

# Étude de l'érosion hydrique au service de la lutte antierosive en Équateur

GERMAN TRUJILLO<sup>1</sup>, GEORGES DE NONI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>min. Agriculture, avenue Amazonas et Eloy Alfaro, Quito, Équateur,  
Courriel : german\_trujillo\_yandum@hotmail.com

<sup>2</sup>Directeur du centre IRD, B. P. 64501, F 34394 Montpellier,  
Courriel : denoni@mpl.ird.fr

## 1. INTRODUCTION

L'Équateur est situé sur la façade pacifique du continent sud-américain et couvre une superficie de 270 670 km<sup>2</sup> avec une population d'environ 12 000 000 d'habitants. Le pays est traversé par la cordillère des Andes, appelée *sierra*, et s'étend de part et d'autre de la ligne équatoriale sur 1° 25' de latitude au Nord et sur 5° de latitude au Sud. Il est limité au Nord par la Colombie et, au Sud et à l'Est, par le Pérou.

Comme dans la plupart des pays en voie de développement, l'agriculture a été de tous temps pour l'Équateur l'activité principale qui a assuré la survie des populations. Malgré les initiatives de l'État pour diversifier l'activité économique d'une population en forte croissance démographique, la production agricole reste dominante et le pays n'a d'autre recours que de puiser encore dans les potentialités offertes par la ressource sol, augmentant ainsi les risques d'accélération de l'érosion.

## 2. ÉTUDE DE L'ÉROSION DES SOLS CULTIVÉS EN ÉQUATEUR

Cette étude a été réalisée suivant les deux approches suivantes :

- i) une approche qualitative pour établir un inventaire des dynamiques dominantes : typologie et extension spatiale,
- ii) une approche quantitative pour mesurer la gravité des dynamiques sur quelques sites représentatifs, choisis sur la base des résultats de l'approche qualitative. L'objectif était d'identifier des projets-pilotes pouvant servir d'exemples pour informer et former le paysannat local à la lutte antiérosive.

L'approche qualitative : une carte des principales dynamiques érosives affectant les zones agricoles du pays a été dressée à l'échelle de 1/1 000 000 (Almeida,

De Noni *et al.*, 1984). Cette carte souligne l'ampleur de l'érosion dans la *Sierra*. Elle montre que les dynamiques érosives forment un réseau dense de manifestations à l'intérieur de la *Sierra*, plus précisément dans la dépression inter-andine. Ce réseau est plus diffus sur les hautes terres et sur les versants externes moins peuplés. Globalement, les empreintes de l'érosion semblent plus denses dans la *Sierra* nord et centre, domaine des roches pyroclastiques, qu'elle n'est dans la *Sierra* méridionale non volcanique.

Trois dynamiques principales ressortent et révèlent l'influence de l'érosion hydryque concentrée dans la *Sierra*, ce sont :

- le ruissellement concentré relayé spatialement par le ruissellement diffus,
- les mouvements de masses relayés par le ruissellement concentré,
- et le ruissellement concentré relayé temporellement par l'érosion éolienne.

À côté des formes de ravinement classiques (rigoles, ravines, *bad lands*), l'érosion concentrée se distingue par sa capacité à faire affleurer en surface, sur de grandes étendues, une formation volcanique indurée très originale, typique en région andine, la *cangahua*, matériau peu perméable, très ruisselant et stérile pour l'agriculture.

L'approche quantitative : grâce aux enseignements de cette carte, 7 sites représentatifs ont été choisis dans la *Sierra* : Tumbaco, Cangahua, Mojanda, Riobamba dans la *Sierra* pyroclastique, Jadan et Vega Grande dans la *Sierra* non volcanique du Sud et Ventanas sur le piedmont du versant externe côtier. Sur chaque site, un couple de parcelles de ruissellement conventionnelles (cuves de récupérations des eaux + pluviographes), situés chez le paysan, a été installé pour mesurer l'érosion. Les parcelles ont 100 m<sup>2</sup> (20 x 5m) de surface ; l'une (témoin cultivé) est travaillée et cultivée selon les pratiques locales ; l'autre (témoin non cultivé) est travaillée mais ne porte ni végétaux ni culture.

Les valeurs moyennes par site des coefficients de ruissellement (Kram %) et de l'érosion (E en t .ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>), pour une période de cinq ans, montrent que les pertes en eau et en terre sont élevées, notamment sur les parcelles témoins non cultivées : Kram > 10 % et perte en terre de l'ordre de 100 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> (De Noni, Viennot, Trujillo, 1986).

Concernant les causes de l'érosion, la pente et l'homme jouent un rôle déterminant.

Pour la pente, les données chiffrées obtenues sur les parcelles de ruissellement montrent clairement son rôle. Les seules régressions satisfaisantes ont été obtenues en corrélant les valeurs globales d'érosion sur les sept stations et l'inclinaison de leurs pentes. Elles montrent qu'il existe une dépendance fonctionnelle entre les deux variables, l'érosion croissant de façon linéaire avec l'inclinaison de la pente. Plus de 60 % des variations de l'érosion s'expliquent par les variations de l'inclinaison de la pente ( $r = 0,78$ , signification au seuil de 1%). Cette conclu-

sion rejoint un certain nombre de travaux, notamment ceux de Poesen (1987), Lal (1988), Roose (1977, 1994), qui montrent également que l'érosion croît avec l'inclinaison de la pente car l'énergie cinétique du ruissellement augmente et l'emporte sur l'énergie cinétique des pluies dès que les pentes dépassent 15 %, ce qui est bien le cas des sept stations étudiées.

Le rôle de l'homme se détache aussi des autres facteurs. En effet, en superposant à la carte des pentes, une carte de densités de population et une carte des grands types d'occupation du sol, un certain nombre d'informations ressortent :

- i) Les densités de population les plus fortes, comprises entre 80 et 150 hab./ km<sup>2</sup> se situent principalement dans les zones où les classes de pentes sont comprises entre 25 et 40 % et supérieures à 40 %.
- ii) Ces densités de populations correspondent à des milieux où l'occupation des sols est consacrée à l'agriculture alors que, paradoxalement, les pâturages se situent sur les meilleures terres (< 12 % de pente), en général dans les fonds de vallée. Il s'agit d'un petit paysannat appelé *minifundio*.

Progressivement, le *minifundio* a créé sur les versants un damier très dense de petites parcelles de cultures, consacrées principalement à l'autosubsistance (orge, fève, pomme de terre). L'élevage est peu répandu : son développement est limité tant par le manque de capitaux nécessaires au paysan pour acheter des bêtes que par l'exiguïté des parcelles. Les surfaces cultivées sont en général inférieures à 20 ha, la taille moyenne étant de l'ordre de 5 ha et la parcelle unitaire dépasse rarement 1 ha. Il n'y a aucune limite d'altitude ni de pente pour cultiver si ce n'est l'absence de sol sur le versant. (De Noni, Viennot, Trujillo 1990).

### 3. LA LUTTE ANTI ÉROSIVE

Les approches qualitatives et quantitatives ont apporté les éléments clés pour entreprendre la lutte antiérosive sur l'un des 7 sites de parcelles étudiées.

Le site de Mojanda a été retenu pour les raisons suivantes :

- i) c'est un milieu d'altitude (3 300 m) qui a connu un développement important du *minifundio* au cours des trente dernières années,
- ii) l'occupation des sols est dense et les pentes sont fortes (de l'ordre de 40 %)
- iii) le sol dominant est un andosol hydraté saturé, argilo limoneux, de 1,6 à 0,8 m d'épaisseur où l'érosion a formé localement un ravinement profond.

Afin de se rapprocher le plus possible des réalités de terrain et d'intégrer la population du *minifundio* dans une action participative forte, notre action s'est appuyée sur les deux points suivants :

- i) choix de méthodes conservatoires simples, efficaces et adaptées au contexte socioéconomique local. Les enquêtes réalisées sur le site révèle l'absence de stratégie locale, aussi des ouvrages simples, disposés perpen-

diculairement à la plus grande pente, ont été envisagés pour freiner l'énergie du ruissellement et le transfert de l'eau, l'objectif étant de favoriser la formation progressive de « pseudo terrasses » tenant compte de l'importance du facteur « pente ». L'environnement étant dépourvu de pierres, en raison de l'importante couche de pyroclastiques, les agriculteurs utilisent la bande enherbée ou le muret formé de mottes de terre et d'herbe avec racines (*chambas* dans le langage local) pour cloisonner leurs parcelles. On s'est donc inspiré de cette tradition locale.

-ii) tester expérimentalement l'efficacité de ces méthodes, avec le concours du paysan. De nouvelles parcelles de ruissellement (parcelles améliorées), plus grandes (50 x 20 m), ont été installées pour tester les méthodes conservatoires et placées à côté des premières parcelles témoins afin de mesurer l'érosion et de pouvoir comparer les résultats entre parcelles. Deux parcelles améliorées ont été construites à Mojanda : l'une avec des murets de mottes d'herbe qui, retournées et empilées, ont permis de créer des terrasses perméables de construction progressives et l'autre, avec des bandes enherbées qui ont évolué, peu à peu, en terrasse.

Après cinq années de mesures, les résultats obtenus sont très encourageants par rapport à ceux enregistrés sur les parcelles témoins : Kram < 0,2% et érosion < 0,3 t.ha<sup>-1</sup> (De Noni, Viennot, Trujillo, 1990b)

Néanmoins, notre action ne s'est pas limitée à la seule prise en compte de l'évaluation des pertes en eau et en terre elle a pris en compte d'autres éléments indispensables à la réussite d'une stratégie antiérosive, notamment au plan de la sensibilisation du paysannat concernant :

– le coût d'installation et d'entretien des ouvrages. Pour les cinq années culturelles considérées, ce coût, estimé à 250 euros par hectare, est relativement bas et adapté aux conditions économiques du paysannat local.

Selon la dureté des matériaux utilisés pour la construction du talus, il faut compter 3 à 5 hommes/jours/ha. Noter que selon une tradition ancestrale (inca) la participation communautaire aux gros travaux de terrassement est habituelle. Le coût des engrais et semences sélectionnées est amorti par le prêt bancaire aux familles qui est de l'ordre de 150 euros par famille. Deux éléments principaux ont permis d'obtenir ce résultat : d'une part, les ouvrages évoluant progressivement et naturellement en pseudo terrasses, le temps de travail consacré par l'agriculteur à ce type d'activité est minimal ; d'autre part, l'utilisation exclusive de matériaux autochtones revient à un coût très bas et permet à l'agriculteur d'acquérir rapidement la maîtrise nécessaire pour construire ces ouvrages.

les rendements : la récolte de pommes de terre a été multipliée par 2 et celles de fève par 4. Cette évolution permet ainsi au paysan de sortir du cadre restreint de l'autosubsistance et de s'insérer à l'économie local du marché.

Notre action s'est terminée à Mojanda par une application de notre stratégie hors du cadre expérimental pour tester sa faisabilité en vraie grandeur. Une tren-

taine de familles ont participé à l'opération définie par les règles suivantes :

- une somme d'argent remboursable au bout d'une année selon un taux d'intérêt faible (10 %, les taux locaux étant supérieurs à 50 %), de l'ordre de 150 euros, était prêtée à chaque famille afin d'améliorer la qualité des intrants (achat de semences améliorés, d'engrais etc. ...),
- pour accéder à ce prêt et démontrer ainsi leurs motivations, les paysans s'engageaient volontairement à installer sur leurs parcelles les ouvrages conservatoires testés sur le site.

Au bout de deux années de suivi, on constatait que les agriculteurs géraient sans problème particulier les ouvrages conservatoires, qu'ils étaient satisfaits des rendements obtenus et qu'ils respectaient avec régularité les échéances de remboursement du crédit. Cet exemple, qui a connu un vif succès, montre que les paysans peuvent s'intégrer positivement à une opération de conservation des sols, sur la base d'une concertation entre les différents acteurs : agriculteurs, techniciens, chercheurs et responsables politico-économiques.

#### 4. CONCLUSION

De nombreux programmes de conservation des sols connaissent un taux important d'échecs (Hudson, 1991) parce qu'ils délaissent l'étude des véritables causes de l'érosion et parce qu'ils sont fondés sur l'introduction de pratiques extérieures à la région, minimisant ainsi la participation du paysannat. En contrepartie, notre recherche montre qu'on peut arriver à de bons résultats en s'appuyant sur les données de la recherche et sur les usages et traditions locales. Il devient alors possible de conduire en vraie grandeur un programme concerté entre les différents acteurs, avec la participation centrale des paysans

#### Références bibliographiques

- ALMEIDA, G., DE NONI, G., NOUVELOT, J.F., TRUJILLO, G., WINCKELL, A., 1984, *Los principales procesos erosivos en Ecuador*, PRONAREG – PRONACOS – ORSTOM, Quito, 31 pp., avec une carte (2 couleurs) à l'échelle de 1/1 000 000
- DE NONI, G., TRUJILLO, G., VIENNOT, M., 1986, « L'érosion et la conservation des sols en Équateur », *Cah. ORSTOM, sér. Pédol*, 22, 2 : 235-245
- DE NONI, G., TRUJILLO, G., VIENNOT, M., 1990 b – Mesures de l'érosion dans les Andes de l'Équateur, *Cah. ORSTOM, sér. Pédol*, vol. XXV, n° 1-2, pp.183-196
- HUDSON, N.W., 1991, « A study of the reasons for success or failure of soil conservation projects », *FAO Soil Bulletin*, n°64, Rome, 65 pp.
- LAL, R., 1988, *Soil erosion research methods*, Soil and water conservation society (Ankeny, Iowa – USA) and Soil conservation and environment international society of soil science (Wageningen, Pays Bas), 244 pp.
- POESEN, J., 1987, « The role of slope angle in surface seal formation », in V. Gardner (edit.), *International Geomorphology II*, pp. 437-448
- ROOSE, É., 1977, *Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest ; Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales*, « Travaux et documents de l'ORSTOM », Paris, n° 78, 108 pp.
- ROOSE, É., 1994, Introduction à la GCES, *Bull. Pédologique FAO*, n° 70, Rome, 420 pp.

Actes des Journées scientifiques  
du réseau de chercheurs  
*Érosion et GCES*

**ÉROSION ET  
GESTION  
CONSERVATOIRE DE  
L'EAU ET DE LA  
FERTILITÉ DES SOLS**

Sous la direction de :

**Simone Ratsivalaka  
Georges Serpantié  
Georges De Noni  
Éric Roose**



Éditions scientifiques GB

# as

## actualité scientifique



Agence universitaire de la Francophonie



Université d'Antananarivo



Agence universitaire de la Francophonie

# **ÉROSION ET GESTION CONSERVATOIRE DE L' EAU ET DE LA FERTILITÉ DES SOLS**

ACTES  
DES JOURNEES SCIENTIFIQUES  
DU RÉSEAU ÉROSION ET GCES DE L'AUF  
ANTANANARIVO (MADAGASCAR) , DU 25 AU 27 OCTOBRE 2005

Sous la direction de

**Simone RATSIVALAKA**  
**Georges SERPANTIÉ**  
**Georges DE NONI**  
**Éric ROOSE**

Copyright© 2006 Contemporary Publishing International (C.P.I). Publié sous licence par les Éditions scientifiques GB et en partenariat avec l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF)

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement, quelque système de stockage et de récupération d'information) des pages publiées dans le présent ouvrage faite sans autorisation écrite de l'éditeur, est interdite.

Éditions scientifiques GB  
41, rue Barrault  
75013 Paris  
France

---

ISBN : 2-84703-032-8

*Les textes publiés dans ce volume n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs. Pour faciliter la lecture, la mise en pages a été harmonisée, mais la spécificité de chacun, dans le système des titres, le choix de transcriptions et des abréviations, l'emploi de majuscules, a été souvent conservée.*