

LES EFFETS D' ACTIONS INCITATIVES DE LUTTE CONTRE L'EROSION EN AFRIQUE FRANCOPHONE ET EN AMERIQUE LATINE

E. Roose*, J.M. Lamachère et G De Noni ***

* Laboratoire des Sols Cultivés, IRD, B.P. 5045, F 34032 Montpellier, France

** Maison des Sciences de l'Eau, IRD, BP 5045, F 34032 Montpellier, France

RESUME

Après plusieurs décennies de lutte antiérosive menée par des organismes publics préoccupés avant tout de la sauvegarde des aménagements collectifs (routes, barrages) et peu soucieux des intérêts privés des agriculteurs, on a vu se développer depuis le début des années quatre-vingt des mesures incitatives cherchant à impliquer les populations rurales dans les actions de lutte contre l'érosion. En prenant nos exemples en Afrique francophone et en Amérique latine, nous retraçons brièvement l'histoire de la lutte antiérosive dans ces régions en décrivant plusieurs types d'actions mettant en exergue leurs effets à long terme. Nous insistons plus particulièrement sur les actions incitatives les plus récentes, orientées vers la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols avec la participation des agriculteurs, premiers concernés par ce type d'action, dans une perspective de développement agricole durable.

Mots clés : lutte antiérosive, actions incitatives, effets à long terme, Afrique du Nord, Afrique de l'Ouest, région Andine.

ABSTRACT

After 50 years of soil conservation programmes in order to protect public buildings (roads, dams, cities, etc.), new programmes of land husbandry are developing from 1980 taking better into account the rural constraints related to local farming systems. Many kinds of incentives have been tried to implicate rural populations to antierosive programmes. With examples in Northern and Western Africa and in latin America, we discuss their long term effect analysing their historical succession. The conclusions have been focussed on the necessity to limit incentives to simple techniques of water management and soil fertility improvement to make rapidly farmers auto sufficient.

Key words : Soil and Water Conservation programs ; Incentives effects; Northern and Western Africa ; Latin America.

INTRODUCTION

L'érosion résulte d'une série de trois processus : détachement de particules, transport solide et sédimentation. Elle est aggravée par le surpâturage, le défrichement et la mise en culture de terres fragiles en pente, en relation avec la pression foncière.

La lutte contre l'érosion s'est développée empiriquement pendant plusieurs siècles en même temps que les crises sociales et environnementales majeures, devant la nécessité de protéger les sols et de maîtriser l'eau. Les cultivateurs n'ont pas l'habitude d'actions préventives contre l'érosion et ils ne commencent à agir que lorsque des dommages apparaissent dans leurs parcelles de cultures. Seul un petit nombre de communautés rurales, ayant trouvé refuge dans des montagnes pour échapper à leurs ennemis, sous la pression politique ou religieuse, ont développé des techniques de culture en terrasses, d'aménagement hydraulique et de contrôle de la fertilité des sols en raison de conditions rurales particulièrement difficiles (Roose, 1994 ; Roose et De Noni, 1998).

Les Dogons, au Mali, offrent un bon exemple d'adaptation d'une communauté rurale à un environnement difficile. Ils pratiquent la culture des oignons, sur les plateaux gréseux des monts de Bandiagara à l'Est du delta Central du Niger, en bloquant le sol à l'intérieur de murets de pierre et en utilisant l'eau de petites retenues collinaires pour irriguer leurs champs en saison sèche. Au Nord Cameroun sur le plateau de Mandara, les Mofu installèrent un système de culture avec fumure sur des petites terrasses de rétention des sols équipées de drains en pierre (Seignobos, 1998).

Au Pérou, avant l'arrivée des espagnols, au XIV^{ème} siècle, les Incas ont développé des techniques impressionnantes de cultures en terrasses en utilisant des pierres taillées pour dresser des murs sur les pentes abruptes pour maintenir les sols sous irrigation. Le travail était réalisé par les cultivateurs sous la pression militaire des Incas (De Noni et Viennot, 1986).

Les dispositifs antiérosifs semblent donc s'être développés sous la pression économique, sociale ou militaire. De nos jours, les autorités publiques et les organismes non gouvernementaux (ONG) essaient de développer des programmes d'assistance pour convaincre les populations rurales de sacrifier une partie de leurs sols à la lutte contre l'érosion afin d'améliorer la gestion de l'eau sur les versants. Notre analyse de l'effet des mesures incitatives est basée sur l'étude des cas suivants : deux cas sont situés en Afrique dans les montagnes méditerranéennes de l'Algérie et le plateau Mossi au Burkina Faso ; trois autres cas sont localisés dans la cordillère andine de l'Amérique latine. Pour chacun d'eux, nous présenterons un aperçu de la situation régionale, de l'évolution historique des mesures antiérosives et du rôle des actions incitatives.

1. Les montagnes méditerranéennes de l'Algérie

1.1 Contexte

La population rurale algérienne a subi depuis 2000 ans plusieurs colonisations successives qui l'ont forcée à vivre d'une agriculture extensive de subsistance sur des pentes montagneuses. Dans un environnement fragile aux pentes abruptes formées d'une alternance d'argiles tendres et de bancs rocheux calcaires, au couvert végétal faiblement développé pendant la saison pluvieuse hivernale, le surpâturage et la défriche non contrôlée ont contribué à la formation de ravines sur les fortes pentes, à des ruissellements brutaux dans les oueds provoquant la dégradation de leurs berges, à des glissements de terrain au pied des collines et surtout à l'envasement rapide des retenues de barrages en 30 à 50 ans.

1.2. La stratégie de défense et restauration des sols

Pour stopper la destruction des terres et la dégradation de la qualité des eaux, ressource précieuse dans un environnement semi-aride et vital pour le développement urbain, l'irrigation et l'industrie, les administrations, française puis algérienne, ont créé un Service de Défense et Restauration des Sols (DRS) dans le département Eaux et Forêts du Ministère de l'Agriculture, qui a réalisé les actions suivantes :

- * la restauration de 800 000 ha de terres de montagne (RTM) par la reforestation des hautes vallées accompagnée d'actions de défense et correction de ravines et torrents ;
- * l'aménagement de 350 000 ha en terrasses cultivées sur des pentes de 6 à 30% (Heusch, 1986).

Les agriculteurs n'ont pas fait bon accueil à ces mesures imposées par les autorités administratives en raison de la perte de surfaces cultivables :

- * pour les plantations de pins et d'eucalyptus ;
- * pour la construction des talus (5 à 15% de la surface) ;
- * par abandon de parcelles devenues trop étroites pour un travail mécanisé ou trop difficile d'accès après aménagement ;
- * autour des ravines sur une largeur de 2 mètres.

Les aménagements mis en place par les autorités administratives ne furent pas entretenus par les bénéficiaires et le quart environ fut même détruit par des labours menés parallèlement aux lignes de plus grande pente. (Enquêtes INRF non publiées).

1.3 Mesures incitatives

Face à de telles difficultés, les ingénieurs forestiers cherchèrent à persuader les agriculteurs d'accepter les programmes de Défense et Restauration des Sols en compensant la perte des surfaces cultivables par :

- * l'installation de pistes rurales, généralement bien acceptées par les populations rurales, mais souvent responsables de la formation de ravines et de glissements de terrain sur les collines en l'absence de drains contrôlés ;

- * la construction de petits barrages pour la création de retenues collinaires hautement appréciées par les villageois pour l'abreuvement des troupeaux et l'irrigation des jardins,

- * la plantation d'arbres fruitiers résistants à la sécheresse tels que l'olivier, l'amandier et le figuier dont les fruits se vendent un bon prix sur les marchés locaux.

Cependant ces arbres ne furent pas plus entretenus que les autres aménagements car les agriculteurs craignirent que ces plantations ne soient la première étape d'une appropriation de leurs terres par l'État comme cela arriva en Tunisie. Toutefois quelques candidats à l'émigration profitèrent de ces mesures pour obtenir un certificat de propriété leur permettant de louer leurs terres à leurs voisins ou de les laisser en jachère pendant leur absence.

Dans les années quatre-vingt, l'installation des terrasses fut abandonnée en raison de l'augmentation du prix du pétrole ayant fait considérablement augmenter le coût de l'aménagement, mais aussi parce que l'efficacité des terrasses était fortement contestée par les agriculteurs, les hydrologues et les chercheurs (Heusch 1986 ; Roose 1987). Il a en effet été montré que :

- * les terrasses ne réduisent pas la dégradation des sols entre les talus,
- * le faible entretien des terrasses concentre les écoulements dans les ravines et accélère le travail de sape des eaux de ruissellement,
- * les importations de bois se sont maintenues au même niveau malgré le reboisement de 800 000 ha de nouvelles plantations,
- * le rythme d'envasement des retenues n'a pas été sensiblement réduit au cours des 50 dernières années après plusieurs décennies de lutte antiérosive,
- * la production agricole n'a pas cessé de diminuer depuis 1962 malgré de gros investissements des services forestiers.

De nos jours, les services forestiers ont mis au point un dialogue avec les populations concernées en essayant de leur offrir quelques compensations. L'aménagement ne peut être fait sans l'agrément des autorités locales. Les programmes de DRS sont limités aux bassins versants de collines proches des barrages ou de zones urbanisées. Les travaux de protection concernent les berges d'oueds, les talus des routes, consolidées par des gabions, les corrections de lits de torrents, la protection mécanique et biologique des ravines par des plantations de pin, d'eucalyptus ou d'acacias, la reforestation des hautes vallées impropres à la cultures et l'enherbement des pâturages.

1.4 La gestion conservatoire de l'eau et des sols : une stratégie participative de développement rural

Face à la difficulté de faire accepter les mesures antiérosives par les populations rurales, deux instituts de recherche, l'Orstom et l'INRF, ont joint leurs efforts en mobilisant une douzaine de chercheurs pour répondre au défi d'intensifier l'agriculture de montagne tout en limitant les risques de dégradation des sols et les effets de cette dégradation sur la qualité des eaux.

Le programme de recherche a été subdivisé en trois parties :

- a) une enquête sur l'efficacité des mesures de DRS,
- b) l'aménagement de petits bassins versants expérimentaux,
- c) des études quantitatives de l'érosion en nappe sur parcelles expérimentales.

a) L'enquête a été réalisée par une équipe algérienne en cherchant à faire un inventaire de l'état des aménagements réalisés par le gouvernement algérien (350 000 ha de banquettes antiérosives). Cette enquête a montré le peu d'intérêt des populations pour l'entretien des plantations et des aménagements. Le raisonnement des agriculteurs tient généralement en quelques formules lapidaires : « puisque l'érosion n'est pas visible sur nos champs pourquoi s'en préoccuper ? » ; « puisque les techniciens, avec tout leur savoir et tous les moyens mis à leur disposition, ne peuvent annuler la dégradation des sols, que pourrions-nous faire ? ».

b) L'aménagement de petits bassins versants expérimentaux autour de ravines (profondeur 5 m), contrôlées sur une largeur de 10 mètres et une longueur d'1 kilomètre, a permis un bon dialogue avec les agriculteurs. Ceux-ci considèrent que les efforts faits pour améliorer la maîtrise de l'eau et la fertilité des sols doivent avoir un effet direct sur les récoltes afin d'augmenter leur niveau de vie. Aussi, pour s'assurer de la durabilité des aménagements est-il nécessaire d'associer les agriculteurs locaux à la lutte antiérosive et pas seulement leur imposer. Cette nouvelle stratégie participative a été testée à petite échelle pour asseoir sa faisabilité et son efficacité.

c) Les études quantitatives sur l'érosion en nappe ont couvert 5 systèmes de production et 4 types de sols sur fortes pentes (12 à 40%). Un réseau de 50 parcelles de ruissellement fut installé sur sols cultivés et 12 ravines furent observées sur des périodes de 3 à 6 ans (Arabi 1990 ; Chebbani et al., 1995 ; Roose et al. 1996). Les résultats de ces études confirment que l'érosion en nappe n'est pas très élevée sous culture (1 à 3t/ha/an) même sur sols nus où elle atteint 20 t/ha/an sur sols fersiallitiques sur fortes pentes de 35%. Le ruissellement est également très modéré sur cultures, à l'exception des sols à faible couvert végétal, compactés par les animaux ou saturés par des fortes pluies. Au printemps, la saturation des sols se produit tous les 3 à 4 ans. Le coefficient de ruissellement peut alors atteindre 80% et conduire à de profonds ravinements, à des inondations, à des fortes pertes en terres et à d'abondants transports solides. Les systèmes de production améliorés (labour modéré, fertilisation équilibrée, soins culturaux, semis et plantations à des dates correctes) réduisent systématiquement les pertes en terre. Le sol est plus résistant quand il est riche en argiles flocculées par le calcium et en éléments grossiers.

L'intérêt principal des expériences menées sur l'intensification des cultures de montagne tient à l'accroissement de la production en grains et en matière sèche. Les gains financiers annuels par hectare et par an se sont accrus de manière considérable selon le type d'exploitation :

- forêts dégradées en pâture :	25 \$ US
- blé d'hiver :	125 \$ US
- rotation intensive blé-fèves	1500 \$ US
- vigne intensive :	3000 \$ US

De meilleurs résultats ont été obtenus par des agriculteurs cultivant sur la même colline avec des solutions technologiques testées sur parcelles expérimentales. Pourvu que la pluviosité soit suffisante, il a été prouvé qu'il était possible d'intensifier l'agriculture de montagne tout en réduisant les risques environnementaux liés à l'érosion des sols.

2. LE PLATEAU MOSSI AU NORD OUEST DU BURKINA FASO

2.1 Le contexte

Depuis les années cinquante, on observe en Afrique de l'Ouest une dégradation continue du couvert végétal et de la surface des sols par encroûtement. L'encroûtement assèche l'horizon superficiel des sols et accroît le ruissellement en période pluvieuse. Cet accroissement du ruissellement, lorsqu'il n'est pas trop important au point de devenir dévastateur, profite essentiellement aux bas-versants, aux bas-fonds et aux mares qui voient ainsi leur alimentation hydrique renforcée. Par contre, la réalimentation des nappes d'eaux souterraines se trouve limitée aux zones non encroûtées et principalement aux axes d'écoulement et aux bas-fonds.

On peut avancer deux raisons à la dégradation du couvert végétal.. D'une part le développement des surfaces cultivées associé à la pression démographique, d'autre part la réduction de la durée des jachères, également associé à l'accroissement de la population. La mise en culture provoque la mise à nu de terres généralement fragiles qui, pendant la saison des pluies, ne sont plus protégées par un couvert végétal naturel herbeux mais seulement par un faible couvert cultural. L'agriculture semi-intensive, incluant éventuellement le désherbage et le labour, accroît encore la vulnérabilité des sols à l'érosion par l'élimination des adventices et par le désouchage. La réduction de la durée des jachères conduit aux déséquilibres organique et minéral des sols qui ont pour conséquences une réduction des rendements et corrélativement un accroissement des surfaces cultivées pour compenser la perte de production. Le ruissellement et l'érosion des sols sont avant tout les signes d'un profond déséquilibre qui ne peut que s'accélérer (Roose, 1980).

2.2 Les stratégies traditionnelles des cultivateurs

Au Burkina Faso, la lutte contre l'érosion fut initialement le fruit d'efforts locaux (Mietton 1986). La plupart des aménagements qui peuvent être observés aujourd'hui concernent la gestion de l'eau et de la fertilité des sols. Généralement, ils ralentissent la vitesse d'écoulement et dispersent l'énergie de l'eau. Les aménagements les plus répandus sont les cordons pierreux (alignements pierreux isohypses), les bandes herbeuses d'*Andropogon* ou de *Vetiver nigrissima*, les haies d'*Euphorbia balsamifera* ou de plantes épineuses, les fascines (Roose, 1994). Les

techniques culturales traditionnelles sont destinées à éliminer la concurrence des adventices par le sarclage, à accroître l'infiltration en retenant l'eau de pluie (sarclages à plat, en buttes ou en nid d'abeilles ; cultures en billons) ou en ajoutant de la matière organique pour favoriser l'activité faunique des termites et des fourmis (zaï, paillage).

2.3 Les stratégies d'équipement rural

En 1956, l'administration coloniale tente les premiers essais d'aménagement antiérosif dans le secteur de Sisamba au Yatenga (au nord ouest du plateau mossi), région où la pluviométrie moyenne interannuelle varie entre 500 et 700 mm, où la pression démographique de la population est forte, dans un environnement naturel de collines birrimiennes et où les sols sableux éoliens, cultivés en mil, sont peu épais et reposent souvent sur une cuirasse latéritique à faible profondeur de la surface du sol.

Le projet GERES

Après l'indépendance, il faut attendre 1961 pour que le Groupe Européen de Restauration des Sols (GERES) lance au Yatenga un grand projet de lutte contre l'érosion avec d'énormes ressources humaines et financières : 1500 ouvriers, 85 topographes, 15 bulldozers etc. Cette opération a été plus particulièrement étudiée par Marchal (1979, 1983). L'objectif du projet est l'installation de talus d'absorption du ruissellement et de diguettes de diversion des écoulements sur une superficie de 120 000 ha, la construction de 70 km de cordons pierreux dans les petites ravines et de 30 barrages collinaires ayant plus de 25 mètres de largeur. En schématisant, le paysage était vu, par les promoteurs du projet, comme un cadre physique à améliorer dont le contenu social et humain était occulté (Serpantié, 1987). Les cultivateurs ne furent pas informés de ce projet avant le début des travaux et n'eurent d'autre bénéfice que les salaires occasionnels payés pour la réalisation des aménagements. Il fallut attendre deux ans après le passage des engins dans les champs pour qu'intervienne une phase d'explication auprès des paysans pour leur demander de participer à l'entretien du système antiérosif par la végétalisation des ados et des fossés, la réparation et la recharge des ados, la mise en défens des zones de diversion.

Marchal (1983) montre comment la société paysanne non consultée s'est sentie agressée par cette opération. Elle a ignoré le nouveau paysage en conservant le tracé des sentiers et ses pratiques culturales de mise en culture des sols marginaux de haut de versant, cultivant les ados et laissant s'effacer un tracé qui se surimposait à celui du parcellaire traditionnel. Laissés à l'abandon, les ados et les fossés se sont rapidement dégradés. Le ruissellement a coupé les ados par des brèches favorisant ainsi le ravinement. Le projet GERES a été définitivement abandonné en 1966 après reconnaissance de son échec par ses promoteurs.

Le projet DRS du FDR

Il faut ensuite attendre 1976 pour que la défense et la restauration des sols redeviennent un objectif prioritaire de l'Office Régional de Développement (O.R.D.) du Yatenga avec un financement du Fond de Développement Rural (FDR) du Ministère de l'Agriculture de Haute Volta. Les leçons du GERES ayant été tirées, c'est aux Groupements Villageois, suscités par l'ORD, que l'on demande de choisir les zones à aménager et à reboiser. Le dispositif antiérosif proposé est un réseau de diguettes en terre isohypses sur les terres cultivées de manière permanente (champs de concession) à la périphérie des villages. En saison sèche, les

topographes de l'ORD matérialisent les courbes de niveau, un tracteur avec charrue à disque ameublit le sol le long de la courbe de niveau et les membres du Groupement Villageois montent et dament les bourrelets de terre pourvus, en amont, d'un fossé d'infiltration. Les diguettes sont interrompues au niveau des exutoires naturels où un fossé de diversion évacue les excès d'eau. Chaque année, plus de 10 000 ha font l'objet de demandes d'aménagement par les Groupements Villageois. Malheureusement, cet engouement apparent des villageois masque une désaffection rapide des populations. On déplore en effet assez rapidement l'absence d'entretien, l'absence d'enherbement des diguettes, le maintien du tracé des sentiers qui rompent la continuité des ouvrages. Aucune évaluation n'est réalisée par l'ORD sur l'efficacité de ce type d'aménagement et sa durabilité. Plusieurs raisons sont données à ce nouvel échec. Mietton (1981) est le premier à faire intervenir le système de production pour expliquer le non entretien des aménagements en raison de la faiblesse de la main d'œuvre en saison sèche face à l'importance du travail d'entretien des diguettes qui nécessite le déplacement et le damage de 100 m³ de terre à l'hectare. Des enquêtes menées par Serpantié (1987) auprès des chefs d'unités de production du village de Bidi, il ressort des constantes intéressantes :

- la participation des villageois n'a jamais fait défaut et la population restée en saison sèche suffit à la réalisation de travaux qui nécessitent cependant un gros effort,
- l'aide alimentaire est un stimulant efficace pour beaucoup de familles,
- mais l'aménagement lui-même pose problème aux paysans car il bloque le ruissellement qui, estiment les paysans, alimente en eau les champs de mil en position de mi-versant.

Dans un milieu aux hauts versants dégradés, face à une longue sécheresse (1971-1990), l'effet d'impluvium des hauts versants à fort coefficient de ruissellement (80%) semble donc avoir été perçu par les paysans comme un complément à l'alimentation hydrique pluviale déficitaire. Par ailleurs, les enquêtes économiques effectuées par le FEER (Fonds de l'Eau et de l'Équipement Rural) et l'ICRISAT (Malton 1985, FEER 1986) ont montré de très faibles différences de productivité entre secteurs aménagés et secteurs non aménagés.

L'action de DRS de l'O.R.D. du Yatenga apparaît donc comme l'inverse du projet GERES, l'O.R.D. ayant mis l'accent sur la participation paysanne à la réalisation des ouvrages. Malheureusement, le type d'aménagement proposé, en l'absence d'étude technique sérieuse, s'est avéré contraire au système de production en vigueur au Yatenga.

2.4 Les stratégies incitatives

A partir des années quatre-vingt, puisque les paysans du Yatenga connaissaient des techniques antiérosives traditionnelles, plusieurs ONG (OXFAM, ADRK, AFVP) décidèrent de revenir aux sources en laissant la maîtrise d'ouvrage aux paysans. La mise en œuvre des aménagements antiérosifs fut seulement facilitée par une sensibilisation, une organisation des chantiers et un soutien matériel permettant d'accroître l'efficacité du travail consenti par les villageois. L'accent fut mis sur la construction des barrages filtrants et de diguettes perméables (cordons pierreux, andins de défriche) consolidées par d'étroites bandes herbeuses. Malheureusement on disposait de peu d'études sur l'efficacité de ce type d'aménagement.

Pour tester l'effet des cordons pierreux sous différents modes de gestion en situation de culture sur des champs bénéficiant d'une alimentation hydrique complémentaire par ruissellement, l'Orstom (Lamachère et Serpantié 1990 ; Serpantié et Lamachère, 1992) a installé en 1985 sur le terroir du village de Bidi, au nord ouest du Yatenga, un dispositif expérimental constitué de 3 parcelles contiguës longues de 150 mètres en position de haut versant. Des suivis de l'alimentation hydrique, des écoulements, de la croissance du mil et de la production agricole furent effectués de 1985 à 1990 sur ces parcelles, la première servant de témoin, la seconde étant aménagée et cultivée de manière traditionnelle, la troisième étant aménagée et labourée avant semis. Plusieurs enseignements peuvent être tirés de ces expériences :

- a) les cordons pierreux doivent être cloisonnés en amont pour éviter la circulation des eaux et leur concentration dans les axes naturels de drainage à l'échelle du champ,
- b) cloisonnés, les cordons pierreux sont efficaces pour lutter contre l'érosion qui, sur une pente de 2,5% avec une dénivelée de 40 cm entre cordons, passe de 2 t/ha/an à 1t/ha/an pour des sols sableux fins cultivés sans labour,
- c) les cordons pierreux augmentent modérément les rendements du mil (+20 à 30%) dans des conditions moyennes d'alimentation hydrique des cultures,
- d) les labours avant semis améliorent fortement les rendements du mil (ils doublent les rendements en grains et fourrage) lorsque les conditions hydriques sont favorables mais ils accroissent également les risque d'érosion après aménagement (2t/ha/an),
- e) une augmentation significative de la production par la pratique du labour ne peut être envisagée à long terme sans un amendement organique complémentaire difficile à mettre en œuvre dans le contexte actuel des systèmes locaux de production.

Les essais de production de compost par réutilisation des résidus ménagers, des eaux usées et des sous-produits des animaux vivant sur l'exploitation ont montré leurs limites par les quantités disponibles sur chaque exploitation et par la qualité du compost, généralement trop exposé au soleil et par conséquent trop pauvre en azote, phosphore et carbone, trop riche en graines sauvages, ce qui favorise le développement des adventices. (Dugué, 1986)

Au Yatenga, pour Serpantié (1987), l'aménagement en cordons pierreux isohypses cloisonnés apparaît donc approprié à la conduite extensive des cultures dans des situations pour lesquelles les champs bénéficient d'une alimentation hydrique complémentaire par ruissellement à partir d'impluviums amont. Le labour et le billonnage sont plus adaptés à des champs qui ne bénéficient pas de cet apport hydrique complémentaire. L'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures pose à plus ou moins long terme le problème de renouvellement de la fertilité des sols, l'accroissement de la production végétale sans restitution allant de pair avec un appauvrissement plus rapide des sols. L'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures ne constitue donc qu'une étape dans l'amélioration progressive d'un itinéraire technique agricole mieux adapté à la saturation de l'espace cultivable. Elle n'est valorisée pleinement qu'avec une fumure organique et minérale.

3. LA CORDILLERE ANDINE

3.1 Le contexte

Longeant la côte pacifique du continent sud américain, la cordillère des Andes est une des montagnes les plus imposantes de la planète. Une grande partie des Andes, 5000 km sur un total de 9 000 km, se situe en zone tropicale et traverse les pays suivants, du nord au sud : le Vénézuéla, la Colombie, l'Équateur, le Pérou et la Bolivie. Les altitudes les plus élevées de la cordillère atteignent 3 600 à 4 000 mètres, avec des sommets à plus de 6 000 m.

Une caractéristique principale de cette région est sa nombreuse population qui dépasse 40 millions d'habitants avec des densités de 100 à 150 habitants par km², supérieures à celles des autres grandes montagnes tropicales au-dessus de 2 500 m d'altitude : massif Abyssin ou Himalaya. Les Andes ont été peuplées très tôt dans l'histoire en raison des nombreux sites offrant des défenses naturelles et un meilleur niveau de vie que les régions côtières d'altitude moins élevée. C'est le cas des Incas qui ont contrôlé la région à partir du XIII^{ème} siècle, en tirant avantage de la diversité écologique due à l'altitude. Ils ont ainsi développé des activités agricoles diversifiées en aménageant des terrasses sur les fortes pentes. Ces terrasses ont été appelées « patas » par les Incas, « andenes » par les espagnols. Ce passé florissant fait que les Andes ont la réputation d'une région aménagée en terrasses où l'agriculture se pratique traditionnellement sur près de 4 000 mètres de dénivellation.

Cependant sur le terrain, la réalité est différente de nos jours car l'érosion s'est accélérée considérablement ce qui indique que les savoirs faire d'autrefois n'ont pas été transmis aux nouvelles générations. La rupture commence dès le XVI^{ème} siècle lorsque la conquête espagnole impose des pratiques culturelles, des types de cultures et des structures agraires radicalement différentes des traditions locales. Pendant plus de cinq siècles, ce système s'étend et se consolide sans modification majeure. Il est caractérisé par la concentration des terres sur les surfaces planes des bassins et des grandes vallées, d'altitude inférieure à 3 000 m, dans de grandes « haciendas » ou « latifundia » utilisant la main d'œuvre servile formée par les paysans indigènes. A partir des années soixante, les troubles sociaux, liés à un fort accroissement démographique du petit paysannat, conduisent à la mise en œuvre de réformes agraires. Les petits paysans deviennent des hommes libres et peuvent acquérir des terres distribuées gratuitement ou à très bas prix. Cette réforme a pour effet immédiat de déplacer la population vers les versants montagneux et les hautes terres où les conditions d'utilisation des sols sont difficiles et les risques d'érosion très élevés. Ainsi, s'est formé un agrosystème d'altitude particulier à la montagne andine, le minifundio, qui utilise les sols jusqu'aux limites des neiges et des glaces.

3.2 L'érosion des sols et le minifundio

Le minifundio se caractérise par un réseau très dense de petites parcelles suspendues au-dessus des vallées. La taille moyenne des exploitations est de 5 ha ; celle des parcelles est rarement supérieure à 1 ha. Il n'y a pas de limite de pente ou d'altitude pour cultiver, les labours se pratiquant couramment sur des pentes comprises entre 40 et 70%, la seule restriction est le manque de sol. Les cultures sont généralement de subsistance : l'orge, les fèves et la pomme de terre prédominent. L'élevage n'est pas une activité commune en raison principalement du capital nécessaire à l'achat des animaux. Sur fortes pentes, le ruissellement constitue le

principal danger ; une fois mis en culture, les sols andins se dégradent assez rapidement et perdent leur bonne stabilité structurale initiale. Sur pentes très fortes l'érosion peut atteindre des valeurs de l'ordre de 50 à plus de 100 t/ha/an (De Noni et al., 1990).

Conscients des risques d'érosion associés au système agraire du minifundio, les pays andins lancent un programme de lutte contre l'érosion dès les années 1960. Ce programme, dirigé par les Offices des Forêts, a pour but la reforestation des versants montagneux. Par exemple, en Equateur, les forestiers plantent des eucalyptus, arbre ayant l'avantage de croître rapidement et d'être bien adapté aux sols de la région. Au cours des années 1980, les plantations d'eucalyptus couvrent une superficie de 65 000 ha mais les propriétés antiérosives de l'eucalyptus ne sont pas à la hauteur des espérances car son feuillage n'intercepte que faiblement les gouttes de pluie et les plantations d'eucalyptus ne permettent pas le développement d'une végétation secondaire protectrice des sols. Au début des années 70, les forestiers tentent d'améliorer leurs actions en plantant des pins sur les parties hautes des versants. 112 000 ha de pins sont ainsi plantés mais là aussi les résultats obtenus ne sont pas à la hauteur des espérances car les plantations sont réalisées aux dépens des terres cultivées provoquant le mécontentement des communautés de petits exploitants, ou sur des zones peu sensibles à l'érosion.

3.3 Actions incitatives

Face à ce constat décevant et grâce à l'aide extérieure qui augmente nettement dans les années 1980, les gouvernements des régions andines mettent en place des actions nouvelles fondées sur une démarche participative. Ces actions favorisent le travail conjoint avec les paysans et une présence technique accrue sur le terrain, notamment est améliorée l'information des communautés villageoises par l'organisation de réunions de sensibilisation. La participation des Etats peut revêtir différentes formes. Nous avons identifié trois types différents d'incitations :

- a) des incitations où l'investissement financier est minimal ; l'effort est orienté vers une plus grande efficacité du travail des fonctionnaires de l'Etat, qui sont des techniciens formateurs, auprès des communautés paysannes. Les actions principales consistent en des formations collectives qui visent à rappeler aux paysans les pratiques culturelles ancestrales généralement oubliées. (De Jaegher 1991, 1992) ;
- b) des incitations financières assez élevées pour obtenir la participation des paysans à la construction d'aménagements et d'ouvrages antiérosifs ou pour subventionner des campagnes de fertilisation des terres ;
- c) des incitations participatives mettant en relation sur le terrain paysans, techniciens et chercheurs qui travaillent de concert pour définir un mode d'utilisation des terres plus durable que l'actuel, centré sur la stratégie de gestion conservatoire des eaux et des sols (GCES). La mise en œuvre de prêts bancaires remboursables annuellement par le paysan est un des volets de base de ce type d'action.

Le programme national de conservation des sols du Pérou

Ce programme illustre le premier type d'action incitative. De tous les pays andins, le Pérou est celui qui montre le plus de témoignages sur les réalisations des Incas pour gérer l'eau et les sols sur les fortes pentes. Les responsables péruviens du programme ont par conséquent établi leur action sur cet héritage historique capital. L'objectif du programme était de sensibiliser les agriculteurs à l'efficacité des anciennes techniques culturales (Alfaro et Cesar, 1985 et 1984/86). En fonction des différentes situations, d'anciennes terrasses étaient rénovées, d'autres versants, où les terrasses avaient été détruites, étaient réaménagés en utilisant d'anciennes techniques telles que l'usage du « chakitaklla », sorte de long bâton utilisé par les Incas pour travailler le sol.

Le tableau ci-après illustre les coûts d'exploitation et les prix de vente de la production de un hectare de terre avec ou sans terrasses. Ce tableau montre que malgré un coût d'exploitation plus élevé à l'hectare, le gain d'exploitation est en faveur de la technique des « andenes » en raison de récoltes proportionnellement plus élevées, 2 à 4 fois plus fortes pour les aménagements de type « andenes » (Alfaro *et al.* 1984). Ces résultats montrent donc que les cultivateurs peuvent équilibrer leur budget assez rapidement tout en luttant contre l'érosion au moyen d'ouvrages assez lourds en temps de travail.

Les coûts d'exploitation et prix de vente de la production sont exprimés en \$ US

	Coût d'exploitation de 1 ha		Prix de vente de la production de 1 ha	
	«andennes»	Sans «andennes»	«andennes»	Sans «andennes»
Pommes de terre	531	366	695	648
Maïs	354	244	643	432
Blé	147	102	268	180
Oignons	255	176	464	312

Au vu des résultats obtenus, les responsables de ce programme ont estimé par la suite que l'aide de l'état n'était plus nécessaire sauf sous la forme d'incitations visant à sensibiliser et à former les paysans à l'utilisation de méthodes agricoles ancestrales. Selon Alfaro et Cesar (1985), les seules gratifications versées par l'Etat aux agriculteurs sont les suivantes : fourniture de nourriture (45%), semences (40%), fertilisants (10%) ou de modestes paiements (5%).

Les stratégies du Vénézuéla et du nord Pérou

Ces deux exemples illustrent le second type d'action incitative marqué par d'importants investissements financiers.

Au Vénézuéla, les versants andins sont densément peuplés. Les principales cultures sont le blé, le maïs et la pomme de terre. Sur les fortes pentes non aménagées, l'érosion s'est accélérée par l'accroissement de la population alors que les zones alluviales situées au pied des

versants, sont restées peu utilisées en raison d'un mauvais drainage, de leur empierrement et de leur faible fertilité.

Pour améliorer cette situation, le Ministère de l'Agriculture crée un fond spécial de conservation des sols (Cmerma *et al.* 1973) ayant pour objectifs :

- d'inciter les populations à utiliser les zones alluviales et à abandonner les plus fortes pentes,
- d'utiliser la force de travail des populations rurales en les payant pour améliorer la fertilité des zones alluviales en construisant des banquettes et des chenaux de drainage.

Près de 300 familles, pour une surface totale de 800 ha, sont touchées par cette action. Une subvention de 0,5 à 1 \$ US pour le façonnement de 1 m³ de banquette est versée aux paysans participants qui sont traités, en fait, comme des salariés de l'Etat

Au nord du Pérou, entre 1200 et 2400 m d'altitude, les versants ont des pentes de 20 à 80% et sont soumis à une humidité constante due à leur exposition face aux vents du Pacifique (pluie annuelle de 900 mm). Ces fortes pentes sont cultivées en maïs avec un système agraire de minifundio. Avec l'accroissement de la population, les jachères ont été progressivement abandonnées et les arbres ont été coupés pour le chauffage et la construction des habitations. La réduction du temps de jachère a fait chuter la fertilité des sols ; l'érosion linéaire et les mouvements de masse ont été accélérés. Pour aider le minifundio à supporter cette situation, l'Etat et les organismes de développement ont mis en œuvre une politique de fertilisation de substitution principalement basée sur des apports azotés (De Jaegher, 1992). Cette action est rapidement appréciée par les fermiers car elle a des effets visibles dès la première année sur l'augmentation des rendements agricoles. Cependant, l'efficacité à long terme d'une telle action reste posée aujourd'hui car la question de l'érosion, qui est le véritable problème de la région, n'est pas traitée. En outre, tant que les prix des fertilisants sont subventionnés et donc accessibles aux paysans, les résultats sont positifs en terme de rendements ; la moindre hausse des prix, si elle n'est pas contrôlée par l'Etat, peut conduire les paysans à abandonner ce type d'action.

Les actions antiérosives en Équateur

Pour illustrer le troisième type d'action incitative de gestion des terroirs, nous avons choisi l'exemple du programme de recherche mené dans les Andes, de 1986 à 1991, par l'Orstom en collaboration avec le Ministère équatorien de l'Agriculture. Ce programme a recherché l'intégration des populations du minifundio dès le début par une démarche participative permettant aux paysans de faire partie des groupes de travail pour définir les actions antiérosives.

Parmi les sites pilotes étudiés par le projet, nous choisissons le site de Mojanda qui représente une région de haute altitude (3300 m) ayant connu un développement important de petites exploitations de type minifundio au cours des 30 dernières années. Le taux d'occupation du sol y est particulièrement élevé sur des pentes très fortes (40 à 70%) et les sols sont de type

andosols, limono-argileux, de profondeur comprise entre 60 et 80 cm. Sur ce type de sols, l'érosion forme des griffes et des rigoles et ponctuellement de petites ravines (De Noni, 1986). Dans ce contexte difficile, les actions antiérosives se sont basées sur les deux stratégies suivantes :

- a) un choix de méthodes simples de conservation des sols, efficaces et adaptées aux contextes social et économique locaux,
- b) l'expérimentation de ces méthodes de conservation des sols avec l'aide des paysans pour tester leur efficacité.

Les études sur le site ayant montré qu'il n'existe pas de stratégie locale de lutte antiérosive, des aménagements simples sont proposés pour dissiper l'énergie du ruissellement qui est le processus dominant. L'objectif est de favoriser la formation progressive de pseudo-terrasses limitées par des talus isohypses formés de mottes de terres et de racines appelées localement «chambas». Celles-ci sont couramment utilisées localement pour enclore leurs parcelles, les paysages étant constitués d'un manteau de cendres volcaniques et dépourvus de pierres. Pour tester et pouvoir ainsi démontrer l'efficacité de cette technique antiérosive, des parcelles expérimentales de 1000 m² (50 x 20 m) ont été installées, les unes portant des talus de « chambas » et les autres étant pourvues de bandes enherbées qui sont aussi utilisées localement pour séparer entre elles des parcelles de cultures.

Après cinq années d'études, les résultats obtenus sont encourageants. Comparées aux parcelles de ruissellement témoins, où sont reproduites les pratiques traditionnelles, qui perdent selon les années entre 50 et 100 t/ha/an pour des coefficients annuels de ruissellement de l'ordre de 20% ; les parcelles expérimentales aménagées montrent des taux d'érosion beaucoup plus faibles, inférieurs à 1 t/ha/an ainsi que des ruissellements ne dépassant pas 5% de la pluie tombée (De Noni *et al.* 1990). En ce qui concerne les aspects sociaux et économiques du projet, on peut noter (De Noni *et al.* 1993) :

- * un coût d'installation et d'entretien de 1 500 FF par hectare sur une période de 5 ans, coût faible et bien adapté au pouvoir d'investissement du paysan grâce à l'utilisation de matériaux et de techniques locales ;

- * l'obtention de rendements agricoles multipliés par 4 pour la pomme de terre et les fèves, ce qui a incité et permis aux paysans de faire évoluer sa production, basiquement de subsistance, vers la vente dans les marchés des villes périphériques.

Cette action de lutte antiérosive et de conservation des sols est transférée par la suite de l'échelle du site expérimental à celle du terroir villageois par la mise en œuvre d'une action en vraie grandeur ayant touché une trentaine de familles. Chaque famille bénéficie d'un prêt bancaire de 1000 francs qui lui permet d'acheter des semences de qualité et des fertilisants, les paysans étant renseignés dans leurs choix par les techniciens agronomes du projet. L'argent est prêté à un taux très faible par rapport à ce qui se pratique dans le pays, 10% au lieu de 50% voire plus. La condition principale pour avoir accès à ce prêt est de s'engager à installer sur les terres du bénéficiaire les ouvrages et aménagements antiérosifs testés expérimentalement.

Cette phase ultime du projet a montré que les paysans étaient satisfaits des rendements obtenus, en hausse nette, et qu'ils réalisaient volontiers les actions de lutte antiérosive préconisées. Le respect général, chaque année, des conditions de remboursement des crédits souligne la motivation des paysans. Globalement, cette expérience montre qu'il est possible d'organiser concrètement la démarche participative incluant paysans, techniciens et chercheurs et d'obtenir des subsides de l'Etat pour faciliter le crédit nécessaire au démarrage des actions

4. CONCLUSIONS

Après avoir analysé ces différents cas, se dégagent les enseignements suivants :

- a) les mesures incitatives de lutte contre l'érosion peuvent avoir une influence positive sur le développement rural par l'extension des techniques de gestion agricole de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. Des aides sont parfois nécessaires aux agriculteurs pour mettre en œuvre ces techniques mais elles risquent, lorsqu'elles sont supprimées, de les entraîner à négliger l'entretien des aménagements et à interrompre l'extension de ces pratiques. Quand cela est possible, il est préférable de leur offrir une compensation partielle et temporaire aux efforts consentis, sous la forme d'une aide alimentaire ou mieux d'une aide à l'achat d'outils aratoires ou de fertilisants afin de les rendre progressivement autosuffisants ;
- b) les mesures incitatives les plus efficaces sont celles qui rendent les cultivateurs capables d'atteindre l'autonomie : « Ne me donne pas un poisson mais apprends-moi à pêcher » dit un proverbe chinois. Pour atteindre rapidement une bonne autonomie, l'objectif à rechercher doit être l'utilisation de techniques les plus simples, traditionnellement pratiquées par les paysans, adaptées aux nouveaux contextes sociaux et économiques ;
- c) l'expérience montre que les techniques qui accroissent la sécurité foncière tout en limitant l'érosion sont rapidement acceptées par les agriculteurs : délimitation des parcelles par des arbres ou des talus, documents officiels définissant les limites de la propriété individuelle, contrats entre l'administration et les groupements villageois respectant les droits fonciers ;
- d) les crédits incitatifs à cours terme peuvent lever les principales barrières à l'intensification agricole et rehausser la valeur des terres en valorisant le travail associé à l'aménagement antiérosif. Des prêts peuvent aussi être consentis pour l'achat de charrettes à ânes ou d'autres moyens de transport, l'achat d'engrais ou de produits phytosanitaires. De petits prêts aux femmes peuvent également les inciter à créer des activités de commerce ou d'artisanat ;
- e) pour encourager les agriculteurs à intensifier leurs cultures, des conditions favorables au commerce doivent être développées : sécurité des voies de communication, juste rémunération des producteurs, possibilité de stockage des productions et régulation des prix de vente etc. Cependant, le meilleur encouragement reste l'accroissement des rendements agricoles qui sécurise le producteur et récompense le supplément de travail consenti.

Il est clair que la stratégie de conservation des sols ne peut être un thème accepté pour lui-même par les agriculteurs mais qui doit être inclus dans une série de mesures incitatives comprenant la valorisation de la terre et du travail et les créations d'emploi pour les communautés rurales.

Bibliographie

Alfaro (J.), Yahya (M.), Vasquez (A.), 1984 - Impacto de la conservacion de suelos y aguas en el desarrollo del agro en la Sierra peruana, Ed. PNCSACH, Lima.

Alfaro (M.), Cesar (J.), 1985 - Andeneria y desarrollo agrario, in Los Caminos del Laberinto, n° 2, Lima.

Alfaro (M.), Cesar (J.), 1984/86 - Estrategias de promocion en las comunidades y caserios andinos, Ed. PNCSACH, Lima.

Arabi M., Roose E., 1989. - Influence de 4 systèmes de production sur l'érosion et le ruissellement de moyenne montagne méditerranéenne algérienne..
Bull. Réseau Erosion, ORSTOM Montpellier, n°9: 39-51.

Chebbani R., Mededjel N., Belaidi S., 1995 - Application de la GCES dans la région de Tlemcen, Algérie, Bull. Réseau Erosion 15, 489-497.

Comerma (J.A.), Rivas (A.), Soriano (J.), 1973 - Aumento de la productividad agricola a traves de los trabajos de conservacion de suelos, Agronomia tropical, , Maracay, 23 : 95-113.

De Jaegher Ch., Valverde H., 1991 - Tecnologia campesina del maiz. CEPESER, , Piura, Péru, 169 p.

De Jaegher Ch., 1992 - Gestion des sols dans un système de production paysan des Andes du Nord du Pérou, Bull. Réseau Erosion , 12 : 223-228.

Demmak A., 1982 - Recherche d'une relation empirique entre les apports solides et les paramètres physico-climatiques des bassins. AISH. 144: 403-414.

De Noni (G.), Trujillo (G.), Viennot (M.), 1986 - L'érosion et la conservation des sols en Equateur, Cah. ORSTOM, sér. pédol., vol. XXII, n° 2, p. 235-245.

De Noni (G.), Viennot (M.), Trujillo (G.), 1990 - 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.), Viennot (M.), Trujillo (G.), 1993 - Mutations récentes de l'agriculture équatorienne et conséquences sur la durabilité des agrosystèmes andins, cah. ORSTOM, sér. Pédologie, vol. XXVIII, n° 2, Paris, p. 277-289.

De Noni (G.), Viennot (M.), Asseline (J.), 2001- L'homme, la montagne et l'érosion des sols : la cas des Andes équatoriennes, Ed. Orstom (sous presse), 356 p. + annexes.

Dugué P., 1986. - Appropriation des techniques de lutte contre l'érosion et le ruissellement par les paysans du Yatenga, Séminaire Cirad, Montpellier, 12 p.

Dugué P. , 1988. - Possibilités et limites de l'intensification des cultures lères en zone soudano-sahélienne : le Yatenga. Thèse ENSA Montpellier, 252 p.

Dugué P., Roose E., Rodriguez L., 1993.- L'aménagement de terroirs villageois et l'amélioration de la production agricole au Yatenga, Burkina Faso., Cahier ORSTOM Pédol., 28, 2: 385-402

Heusch B., 1986. Cinquante ans de banquette de DRS en Afrique du Nord: un bilan, Cah ORSTOM Pédol. 22, 2: 153-162.

Lamachère J.M., Serpantié G., 1990. - Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion des champs cultivés en mil en zone sahélienne (Bidi au Burkina), Bull. Réseau Erosion ORSTOM, Montpellier, n°11 : 88-104.

- Marchal J.Y., 1979.** - L'espace des techniciens et celui des paysans. In « Maîtrise de l'espace agraire et développement » Mémoire ORSTOM, Paris, N° 89.
- Marchal J.Y., 1986.** - Vingt ans de lutte antiérosive au nord du Burkina Faso, Cahier ORSTOM Pédol., 22, 2: 173-180.
- Mietton M., 1986.** - Méthodes et efficacité de la lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. Cahier ORSTOM Pédol., 22, 2: 181-196.
- Roose E., Bertrand R., 1971.** - Etude de la méthode des bandes d'arrêt pour lutter contre l'érosion hydrique en Afrique de l'Ouest. Agronomie Tropicale, 26, II : 1270-1283.
- Roose E., 1980;** - Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux, Thèse doct. ès Science nat., Univ. Orléans, Orstom Travaux et documents Paris 645 p.
- Roose E., 1986.** - Terrasses de diversion ou microbarrages perméables ?, Cahier ORSTOM Pédol., 22, 2: 197-208.
- Roose E., 1987.** - La GCES, une nouvelle stratégie de lutte antiérosive pour l'Algérie, Colloque Médéa sur la lutte antiérosive, Bull Réseau Erosion n° 7 : 13-19.
- Roose E., 1987.** - GCES dans les paysages soudano-sahéliens d'Afrique occidentale, In « Soil, crop water management for rainfed agriculture in the sudano-sahelian zone » Proc.ICRISAT, Niamey, 385 p.
- Roose E., 1991.** - Conservation des sols en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie: la GCES. Cahier ORSTOM Pédol., 26,2: 145-181.
- Roose E., Dugué P., Rodriguez L., 1992.** - La GCES, une nouvelle stratégie de lutte antiérosive appliquée à l'aménagement de terroir en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Bois et Forêts des Tropiques, 233, 3 : 49 -63.
- Roose E., 1994.** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bull Pédologique FAO, Rome, n° 70, 420 p.
- Roose E., Arabi M., Brahania K., Chebbani R., Mazour M., Morsli B., 1996.** - Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES. Synthèse des campagnes 1984-95 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion, Cah. ORSTOM Pédol. 28, 2:289-308
- Roose E., De Noni G., 1998** - Apport de la recherche à la lutte antiérosive, Bilan mitigé et nouvelle approche, Etude et Gestion des sols, 5, 3, 181-194
- Seignobos C., 1998.** Techniques traditionnelles de création de sols derrière des murettes en pierres sur les Monts Mandara et de restauration de la capacité de production des sols « hardé » au Nord Cameroun. ORSTOM ACTUALITES, 35-37.
- Serpantié G., Lamachère J.M., 1992** - Contour stone bunds for water harvesting on cultivated land in the North Yatenga, Region of Burkina Faso, Ed. H. Hurni and K. Tato, ISCO, 459-469.
- Wright P., 1985.** - La gestion des eaux de ruissellement. OXFAM, Projet Agroforestier, Province du Yatenga, Burkina Faso, 38 p.