

L'érosion et la conservation des sols en Equateur*

Georges DE NONI (1), German TRUJILLO (2), Marc VIENNOT (1)

(1) Mission ORSTOM, Apartado 6596 CCI, Quito, Equateur, (2) M.A.G., Quito, Equateur

RÉSUMÉ

L'érosion constitue l'un des facteurs les plus actifs de dégradation des ressources naturelles en Equateur. Elle se caractérise par l'importance en surface des zones affectées (environ 50 % du territoire) et par l'intensité de ses manifestations (200 à 500 t/ha/an par exemple dans le grand bassin de Quito). La Sierra, partie montagneuse du pays, a été et continue à être le siège d'une érosion active, quasi généralisée dans le couloir interandin entre 1 500 et 3 200 mètres d'altitude. Ailleurs, l'érosion est plus localisée, mais se développe rapidement : les risques érosifs sont très élevés sur les hautes terres et les flancs extérieurs de la Cordillère des Andes, et à un degré moindre sur les deux régions basses la Côte et l'Amazonie. L'équilibre morphodynamique du pays, déjà très fragile en conditions naturelles, est fréquemment rompu par l'impact agricole de l'homme sur le milieu. En effet, l'agriculteur démontre un souci très faible pour conserver ses terres. Il semble avoir oublié les principes fondamentaux de l'agriculture précoloniale mieux adaptée aux conditions montagneuses. La conquête espagnole, la réforme agraire et le « boom » démographique du début du siècle constituent, sans nul doute, les principales causes de cet oubli.

MOTS-CLÉS : Erosion — Processus — Causes — Risques érosifs — Conservation des sols — Equateur.

ABSTRACT

EROSION AND SOIL CONSERVATION IN ECUADOR

Erosion is one of the main factors which is responsible for the degradation of natural resources in Ecuador. It is characterized by the extent of the affected areas (about 50 % of the territory) and by its magnitude (200 to 500 t/ha/year, for instance, are affected in the great basin of Quito). The Sierra which is the mountainous zone has been and is still subjected to an active erosion which spread to the inter-Andean corridor between 1500 and 3200 metres high. Elsewhere, the erosion is more localized but it develops rapidly : risks of erosion are high in the highlands and the outer sides of the Andean Cordillera and they are lower in the two lowlands, the Coast and Amazonia. The morphodynamic equilibrium of the country which is already very weak under natural conditions is often upset by man's agricultural influence on the environment. The farmer does no worry much about keeping his lands. He seems to have forgotten the main principles of the precolonial agricultural system which was better suited to the mountainous areas. The reasons for it seem to be the Spanish conquest, the agricultural reform and the demographic explosion observed at the beginning of the century.

KEY WORDS : Erosion — Process — Causes — Risks of erosion — Soil conservation — Ecuador.

* « Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet spécifique de coopération scientifique entre la Direction Nationale Agricole du ministère équatorien de l'Agriculture et de l'Elevage et l'ORSTOM ».

A l'échelle du continent sud-américain, l'Equateur est un petit pays de 270 670 km² dont l'originalité géographique est due, en particulier, à sa situation équatoriale et à la présence de la cordillère des Andes, appelée localement « Sierra ». Cette dernière, en grande partie volcanique, traverse le centre du pays selon une direction méridienne et constitue une formidable barrière montagneuse. Elle est divisée en 2 cordillères parallèles, aux fortes pentes, culminant à 4000-4 500 m, couronnées par de hauts volcans qui dépassent 5 500 m d'altitude. En deçà de 600 m, la cordillère des Andes est flanquée à l'ouest par la région côtière et à l'est par la région amazonienne. Bien que plus modérés, les reliefs de ces 2 régions, collinaires et tabulaires, présentent également de fortes pentes. Il résulte de cette situation géographique particulière que la gamme des climats est très étendue et que les sols, notamment ceux dérivés de matériel volcanique, présentent des aptitudes agricoles remarquables. Très tôt, l'homme a su tirer profit de ces conditions favorables et a développé une agriculture florissante qui constitue, actuellement avec le pétrole, le principal secteur d'exportation.

Cependant, les phénomènes de dégradation des sols aptes à l'agriculture sont importants. En règle générale, ils ont été négligés par l'homme, soit par insouciance devant l'abondance des ressources naturelles soit par manque d'expérience dans le domaine de la conservation des sols. L'équilibre morphodynamique, fragile en conditions naturelles, a été et continue à être fréquemment rompu par l'impact agricole de l'homme sur les sols. Le résultat est que l'érosion se caractérise par l'importance des surfaces affectées et l'intensité de ses manifestations. G. ALMEIDA *et al.* (1984) ont estimé qu'environ 50 % de la surface du territoire sont affectés par des processus de dégradation : 15 % des zones concernées, siège d'une pression très dense de l'homme sur le milieu et situées avant tout dans le couloir interandin, ont perdu une grande partie de leurs sols arables ; quant aux 35 % restants, ils correspondent à des zones où le processus de colonisation agricole est en cours (régions côtière et amazonienne, hautes terres et flancs extérieurs de la cordillère des Andes). La couverture pédologique y est encore quasi continue mais présente, localement, des signes alarmants de dégradation. En ce qui concerne l'intensité des manifestations érosives, elle se caractérise par des poids de terre perdue considérables. Deux parcelles de ruissellement (Alangasi et Ilalo), de 50 m² de surface et situées dans la région de Quito, ont donné pour 1982 des résultats qui varient de 200 à 500 t/ha/an (G. DE NONI *et al.*, 1986).

UN MILIEU MORPHODYNAMIQUE FRAGILE ET INSTABLE

En conditions naturelles, l'équilibre morphodynamique du pays est fragile à cause de l'agressivité climatique mais également des caractéristiques générales du relief. En condition de mise en valeur agricole, cet équilibre devient très instable et provoque une accélération notable de l'érosion.

Fragilité de l'équilibre morphodynamique, en conditions naturelles

La pluie doit être mentionnée en premier lieu parce qu'elle constitue le facteur créateur d'érosion le plus agressif en Equateur. Dans la Sierra, les précipitations contribuent essentiellement au développement des phénomènes de ruissellement ; les études quantitatives réalisées dans cette région sur 7 parcelles de ruissellement démontrent clairement les relations étroites entre l'érosion du sol et l'intensité pluviale, en particulier l'intensité maximale durant 30 minutes (IM 30). Dans le couloir interandin, les valeurs de l'IM 30 sont relativement basses et varient de 20 à 40 mm/h ; les intensités les plus fortes sont observées dans le grand bassin de Quito et dans la région de Loja, à l'extrême sud du pays. Sur les contreforts extérieurs de la cordillère, les valeurs enregistrées sont supérieures et comprises entre 40 et 60 mm/h. Plus bas, elles sont nettement plus élevées et peuvent atteindre 70 mm/h. Dans la région amazonienne, l'IM 30 se caractérise par une distribution spatiale homogène avec des valeurs très élevées : elle est partout supérieure à 70 mm/h. Cependant, la pluviométrie annuelle, supérieure à 2 500 mm, assure une bonne protection végétale du sol. Enfin, sur la Côte, les valeurs de l'IM 30 fluctuent entre 40 et 70 mm/h. Mais, sur les sols argileux, moins bien couverts qu'en Amazonie, prédominent les mouvements en masse que des hauteurs pluviométriques annuelles de l'ordre de 800 mm suffisent à provoquer.

Le vent est l'autre facteur climatique créateur d'érosion. Bien qu'il puisse être responsable de dégâts conséquents, il n'intervient, par rapport à l'érosion hydrique, que pendant une courte période de l'année (de juin à août). Les informations relatives au vent sont encore mal connues et on ne dispose pour l'instant que de peu d'observations : dépouillements de quelques anémogrammes et expérimentations avec un tunnel à vent. Ces dernières, réalisées par nos soins, ont montré que les particules les plus susceptibles, au même état d'humidité, d'être déplacées par le vent se situent dans la classe 50-200 microns et pour des vitesses de l'ordre de 4 à 7 m/s, que l'intensité du déplacement augmente avec la rugosité de surface du sol et qu'une humidité minime

(équivalente à 0,05 mm de pluie) bloque totalement le processus, pour des vitesses inférieures à 12 m/s.

Le relief, enfin, par ses formes variées aux pentes généralement fortes, constitue l'un des facteurs passifs principaux conditionnant l'érosion. C'est la cordillère des Andes qui présente les versants les plus inclinés : topographie irrégulière et pentes hétérogènes dans le sillon interandin (0-50 ‰), pentes très fortes (70-100 ‰) et homogènes sur les contreforts externes. Les collines et les plateaux des régions côtière et amazonienne sont modelés en versants aux pentes moyennes à fortes (12-40 ‰). Sur les rebords des reliefs tabulaires, les pentes peuvent dépasser 70 ‰. Ces 2 régions sont drainées par de grandes vallées alluviales qui sont sensibles aux inondations provoquées par des ruptures de l'équilibre morphodynamique de leur bassins hydrographiques souvent situés dans la Sierra.

Grande instabilité morphodynamique, en conditions anthropiques

Bien entendu, l'impact agricole de l'homme sur le milieu constitue, également, l'un des facteurs conditionnant l'érosion de premier ordre. Le fait est que les méthodes relatives à la conservation des sols sont quasi inexistantes ce qui provoque l'accélération de l'érosion dans la montagne et accroît les risques d'inondations et de sédimentation dans les régions basses bordières. Et pourtant, les textes des chroniqueurs de l'époque coloniale ainsi que l'existence de quelques vestiges agricoles, encore visibles de nos jours, permettent de penser que l'agriculture pré-hispanique a été florissante et plus conservatrice des sols. Les traditions agricoles ancestrales paraissent avoir été oubliées par l'agriculteur d'aujourd'hui. Les différents aspects de la question seront abordés dans la troisième partie de ce travail. On se limitera, ici, à une description générale des grands types de paysages.

La Sierra est la région du pays où la pression de l'homme sur le sol est la plus dense. La morphodynamique agricole se caractérise par des cultures qui protègent mal les sols et par des pratiques culturales inadaptées, bien souvent, au relief accidenté parmi lesquelles on peut souligner l'utilisation de plus en plus courante de la traction mécanique sur des pentes trop fortes. En fonction de l'altitude, on distingue les formations végétales suivantes :

— la zone inférieure à 2 400 m d'altitude est couverte par des formations végétales discontinues, arborées avec ceibas et arbustives avec cactus. L'activité agricole est régie par l'irrigation (canne à sucre, cultures maraichères et fruitières).

— la zone comprise entre 2 400 et 3 200 m correspond au couloir interandin proprement dit. Très tôt, elle a

été marquée par la pression de l'homme sur les sols. C'est le domaine de la culture de maïs et des pâturages naturels et artificiels.

— A partir de 3 200 m et jusqu'à 4 400 m (limite des cultures), on pénètre dans la zone des hautes terres andines où sont cultivées pommes de terre, fèves et orge. C'est un milieu en pleine mutation qui est le siège d'activités agricoles de plus en plus intensives depuis une vingtaine d'années. Cette évolution se réalise aux dépens des formations végétales naturelles qui confèrent une bonne protection aux sols : formations arbustives normalement fermées, appelées localement « matorral » ou « chaparral » entre 3 600 et 3 800 m, et formations herbacées d'altitude dénommées ici « paramo » (*Stipa ichu*), entre 3 800 et 4 400 m. Par conséquent, l'accélération de l'érosion est notable, voire même localement alarmante. Cette situation est identique pour les zones voisines correspondant aux flancs extérieurs de la cordillère, quels que soient les paysages végétaux, tropicaux ou tempérés en fonction de l'altitude.

Sur la côte, les caractéristiques de la couverture végétale sont plus satisfaisantes pour la protection des sols. La seule exception correspond à une petite frange littorale couverte par une végétation xérophytique discontinue qui s'étend depuis Portoviejo jusqu'à Guayaquil. D'autre part, la pression de l'homme sur des sols susceptibles à l'érosion est moins forte. Les principales formations végétales sont les suivantes :

— les pâturages, naturels et artificiels, bien répartis sur l'ensemble de la région.

— l'arboriculture tropicale (cacao, café, banane, palmier à huile)

— la polyculture de subsistance : maïs, manioc, etc...

— la végétation naturelle arborée.

La région amazonienne présente la couverture végétale la plus dense, à cause d'une pluviosité annuelle élevée. Cependant, depuis une quinzaine d'années, les colons ont commencé à remplacer la forêt sempervirente par des cultures, en particulier de chaque côté des axes routiers qui conduisent aux puits de pétrole.

UN LOURD PASSÉ MORPHODYNAMIQUE ET DES RISQUES D'ÉROSION ÉLEVÉS

Sur la carte de la figure 1 relative aux principales zones de l'Equateur soumises à l'érosion, on note que la Sierra, en particulier le couloir interandin, est la région du pays la plus sévèrement affectée par ce phénomène (trame noire). D'autre part, l'ensemble des zones correspondant aux hautes terres et aux flancs extérieurs de la Sierra a été figurée (petits cercles) parce que c'est un milieu naturel en équilibre morphodynamique fragile, à hauts risques érosifs lorsque l'homme s'y installe (pointillés). Enfin, l'érosion, qui affecte les collines et les plateaux des régions côtière et

amazonienne, a également été considérée : elle est localement active et les risques qu'elle peut engendrer ne sont pas négligeables (lignes horizontales).

L'érosion active généralisée

Elle a été et continue à être très active dans la Sierra, en particulier dans le couloir interandin. Ce dernier, qui est à l'origine du dédoublement de la cordillère des Andes en 2 chaînes parallèles, est formé par une enfilade méridienne de bassins d'effondrement séparés par

des reliefs transversaux de type « horst ». Les altitudes s'étagent depuis 1 500 m jusqu'à 3 200 m. La situation érosive est déjà fort avancée : zones aux sols tronqués, peu épais et affleurements fréquents des roches mères. Par exemple, dans la partie nord et centre du couloir interandin, on observe en de nombreux endroits des étendues relativement conséquentes, de couleur brun-jaune, dues à une cendre volcanique indurée stérile en l'état pour l'agriculture, appelée localement « cangahua ».

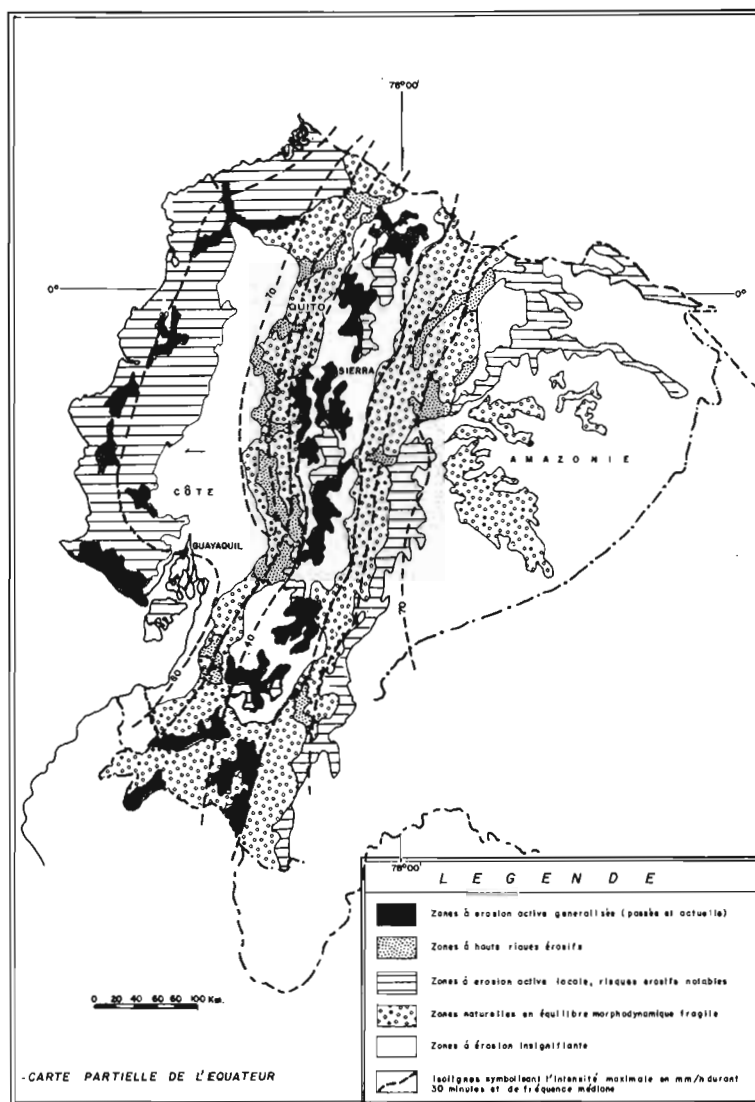


Fig.1. — Les principales zones de l'Equateur soumises à l'érosion.

En règle générale et pendant 9 mois de l'année, de mi-septembre à fin mai, les manifestations de dégradations des sols sont provoquées par l'érosion hydrique.

Cet état général d'érosion est la résultante des processus suivants :

— *le ruissellement diffus et concentré*. C'est le type

de processus le plus courant qui égrène ses méfaits tout au long du couloir interandin, à l'exception du bassin de Cuenca, quelle que soit l'origine géologique des sols. En règle générale, le ruissellement diffus est toujours associé au ruissellement concentré ; le premier étant relayé par le second lorsque la pente augmente et dans la mesure où la pluie persiste. Localement, on a observé les effets du ruissellement diffus sur des pentes qui varient de 10 % à 20 % : ses effets sont significatifs, par exemple, dans la province du Chimborazo où il provoque l'éclaircissement des sols volcaniques très noirs. Cependant les formes créées par le ruissellement concentré sont beaucoup plus visibles et spectaculaires. Il s'agit de ravines et de ravins profonds aux versants subverticaux, dont les profils transversaux dessinent un U ou un V en fonction de la cohésion et de la granulométrie du matériel. Ces formes linéaires, appelées localement « quebradillas » et « quebradas », sont généralisées sur les versants et elles évoluent en « bad-lands ».

— *le ruissellement associé à de petits mouvements de masse*. Ce type de processus est caractéristique des sols volcaniques qui présentent une discontinuité texturale à faible profondeur : horizons argileux de 60 à 80 cm d'épaisseur sur « cangahua » dure. Il se manifeste dans la partie septentrionale et centrale de la Sierra : provinces de Carchi, Pichincha et Chimborazo. Ses effets sont notables à partir de 15-20 % de pente et donnent lieu à la formation d'abrupts d'érosion de dénivellation métrique lorsqu'ils ont été repris par le ruissellement.

— *les mouvements de masse*. Ils sont essentiellement localisés dans la région de Cuenca, plus exactement au sud de celle-ci dans la zone de Cumbe. Sur des sols argileux non volcaniques, de couleur rose et rouge, développés sur reliefs collinaires, ils se manifestent par des loupes et des niches de solifluxion semi-circulaires, et des coups de cuiller. Localement, le ruissellement a fait évoluer ces formes en « bad-lands ».

En ce qui concerne le vent, ses manifestations érosives sont également notables. Cependant, son rôle est plus localisé dans le temps (de juin à août) et dans l'espace. L'érosion éolienne n'affecte, d'une manière significative, que la partie nord du bassin de Quito et la zone de Palmira, au sud du bassin de Riobamba. Les formes de déflation et d'accumulation observées sont classiques. C'est à Palmira que les manifestations éoliennes sont les plus remarquables. Aux petits « rebdous » et aux « nebkas métriques », s'associent des champs de « barkhanes » de 4 à 5 mètres de haut et de 10 à 20 mètres d'envergure. Les « yardangs » sont également bien développés et peuvent dépasser 2 m de hauteur.

Les risques érosifs

L'extension accélérée et incontrôlée de la frontière agricole vers des zones en équilibre morphodynamique

instable, déjà affectées ponctuellement par une érosion actuelle active à très active, laisse présager une accélération des processus de dégradation : hauts risques érosifs sur l'ensemble des hautes terres et des flancs extérieurs de la cordillère des Andes, risques érosifs moins élevés et plus localisés sur les bas reliefs côtiers et amazoniens.

Sur les hautes terres andines de l'Equateur (3 200-4 400 m) en conditions d'agriculture et d'élevage, l'érosion est alimentée soit par l'eau soit par le vent en fonction des conditions pluviométriques (G. DE NONI *et al.*, 1985). En milieu humide (> 1 500 mm par an), ce sont les processus hydriques qui prédominent. Les versants cultivés présentent de fortes déclivités (40-100 %, voire même localement plus de 100 %), et on observe presque toujours de l'érosion par ruissellement concentré en rigoles et en ravines. Les cultures sarclées, comme la fève et la pomme de terre, lorsque le billonnage est effectué selon les courbes de niveau, protègent plus efficacement le sol contre l'érosion que l'orge, l'avoine et le seigle qui sont semés à la volée sur une surface à plat. En conditions d'élevage, la dégradation des sols est provoquée par des processus de surpâturage dont le principal responsable est le cheptel ovin, le plus important en nombre de têtes. Le modelé de surface des versants est façonné, systématiquement, en gradins ou terrassettes décimétriques parallèles aux courbes de niveau, localement affectés par de petits glissements de terrain de quelques mètres carrés de surface. En milieu plus sec (< 1 500 mm/an), l'action du vent devient prépondérante : sols aux couleurs marbrées sous cultures, cuvettes et couloirs de déflation sur pâturage à végétation dégradée. Quelques zones, comme celle par exemple des hautes terres du Chimborazo, présentent une véritable morphologie de paysage désertique : regs avec « yardangs » et ergs à « barkhanes ».

Le milieu naturel forestier aux fortes pentes (> 70-100 %) des flancs extérieurs de la cordillère des Andes a, également, été touché par la mise en valeur agricole. Il s'agit soit de zones d'agriculture traditionnelle de part et d'autre des axes de communication, soit de zones en voie de colonisation. En conditions de cultures et d'élevage (l'activité du bois avec arboriculture sous ombrage étant plus protectrice) sur fortes pentes, les risques érosifs sont alors importants et les phénomènes se déclenchent rapidement : mouvements de masse sur sols argileux, ruissellement diffus et concentré sur sols sableux et limoneux, et mouvements de gravité sur les pentes les plus fortes. Les conséquences de ces manifestations sont non seulement dramatiques sur ces versants instables mais peuvent l'être, également, sur les régions basses bordières, Côte et Amazonie, en induisant des phénomènes d'inondations et de sédimentation.

Toute la moitié occidentale de la région côtière, formée par des reliefs collinaires et tabulaires, présente une situation érosive potentielle à ne pas négliger. Localement, les effets de l'érosion peuvent être aussi sévères que dans la partie montagneuse du pays. Ils se manifestent par des mouvements en masse qui affectent essentiellement les provinces de Manabi et Esmeraldas. Jusqu'à 40 % de pente et sur les collines argileuses, en conditions d'élevage, les formes d'érosion prédominantes sont dues à des coups de cuiller, glissements en planches et loupes de solifluxion. Entre 40 % et 70-100 %, sur grandes collines et sur les rebords de reliefs tabulaires, ces formes ont tendance à s'exagérer et à être associées à des processus de gravité. Sous cultures (maïs, coton), on peut observer, également, les manifestations du ruissellement concentré : c'est le cas des zones de Pedro Carbo et de Tosagua-Rocafuerte qui se caractérisent par une faible pluviométrie annuelle (< 500 mm) et un fort IM 30 de l'ordre de 60 mm/h. Après défrichement et quelques mois de pâturage, l'évolution générale de l'utilisation actuelle de la terre se fait vers ces types de cultures, peu protectrices des sols. L'autre moitié orientale de la région côtière est occupée par des plaines et vallées alluviales. Bien que l'érosion sur place y soit nulle, elles sont sensibles aux variations de l'équilibre morphodynamique de leurs bassins hydrographiques en amont, situés sur les contreforts externes de la cordillère des Andes.

La région amazonienne, qui représente près de la moitié de l'Equateur avec seulement 3 % de la population, est a priori une zone de faible risque érosif bien que les conditions climatiques soient fortement agressives (total pluviométrique annuel supérieur à 2 000 mm, atteignant 7 000 mm au pied de la cordillère, avec des IM 30 dépassant 70 mm/h). Dans ce milieu, perhumide, la pluie est l'unique facteur créateur de l'érosion.

On peut subdiviser la région en trois sous-régions définies par leur paysage (relief, pente, etc.) :

- le premier correspond aux zones de marais ou d'épannage alluviaux où la topographie plane limite considérablement l'érosion ;

- le second correspond au paysage de colline en demi-organe où les pentes sont faibles à modérées 12-40 %. La faible perméabilité des sols favorise le ruissellement diffus puis concentré ;

- le troisième, enfin, correspond au paysage de « mesa » constitué par d'étroits plateaux en forme de lanières séparés par de profonds talwegs où les versants rectilignes surmontés par une corniche dépassent 70-100 % de pente. Même sous végétation naturelle, on peut dans cette zone de plateau reconnaître d'anciennes zones de glissement en masse.

L'Amazonie enfin était jusqu'à une époque récente recouverte par une forêt dense partiellement interrompue par quelques abattis ouverts par les groupes indigènes. Depuis 1967, date de l'ouverture des routes pétrolières, s'est développé un processus de colonisation

mal contrôlé dont la principale conséquence a été une occupation des sols à raison de 50 ha par famille, ou par adjudication de 2 blocs de 10 000 ha pour la culture du palmier à huile.

Bien que l'érosion y soit actuellement réduite, des signes montrent qu'elle a tendance à s'accroître : fortes charges solides dans les rivières dont les bassins-versants sont déjà fortement occupés, crues et décrues des rivières plus rapides et plus intenses, apparitions de zones dégradées sans herbe au sein des pâturages, début de phénomènes de glissement. Les plantations industrielles, quant à elles, montrent de forts phénomènes d'érosion durant les 6 premiers mois de mise en place des plantations, parce que le sol est mal protégé par la plante de couverture. Plus tard, l'érosion se limite aux zones non couvertes : routes, pistes, zones habitées et de production d'huile.

Pour conclure, insistons sur le fait que l'aspect le plus inquiétant de dégradation du milieu est dû à une baisse de la fertilité des sols et également du degré de couverture végétale, ce qui induit déjà une accélération notable de l'érosion.

RELATIONS CAUSALES ENTRE CERTAINS FAITS HISTORIQUES ET L'INSUFFISANCE DES MÉTHODES DE CONSERVATION

L'inadaptation actuelle de l'homme à son milieu

Si de la part des autorités, il existe une volonté réelle et récente d'assurer une production soutenue tout en maintenant le capital de production du sol, il n'en est pas de même du cultivateur. Ce dernier a un souci très faible pour ne pas dire nul de protéger et de conserver ses terres contre l'érosion. Il accuse volontiers les générations passées, une année exceptionnellement pluvieuse, la fatalité, ... des dégâts ou accidents passés et actuels qui affectent ses sols ; il ignore que sa façon de travailler peut avoir un rôle important. Le cultivateur ne sait en général pas s'adapter aux nouvelles méthodes de cultures. Cela est particulièrement évident lors de l'introduction du tracteur : on voit alors des groupes humains abandonner des techniques culturales correspondant à une bonne utilisation du milieu pour adopter des techniques dont le rôle le plus visible est de favoriser l'érosion. Parmi celles-ci on soulignera : le labour selon la pente et la suppression des talus, des terrasses, et des fossés de dérivation des eaux.

Il n'y a pas de direction définie pour le sens de labour : il peut s'effectuer perpendiculairement ou parallèlement à la pente. Le labour réalisé par traction animale est toujours fait parallèlement aux courbes de niveau. Le labour motorisé s'effectue parallèlement à ces dernières jusqu'à des pentes maximales de 25 à

30 %. Au-delà de cette limite et jusqu'à 60 % de pente il se fait dans le sens de celle-ci.

Les talus constitués de pierres ou de blocs de « cangahua » séparant des terrasses peuvent localement être observés dans toute la Sierra. De nos jours, ces talus-terrasses sont en cours d'abandon. A Pimampiro (province d'Imbabura), les anciens talus de pierres empiilées précolombiens sont volontairement abattus pour laisser la place à de grandes parcelles moto-mécanisables. Il ne subsiste plus que les étroites terrasses qui se trouvent sur des pentes supérieures à 70-100 %. A proximité de Zhud (province de Cañar) dans une zone de colonisation récente et de moyenne propriété apparaissent sous le « chaparral » (formation arbustive dense) en cours de défrichement, de larges terrasses au profil concave séparées par des talus empierrés, en pente de 50-80 %, qui constituent les vestiges d'une ancienne civilisation Cañari. Interrogés, les cultivateurs nous ont expliqué qu'ils cherchaient à détruire ces talus afin d'agrandir la taille des champs. A Punin et Flores (province du Chimborazo) il existe dans des conditions de pente moyenne et à une altitude bien définie de véritables terrasses séparées par des talus de plusieurs mètres constitués de blocs de « cangahua ». Ces talus sont localement refaits et surélevés, mais d'une façon générale ils ne sont plus entretenus. Au-dessus de cette zone qui correspond à des extensions agricoles récentes dans les mêmes conditions de pente, les terrasses et talus n'ont pas été reconstitués... des parcelles ont déjà dû être abandonnées du fait de l'abondance des ravines. En dessous de cette zone sur des pentes moindres et non aménagées en terrasses, le sol disparaît au profit de la « cangahua ». Au sud de cette zone entre Colta et Chunchi les talus ne sont plus que des limites de champs. Parfois, lorsqu'ils sont bien parallèles aux courbes de niveau ils délimitent des « pseudo-terrasses » excessivement larges et pentues, inadaptées aux conditions du milieu. A Ingapirca (province de Cañar) dans une ancienne zone d'influence incaïque, certains chemins principaux sont bordés d'énormes tas de cailloux, bien empilés, qui auraient pu, judicieusement entassés selon les courbes de niveau, constituer de magnifiques cordons de pierres (gabions).

Les fossés de dérivation des eaux constituent une pratique classique dans les zones humides de montagne. Ils sont fabriqués de façon empirique lorsqu'apparaissent dans une parcelle des ravines d'érosion. Il s'agit de longs fossés rectilignes d'une quarantaine de centimètres de profondeur dont la pente est souvent forte (20 à 25 %). Leur rôle est de collecter l'écoulement superficiel diffus avant qu'il ne se concentre et de l'évacuer dans le fossé d'évacuation principal qui utilise le tracé d'un axe de drainage. Malgré leurs imperfections (pentes et longueurs excessives) ces fossés de dérivation

permettent de limiter le développement des griffes d'érosion. Ils sont une gêne pour la circulation des engins agricoles et sont progressivement abandonnés par les cultivateurs. Localement, ils sont remplacés par quelques fossés peu profonds, rapidement faits à la charrue, lorsque le besoin est manifeste.

Le souci de préserver les sols n'est pas mieux perçu par le colon récent. Sur les flancs externes de la cordillère dans des secteurs à hauts risques érosifs (pentes et climat), on peut observer entre Loja et Machala des zones où les cultures vivrières se font sur des pentes fortes (40-60 %). Ces cultures associent le riz pluvial et des lignes de maïs dont l'efficacité en matière de protection est dérisoire. Entre 40 et 60 % de pente, le pâturage est mieux adapté à la topographie ; au-delà, il présente également de hauts risques érosifs.

Pour lutter contre l'enlèvement des particules de sol par le vent, le cultivateur a coutume de planter des haies de « Sigsés » (robuste graminée vivace) dans la région de Palmira ou des barrières d'eucalyptus dans celle de Guayllabamba. On s'aperçoit que ces méthodes sont inefficaces parce que ces barrières de végétation sont alignées généralement dans le sens du vent dominant.

L'agriculteur équatorien avait acquis une tradition agricole conservatrice des sols. Il semble l'avoir aujourd'hui oubliée et il s'est transformé par ses pratiques en l'un des facteurs conditionnant l'érosion les plus actifs. Son inadaptation au milieu agricole est manifeste : par exemple, dans les zones où subsistent des vestiges de terrasses, les surfaces de celles-ci ont été considérablement élargies par destruction des talus intermédiaires ; ceux qui sont conservés sont utilisés comme limites de propriété et n'ont plus de fonction antiérosive.

L'oubli des traditions agricoles ancestrales

En Equateur, pays agricole, on observe une inadaptation actuelle de l'agriculteur à son milieu. La tradition précoloniale d'une agriculture mieux adaptée aux conditions montagneuses n'a pas été perpétuée. On peut penser en premier lieu que la conquête espagnole puis, plus récemment, la réforme agraire ont contribué à effacer de la mémoire de l'agriculteur les traditions agricoles ancestrales. D'autre part, elles ont provoqué un déplacement des agriculteurs vers des zones caractérisées par leur fragilité morphodynamique et pour lesquelles ils n'ont pas d'expérience. En outre, le formidable « boom » démographique entre la fin du XIX^e siècle et la première moitié du XX^e siècle a, également, contribué à amplifier les effets de ce processus migratoire du paysannat équatorien, massif actuellement.

LES GRANDS TRAITS DE L'AGRICULTURE PRÉCOLONIALE

Durant les 2 000 ans qui précèdent la conquête espagnole, l'agriculture connaît un développement spectaculaire. La partie andine du pays constitue le lieu privilégié de cette évolution parce que les conditions climatiques du milieu y sont moins difficiles que dans les deux régions tropicales bordières, et en outre parce que la montagne offre de nombreux sites de défense. Ce développement agricole s'est caractérisé par l'augmentation et la diversification des productions ainsi que par l'utilisation de pratiques culturelles adaptées aux fortes pentes.

Les groupes humains de l'époque ont su profiter de la gamme étendue des microclimats du couloir interandin (bassins et longs versants internes) qui se succèdent sur de courtes distances. L'historien U. OBEREM (1981) a qualifié cette mise en valeur agricole de l'espace de « microverticalité » parce que chaque étage écologique est utilisé pour une activité agricole particulière : étages du maïs entre 2 000 et 3 000 m, et de la pomme de terre au-dessus de 3 200 m. Dans son analyse historique, U. OBEREM fait référence, parmi d'autres exemples, au village de Tisaleo situé dans la province du Tungurahua dans les termes suivants : « ... ce village... situé sur une terre froide où se cultivent bien la pomme de terre... en remplacement du maïs ; quant à ce dernier il a été semé plus bas dans la vallée de Guache, distante d'une lieue, où il y a également des cultures maraîchères... » En règle générale, l'agriculture est présente dans les 3 grands étages écologiques : chaud, tempéré et froid.

Cependant, l'intensification de l'impact de l'homme sur le milieu entre des altitudes extrêmes s'est accompagnée, également, d'une utilisation relativement satisfaisante des sols, considérant bien entendu par ailleurs que la pression agricole sur la terre était beaucoup moins forte que de nos jours. Nombreux sont les chroniqueurs des premières années de l'époque coloniale qui qualifient l'agriculture de florissante et protectrice. Ils ne mentionnent pas de problèmes relatifs à l'érosion, par contre ils font fréquemment l'éloge des pratiques agricoles liées à l'utilisation d'engrais organiques (excréments humains, de lamas et le guano) et aux rotations entre cultures. R.A. DONKIN (1979) dans son livre sur l'agriculture préhispanique mentionne la description suivante du chroniqueur CIEZA DE LEON (1518-1560) : « ... la taille du maïs à la récolte dépend de l'utilisation de guano, transporté dans la Sierra à dos de lamas, et où on utilise également des excréments humains séchés et pulvérisés. » Ce même auteur indique, également, que dans l'étage froid des tubercules on cultive d'abord la pomme de terre, associée localement à la oca (*Oxalis tuberosa*), à l'ullucu (*Ullucus tuberosus*) et à la aña

(*Tropaeolum tuberosum*). Puis, ces cultures sont remplacées par la quinoa (*Chenopodium quinoa*) et la cañahua (*Chenopodium pallidicaule*). Par la suite, on laisse le sol en jachère durant 3 à 8 ans. Le travail du sol, grossièrement désherbé, est minimum et se réalise sans traction animale. Le seul outil est la « *chaqui-tacla* » qui est un long bâton incurvé qui sert à la fois pour semer et récolter. Enfin, on peut signaler la construction de terrasses agricoles qui permettaient le contrôle de l'eau sur les versants. Ces dernières, fréquemment associées à des systèmes d'irrigation, constituent les vestiges d'une histoire passée dont ne fait plus cas l'agriculture actuelle. Dans la partie septentrionale du couloir interandin, P. GONDARD et F. LOPEZ (1983) ont reconnu 47 sites de terrasses anciennes. Elles sont présentes, également, dans le centre et le sud de la Sierra, en particulier dans la province du Chimborazo (Colta, Punin-Flores, Alausi) et dans la haute vallée du Rio Jubones.

LES PRINCIPALES CAUSES HISTORIQUES DE L'OUBLI

Cet aspect fondamental de l'évolution du paysannat équatorien s'explique, sans nul doute, en ayant recours à une analyse historique fort complexe. On se limitera dans ce travail à souligner et à rappeler, brièvement, les effets cumulés dans le temps de 3 périodes clés de l'histoire du pays : la conquête espagnole, la réforme agraire et le « boom » démographique de la première moitié de ce siècle. Elles ont contribué à la destruction du système agricole collectif et vertical des sociétés précoloniales, en imposant un système inverse basé sur la propriété privée et localisé dans le cadre d'un même étage écologique.

En premier lieu, les conséquences de la conquête espagnole ont été rapidement dramatiques. Les chroniqueurs de l'époque s'accordent pour noter une baisse généralisée de la population indigène (conditions de vie très dures, épidémies venues d'Europe). Par exemple, J.P. DELER (1981) note que le nombre des personnes soumises au tribut par l'Espagnol dans les villes de Quito, Cuenca, Loja, Zamora et Quijos passe de 82 383 en 1557-1561 à 31 035 en 1591-1608. D'autre part, les Espagnols développent un processus de regroupement des indigènes en un même lieu, par le système de « l'encoienda » et qui donnera naissance plus tard à « l'hacienda » : il s'agit d'assujettir, en les regroupant, une population ennemie ce qui permet, également, de disposer d'une main-d'œuvre consécutive et gratuite. Enfin, les « conquistadors » importent et imposent leur agriculture. Ils introduisent de nouvelles cultures : les céréales (blé, orge, avoine), l'arboriculture (pommes, pêches, abricots et citrons) et les cultures maraîchères (choux-fleurs, carottes, petits pois, salades). Ils développent l'élevage d'animaux inconnus jusqu'alors dans les Andes (chevaux, bovins et porcins, moutons) et

l'utilisation de la traction animale pour les labours des champs. Par conséquent, « le choc socio-agricole » est entamé et ses conséquences, déjà très profondes, seront pour toujours irréversibles. Quelques indigènes échapperont au joug hispanique en fuyant vers les hautes terres et les flancs extérieurs de la cordillère des Andes.

La réforme agraire, il y a une vingtaine d'années, n'a pas permis le redressement de cette situation. Bien au contraire, elle a contribué à la perpétuer. En 1954, les « haciendas » de plus de 100 ha, héritées du système de « l'encomienda », représentaient moins de 2 % des exploitations agricoles et étaient propriétaires de plus de 60 % des terres (F. VELASCO, 1983). Elles utilisaient une main-d'œuvre servile importante, le « huasipunguero », qui contre 4 à 6 jours de travail par semaine pour « l'hacienda » avait le droit de cultiver un petit lopin de terre. Le 11 juillet 1964, le gouvernement militaire expédie la loi de la réforme agraire qui abolit les relations de dépendance entre « huasipungueros » et patrons « d'haciendas » et qui oblige ces derniers à céder une partie de leurs domaines aux « ex-huasipungueros ». Dans la pratique, les résultats sont extrêmement décevants. L'octroi des titres de propriétés correspond, en général, aux zones marginalisées des haciendas : climat froid ou trop humide des hautes terres et des premiers contreforts des flancs extérieurs de la cordillère, topographie d'ensemble aux fortes pentes. Une nouvelle fois, le paysan se trouve seul face aux adversités et isolé dans un seul étage écologique aux conditions naturelles difficiles. Dans son analyse du petit paysanat de la Sierra, R. SANTANA (1983) relate l'exemple de la région de Cangahua, au nord de Quito. La réforme agraire entérine l'accession à la propriété à des « ex-huasipungueros » sur des terres à fortes pentes, situées entre 3 600 et 3 800 mètres. En outre, l'exiguïté des terres octroyées se révèle, rapidement, un facteur limitant de premier ordre pour la reproduction de la famille. Le paysan est obligé d'utiliser très intensivement le sol, dans un milieu en équilibre morphodynamique fragile, et néglige par exemple les temps de rotation. La conséquence directe est l'accélération de l'érosion : en 25 ans environ, la presque totalité de la couche arable avait disparu.

Aux effets de la conquête espagnole et de la réforme agraire, se conjuguent également ceux du « boom » démographique de la première moitié du XX^e siècle. Il provoque la redistribution accélérée et incontrôlée d'une population paysanne vers des zones caractérisées par leur fragilité morphodynamique, sans expérience en matière de conservation des sols et de protection générale de l'environnement. En 1586, la population totale du pays est d'environ 150 000 habitants (J. ESTRADA YCAZA,

1977). En un siècle, entre 1780 et 1886, elle double et passe de 500 000 à 1 000 000 d'habitants. En 50 ans, de 1886 à 1941, le « boom » démographique la fait tripler et atteindre les 3 000 000 d'habitants. Ce dernier est dû, en général, aux améliorations de la qualité de la vie, et en particulier à une baisse plus rapide de la mortalité que de la fécondité. Au cours des siècles, se dessine progressivement la redistribution de la population sur le territoire : jusqu'en 1780, la Sierra est 10 fois plus peuplée que la Côte ; entre 1886 et 1941, la population de la Sierra n'est plus que le double de celle de la côte. En 1974, la population de la côte dépasse celle de la Sierra. Cette évolution est moins caractéristique du côté amazonien et n'a commencé que tardivement avec l'ouverture des routes pour l'exploitation pétrolière.

PRISE DE CONSCIENCE RÉCENTE DE LA NÉCESSITÉ DE CONSERVER LES SOLS

Cette prise de conscience existe depuis moins de 10 ans : elle a été impulsée, en grande partie, par les organismes internationaux qui ont remis à la mode la notion de conservation de l'environnement et en particulier des sols ; mais aussi par le fait que l'Equateur a réalisé un gros effort pour mieux connaître l'état de ses ressources naturelles renouvelables, et par voie de conséquences les phénomènes de dégradation qui les affectent. Cette notion a connu un grand succès en Equateur, de telle façon qu'actuellement la grande majorité des projets de développement agricole est fondée sur une utilisation à la fois productive et conservatrice des sols. Parmi les interventions menées dans ce domaine en Equateur, on peut mettre l'accent sur les 2 principaux types de stratégies suivants : l'un se base sur une recherche préliminaire des mécanismes érosifs et des méthodes de conservation les mieux appropriées au milieu andin montagneux, puis passe aux travaux de réalisation et de sensibilisation sur le terrain ; quant à l'autre, il consiste à entreprendre directement des actions conservatrices sur le terrain, en adaptant progressivement et de manière plus ou moins empirique les expériences acquises dans d'autres pays.

L'institut National d'Investigations agricoles (INIAP) et l'ORSTOM utilisent le premier type de stratégie. L'INIAP, qui est en Equateur l'équivalent de l'INRA en France, constitue le principal organisme équatorien de recherches agronomiques. A partir de 1979, un groupe restreint de chercheurs s'est intéressé à l'installation et à l'observation conventionnelle de parcelles d'érosion du type Wischmeier. Actuellement, l'équipe est composée de 5 personnes à temps plein et le financement est assuré à 50 % par l'Université américaine

de Floride. Rapidement, le programme s'est étoffé en fonction des 3 axes principaux suivants :

- Etude expérimentale du ruissellement et de l'érosion selon différents types de cultures et de pratiques agricoles .
- Etude appliquée de quelques recommandations conservatrices des sols à l'aide de parcelle simplifiées, installées chez les agriculteurs .
- Etude pratique en « semi-vraie grandeur » à l'échelle de microbassins de 1 000 à 2 000 ha, pour une mise en valeur intégrale et conservatrice du milieu.

L'INIAP attache une importance notable à la formation des techniciens et à la divulgation des résultats auprès des agriculteurs.

Depuis 3 ans environ, l'ORSTOM travaille en coopération sur ce thème avec le ministère équatorien de l'Agriculture et de l'Elevage et son département des sols qui est rattaché à la Direction Nationale Agricole. Les principales fonctions de ce département sont : conservation, récupération et maintien de la fertilité des sols. L'objectif général consiste à contrôler l'érosion dans quelques zones représentatives appelées projets pilotes, grâce à la formulation de pratiques culturales conservatrices adaptées au milieu rural équatorien ; cela devrait permettre aussi la formation du personnel affecté à ce projet et la sensibilisation de la population paysanne à la lutte antiérosive. Chaque projet pilote est le siège d'une station expérimentale composée de 4 parcelles : 2 parcelles témoins de 100 m² (une parcelle nue standard de « type Wischmeier » et une autre avec cultures et pratiques agricoles traditionnelles), et 2 parcelles complémentaires de 1 000 m² sur lesquelles sont testées les méthodes de conservation du sol. Parallèlement, des enquêtes socio-économiques sont menées auprès des paysans pour détecter parmi les pratiques agricoles actuelles d'éventuelles méthodes de conservation : ce sont elles qui sont, en premier lieu, expérimentées sur les parcelles. Ce type de station constitue un excellent outil de travail pour former le personnel et organiser des journées de terrain avec les agriculteurs.

Dans un cas comme dans l'autre, on remarque que les actions sont menées après des études de base sur les conditions locales du milieu, et que leur efficacité est d'abord vérifiée expérimentalement.

En ce qui concerne le second type de stratégie, on peut l'illustrer en prenant comme exemple les interventions développées par la Coopérative Américaine de Distribution à l'Etranger (CARE) et le sous-secrétariat de développement rural intégral (SEDRI).

CARE travaille, également, en coopération avec la Direction Nationale Agricole du ministère équatorien de l'Agriculture et de l'Elevage. C'est une organisation privée internationale qui intervient, de manière préférentielle, dans le cadre du petit paysannat. L'objectif général du programme est d'améliorer le niveau de la production et le niveau de vie des agriculteurs par le biais de la conservation des sols, sur 2 500 ha répartis entre les provinces serréniennes de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo et Loja. Les pratiques conventionnelles de conservation des sols (cultures en bandes alternées, canaux de drainage et de nombreuses terrasses en blocs de « cangahua ») sont directement mises en œuvre chez l'agriculteur sans expérimentation préalable, et sans considérer qu'il puisse, peut-être, exister d'autres pratiques mieux adaptées à la montagne andine.

Le SEDRI, qui est sous-secrétariat d'Etat dans le cadre du ministère du « Bien-être Social », œuvre avec le même souci d'application directe sur le terrain mais son impact est plus général. Il a pour vocation de coordonner les travaux des institutions publiques ou privées dans le domaine rural en associant étroitement le paysan aux réalisations. Il se charge de pourvoir à l'assistance technique et de trouver les sources de financement. En règle générale, le SEDRI démontre une volonté évidente de protéger le milieu et de persuader le cultivateur du bien-fondé de la lutte antiérosive.

Bien que la prise de conscience récente de lutter contre l'érosion ait engendré de nombreuses interventions dans ce domaine, le travail ne fait que commencer si l'on considère que la conservation des sols en montagne est une science encore mal connue et que l'enseigner à l'agriculteur constitue une tâche de longue haleine. D'autre part, l'enthousiasme actuel a donné lieu à une multiplication d'actions, généralement isolées et parfois trop superficielles, qui pourrait laisser craindre, à court terme, une détérioration des relations entre le spécialiste en conservation et l'agriculteur.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMEIDA (G.), DE NONI (G.) *et al.*, 1984. — Los principales procesos erosivos en el Ecuador, MAG-ORSTOM, Quito, 30 p.
- DELER (J.P.), 1981. — Génèse de l'espace équatorien. Essai sur le territoire et la formation de l'État national, IFEA, Paris, 274 p.

- DE NONI (G.), VIENNOT (M.), 1985. — Estudio de algunos procesos de erosión en la Sierra volcánica alta del Ecuador (3 200-4 800 m). IX Congrès Latino-américain de la Science du Sol, Cali.
- DE NONI (G.), TRUJILLO (G.), NOUVELOT (J.F.) 1986. — Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protec-

- ción de los suelos : las parcelas de Alangasí e Ilalo, « Documentos de Investigación » N° 6, CEDIG-ORSTOM, Quito. p.35-47.
- DONKIN (R.A.), 1979. — Agricultural terracing in the aboriginal new work, Viking Fund publications in Anthropology, 56, Tucson Arizona, 196 p.
- ESTRADA YCAZA (J.), 1977. — Regionalismo y migración. Publicaciones del Archivo histórico del Guayas, Guayaquil, 296 p.
- GONDARD (P.), LOPEZ (F.), 1983. — Inventario arqueológico preliminar de los Andes Septentrionales del Ecuador, PRONAREG-ORSTOM con el auspicio del Museo del Banco Central del Ecuador, Quito, 274 p.
- OBEREM (U.), 1981. — El acceso a recursos naturales de diferentes ecología en la Sierra ecuatoriana (siglo XVI). Col. Pendoneros, Quito, 406 p.
- SANTANA (R.), 1983. — Campesinado indígena y el desafío de la modernidad, CAAP, Quito, 209 p.
- VELASCO (F.), 1983. — Reforma agraria y movimiento campesino indígena de la Sierra, Ed. El Conejo, Quito, 135 p.