif

Il nous fallait trouver un moyen économique et facile à mettre en oeuvre afin d'apprécier les différences de perte en sédiments selon les valeurs de pente, d'états de surface et de marques de surpâturage.

Les mini parcelles d'érosion nous ont semblé les plus à-même de remplir cet office.

Il s'agit simplement d'une tôle d'acier déposée sur le sol, reliée au moyen d'un tuyau à un bidon enterré.

Nous avons délimité une aire de ruissellement, c'est à dire que nous avons extrait du versant une surface sur laquelle toute l'eau de ruissellement (et uniquement celle de cette surface) s'écoule naturellement dans le bidon (cf dessin ci-dessous).

Nous avons choisi afin de s'adapter aux différentes contraintes rencontrées (financière, difficultés de déplacement, difficultés à enterrer...) des bidons de vingt litres.

Ainsi nous avons dû délimiter des surfaces de réception de $0,5 \text{ m}^2$ ($1 \times 0,5$; le mètre étant dans l'axe des filets de ruissellements).

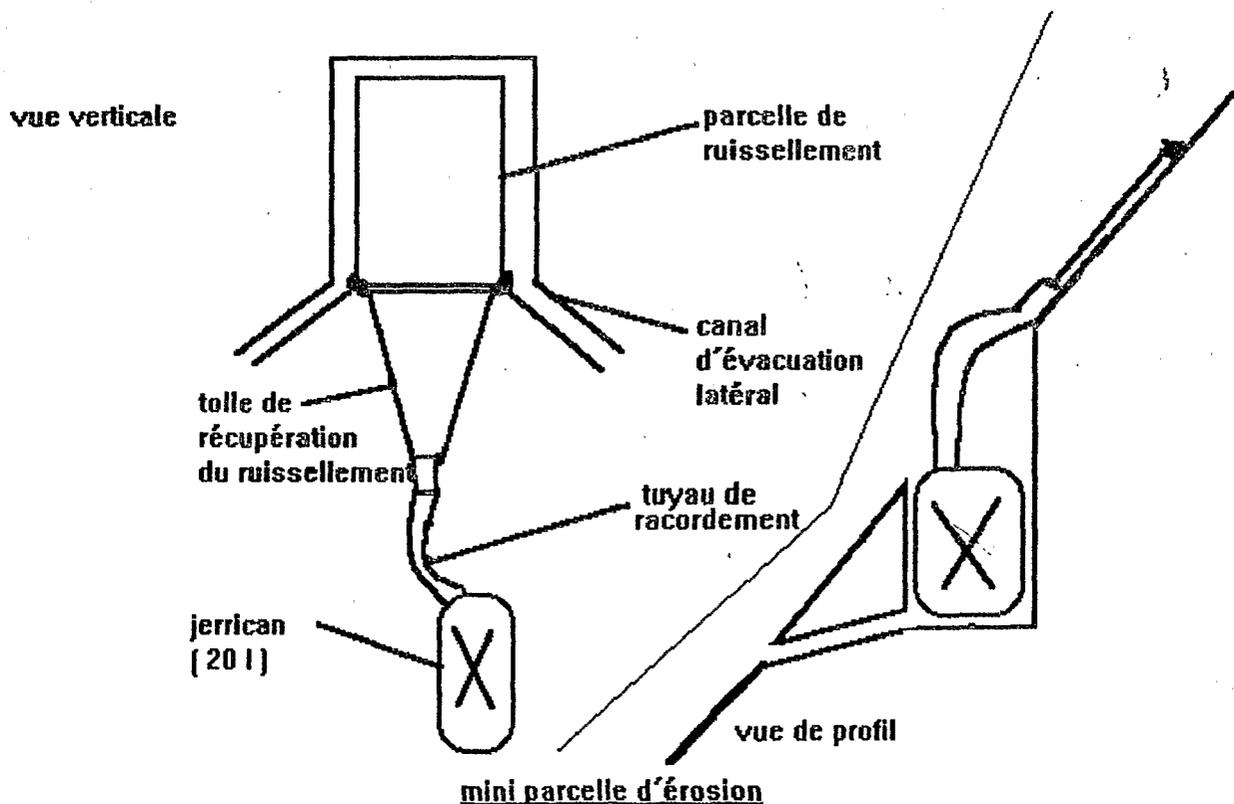
L'utilisation d'une si petite surface est bien sûr critiquable.

Il est en effet évident que par le fait de leurs tailles, ces parcelles ne constituent en aucun cas un procédé de quantification ni du ruissellement, ni de l'érosion.

Les valeurs chiffrées qui seront donc présentées à partir de ces parcelles ne seront qu'à comparer entre elles.

Pourtant, malgré les difficultés rencontrées (canaux de déviation bouchés, blocage des particules sur la tole...) il nous semble que ces parcelles sont un moyen simple d'apprécier les pertes en sédiments.

Elles apparaissent comme bien adaptées à ce type d'étude, courte et générale et par la même sans prétention de mesure précise.



D'autre part, nous avons installé deux séries de deux parcelles jointes, l'une ayant une surface de 0,5 m², l'autre de 1 m² (2 x 0,5, 2 m de longueur de ruissellement) et ceci afin d'essayer de prendre en compte le facteur "longueur des filets de ruissellement".

2.3.1.2 Caractéristiques des parcelles

Nous avons donc installé 14 mini-pièges (impluvium de 0,5 m²) de ce type et 2 mini-pièges d'impluvium de 1 m².

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de ces parcelles au moment de leur installation.

NOM	Lithologie	Pente (°)	cou veg (%)	croûte de surface	Porosité +10 %	pieti net	E.G (%)	M.O (%)	ARG (%)
A1	Rhyolite	25	10	ST3	non	non	38	5,3	8
A2	Rhyolite	20	15	ST3	non	non	38	6,3	6
A3	Rhyolite	40	5	ST3	oui	oui	42	2,2	6
B1	Conglo	18	10	ST2	non	non	31	2,4	14
B2	Conglo	25	10	ST2	oui	oui	27	3,3	8
B3	Conglo	22	5	ST2	oui	oui	29	2,3	6
C1	Conglo	15	15	G	non	non	26	1,7	6
C2	Conglo	16	30	ST3	non	non	26	4,8	8
C3	Conglo	10	30	ST3	non	non	26	3,9	4
D1	Conglo	10	35	ST3	non	non	18	5,0	2
E1	Conglo	9	30	ST3	oui	non	22	3,3	10
F1	Conglo	3	15	ST3	oui	non	20	0,9	6
G1	Rhyolite	11	0	ERO	oui	oui	30	1,7	6
G2	Rhyolite	11	0	ERO	oui	oui	30	1,7	6
H1	Rhyolite	14	25	ST3	non	non	37	5,6	8
H2	Rhyolite	14	30	ST3	non	non	37	5,6	8

2.3.2 Parcelles à chenaux

Ce travail ayant pour objectif principal l'étude du fonctionnement des terrassettes nous avons souhaité avoir une mesure indicative de leur fonctionnement hydrique.

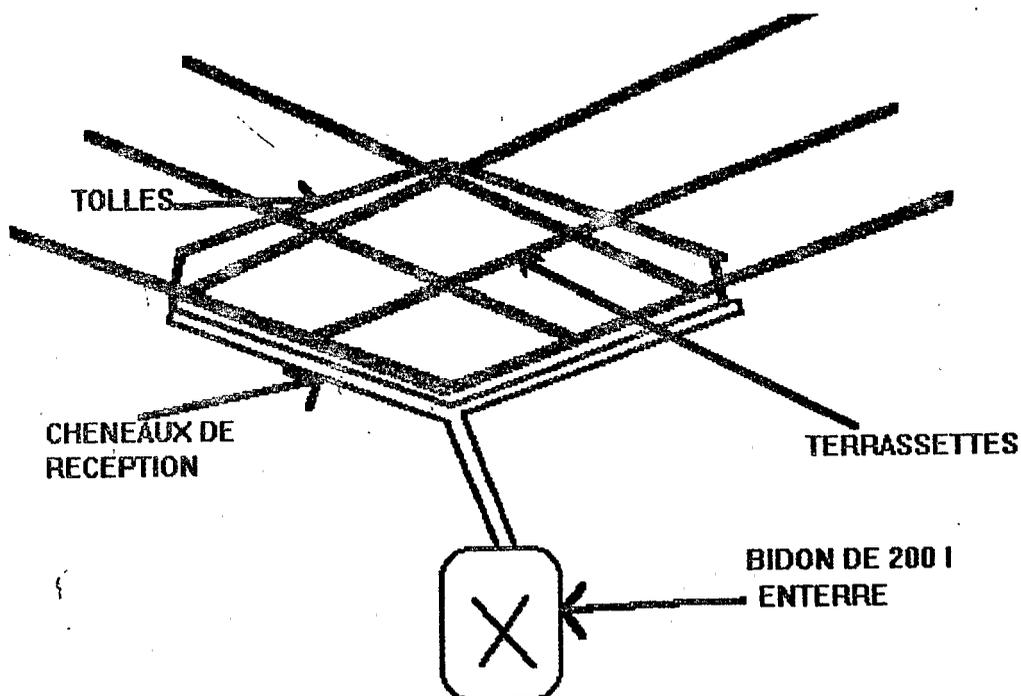
Or les mini-pièges ne possédaient pas une taille suffisante pour nous permettre d'apprécier le fonctionnement global d'une série de " marche d'escalier "

Nous avons donc installé deux parcelles à chenaux sur les deux unités lithologiques.

Ces parcelles, de quelques m², ont été placés sur le "huit" que forme le croisement de deux séries de terrassettes.

Elles sont constituées de simples chenaux ouverts, reliés au moyen d'une tôle galvanisée au sol.

Ces chenaux, qui récupèrent par gravité, l'eau ruisselée sur la parcelle, la conduisent dans un fût de 200 litres. (cf. fig.ci-dessous).



Or l'installation tardive de ces parcelles n'a pas permis une cicatrisation du terrain, notamment le lien entre la tôle d'acier et le sol ne s'est jamais avéré satisfaisant.

Par l'effet de ce mauvais fonctionnement il nous est impossible de quantifier les pertes et les ruissellements ayant eu lieu sur ces parcelles.

2.3.3 Barrages à sédiments

Il s'agit d'un protocole extrêmement rustique et simple.

Un barrage de moellons est construit au coeur d'un talweg et retient les écoulements et les transports solides.

Cette installation permet une mesure des pertes en sédiments sur des surfaces moyennes à grandes (quelques dizaines de m^2 à plusieurs milliers de m^2).

Mais la difficulté de vidange de ces barrages ne permet pas une répétition sur un grand nombre de site.

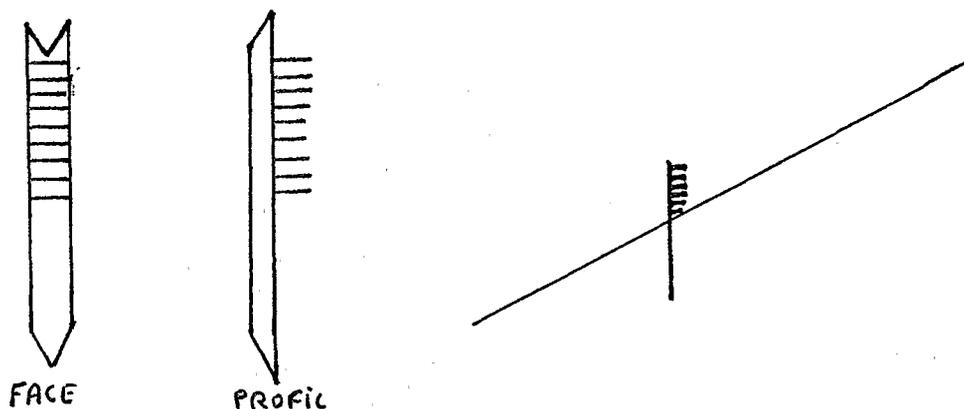
De plus la taille imposante des impluviums de ces parcelles ne peut être mesurée avec une très grande précision.

Nous avons installé deux barrages de ce type, l'un sur substrat rhyolitique, l'autre sur conglomérat.

Dans notre cas ces installations ont eu le très gros avantage de réunir après chaque événement pluvieux un poids important de sédiments, ce qui nous a permis de procéder à une analyse texturale et chimique (M.O; P.H) des pertes.

Afin d'apprécier la hauteur de la nappe de ruissellement, nous avons placé dans chacun des impluviums de ces barrages, une série de trois "échelles à maximum".

Echelle à maximum



Une goutte d'huile de vidange est déposée sur chaque niveau et après chaque écoulement on peut connaître la hauteur maximum de la nappe ruisselée en repérant le niveau le plus haut de l'échelle présentant une émulsion de l'huile.

Ces diverses installations devaient permettre la prise en compte des différents facteurs du fonctionnement hydrique et érosif.

La taille croissante des parcelles (1 m² pour les mini-pièges, quelques m² pour les parcelles à chenaux, plusieurs milliers de m² pour les barrages à sédiments) permettent, sans pour autant constituer une tentative de transfert d'échelle, une approche des phénomènes aux échelles multiples.

Il sera donc important de comparer les résultats obtenus sur ces différents types d'installation.

3. Premiers Résultats

Les résultats présentés ici sont en cours d'interprétation et ne sont donc pas définitifs. Il s'agit simplement de présenter une première série de données qui seront analysées et interprétées par la suite.

3.1 Morphométrie

*Pentes limites

Le tableau ci dessous présente les pentes limites des versants à terrassettes.

	Pente Minimum	Pente Maximum
Rhyolite	21°	45°
Conglomérat	15°	37°

La pente maximum sur conglomérat semble correspondre à la pente maximum atteinte géomorphologiquement par cette lithologie.

Par contre la pente maximum de formation de terrassettes sur rhyolite(45°) pourrait être la pente limite du déplacement des animaux d'élevage de cette zone.

La faible dureté des conglomérats et leur disposition en strates sont peut-être les éléments qui pourraient expliquer la présence de terrassettes sur des pentes plus faibles que sur substrat rhyolitique.

*Disposition

Les résultats complets qui seront exposés ultérieurement nous permettent de définir deux types de versant "terrassé" :

- * versant à terrassettes horizontales
- * Versant à terrassettes "cellulaires"

Il semble d'après les premiers résultats que les formations cellulaires sont caractéristiques des pentes fortes.

De même il semble qu'elles soient privilégiées par la présence d'obstacles (arbres, végétation arbustive dense et non comestible, rochers..)

De façon générale la forme des terrassettes semble dépendre avant tout de la pente du versant.

Le tableau ci-après présente les corrélations entre les différents paramètres mesuré.

	PEN	TAT	TIT	TPM	CT	CIT
PEN	1	-0,11	0,72	-0,67	-0,6	0,19
TAT	-0,11	1	0,43	-0,34	0,37	0,51
TIT	0,72	0,43	1	-0,79	-0,34	0,2
TPM	-0,67	-0,34	-0,79	1	0,27	-0,37
CT	-0,6	0,37	-0,34	0,27	1	0,26
CIT	0,19	0,51	0,2	-0,37	0,26	1

n=13

Avec PEN=Pente moyenne du site; TAT=Taille des terrassettes; TIT=Taille des inter-terrassettes; TPM=Nombre de terrassettes par mètre; CT=Couverture végétale des terrassettes; CIT=Couverture végétale des inter-terrassettes.

Nous pouvons voir ici une relation positive entre pente et taille des inter-terrassettes. C'est à dire que plus la pente est élevée plus les inter-terrassettes ont des tailles importantes. Ainsi le nombre de terrassettes est décroissant corrélativement à une augmentation des pentes.

Il s'agira dans le rapport final d'analyser le rôle sur la forme de ces versants de la couverture végétale, de la lithologie, de l'exposition...

3.2 Comportement hydrique du sol

Nous ne sommes pas en mesure de présenter ici des résultats complets.

Mais il apparaît comme le montre le tableau ci-dessous qu'il existe une différence importante de porosité apparente entre terrassettes et inter-terrassettes.

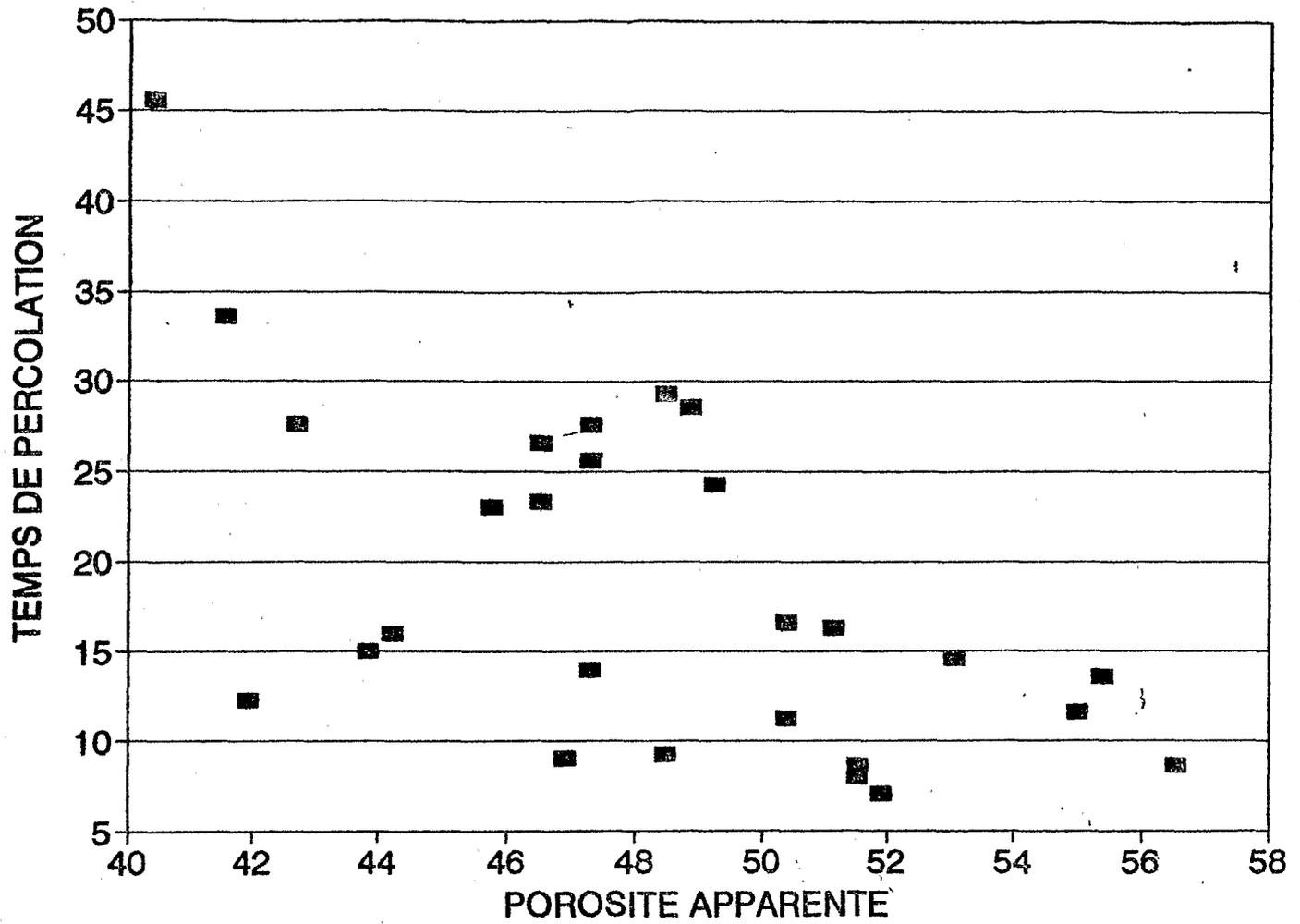
	ENSEMBLE			CYLINDRE			MOTTE		
	n	moy	e.t	n	moy	e.t	n	moy	e.t
I.T CG	13	46,5	4,91	7	43,6	3,96	7	43,6	3,9
I.T R	21	46,9	7,67	6	52,2	3,1	14	44,3	7,9
Ensemble I.T	34	46,8	6,66	13	51,1	3,4	21	44,1	8,81
T.CG	16	40,2	4,29	7	42,9	2,47	9	38,1	4,57
T.R	26	40,4	6,61	7	48,2	1,44	19	37,1	6,03
Ensemble T	42	40,3	5,8	14	45,5	3,4	28	35,7	10,2

Ainsi le piétinement exercé par le bétail a des répercussions directes sur les facteurs physiques du sol.

La porosité apparente des terrassettes est toujours plus faible que celle des zones non-pâturées.

Or, comme le graphique page suivante le montre il y a une relation positive entre la porosité et infiltration.

POROSITE APPARENTE ET PERCOLATION



Ainsi l'infiltration sur les espaces de passage du bétail est plus faible que sur les lieux non pâturés.

De manière évidente la proportion élevée de terrassettes sur certains versants fait que l'ensemble de ce versant présentera un coefficient de ruissellement plus élevé et par là même une sensibilité accrue aux phénomènes de dégradation des sols.

3.3 Fonctionnement hydriques et érosifs

L'ensemble des données concernant cette partie **reste à analyser et interpréter.**

Nous chercherons quels sont les éléments physiques (pente, couverture végétal...) et pluviométriques (Energie Cinétique, état hydrique du sol avant chaque événement pluvieux...) qui induisent une perte en sédiments.

Dans le même temps il s'agira de comprendre quel est l'effet de chacun de ces paramètres sur le fonctionnement hydrique.

Les premiers résultats obtenus sont pourtant déjà parlants.

Le premier graphique (p.17) présente la relation entre perte en sédiments mesurée et la pente moyenne des différentes parcelles.

Nous avons ajouté à ce graphique l'élément de présence de porosité vésiculaire. Cette composante qui a été bien définie par CASENAVE et VALENTIN est ici d'un grand intérêt. En effet il apparaît que leur présence est un élément décisif puisque les parcelles où elle a été mise en évidence ont été celles où les pertes ont été les plus importantes.

Par ailleurs il semble que la pente soit un facteur également important (le coefficient de corrélation entre perte et pente est de 0,65).

Le deuxième graphique (p.18) prend en compte la perte en terre et le taux de couverture végétale. Dans le même esprit nous y avons adjoint la présence observée de marques de piétinement récent.

Or il apparaît à la lecture de ce graphique, d'une part qu'il existe une relation linéaire négative entre perte et couverture herbacée (plus la couverture est faible et plus les pertes sont fortes).

D'autre part il est net que les zones de piétinement sont les zones où la couverture herbacée est la plus faible. De façon évidente le passage du bétail est un élément destructeur de la couverture végétale non seulement par la consommation alimentaire des végétaux que réalisent les animaux, mais aussi par le piétinement du sol qu'ils exercent.

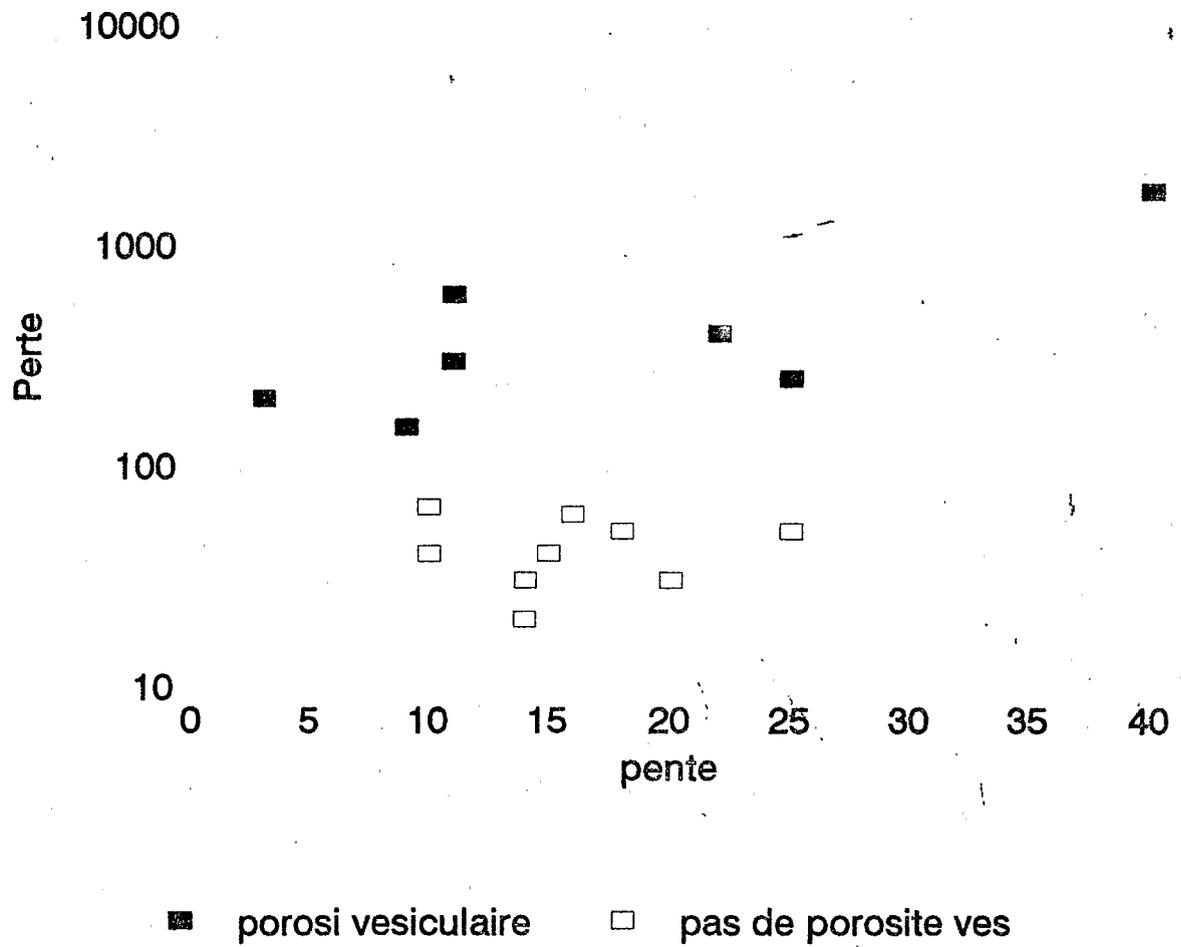
Ainsi on peut observer une relation entre les pertes en sédiments et la présence de piétinement.

Par contre nous ne sommes pas en mesure, à ce niveau de l'étude, pour expliquer ces pertes, de déterminer la part qui revient au faible taux de couverture végétale et la part qui revient au piétinement.

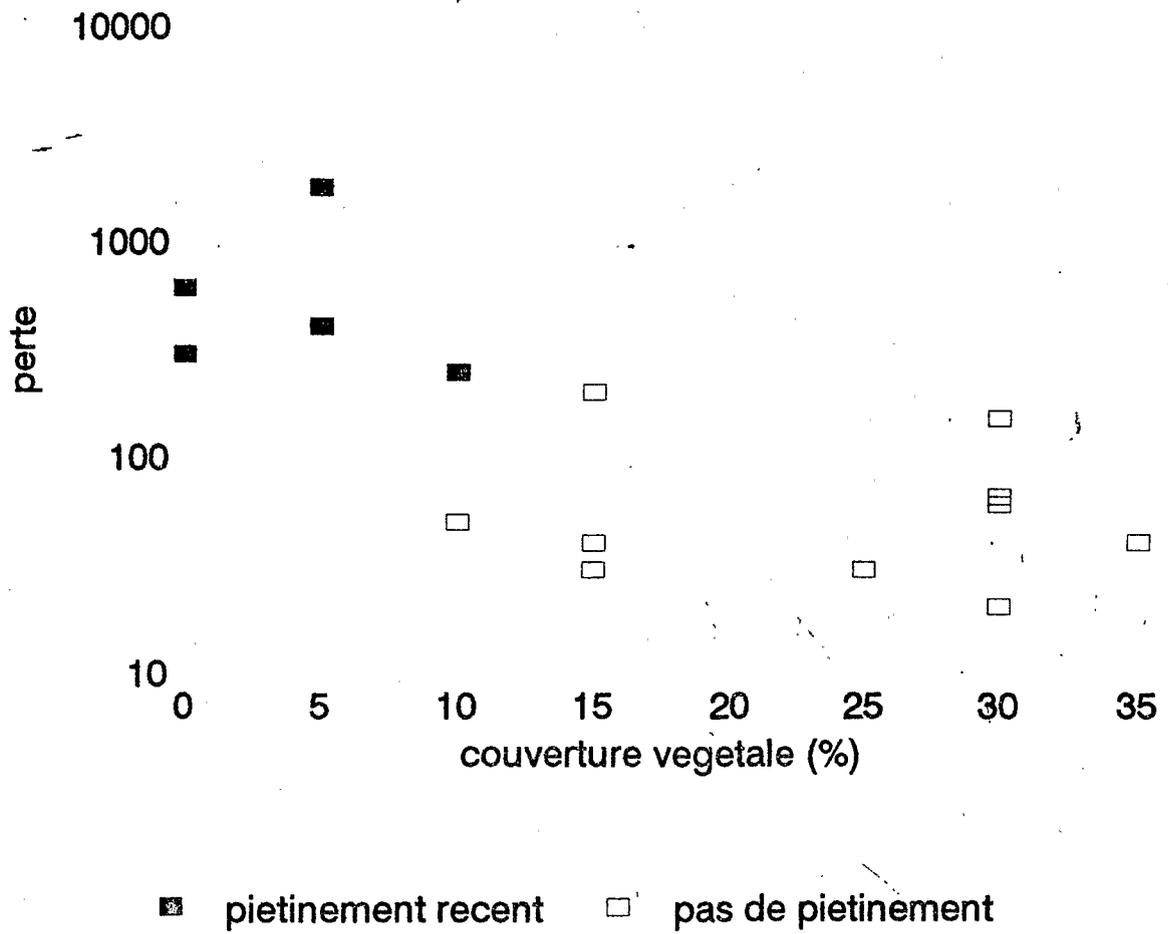
Il nous semble opportun de rappeler que ces données sont en cours d'analyse et que chaque point présenté rapidement ici sera développé et interprété ultérieurement.

RELATION PERTE ET PENTE

selon presence de porosite vesiculaire



RELATION PERTE ET COUVERTURE VEGETALE selon la presence de pietinement recent



CONCLUSION

Nous ne pouvons malheureusement pas proposer encore de solutions possibles aux problèmes de dégradation des sols de cette zone.

Il nous faut analyser toutes les composantes avant de s'y risquer.

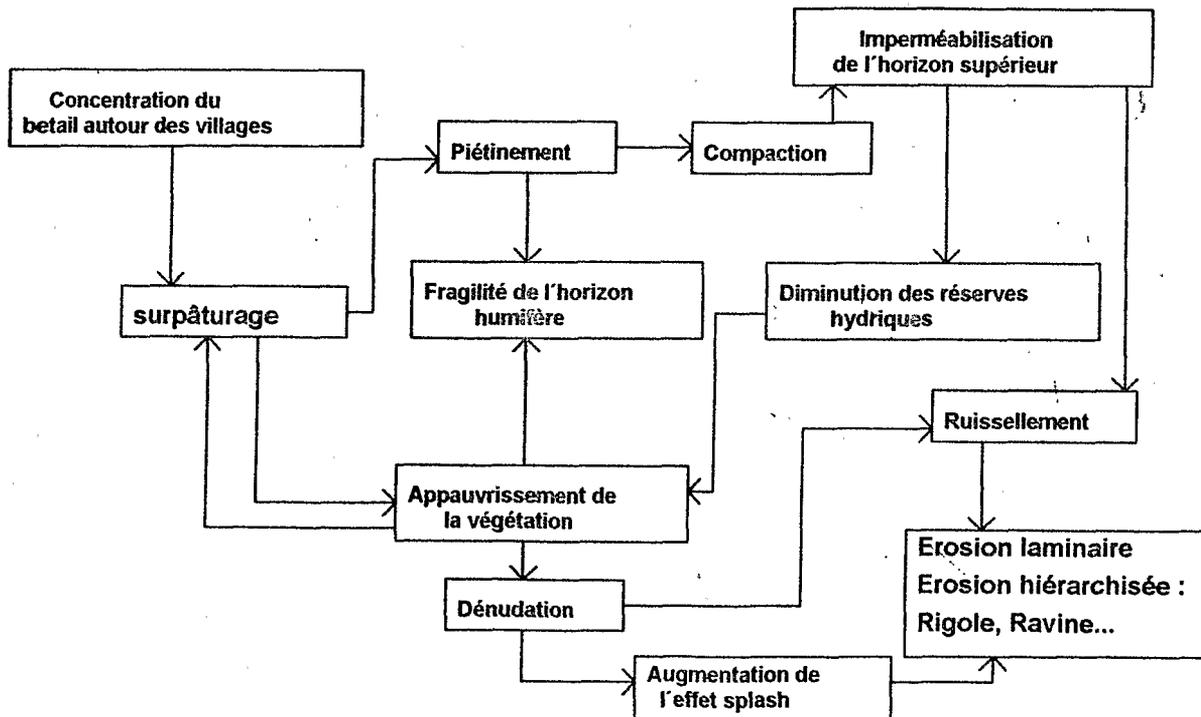
Notamment nous devons présenter une analyse du fonctionnement de l'élevage, de son évolution historique et des causes socio-économiques du surpâturage.

Ces éléments font également partie du travail en cours.

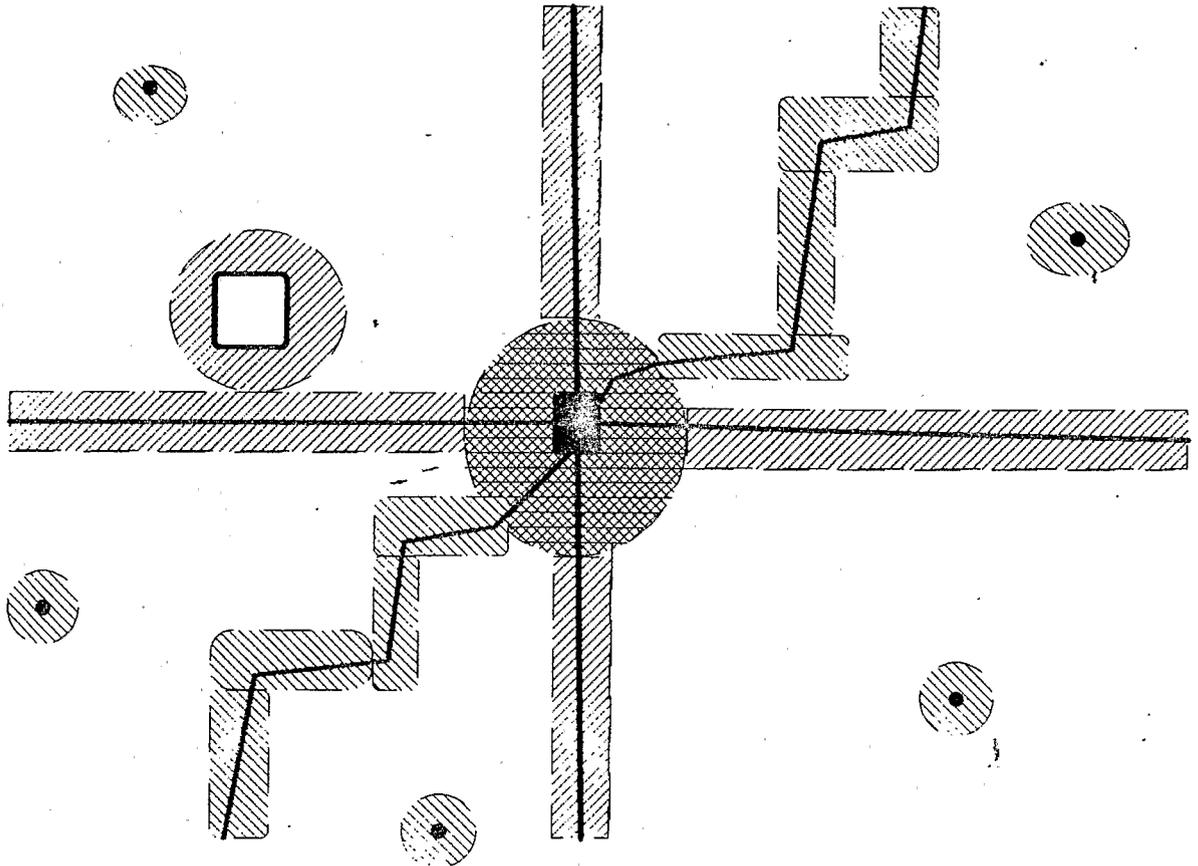
Pourtant nous présenterons ici deux schémas qui ont le mérite de tenter de synthétiser l'ensemble des éléments déjà recueillis.

Le premier (ci-dessous) essaie de présenter les relations multiples entre surpâturage et érosion.

Le second (p.20) vise à symboliser les pratiques d'élevage responsables de la concentration du bétail autour des villages, des points d'eau et des axes de déplacement. Cet élément semble être en effet le facteur essentiel du surpâturage dans cette zone. Ces schémas seront sans nul doute modifiés au cours du travail mais ils présentent les premières conclusions de notre étude.



Mécanismes actuels de la dégradation des sols par le surpâturage
dans la Sierra Madre Occidentale.
(d'après J.M FOSTING et P. TCHAWA)




Village


Axe de
Communication


Cours d'eau


Zone de culture


Point d'eau

causes de concentration du bétail :

 Abreuvement

 Déplacement
Surveillance des troupeaux

 Traite régulière
Soins

SYMBOLIQUE DU SURPATURAGE

Localisation et causes de concentration du bétail

REPORTE DE TRABAJO

EROSIÓN Y SOBRE PASTOREO EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL (N. Mexico.)

Jerôme POULENARD, ISTM.

Proyecto CENID RASPA - ORSTOM DEC
(Junio - Nov. 84)

CONTEXTO CIENTÍFICO

Durante los trabajos de campo realizados por el equipo del proyecto ORSTOM-CENID RASPA, en la parte subhúmeda de la Sierra Madre Occidental, se observó una importante dinámica erosiva, y más precisamente la omnipresencia de formas de vertientes parecidas a "terrazitas", llamadas también "escalones".

Intentaremos entender la formación, las características y la morfología de estas terrazitas; su existencia se debe en mayoría a un sobrepastoreo fuerte, que parece ser la principal causa de la erosión de los suelos de esta zona.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

De hecho, el impacto de la erosión es de importancia capital para el futuro manejo de estas tierras de la Sierra Madre Occidental.

Su integración a la economía agrícola mexicana se apoya, efectivamente, sobre el control del capital Tierra, considerado como una lucha contra un elemento que limita la producción.

Se trata de contestar a las preguntas siguientes:

- Cual es la intensidad de la erosión en esta zona?
- Es el sobrepastoreo la principal causa de esta evolución?
- C - Quales estrategias de manejo ganadero y de la tierra se pueden imaginar para limitar sus efectos?

Este estudio se propone traer elementos de respuestas a estas preguntas. Obviamente, en un tiempo tan corto (4 meses), y con los medios disponibles, es imposible pretender alcanzar a explicar todos estos fenómenos complejos.

METODOLOGIA

Para alcanzar nuestro objetivo, nos pareció justo de proponer un protocolo de investigación dirigido hacia 3 ejes principales de este estudio: es decir una descripción de las formas, un estudio del comportamiento de los suelos en relación con el agua, y un intento de determinación de los funcionamientos hidro-erosivos.

Tuvimos que encontrar medios experimentales adaptados a cada una de estas partes.

Descripción de las formas

Uno de los principales objetivos de este estudio consistía en un análisis de las formas y de la disposición de las "terrazitas" de pastoreo. Por eso hicimos unas mediciones morfométricas de los escalones. Así pudimos determinar las pendientes límites para su formación y su morfología según la pendiente, la cobertura vegetal y la litología.

Comportamiento hídrico de los suelos

Obviamente, el comportamiento de los suelos en relación con las aguas de lluvia es un elemento principal de los fenómenos erosivos.

En este marco, hemos favorecido el estudio de los componentes que puedan enseñar el compactaje de los suelos debido al pisoteo del ganado, y sus consecuencias sobre el comportamiento hídrico superficial.

Efectivamente, la reacción de los suelos al agua es dependiente de la porosidad aparente, de la permeabilidad, de la textura, de tasas de materia orgánica, y se puede pensar que las zonas de pisoteo del ganado tendrán características que puedan influenciar el escurrimiento y la erosión.

- porosidad aparente

Esta medición es esencial para conocer la presión ejecutada por el pisoteo de los animales. Esta presión debe hacer bajar la porosidad aparente de la capa superficial del suelo.

- pruebas de permeabilidad

Fueron practicadas sobre los mismos vertientes. El método que utilizamos no constituye en sí una medición de la permeabilidad del suelo y los resultados no más valen para comparación. A pesar de eso, el análisis de los resultados deja parecer que este método permite un buen conocimiento de la diferencia de reacción al agua según el pastoreo del suelo.

- otras mediciones

Para completar el conocimiento del comportamiento hídrico del suelo, hemos por una parte muestreado un conjunto de suelos de superficie, y por otra parte

realizado una serie de tres pequeños perfiles (cincuenta centímetros de profundidad) sobre una vertiente muy pisoteada.

No más hemos realizado, en las muestras, una medición de la tasa de materia orgánica, un análisis textural, y, para las muestras superficiales, una medición de la retención de humedad a diferentes P_f. P_f. (potenciales hídricos).

Funcionamiento hídrico y erosivo

- las mini-trampas de sedimentos:

Fue necesario encontrar un medio económico y fácil de instalar para medir las diferencias de pérdidas de sedimentos según los valores de pendiente, de estado de superficie y de huellas de sobrepastoreo. Las mini-trampas de sedimentos nos parecieron las más cómodas para este tipo de medición.

Se trata simplemente de una lámina de hierro galvanizado, dispuesta en el suelo, que hace comunicar el agua de escurrimiento del suelo hacia un tambo enterrado, con la ayuda de una manguera: se delimitaron parcelas de 0.5m², es decir que no más lo de la parcela se puede escurrir en los tambos: se instalaron 14 de estas mini-parcelas, así como dos de 1m² para determinar la importancia del parámetro "longitud de los escurrimientos".

- las presitas de sedimentación

Se trata de un protocolo muy simple: una presita de bloques se construye en el cauce de un arrollito y retiene los escurrimientos y los transportes sólidos. Esta instalación permite una medición de las pérdidas de sedimentos sobre áreas medianas o grandes (de 100 a 10000m²). El vaciamiento de estas presitas es una operación pesada que impide la multiplicación de este dispositivo. No más se instalaron 2 presita: una en conglomerados, otra en riolita.

Estas diferentes instalaciones deben permitir de tomar en cuenta los diversos elementos del funcionamiento hídrico y erosivo del suelo. El tamaño creciente de las parcelas (1m² para las mini-trampas, 10 ó 20m² para las parcelas con canalones, 100 a 10000 m² para las presitas) permite trabajar sobre los problemas de transferencia de escala en hidrología y estudios de la erosión. Es importante comparar los resultados obtenidos con los diferentes tipos de instalaciones.

PRIMEROS RESULTADOS

Los resultados presentados aquí están en procesamiento y no son definitivos. No más se trata de presentar una primera serie de datos que serán analizados e interpretados luego.

Morfometría

El cuadro que sigue presenta las pendientes límites de las vertientes con terrazitas

	pendiente mínima	pendiente máxima
Riolita	21°	45°
Conglomerados de toba.	15°	37°

La pendiente máxima para formación de terrazitas en conglomerados parece ser la pendiente máxima posible en tal litología.

Al contrario, la pendiente máxima para formación de terrazitas en riolita (45 grados) podría ser la pendiente límite para el desplazamiento del ganado vacuno en esta región.

La poca resistencia de los conglomerados y su disposición en estratos pueden ser los elementos que explican la presencia de terrazitas sobre pendientes más débiles que en riolita.

Los resultados completos que serán presentados posteriormente nos permiten definir dos tipos de vertientes con "terrazas":

- vertientes con terrazitas horizontales
- vertientes con terrazitas celulares

El cuadro que sigue presenta las correlaciones entre los diferentes parámetros medidos.

	PEN	TAT	TIT	TPM	CT	CIT
PEN	1	-0,11	0,72	-0,67	-0,6	0,19
TAT	-0,11	1	0,43	-0,34	0,37	0,51
TIT	0,72	0,43	1	-0,79	-0,34	0,2
TPM	-0,67	-0,34	-0,79	1	0,27	-0,37
CT	-0,6	0,37	-0,34	0,27	1	0,26
CIT	0,19	0,51	0,2	-0,37	0,26	1

Con: PEN: pendiente promedio del sitio; TAT: tamaño de las terrazitas; TIT: tamaño de los inter-terrazitas; TPM: número de terrazitas por metro; CT: cobertura vegetal de las terrazitas; CIT: Cobertura vegetal de las inter-terrazitas.

Podemos constatar que existe una relación positiva entre la pendiente y el tamaño de las inter-terrazitas. Es decir que cuanto más elevada está la pendiente, cuanto más están anchas las inter-terrazitas. Así como decrece el número de terrazitas cuando aumenta la pendiente. En el reporte final se analizará el papel de la cobertura vegetal, de la litología, de la exposición, en la formación de tales terrazitas.

Comportamiento hídrico del suelo

Por el momento no se pueden presentar resultados completos. Pero como se ve en el cuadro siguiente, existe una diferencia importante de porosidad aparente entre terrazitas e inter-terrazitas:

	CONJUNTO			CILINDRO			TERRON		
	N	MED.%	D.E.	N	MED%	D.E.	N	MED%	D.E.
I.T. CG	13	46,5	4,91	7	43,6	3,96	7	43,6	3,9
I.T.R.	21	46,9	7,67	6	52,2	3,1	14	44,3	7,9
conjunto I.T	34	46,8	6,66	13	51,1	3,4	21	44,1	8,81
T.CG.	16	40,2	4,29	7	42,9	2,47	9	38,1	4,57
T.R.	26	40,4	6,61	7	48,2	1,44	19	37,1	6,03
conjunto T	42	40,3	5,8	14	45,4	3,4	28	35,7	10,2

El pisoteo debido al ganado tiene repercusiones directas sobre los parámetros físicos del suelo. La porosidad aparente de las terrazitas es siempre más débil que la de las zonas no pastoreadas. Ahora bien existe una relación positiva entre porosidad e infiltración. La infiltración es más débil sobre los lugares más pisoteados.

Obviamente, la gran proporción de terrazitas en algunos vertientes provoca un aumento del coeficiente de escurrimiento K en este vertiente, y en seguida una sensibilidad más fuerte a los fenómenos de degradación de los suelos.

Funcionamiento hídrico y erosivo

Los datos que se refieren a este capítulo todavía no se interpretaron. Buscaremos cuales son los elementos físicos (pendiente, cobertura vegetal) y pluviométricos (energía cinética, estado hídrico del suelo antes de cada evento lluvioso...) que provocan una pérdida de sedimentos. En mismo tiempo se tratará de entender el efecto de cada cual de estos parámetros sobre el funcionamiento hídrico.

CONCLUSION

No podemos desgraciadamente proponer todavía soluciones factibles al problema de la degradación de los suelos en esta área. Debemos primeramente analizar todas las componentes. Sobre todo deberemos presentar un análisis del funcionamiento del ganado, de su evolución histórica y de la causas socio-económicas del sobrepastoreo.

Sin embargo, ya parece que el sobrepastoreo tiene consecuencias muy importantes sobre la erosión en esta zona, hasta plantear el problema de la sostenibilidad de este tipo de ganadería. Un mejor manejo del ganado y del espacio, más adecuado a la potencialidades del Medio, debería ser una prioridad para los ganaderos.