

Enregistrement scientifique n° : 1622

Symposium n° : 31

Présentation : poster

**Physical and human dimensions of the soil : example of a
soil conservation research in the Andes**
**Les dimensions physiques et humaines du sol : exemple de
la conservation des sols dans les Andes**

DE NONI Georges, VIENNOT Marc

ORSTOM-LCSC, BP 5045, 34032 Montpellier cedex, France

In the last past years, the results to solving the problems of land erosion have been disappointing, specially for failure to recognize the importance of the « human dimensions » of soil. Awareness of this low success rate has led the Ministry of Agriculture of Ecuador (South America) to design, co-operating with the French Institute ORSTOM, a program to fight against soil erosion in the Andes. The behavior of cultivated soils, especially andosols, can be described at different scales, including human and physical environment of erosion (regional map of the main dynamics and observations on runoff plots, coupled with rainfall simulation measures). Finally, these different studies conducted in the Andes have allowed to define zones of erosion risks (from 50 to more of 100 t/ha/ year) and soil conservation techniques.

In the following phase, to fight against soil erosion, we kept on testing, first experimentally and then in real scale, the efficiency of some soil conservation techniques chosen among those that had been defined during the first phase of the study. The main objective was to evaluate the resistance of techniques against soil erosion and not modeling the phenomenon. During this second phase, we took into account the « human dimensions » of soil that has been essential for the success of the operation, concerning : i) physical efficiency of the techniques to reduce erosion (less than 5t/ha/year), ii) social applicability of the techniques based on the utilization of local practices and materials, at a very low cost (less than 1000 ff/ha/year), iii) and the economic technique profitability based on the use of external inputs to increase soil productivity (the corn yield has been multiplied by 2 and bean yield by 4). This research shows that working with the farmers is the key element of today's approach to soil conservation success : in other terms, can the « human dimensions » of soil be modeled and more generally, is modeling required to succeed in a soil conservation project ?

Key words: Andes, andosols, erosion, human dimensions of soil, soil conservation

Enregistrement scientifique n° : 1622

Symposium n° : 31

Présentation : poster

Physical and human dimensions of the soil : example of a soil conservation research in the Andes

Les dimensions physiques et humaines du sol : exemple de la conservation des sols dans les Andes

DE NONI Georges, VIENNOT Marc

ORSTOM-LCSC, BP 5045, 34032 Montpellier cedex, France

La république d'Equateur est située sur la façade pacifique du continent sud-américain et couvre une superficie de 270.670 km². Le pays est limité au Nord par la Colombie et, au Sud et à l'Est, par le Pérou. Il est traversé par la Cordillère des Andes 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.. Comme dans la plupart des pays en voie de développement, l'agriculture a été et continue d'être l'activité principale qui assure la survie des populations. Cette dépendance est d'autant plus marquée aujourd'hui que les besoins alimentaires des populations, liés à une forte croissance démographique, se sont fortement accrus. Depuis le début du siècle, la population de l'Equateur a été multipliée par dix et dépasse actuellement 10 millions d'habitants (INEC, 1991). L'une des principales conséquences de cette évolution est une accélération de la dégradation des sols, d'autant plus rapide, que la haute montagne andine est un milieu physique tropical dont l'équilibre morphodynamique est « fragile ». Le gouvernement équatorien, conscient que les capacités du sol à produire s'épuisent inexorablement dans ce contexte, a recherché la collaboration de l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) afin d'enrayer la progression de ce phénomène sur la base d'une étude de l'érosion spécifique au milieu andin.

I - POSITIONNEMENT DU PROBLEME et METHODE DE TRAVAIL

Les problèmes d'érosion accélérée des sols sont très anciens et ont débuté avec les premiers essais de l'homme pour domestiquer la nature à des fins agricoles. Lowdermilk (1953), cité par Hudson (1995), avance une datation de 7000 ans environ pour situer les premiers vestiges de lutte anti-érosive. En contrepartie, la recherche scientifique ne débute réellement qu'il y a un siècle à la suite des travaux des américains (Bennett, 1939 ; Ellison, 1944 ; Wischmeier, 1978) pour lutter contre la grave crise érosive qui affecte les USA entre les deux guerres. Un décalage a donc toujours existé entre les résultats de la recherche scientifique sur l'érosion et les tentatives de lutte anti-érosive dont les succès, très mitigés (Hudson, 1991), trouvent certainement une origine dans ce décalage.

L'Amérique du Sud et l'Equateur en particulier n'échappent pas à ce diagnostic. Les premiers vestiges de culture du maïs et d'élevage du lama remontent respectivement à 5000 ans et à 3000 ans. La conquête de ce continent par les espagnols au XV^e siècle révèle au monde occidental le gigantesque travail réalisé par les sociétés pré-hispaniques pour aménager les versants des Andes en terrasses de culture, les incas ayant parfait des

techniques mises au point au cours des siècles précédents. Néanmoins, les expériences acquises par les premiers habitants des Andes, ainsi que les efforts déployés plus récemment (1930-70) par quelques savants équatoriens pour alerter l'opinion publique sur la fragilité des écosystèmes andins (Ascota-Solis, 1968), n'empêchent pas la progression de l'érosion des sols (De Noni et al., 1990). Il faudra attendre la fin des années 70 pour que ne débutent concrètement les recherches sur l'érosion (Institut National de Recherche Agronomique - INIAP, 1979 ; et Convention Ministère de l'Agriculture-ORSTOM 1982-1991).

Bien que le décalage temporel soit aujourd'hui comblé entre la lutte anti-érosive et les recherches concernant l'érosion, les opérations de lutte anti-érosive connaissent un nombre d'échecs encore élevés (Hudson, 1991), l'Equateur n'ayant pas échappé à cette règle. Parmi les éléments possibles d'explication, la prise en compte insuffisante de « la dimension socio-économique » du sol constitue sans nul doute un élément de réponse à ne pas sous-estimer. Ce constat, globalement négatif, a eu un poids certain sur l'initiative de l'Equateur pour rechercher un partenaire scientifique. Le programme de recherche mené dans la région andine par l'ORSTOM, en partenariat avec le Ministère équatorien de l'Agriculture, va donc permettre à l'Equateur d'envisager la lutte anti-érosive sous un autre angle. Le but recherché par le programme n'est pas de développer une étude fondamentale sur les mécanismes de l'érosion mais de participer à la solution d'un problème où l'agriculteur est à la fois « acteur et victime ». Dans cette voie, la recherche d'éléments possibles de solution se place au centre de la démarche et non pas à la fin comme cela est généralement le cas, en ce sens la « dimension socio-économique » du sol est prise en compte au même titre que ses autres dimensions.

Si pendant des siècles, un "équilibre" relatif s'était établi en Equateur entre les potentialités des sols, les besoins des populations et les techniques héritées d'un lointain "savoir-faire" inca et pré-hispanique, ces conditions ont changé, en particulier au cours des trente dernières années. Durant cette période, le développement du minifundio, qui traduit l'émancipation sociale du petit paysannat liée à une forte progression démographique, est un élément important d'analyse. Par exemple, sous l'effet de cette pression, des concentrations humaines importantes (densités de l'ordre de 80 à 200 hab./km², Delaunay, 1990) se sont développées sur des versants compris entre 20 et 70% de pente et jusqu'alors peu humanisés. Les paysages se sont transformés et les versants, qui semblaient stabilisés avant leur aménagement, montrent désormais des empreintes d'érosion essentiellement concentrée (réseaux denses de griffures, rigoles et ravines). Localement, les versants sont partiellement décapés et montrent des surfaces stériles pour l'agriculture.

La prise en compte première des déterminants sociaux montre un antagonisme fort entre une population nombreuse et pauvre, qui lutte pour sa survie, et une contrainte naturelle d'où ressort l'influence du facteur topographique et des fortes pentes. Dès le début de l'étude, il apparaît donc que la lutte contre l'effet pente, et l'énergie du ruissellement qu'il induit, sera au centre de la recherche d'éléments de solution. Les travaux sur le ruissellement et l'érosion concentrée (Roose, 1981, 1994 ; Lal, 1982, 1988 ; Poesen, 1987 et 1989-90) montrant que l'érosion croît avec l'inclinaison de la pente, notre démarche s'est efforcée de trouver des éléments de solution pour dissiper l'énergie du ruissellement par la mise en place d'ouvrages isohypses le long du versant. Pour tester l'efficacité de ces ouvrages, des couples de parcelles de ruissellement (parcelles témoins et améliorées) ont été installées, en collaboration avec les paysans, dans des zones agricoles en cours de dégradation. C'est ainsi qu'un réseau de 26 parcelles de ruissellement de surface comprises entre 100 et 1000 m² a été disposé dans les Andes d'Equateur, sur une distance

de 800 km recoupant du nord et au sud différentes situations écologiques.

Notre choix pour les parcelles de ruissellement paraît rejoindre les travaux lancés par les américains, il y a près d'un 1/2 siècle, et repris depuis par de nombreuses équipes dans le monde. Notre objectif est en fait très différent et ne prétend pas suivre ces travaux qui conduisent généralement à la modélisation des processus. Dans notre cas, l'objectif est appliqué et la parcelle de ruissellement est un outil d'observation et d'évaluation qui permet de suivre le déclenchement et le fonctionnement des processus en fonction des modes de cultures, des calendriers culturels et du choix des végétaux afin de pouvoir envisager une lutte anti-érosive efficace qui est la demande principale des responsables de l'agriculture équatorienne.

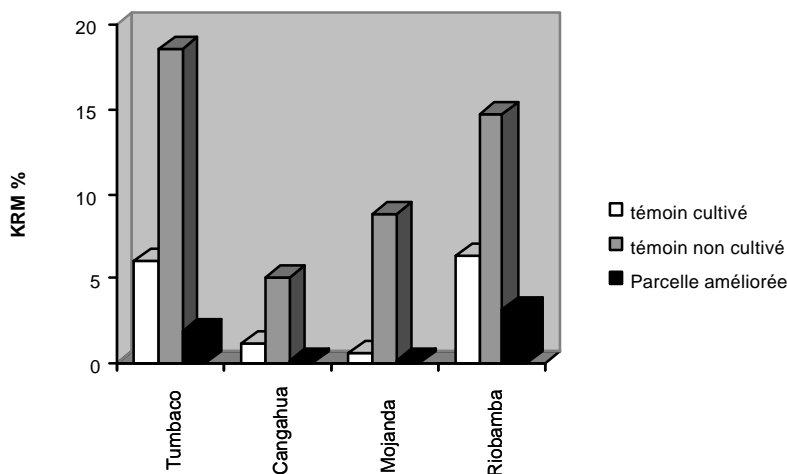
II - LA RECHERCHE DE SOLUTIONS ET LES PRINCIPAUX RESULTATS

Des enquêtes de terrain sur les sites où seraient installées les parcelles de ruissellement ayant apporté peu d'éléments nouveaux sur les moyens de lutter contre l'érosion, l'option des ouvrages isohypses est définitivement retenue. Les ouvrages seraient de conception simple et peu coûteuse, l'objectif étant d'éviter que le ruissellement ne dépasse une vitesse de l'ordre de 25 cm par seconde, seuil au-delà duquel l'eau se concentre et érode le sol (Hjulström, 1935). Les matériaux utilisés pour réaliser ces ouvrages seraient ceux qu'emploient traditionnellement les paysans dans leur vie quotidienne (maisons, haies, murets, bandes de végétation, etc.) et dont l'existence avait été notée au cours des enquêtes. En principe, le versant évoluerait, progressivement et naturellement, vers des "pseudo-terrasses". Suivant cette démarche, l'évolution du profil du versant s'opère quasi naturellement et requiert peu de travail de la part de l'agriculteur. Dans ce contexte, le coût des ouvrages est donc faible et leur entretien facile, ce qui est bien le but recherché (Bennett, 1939 ; Lilin, 1986 ; Roose, 1994 ; Hudson, 1995).

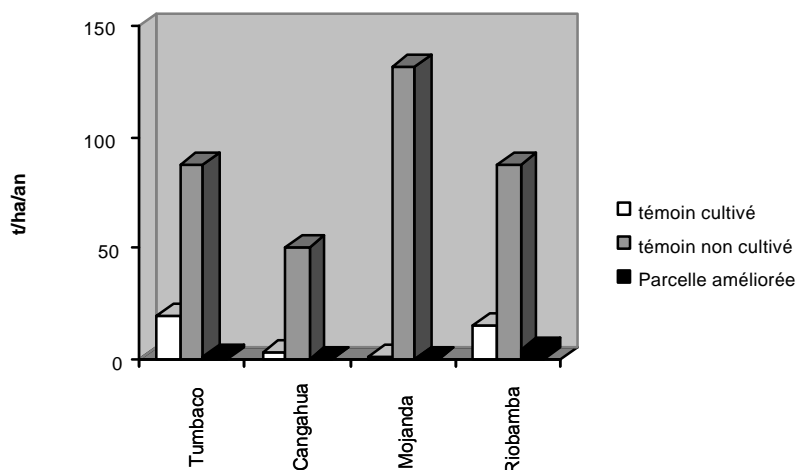
Une fois les parcelles de ruissellement construites chez les paysans, l'efficacité des ouvrages a pu être testée. Chaque site est équipée de la façon suivante : 2 parcelles témoins de 100 m² de surface (10 m X 5 m), l'une est travaillée selon les pratiques locales de concert avec les paysans, l'autre ne porte pas de culture afin de pouvoir dégager un « effet sol » ; et une parcelle améliorée dotées des ouvrages à tester. La surface de la parcelle améliorée est plus grande (1000 m² soit 50 m X 20 m) afin de pouvoir installer correctement les ouvrages conservatoires et s'affranchir des effets de bordure.

Pour illustrer les données obtenues de 1986 à 1991, nous avons pris l'exemple de 4 stations situées sur andosols (De Noni et al., 1990). Les stations de Tumbaco et de Cangahua sont localisées dans le bassin interandin, entre 2500 et 2800 m d'altitude. Elles sont faiblement arrosées (de 500 à 700 mm/an) et présentent un paysage raviné. Là où il subsiste un sol, l'usage de la terre se répartit entre parcelles de maïs et prairies d'élevage. Dans la majorité des cas, les sols sont des andosols molliques et vitriques qui laissent entrevoir dans les zones érodées un horizon induré appelé localement « cangahua ». Les 2 autres stations sont situées sur les cordillères volcaniques, entre 3200 et 3500 m d'altitude, dans des zones qui connaissent actuellement un fort processus d'anthropisation et une érosion progressive : Mojanda est développé sur des mollisols andiques et Riobamba sur des andosols vitriques. La pluviométrie varie entre 700 et 1000 mm/an et permet l'association de 3 cultures (pomme de terre, orge et fève) qui constituent la base de l'alimentation du paysannat. Les données obtenues pour la période sont récapitulées dans les histogrammes ci-après :

Coefficients annuels moyens de ruissellement



Pertes en terre annuelles moyennes



La lecture de ces 2 histogrammes fait ressortir l'efficacité des méthodes testées sur les parcelles améliorées : KRM% < 5 % et érosion < 5t/ha/an. En comparaison les pertes en eau et en terre peuvent être élevées en situation témoin, notamment sur les parcelles non cultivées : KRM% > 15% et érosion comprise entre 50 et 150 t/ha/an.

Les observations effectuées grâce à ce dispositif montrent également : (De Noni et al., 1994) :

- les rendements : de manière générale, on constate sur les stations une bonne relation entre la maîtrise des pertes en eau et en terre et l'amélioration de la production agricole. Parmi les situations où les rendements se sont accrus de manière significative au cours de la période, on peut citer l'exemple de Mojanda : la récolte de pommes de terre a été en moyenne de l'ordre 4 t.ha⁻¹ sur la parcelle témoin et de 8 t.ha⁻¹ sur la parcelle améliorée, la différence ayant été encore plus forte les années où a été cultivée la fève avec 1,1 t.ha⁻¹ sur la parcelle témoin et 9 t.ha⁻¹ en condition améliorée.

- l'adaptabilité socio-économique des ouvrages, sous trois aspects : le temps de travail, que l'on présumait minimal, s'est confirmé durant l'expérimentation grâce à l'évolution naturelle effective des ouvrages en pseudo-terrasse ; l'adaptation rapide des paysans aux

techniques de construction des ouvrages par l'emploi de matériaux locaux ; et enfin le faible coût de l'opération qui constitue une motivation d'intéressement non négligeable pour les paysans. En effet pour ce dernier point, les coûts globaux et cumulés pour la période de cinq ans varient entre 1000 et 2000 F par hectare, ce qui est une dépense compatible avec les conditions socio-économiques de la population locale.

- l'opérationnalité de la démarche : ce volet a consisté en une opération de valorisation, en vraie grandeur, qui a touché une trentaine de familles de la station de Mojanda. Les principales règles de cette opération étaient les suivantes :

- une somme d'argent, de l'ordre de 1.000 F, remboursable au bout d'une année selon un taux d'intérêt faible (10%) par rapport aux taux en vigueur dans le pays, était prêtée à chaque famille afin d'améliorer la qualité des intrants (achat de semences améliorées, d'engrais etc ...),

- pour accéder à ce prêt et démontrer ainsi leurs motivations, les paysans s'engageaient à installer sur leurs parcelles les ouvrages conservatoires testés sur la station.

Au bout de 2 années de suivi, les agriculteurs impliqués dans cette opération montraient une maîtrise certaine pour gérer les ouvrages conservatoires à l'échelle de la parcelle et annonçaient, avec satisfaction, une hausse substantielle des rendements. Dans l'ensemble, ils respectèrent avec régularité les échéances de remboursement du crédit. Cet exemple concret démontre qu'il existe d'autre stratégie que l'assistanat passif basé sur une démarche souvent très technique et associée à l'introduction de pratiques extérieures à la région, cause principale dans de nombreux cas de l'échec des opérations.

En conclusion, dans un contexte où la dimension des facteurs socio-économiques pèse fortement sur l'évolution du sol et se caractérise par des règles d'organisation très complexes et différentes de la logique suivie par d'autres sociétés, la démarche utilisée en Equateur montre qu'il est possible, sur la base d'une concertation entre les différents acteurs, agriculteurs, techniciens et chercheurs, d'atteindre les objectifs fixés. Les paysans ont démontré ainsi qu'ils pouvaient s'intégrer positivement à une opération de conservation des sols et qu'ils étaient prêts à se former à des pratiques culturelles mieux adaptées aux pentes de la Sierra, dans la mesure où ces pratiques tiennent compte de leurs usages et traditions. Cette démarche montre également l'intérêt de placer la recherche d'éléments de solution au centre du questionnement méthodologique et les avantages de « l'outil » parcelle de ruissellement; non pas pour élaborer un modèle de fonctionnement des processus mais pour tester l'efficacité d'ouvrages conservatoire. En ce sens, « la dimension socio-économique » de la connaissance du sol est-elle modélisable et plus globalement la modélisation est-elle nécessaire à la réussite d'une opération de conservation des sols ?

BIBLIOGRAPHIE

Acosta-Solis (M.), 1968. - División fitogeográfica y formaciones geobotánicas del Ecuador, Casa de la Cultura ecuatoriana, Quito, 307 p.

Bennett (H.), 1939. - Elements of soil conservation, Mac Graw-Hill, New-York.

Delaunay. (D.), 1990. - Espacios demográficos y redes migratorias, Collection "Etudes de Géographie", Corporación Editora Nacional - Colegio de Geógrafos del Ecuador, Quito, p.71-98.

- De Noni (B.), De.Noni (G.), Viennot (M.),1990 a. - Le poids de l'histoire sur la morphogenèse agricole des Andes de l'Equateur. *in* La Terre et les Hommes, Mélanges offerts à M. Derruau. A.P.F.L.C. Clermont-Ferrand, p. 511-534 .
- De Noni (G.), Viennot (M.), Trujillo (G.), 1990 b. - Mesures de l'érosion dans les Andes de Equateur, cah. ORSTOM, sér. Pédologie, vol.XXV, n° 1-2, Paris, p.183-196.
- De Noni (G.), Trujillo (G.), Viennot (M.), 1994. - L'érosion agricole dans les Andes d'Equateur - Phénomène naturel ou phénomène historique, *in* Bull. Pédo. de la FAO n° 70 (GCES, E. Roose), Rome, pp. 353-362.
- Ellison (W. D.), 1944. - Studies of raindrop erosion, *Agric. Eng.* 25, pp. 131-181.
- Hudson (N.W.), 1991. - A study of the reasons for success or failure of soil conservation projects, *FAO Soil Bulletin*, n°64, Rome, 65 p.
- Hudson (N.W.), 1995. - Soil conservation, Batsford, London, 320 p.
- Hjulström (F.), 1935. - Studies on the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyries, *Bull. Géol. Inst. Univ. Uppsala* 25, pp. 293-305 et 442-452.
- INEC, 1991. - Recensement de population. Document préliminaire, Quito.
- Lal (R.), 1982. - Effects of slope length and terracing on runoff and erosion on a tropical soil, *IAHS Publ.* 137, pp. 23-31.
- Lal (R.), Editor, 1988. - Soil erosion research methods, Soil and Water conservation Society (Ankeny,Iowa-USA) et Soil Conservation and Environment International Society of Soil Science (Wageningen, Pays-bas), 244 p.
- Lilin (C.), 1986. - Histoire de la restauration des terrains en montagne au XIX^e siècle, *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, vol. XXII, n°2, pp. 133-146.
- Poesen (J.), 1987. - The role of slope angle in surface seal formation, *in* V. Gardner (editor), *International Geomorphology II*, pp. 437-448.
- Poesen (J.), Bryan (R.B.), 1989-90. - Influence de la longueur de pente sur le ruissellement : rôle de la formation de rigoles et de croûtes de sédimentation, *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XXV, n° 1-2, Paris, pp. 71-80.
- Roose (E.), 1981. - Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale, *Travaux et documents de l'ORSTOM*, Paris, 569 p.
- Roose (E.), 1994. - Introduction à la GCES, *Bull. pédologique de la FAO*, n°70, Rome, 420 p.
- Wischmeier (W.H.), Smith (D.), 1978. - Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning, *Agriculture Handbook n° 537*, Washington D.C., 58p.

Key words: Andes, andosols, erosion, human dimensions of soil, soil conservation

Mots clés : Andes, andosols, érosion, dimensions humaines du sol, conservation du sol

Mots clés : Andes, andosols, érosion, dimensions humaines du sol, conservation du sol