

**BILAN DE 3 ANS DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME ANTI-EROSIF
ASPECTS TECHNIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES
B.V. SUD DU LAC DE MANAGUA
NICARAGUA**

PRAT Ch. *, MARTINEZ ORTEGA J.M. **, BLANCO BETETA F.O. **

HISTORIQUE

En 1983, l'Institut Nicaraguayen de l'Environnement et des Ressources Naturelles (IRENA) a créé le Programme de Contrôle de l'Erosion de Managua (PCEM) dont l'objectif était de lutter contre l'érosion des sols autour de la capitale nicaraguayenne.

Ce programme comporte deux étapes: établissement de haies brise-vent et reforestation, puis dans un second temps, mise en place d'ouvrages de génie rural (terrasses, canaux d'absorption, etc...). Des pratiques biologiques comme l'implantation de bandes enherbées, cultures en courbes de niveaux sans terrassement, adaptation de systèmes agro-pastoraux, etc... n'ont pas été pris en compte.

La collaboration de l'ORSTOM, de l'IRENA et de l'Institut Supérieur d'Agronomie de Managua (ISCA, qui depuis mi-90 est devenue la UNA: *Universidad Nacional de Agropecuaria*) portant sur l'étude de l'érosion dans le bassin versant sud du lac de Managua a conduit entre autre, à évaluer une petite partie des travaux menés par le PCEM. Cette étude a été réalisée en 1988 par deux étudiants en dernière année de formation d'agronomie, dont j'ai encadré les travaux.

OBJECTIFS

L'objectif de cette étude était d'évaluer d'un point de vue technique et socio-économique l'efficacité des ouvrages mis en place par le PCEM, et d'établir des recommandations afin d'améliorer le système.

CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

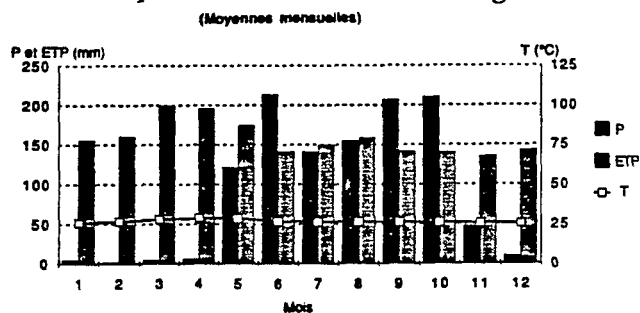
Le bassin versant sud du lac de Managua (Fig. 1), d'une superficie de 850 km² est délimité au Sud par une chaîne volcanique de formation récente (Pléistocène et Holocène) montant jusqu'à plus de 950 m d'altitude, au Nord

par les eaux du lac de Managua situé à 60 m, et du Nord-Ouest au Sud-Est, entre montagne et lac, une série de volcans encore actifs, émaille le paysage.

Notre zone d'étude dont le relief est assez vallonné puisque les pentes sont comprises entre 5 et plus de 65%, se situe vers 300 m d'altitude, c'est à dire en bas piedmont.

Le climat est tropical sec. Il ne pleut en moyenne que 1.200 mm/an répartie de mai à novembre, avec du 15 juillet au 15 août, une mini-sécheresse ("*la canícula*") (Fig. 2). Cette période correspond à la récolte du premier cycle de culture et au début du second.

Fig. 2 Données climatiques de la station de l'Aéroport "A.C. Sandino" de Managua

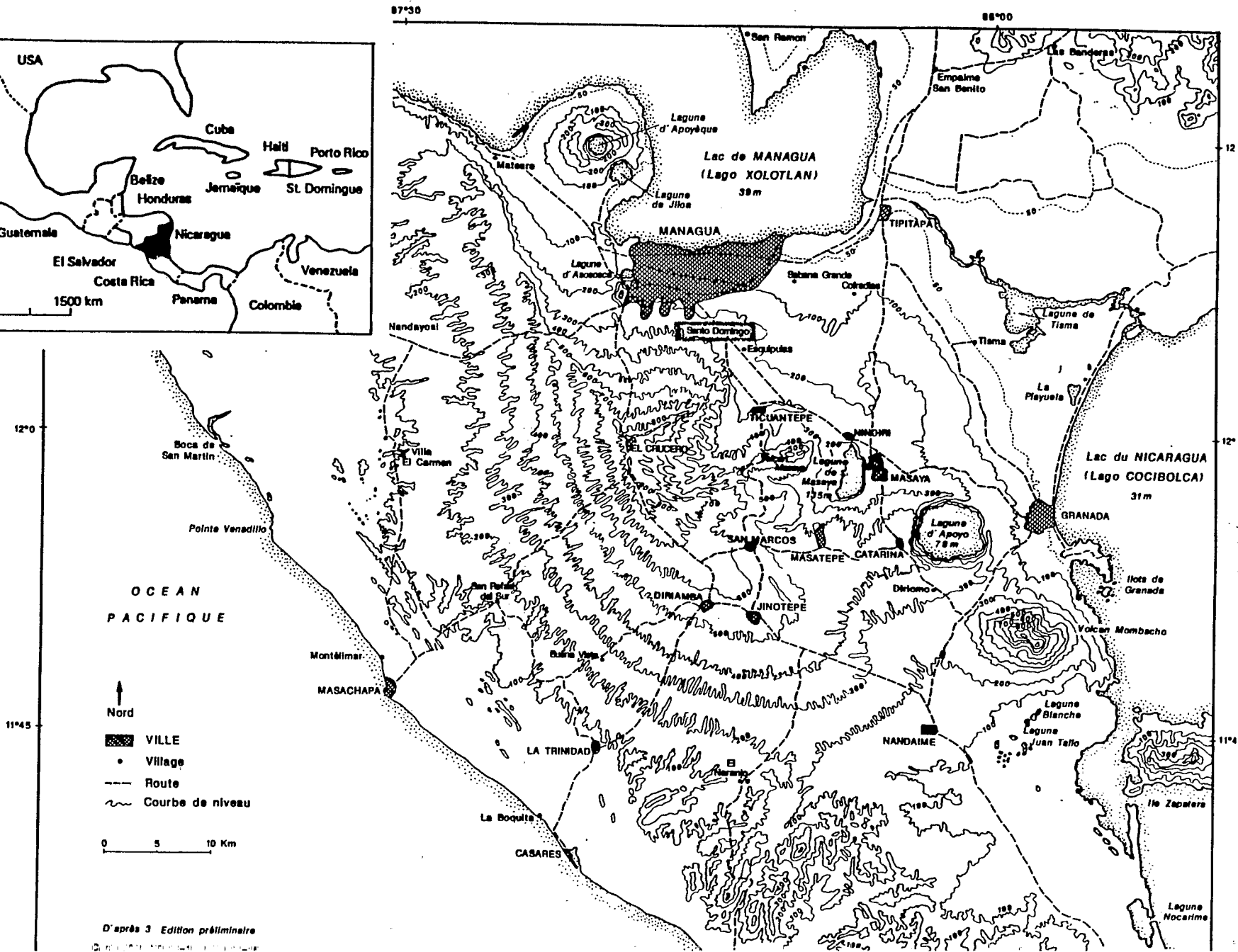
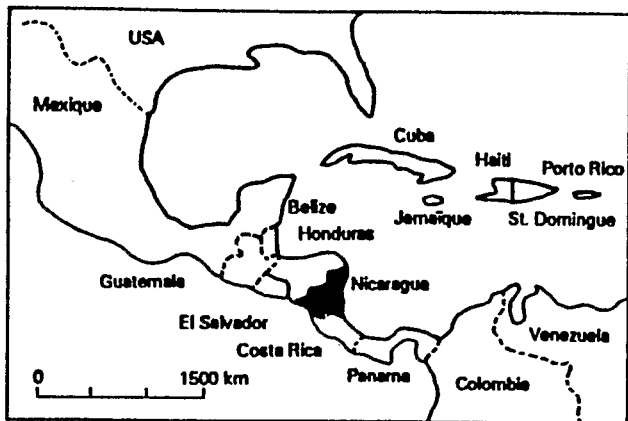


Ces sols bruns à caractère andique ont une texture limono-sableuse, et une structure micro-grumeleuse très fragile, qui se destruit très rapidement formant une croûte de battance à la première pluie. On notera également près de la surface (entre 15 et 50 cm en moyenne), la présence d'un horizon induré, nommé localement "*talpetate*" dont l'épaisseur est comprise le plus souvent entre 0,3 et 0,5 m (mini: 0 m, maxi 1 m). Cet horizon est un tuf d'origine phréatomagmatique, riche en verre, limoneux et massif. Sa porosité liée autant à une macro-porosité (fissures, racines, etc...) qu'à une micro-porosité importante, est très élevée. Même si la rétention en eau de cet horizon est très forte (50%), elle reste plus faible que celle des horizons supérieurs, d'où des risques de saturation lors des fortes pluies.

La végétation naturelle de forêt tropicale sèche a pratiquement entièrement disparu, et a été remplacée dans notre zone par des cultures vivrières. Les terres appartiennent à une coopérative de Crédits et de Services (CCS) "Camilo

* Etudiant en thèse de pédologie, ORSTOM, Centre de Bondy

** Ingénieurs, IRENA, Managua



Ortega Saavedra". Chaque sociétaire dispose de parcelles de 3 hectares environ auxquelles s'ajoutent, sur les hauteurs, des plantations de café cultivées en commun. Les terres sont travaillées à la main et/ou avec une paire de boeufs.

Le système de lutte contre l'érosion installé par le PCEM, est constitué par des canaux de rétention en eau creusés au bulldozer et bordés par un talus.

METHODOLOGIE

Aspects techniques

Nous avons effectué des mesures sur une quarantaine de terrasses occupant plus de 50 ha (Fig. 3). Des observations d'une quinzaine de paramètres (pente, largeur, hauteur, degrés de couverture des talus, des canaux et des terrasses, épaisseur des sédiments, taille des trous de rupture de terrasses, etc...) caractérisant ces aménagements ont été faites tous les 25 m.

Nous avons comparé les données obtenues après trois ans de fonctionnement aux données d'origine afin d'établir un bilan de l'état de ce système.

Aspects socio-économiques

Afin de caractériser le milieu humain, d'essayer de définir en quoi l'installation et l'entretien des ouvrages anti-érosifs pouvaient être perçus positivement ou négativement, et comment ces travaux d'entretien s'inséraient dans le chronogramme et l'économie paysanne, nous avons effectué une enquête socio-économique.

Les paramètres pris en compte sont les suivants: - Portrait du paysan du CCS: âge, famille, niveau d'étude, etc...

- Lieu d'habitation: temps d'occupation de son village, distance aux champs, disponibilité en eau, bois, etc...

- Cultures: tenure des terres, surfaces, production, calendrier agricole, intrants, pratiques culturales (en particulier vis à vis des résidus de cultures), etc...

- Elevage: propriété des animaux, nombre, utilisation, zones de pâtures, etc...

- Economie: crédits, nature de la force de travail, circuits de vente de la production, activité extra-agricole, etc...

- Ouvrages anti-érosif: opinion sur l'intérêt de ces travaux, augmentation des rendements, impact sur le travail de la parcelle, perception de l'IRENA par les paysans, etc...

RESULTATS SUR LES ASPECTS TECHNIQUES

En raison des difficultés matérielles du pays et du manque de "tradition de l'écrit", il a

été très difficile d'obtenir les critères, les choix et les paramètres du début du programme de lutte anti-érosive et qui présidèrent à l'installation de ces centaines de kilomètres d'ouvrages. Ce n'est que grâce à la bonne collaboration entre techniciens du PCEM et notre équipe que nous avons pu reconstituer en partie ces données.

Origine:

Les calculs de largeur entre deux canaux ont été tirés de l'équation de RAMSER (in SUAREZ DE CASTRO, 1982) :

$$I.V. = (2 + P/3 \text{ (ou } 4)) \times 0,305$$

où I.V.=Intervalle vertical entre deux canaux, P=Pente, 3 si pluviométrie <1200 mm/an ou 4 si pluviométrie >1200 mm/an, et 0,305 facteur de conversion de pieds en mètres.

La profondeur des canaux et la hauteur des talus bien que n'ayant pas été définies avec précision, sembleraient toutefois dépasser largement les 50 cm.

Au moment de la mise en place des ouvrages, le coût de la construction et la réaction des paysans ont parfois conduit à modifier le canevas établi à partir des données topographiques et issu de la formule de RAMSER. Ces changements (n'apparaissant sur aucun documents) ont globalement abouti à une augmentation de la largeur des terrasses entre deux canaux.

Mesures

Sans reprendre en détails l'ensemble des mesures, on se contentera de présenter les données les plus significatives.

Tous les paramètres montrent une variation très importante des valeurs: la hauteur des talus (Fig. 4) va de 0 à 0,4 m et leur largeur (Fig. 5) de 0,9 à 2,4 m, quant aux canaux, leur profondeur va de 0 à 0,7 m et leur largeur de 1,10 à 2,5 m

Théoriquement, si la formule de RAMSER avait été respectée, on devrait noter une corrélation entre largeur et pente des terrasses. Après mesures, une simple régression linéaire montre que cette corrélation ne dépasse pas 20%!

Le nombre et la taille des ouvertures dans les talus sont les données caractérisant le mieux l'état du système anti-érosif (S.A.E.). On a recensé 170 brèches, dont la largeur est comprise entre 1 et 2 m, et la profondeur entre 10 et 50 cm. Autrement dit, c'est pratiquement tous les 25 m qu'il y a une rupture des talus... sans compter celles qui ont eu lieu avant et qui ont été rebouchées par les paysans!

Fig. 4 : Répartition de la largeur des talus

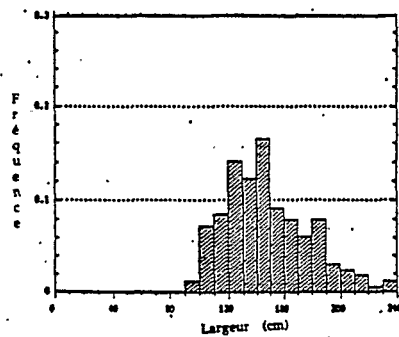
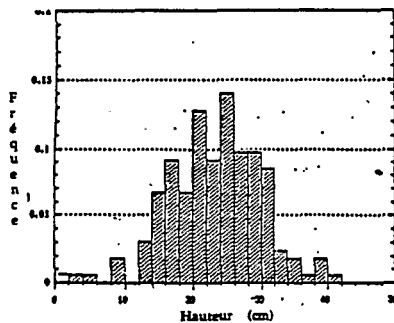


Fig. 5 : Répartition de la hauteur des talus



DISCUSSION SUR LES ASPECTS TECHNIQUES

Ces données nous conduisent à plusieurs réflexions: Le choix du S.A.E. n'a pas été étudié avec toute la rigueur nécessaire. Le manque de moyens techniques a obligé les Nicaraguayens à prendre une formule qui n'est pas adaptée aux conditions climatiques du Nicaragua. De plus la formule en elle-même est par trop simpliste pour donner de bons résultats... même dans sa zone d'expérimentation puisqu'elle conduit à minorer de façon très importante le volume d'eau qui ruisselle. Ne pas tenir compte de la répartition des pluies dans l'année, ni de leur intensité, sans parler de l'absence de prise en compte de caractéristiques du sol telles que la structure, la capacité d'infiltration et de rétention en eau, la présence du *talpetate* etc,... sont des erreurs qui impliquent dès le départ une mauvaise conception du système qui ne pourra donc pas fonctionner correctement.

A titre d'exemple, pour une pluie de 80 mm/h (période de retour de 5 ans), une terrasse de 200 m de long, 20 m de large, et un coefficient de ruissellement de 50%, on aura au bout d'une heure 160 m³ d'eau. Si le canal peut dans le meilleur des cas en absorber 100 m³, il restera encore 60 m³ à évacuer en surplus... Malheureusement, aucun exutoire n'a été prévu ici ! Indépendamment des problèmes de comblement des canaux et du tassement des talus, les débordements sont donc inévitables. Or, quand un talus cède, c'est en fait l'ensemble des talus

situés en aval qui cèdent aussi sous la force et le volume d'eau et de terre qui arrivent. On a donc un phénomène en cascade difficile à contrôler.

Le creusement des canaux et des talus ne respecte pas non plus les règles définies par RAMSER, ce qui conduit à augmenter encore plus le volume d'eau à évacuer. Ainsi, pour une largeur de terrasse qui aurait dû être de 9 m selon la formule de RAMSER, nous avons mesuré des largeurs variant entre 13 et 40 m !

Après trois ans de fonctionnement et malgré les réparations effectuées par les paysans, l'état de dégradation du système est très net. Ainsi, la hauteur des talus et la profondeur des canaux ont diminué de 3 à 4 fois par rapport à leur valeur initiale, le nombre de ravines sillonnant les cultures est élevé, et l'approfondissement de certaines d'entre elles se sont accentuées depuis l'installation des terrasses.

Cette situation illustre clairement tant les erreurs de conception que la mise en place sous la pression des paysans d'un système "à géométrie variable".

RESULTATS SOCIO-ECONOMIQUES

Profil de la population paysanne

L'âge des paysans varie de 20 à 70 ans. Les familles comptent une moyenne de 4 à 6 personnes. Le niveau d'étude est très bas puisqu'il se situe au niveau de l'école primaire. La lecture est une activité difficile pour la moitié des paysans.

Ils sont originaires de la région et vivent là où ils sont nés. Le bois est principalement acheté et rares sont ceux qui disent en couper eux-même. L'eau est obtenue à partir d'un point de vente publique, mais aux horaires de fonctionnement assez limités, en période sèche notamment.

Tenure des terres et pratiques agricoles

Les paysans sont membres de la coopérative. Au cours d'assemblées, ils s'attribuent des terres en fonction de la taille de leur famille. De plus, ils peuvent posséder ou louer des terres en dehors de la coopérative. Dans tous les cas, les surfaces cultivées ne dépassent pas 4 ha. Le travail des terres se fait en famille et/ou avec d'autres membres de la coopérative.

Les oignons sont généralement semés en début de saison des pluies, puis sont remplacés par les haricots ou le maïs.

L'importance du travail du sol dépend bien sûr du type de culture: 4 passages pour l'oignon contre 2 pour le haricot et le maïs en moyenne. De même, l'oignon nécessite plus d'engrais, plus de désherbages manuels ou à l'aide d'herbicides. Les résidus de cultures sont brûlés ou donnés à manger au bétail.

Eleavage

La majorité des paysans possède deux boeufs, qui sont utilisés pour tirer des charges (transport de l'eau potable, des récoltes, etc) et pour les travaux des champs.

Ne disposant que de peu de terres, et ne pouvant pas faire de provisions de fourrages, les membres de la coopérative, mais aussi les familles vivant à proximité, laissent pâturer librement les animaux sur l'ensemble des terres de la coopérative après les récoltes

Economie

Si tous les producteurs bénéficient de crédits, ceux-ci ne couvrent qu'une partie des coûts de production.

Dans chaque famille paysanne, une ou plusieurs personnes ont une activité principale autre que l'agriculture. En cas de besoin (semis, récoltes), ces personnes participent aux travaux des champs. De même, la plupart des paysans ont une autre activité pendant la saison sèche (récolte du café, charpentier, chauffeur, commerçant, etc...).

DISCUSSION SOCIO-ECONOMIQUES

Les revenus des producteurs de la région sont modestes et aléatoires. Ceci s'explique autant par la situation économique détériorée du pays qui influe sur les taux des crédits, le prix des intrants et sur le pouvoir d'achat des consommateurs, que par le climat aux caractéristiques assez imprévisibles, le bas niveau scolaire des paysans, le manque d'encadrement technique, un très faible capital, un manque de terres, etc...

Cette situation économique précaire conduit les paysans à produire des cultures de rentes (oignons, tomates, etc...) très érosives mais rapportant de l'argent, et des cultures vivrières protégeant souvent les sols et assurant l'auto-consommation. Pour lutter contre l'érosion, on ne peut donc pas demander aux paysans d'arrêter les cultures de rente.

Pendant le cycle cultural, il est difficile pour les paysans de dégager beaucoup de temps libre qui aurait pu être utilisé pour l'entretien des systèmes anti-érosifs, car ils sont occupés à assurer des tâches "domestiques" (charrier de l'eau et du bois) et agricoles. Pendant la saison sèche, par contre, ce serait plus facile, mais il n'y a plus d'érosion hydrique!

N'ayant que peu de terres, les paysans sont obligés de laisser pâturer les animaux sur les terres de la coopérative pendant la saison sèche. Les animaux plus ou moins laissés en liberté piétinent et dégradent très fortement les bords des terrasses.

La forte densité de population, les nombreux enfants, les routes rares entraînent la multiplicité des chemins à travers champs qui coupent les systèmes anti-érosifs provoquant ainsi le comblement des canaux et l'aplanissement des talus.

PERCEPTION DE LA LUTTE ANTI-EROSIVE

L'opinion des producteurs vis à vis des ouvrages est assez homogène, elle relève autant d'une réalité... que l'idée que ils se font de cette réalité. Deux avantages sont cités:

- La diminution de l'érosion
- Une plus grande rétention de l'eau dans les sols.

Par contre, les désavantages seraient plus nombreux: - Réduction de la surface à cultiver, ce qui constitue un sérieux problème pour des gens qui ont peu de terres.

- Difficulté de préparer les champs à cause de l'existence d'angles, et de l'obligation de cultiver en courbes de niveaux ce qui fatiguerait beaucoup plus les boeufs..

- Augmentation des "pestes et nuisibles" due à la végétation qui se développe sur les talus d'où l'utilisation souvent "radicale" des herbicides et du brûlis, qui en dénudant les talus, les fragilisent vis à vis des pluies et du piétinement.

- Perte d'argent pour l'achat d'herbicides pour l'entretien des talus.

- Perte de temps et d'argent pour entretenir le S.A.E..

Le S.A.E. est donc vécu à la fois comme une contrainte et comme un avantage.

Pourtant, et grâce à une action permanente de formation de l'équipe du PCEM, les paysans dans la mesure de leurs moyens, entretiennent depuis trois ans ce système, montrant ainsi qu'ils ont compris l'importance de la lutte anti-érosive. On peut craindre toutefois, qu'à la suite d'une baisse de la pression du PCEM, de l'arrêt du recreusement des ouvrages par le bulldozer du PCEM, les producteurs arrêtent d'entretenir le système. Le fait que personne au cours de notre enquête, n'ait avancé l'argument que le SAE faisait gagner et/ou économiser de l'argent, prouve que les avantages ne sont pas vraiment perçus en tant que tels.

CONCLUSIONS

La mise en place du PCEM, ne répond pas à un problème agricole mais à un problème urbain: ce sont les inondations de Managua lors de fortes pluies qui ont motivé les autorités à réaliser très rapidement un S.A.E.. L'urgence du problème et la faiblesse des moyens ont em-

pêché la réalisation d'études sérieuses vérifiant si les inondations de Managua avaient réellement pour origine l'eau de ruissellement provenant de la campagne, et si le S.A.E. proposé était le mieux adapté à cette zone.

Globalement, ce système fonctionne mal, autant pour des raisons théoriques que pratiques. Par contre le travail d'information et d'éducation des paysans, ainsi que le contrôle des ravines ont été très efficaces.

En effet, la formule de RAMSER ne prend en compte ni la répartition des pluies dans l'année, ni leur intensité maximale, ce qui conduit à minorer le volume des eaux à infiltrer et à évacuer. La base théorique du système d'absorption est mauvaise en soit puisque d'un côté on agit uniquement sur les EFFETS de l'érosion et non sur son ORIGINE (la non infiltration), et que d'autre part, on ne prend pas en compte le sol en tant que tel, en particulier quand il comporte un "talpetate", qui bien que très poreux, limite malgré tout la pénétration de l'eau dans les sols en particulier dans le cas d'orages violents. Enfin, aucun canal de débordement n'a été prévu! Les sols étant fragiles, toute construction réalisée avec cette terre l'est également et ne résiste ni au piétinement des hommes ou des animaux, ni à l'agressivité des pluies. Malgré le sous-dimensionnement des ouvrages calculés par les données théoriques mauvaises et en raison de la pression sociale, l'espace entre les terrasses a encore été augmenté. Enfin, il semblerait qu'une partie des travaux n'ait pas été effectué avec toute la rigueur nécessaire.

Non seulement ce S.A.E ne permet pas d'éviter l'érosion en nappe, mais en plus il accroît l'érosion en ravine, dans la mesure où, la concentration de l'eau par les canaux et les talus facilite leur rupture et provoque une concentration du ruissellement qui s'étend alors de terrasses en terrasses.

En fait, ce système est prévu à l'origine pour des pentes beaucoup plus faibles que celles observées dans la zone étudiée, et n'agit que sur les effets (ruissellement) et non sur les causes (infiltration réduite) de l'érosion.

C'est pourquoi, il serait préférable d'essayer de travailler avec des systèmes BIOLOGIQUES et non HYDRAULIQUES comme c'est le cas actuellement. Au lieu de recréer tous les 2 ou 3 ans les canaux, il faudrait mieux les laisser se stabiliser et s'attacher à protéger les talus, en maintenant de la végétation et/ou une couverture plutôt que de les désherber. D'autres techniques culturales existant à quelques dizaines de kilomètres de là, devraient être utilisées comme les cultures alternées en bandes (oignons/haricots, etc), les

cultures associées (maïs/haricots, etc). On devrait interdire le brulis, limiter le temps qui sépare deux labours croisés (dont un est toujours perpendiculaire à la pente et l'autre dans le sens de la pente), interdire ou limiter l'accès aux champs tant des hommes que des animaux en installant, par exemple des fils de fer barbelés, utiliser les morceaux de *talpetate* qui "ressortent" à chaque labours pour recouvrir les chemins de passages, en particulier entre deux planches d'oignons, protéger et aménager les voies d'accès aux champs et aux communautés et qui sont les principaux responsables du ruissellement arrivant jusqu'en ville.

Après avoir réalisé un suivi en conditions "naturelles" sur plusieurs bassins versants expérimentaux de quelques hectares, la mission de l'ORSTOM s'achève en 1990. Il serait dommage que nos résultats et nos installations ne puissent être repris par l'IRENA, la UNA ou une autre institution afin de effectuer des suivis grandeur nature de différents systèmes anti-érosifs et adopter les meilleures solutions possibles pour résoudre ces problèmes d'inondation et d'érosion des sols du bassin versant sud du lac de Managua.

BIBLIOGRAPHIE

BLANCO BETETA (O.), MARTINEZ ORTEGA (M.), 1988. -Balance del estado del sistema anti-erosivo de una parte de la area de Los Altos de Santo Domingo (Cooperativa Agricola Camilo Ortega Saavedra). Septiembre de 1987-Enero de 1988. Monografia. ISCA/ORSTOM-IRENA. Managua, Nicaragua 60p., Multigr.

PRAT (Ch.), 1987.-Guia para realizar una encuesta sobre la erosion de los suelos en edafologia y en socio-economia. Caso de la erosion de los suelos en la cuenca sur del lago de Managua. ORSTOM-IRENA. Managua, Nicaragua. 17p. multigr.

PRAT (Ch.), 1989-1990.-Relation entre érosion et systèmes de production dans le bassin versant sud du lac de Managua (Nicaragua). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol XXV, n° 1-2, pp.171-182

SUAREZ DE CASTRO (F.), 1982. Conservacion de suelos. Ed. IICA. San José, Costa-Rica. 315p.