

## **La GCES : de la Lutte Antiérosive au Profit Economique**

**G. De Noni\*, E. Roose\* et G. Trujillo\*\***

\* IRD - BP 64501, 34394 Montpellier : courriel : denoni@mpl.ird.fr

\*\* Avenida Amazonas, Ministère de l'Agriculture, Quito (Equateur),  
courriel : german\_trujillo\_yandun@hotmail.com

### **Abstract**

With the increasing demographic pressure in the fragile mountains of Algeria and Peru, deforestation and cropping on steep slope were extended with the development of gullies, landslide, flooding and soil productivity degradation. The Forest Administration introduced expensive systems to reduce erosion (terracing, reforestation, gully restoration) but with limited success. Another approach was tested by researchers with the cooperation of farmers with two objectives: to increase the soil and labour productivity and to reduce the soil degradation risks with a selection of cultural practices covering fast the soil surface, intensification of biomass production thanks to selected seeds and adapted fertilizers, simple and adapted traditional soil conservation systems (progressive terraces). Two case studies have demonstrated that this approach interested the farmers, increased their income and reduced the erosion risks, even on very steep slopes.

### **Introduction**

Avec la croissance des populations humaines et de leurs besoins, les défrichements, les cultures et les pâturages ont augmenté également entraînant une érosion accélérée mille fois plus rapide que l'érosion normale : pertes en terre de 10 à 700 t/ha/an et ruissellements de 20 à 80%. Dans les milieux fragiles ou lorsque l'intensification des cultures est mal maîtrisée, une génération suffit pour voir disparaître la mince couche humifère et la fertilité des sols (Roose, 1994 ; Neboit, 1991).

La dégradation de la fertilité des sols par l'érosion est donc un phénomène important à l'échelle planétaire, notamment dans les pays du Sud. Mais ce n'est pas une fatalité dans la mesure où l'homme en est le principal responsable et qu'il peut corriger ses mauvaises pratiques pour lutter contre l'érosion. La question fondamentale qui se pose, est de définir quel est le type de stratégie la plus appropriée ?

Face aux échecs répétés des projets de lutte antiérosive (Hudson, 1992), la réponse à cette question est restée controversée pendant des années. Mais dans le sillage du séminaire de Puerto Rico (1987), une nouvelle approche, appelée Land Husbandry ou Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des sols (GCES) est apparue. (Shaxon et al., 1989 ; Roose, 1994). Par rapport aux autres stratégies, la GCES part du constat que les paysans sont prêts à investir sur les bonnes terres où il existe des risques potentiels de dégradation et non sur les terres déjà très érodées et trop appauvries. L'objectif n'est plus la conservation des sols pour elle-même, mais la valorisation durable du travail et de la terre à l'échelle d'une communauté rurale ou d'un terroir.

La méthode place l'homme au centre de la stratégie et s'articule sur trois étapes qui sont : i) une période de sensibilisation des populations par deux enquêtes : l'une concernant la

typologie des problèmes d'érosion et l'autre les facteurs modifiant les risques ; ii) une expérimentation démontrant sur les champs paysans les risques réels de dégradation, l'efficacité de méthodes antiérosives proposées, la faisabilité et la rentabilité des améliorations ; iii) une période d'extension spatiale des méthodes sélectionnées depuis les parcelles à l'ensemble du terroir.

Après une quinzaine d'années d'essais de terrains et de réalisations partagés avec les paysans, à la suite de Puerto Rico, deux exemples sont présentés ici, en Algérie et en Equateur, afin d'évaluer les résultats de la GCES pour la lutte antiérosive et pour le profit économique des petites paysanneries.

## **1. La GCES en Algérie**

### **1.1. La problématique**

L'Algérie tire la majorité de sa production agricole de la zone septentrionale la plus peuplée, constituée de montagnes fragiles, à pentes raides à cause de la succession de roches tendres et dures, à climat méditerranéen semi-aride où des averses abondantes tombent en hiver sur des sols peu couverts et battants. Les processus d'érosion sont variés et très actifs. L'érosion en nappe, partout présente, évolue en rigoles et ravines si le travail du sol ou la couverture végétale n'interviennent pas rapidement. Par ailleurs, les outils de travail du sol (surtout les charrues à disques) pulvérisent les mottes et poussent la surface du sol vers le bas des versants. Lors des averses de fréquence rare, les pluies abondantes provoquent des ravinements, des inondations, la dégradation des berges et des glissements de terrains qui entraînent un engorgement rapide des barrages et la destruction du réseau routier.

Pour faire face à ces problèmes graves d'érosion en milieu rural, l'Administration centrale des Forêts a mis en place une stratégie d'équipement hydraulique (la DRS), lourde de conséquence pour les exploitations rurales basées sur la culture céréalière et l'élevage extensifs. Les forestiers ont replanté 800 000 ha de forêts de pins et eucalyptus dans les hautes vallées, corrigé des centaines de ravines et torrents et terrassé 350.000 ha de versants cultivés et pâturés. Malgré cet effort considérable pendant 50 ans pour juguler l'érosion et réduire son influence néfaste sur la qualité des eaux de surface et les aménagements, les résultats sont décevants : le taux d'engorgement des barrages n'a pas diminué, la production de bois est toujours aussi faible, la productivité des terres n'a fait que décroître et les paysans rejettent le système des banquettes et n'entretiennent pas les dispositifs antiérosifs.

En 1985, les directeurs de l'Institut National algérien de Recherches Forestières (INRF) et l'IRD ont mis en commun leurs moyens pour lancer un programme basé sur l'approche nouvelle que proposait la GCES. Une douzaine de chercheurs ont mis en place un réseau de 50 parcelles d'érosion et une dizaine de ravines dans les champs paysans de trois zones du NO de l'Algérie, pour répondre au double défi : intensifier l'agriculture et l'élevage en montagne, et réduire la dégradation des ressources en sol et eau. Les mesures de la pluie, du ruissellement, de l'érosion et des rendements ont été réalisées sur 16 parcelles d'érosion situées chez les paysans, à 7 km de Médéa et sur 4 systèmes de production les plus représentatifs qui sont (Arabi et Roose, 1989) :

- système agropastoral sur vertisol, pente de 12 % ;
- verger d'abricotiers, sur sol fersiallitique rouge, pente de 35 % ;
- vigne sur sol brun calcaire colluvial, pente de 30 % ;

- système sylvopastoral, sur sol brun calcaire, pente de 40 %.

## 1.2. Principaux résultats

Le tableau 1 présente les principaux résultats des observations durant 3 années déficitaires et une année normale comportant une grosse averse de 150 mm en 2 jours. Pour 500 mm de pluie en moyenne, l'indice d'érosivité des pluies n'a pas dépassé  $R_{usa} = 50$  : les pluies normales sont donc nettement moins agressives qu'en Afrique tropicale (Roose, 1994). Le ruissellement annuel moyen ( $K_{ram}$  %) a été faible même sur les terres peu couvertes. Par contre, le ruissellement maximal ( $K_{rmax}$  %) lors des averses abondantes tombant sur des sols humides et peu couverts (cas le plus général en hiver) peut dépasser 30 à 80% : il est à l'origine du ravinement des versants, des grandes crues, des inondations et des glissements de terrain qui ne se manifestent que tous les 5 à 20 ans dans les milieux méditerranéens semi-arides.

Tableau I. Résumé des observations dans la région de Médéa:

Systèmes	KRAM %	KRMAX	Erosion t/ha/an	Rendement t/ha/an
Sol nu travaillé	10 à 18	34 à 80	2 à 20	-
Syst. traditionnel	3 à 12	8 à 26	0,1 à 2	0,7 (grain), 0,2 (paille)
Syst. amélioré	< 0,1	3 à 9	< 0,1	4,8 (grain), 2,2 (paille)

L'érosion en nappe a été très modérée malgré la végétation dégradée et les pentes très raides des parcelles observées. A Abidjan en Côte d'Ivoire, pour des pluies 4 fois plus abondantes qu'à Médéa, les pertes en terres dépassent 500 t/ha /an soit 25 fois plus fortes, ce qui confirme la faible agressivité des pluies en année normale et la bonne résistance des sols en Algérie. En effet, l'indice d'érodibilité des sols calculé d'après le modèle de Wischmeier et Smith (1978) confirme que les sols sont très résistants :  $K$  varie de 0.02 pour les sols fersiallitiques rouges à 0.001 pour les vertisols et les sols bruns calcaires.

Par contre, il manque 15 cm de sol entre les abricotiers. En supposant une érosion en nappe et rigole de 1 mm par an durant 30 ans (=30 mm), il reste à expliquer une perte en terre de 120 mm (4 mm/an soit 60 t/ha/an) qui ne peut s'expliquer que par l'érosion aratoire provenant des doubles labours croisés au printemps et à l'automne.

Le rôle de la pente est moins évident que prévu. En effet, le ruissellement sur sol nu diminue lorsque la pente augmente car les pellicules de battance sont arrachées au fur et à mesure qu'elles se forment sur forte pente. L'érosion est fonction du type de sol et du taux de cailloux lesquels changent souvent avec la pente. Ces résultats et ceux d'autres auteurs remettent en cause l'application systématique des équations classiques qui lient systématiquement l'écartement entre dispositifs antiérosifs et la pente (Heusch, 1970 ; Poesen et Bryan, 1990). Les aménagements antiérosifs ne peuvent se passer d'un diagnostic sérieux du fonctionnement de chaque versant : il n'y a donc pas de recette universelle simple.

Les rendements en grain et paille sur parcelles améliorées sont 6 à 10 fois supérieurs à ceux des systèmes traditionnels voisins représentatifs des productions régionales moyennes : la croissance de production permet donc d'améliorer l'élevage et la disponibilité en fumier et résidus de cultures qui, à terme, peuvent améliorer la stabilité et la fertilité des sols. Mais ce qui intéresse encore plus les paysans locaux, c'est la croissance des revenus nets, une fois

déduits les frais de production. On constate au tableau II, l'amélioration de la valorisation de la terre quand on intensifie la production végétale et qu'on modifie le système de production en supprimant la jachère nue pâturée, en introduisant des légumineuses et des cultures intercalaires sous les arbres fruitiers.

Tableau II. Revenus annuels par type de systèmes de culture.

Systèmes de cultures	Revenus (Euros)
Forêt pâturée traditionnelle	25€
Blé d'hiver traditionnel	125€
Vigne ou verger traditionnel	500€
Rotation intensive blé-lentilles	1500€
Rotation intensive sous vigne ou fruitier	3000€

On peut conclure que la stratégie paysanne basée sur le défrichement des versants et l'évolution de la culture céréalière à la fruticulture intense suit une logique économique en relation avec la pression démographique et foncière : plus la pression foncière est forte, plus il faut intensifier l'exploitation des sols. Ce qui est nouveau c'est que l'intensification n'accélère pas forcément l'érosion et la dégradation des sols : avec un paquet technologique adapté, la production de biomasse en augmentation protège la surface du sol, retarde la formation de croûtes de battance et améliore l'infiltration et la résistance à l'énergie des pluies et du ruissellement.

## 2. La GCES dans la montagne andine

### 2.1. Problématique

L'Equateur est un pays andin, situé sur la façade pacifique du continent sud-américain entre la Colombie au Nord et le Pérou au Sud. Bien que les paysages soient fortement marqués par l'emprise de l'imposante cordillère des Andes, aux fortes pentes et dénivellations, l'érosion des sols fut pendant très longtemps, semble-t-il, un phénomène secondaire ou pour le moins maîtrisé. En effet avant l'arrivée des Incas, des sociétés déjà bien organisées (Quitus-Caras " au Nord, " Puruhaes " et " Canaris " au Sud) avaient développé, entre le Xème et le XIVème siècle, une agriculture diversifiée, tirant profit de l'influence de l'altitude sur le climat et les cultures et faisant preuve d'une certaine ingéniosité pour aménager les versants en gradins ou "andins".

Néanmoins, la situation a bien changé depuis car l'érosion des sols s'est accélérée en intensité et s'est étendue spatialement à tel point qu'aujourd'hui ce phénomène est désormais perçu comme une contrainte forte au développement des populations rurales. Parmi les faits nouveaux qui sont intervenus et qui ont joué un rôle dans l'accélération de la dégradation des sols et des paysages, sont à ressortir les mutations du petit paysannat équatorien (" minifundio ") vers les versants et hautes terres andines. Le processus s'est amorcé au début des années 1960 lorsque ce petit paysannat, en forte progression démographique, s'est rebellé contre l'état et les grands propriétaires terriens ("haciendas") pour améliorer des conditions de vie très précaires, rythmées par des liens de dépendance très forte vis-à-vis des haciendas. Une réforme agraire est mise alors en place par l'état conduisant les propriétaires d'haciendas, qui possédaient d'immenses domaines, à céder gratuitement ou à bas prix des terres aux petits

paysans. Dans la réalité, la plupart des terres prises en compte sont situées sur les versants et les hautes terres de la cordillère des Andes, entre 3200 et 4000 m, dans des zones non utilisées jusqu'alors à cause du froid, de la sécheresse, des pentes et des risques prévisibles d'érosion.

Sans autre recours possible au cours des 40 dernières années, le minifundio s'est donc approprié cet espace d'altitude et a transformé versants et hautes terres en un damier composé d'une multitude de petites parcelles de cultures. Il n'y a aucune limite d'altitude ni de pente pour cultiver si ce n'est l'absence de sol sur le versant. Les surfaces cultivées sont en général inférieures à 5 ha, la taille moyenne de la parcelle unitaire étant comprise entre quelques ares et 1 ha. Les densités de population sont en général fortes, de l'ordre de 80 et 150 hab./km<sup>2</sup> et la production, basée sur trois cultures principales - orge, fève et pomme de terre - est destinée essentiellement à l'autosubsistance (De Noni et al., 2001).

L'érosion des sols est active sur les parcelles bien que l'indice d'érosivité des pluies soit faible (R usa de l'ordre de 100) et les sols, en majorité des andosols, bien structurés après défrichement. En fait, le rôle de la pente est essentiel comme en témoigne, après chaque averse, les griffes et les rigoles qui incisent la surface des sols et qui évoluent localement en ravines. Sur ce type de paysage de haute montagne tropicale, l'énergie du ruissellement, qui s'exerce sur des pentes cultivées comprises entre 25 et 70%, est plus efficace que l'énergie des pluies pour éroder les terres : des mesures sur parcelles de ruissellement de 100 m<sup>2</sup> (20 x 5 m), effectuées de 1986 à 1991, ont permis d'observer que si les coefficients annuels moyens de ruissellement sont modérés (< 15% de la pluie tombée), en revanche l'érosion concentrée est forte de 50 à plus de 100 t/ha/an (De Noni, Viennot, Trujillo, 1986).

En outre, l'absence de pratiques conservatoires traditionnelles due à l'inexpérience des paysans du minifundio pour ce type de milieu ainsi que la politique antiérosive de l'état, dont les résultats furent plus ou moins mitigés, s'ajoutèrent aux effets de la pente et de la topographie. Ainsi par exemple, l'état, conscient du danger que représentait l'extension parallèle du minifundio et de l'érosion, voulut intervenir et incita les forestiers à lancer un vaste plan de reforestation. Jusqu'à la fin des années 1960, la seule espèce utilisée fut l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) puis au début des années 1970, ils étendirent leur action en introduisant et en plantant des pins (*Pinus radiata*) sur les parties hautes des bassins versants. Dans un cas comme dans l'autre, l'intérêt de cette action fut très limité, le principal écueil étant la non-prise en compte des paysans qui songèrent davantage à couper les arbres, dans une région où le bois fait cruellement défaut, plutôt qu'à participer à un développement harmonieux et conservatoire du milieu. Dans quelques cas, des travaux mécanisés de terrassement furent proposés en complément de la reforestation mais de coût très élevé et inabordable pour le petit paysan (de 700 à 1500 €/ha).

## 2.2. Principaux résultats

C'est dans ce contexte où était recherchée une stratégie conservatoire adaptée aux pentes andines que l'IRD, en partenariat avec le ministère équatorien de l'Agriculture, développa, de 1986 à 92, un programme d'étude sur l'érosion des sols et la lutte antiérosive. La participation forte des paysans du minifundio et la prise en compte des conditions socio-économiques furent clairement affichées comme des composantes fortes du programme. Plusieurs sites furent aménagés et étudiés du Nord au Sud des Andes équatoriennes, parmi

ceux-ci l'exemple du site de Mojanda permet d'illustrer les résultats acquis en terme de stratégie et de lutte antiérosive. Les principales caractéristiques du site de Mojanda sont les suivantes : i) l'altitude est de 3300 m et la zone a connu un développement important du minifundio au cours des 30 dernières années, ii) l'occupation des sols est dense et les pentes sont fortes (de l'ordre de 40%), iii) le sol dominant est un andosol hydraté saturé, argilo-limoneux, de 60 à 80 cm d'épaisseur où l'érosion a déjà formé quelques ravines profondes sur les parcelles les plus anciennes.

Pendant 5 ans, fut évaluée l'efficacité de quelques méthodes conservatoires, visant essentiellement à la dissipation de l'énergie du ruissellement par la formation de terrasses progressives. Les observations se réalisèrent sur de grandes parcelles de ruissellement (50m x 20m), installées chez les paysans et associant ces derniers à la compréhension des résultats. Au terme de la période, les résultats obtenus étaient très positifs comparés aux données mesurées en situation non aménagée : coefficients annuels moyens de ruissellement < 0,1% et érosion < 0,5 t/ha/an (De Noni, Viennot, Trujillo, 1990). Ces derniers étaient d'autant plus encourageants que ressortaient, en complément de l'observation périodique de l'érosion, d'autres éléments utiles à la réussite d'une stratégie antiérosive et concernant :

- le coût d'installation et d'entretien des ouvrages. Durant les 5 années de suivi, ce coût, estimé globalement à 250€ par hectare, était relativement bas et bien adapté aux conditions économiques du paysannat local. Il a pu être atteint grâce au choix de la technique de la terrasse progressive, peu exigeante en moyens humains au niveau du suivi, et à l'utilisation de matériaux autochtones ;

- les rendements : la récolte de pommes de terre a été multipliée par 2 et celle de fève par 4, garantissant ainsi aux paysans les besoins liés à l'autosubsistance et laissant entrevoir la possibilité de participer à l'économie locale de marché.

Une fois validée sur les parcelles, la stratégie conservatoire fut appliquée en vraie grandeur à l'échelle du terroir. Une trentaine de familles participèrent à ce volet défini par les règles suivantes :

- aide technique gratuite aux familles volontaires pour l'installation sur les parcelles cultivées des méthodes testées expérimentalement,
- prêt à chacune de ces familles d'une somme d'argent de 150€, remboursable au bout d'une année selon un taux d'intérêt très faible et destinée à améliorer la qualité des intrants (achat de semences améliorés, d'engrais, etc ...).

Au bout de 2 années de suivi, il ressortait clairement que les agriculteurs géraient sans problème particulier les ouvrages conservatoires, qu'ils étaient satisfaits des rendements obtenus et qu'ils respectaient les échéances annuelles de remboursement du crédit. Cet exemple montre que la lutte antiérosive est possible sur les fortes andines dans la mesure où la démarche est participative et qu'elle englobe les aspects liés à l'amélioration de la production de la terre et du travail (De Noni et al., 2001).

### **3. Conclusions**

Les paysans ne peuvent maîtriser les phénomènes catastrophiques d'érosion : ravinements torrentiels, glissements de terrain, inondations, etc... L'état est seul capable, à travers ses services techniques spécialisés, d'intervenir pour le bien public dans la correction du réseau hydrologique et la protection des ouvrages d'art. Mais lorsque l'érosion en est

encore au stade du risque et des dégâts diffus, la lutte antiérosive est alors une réelle alternative d'espoir pour les paysans. Elle n'est plus ressentie comme une fin en soi, mais comme un moyen indispensable pour intensifier la productivité de la terre et assurer la durabilité de l'agrosystème : n'est-il pas plus sage d'intervenir d'abord sur les terres productives en modifiant les systèmes de production qui s'avèrent déséquilibrant plutôt que d'attendre que les terres soient trop dégradées !

Les exemples pris en Algérie et dans les Andes de l'Equateur montrent qu'il est possible d'appliquer la GCES en vraie grandeur et d'obtenir des résultats positifs pour la lutte antiérosive et pour le profit économique des petites paysanneries du Sud.

#### 4. Bibliographie

**Arabi M., Roose E., 1989.** Influence de quatre systèmes de production en région méditerranéenne de moyenne montagne algérienne. *Bull. Réseau Erosion* 9 : 39-51, Paris.

**De Noni G. et Viennot M., 1996.** Mutations récentes de l'agriculture équatorienne, conséquences sur la "durabilité" des agrosystèmes andins. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* 23, 2 : 277-288.

**De Noni, G., Viennot M., Asseline, J., 2001.** Terres d'altitude, terres de risque. La lutte contre l'érosion dans les Andes équatoriennes. IRD Editions, Paris, Collection Latitude 23, 224 p.

**Heusch B., 1970.** L'érosion du Pré-Rif. *Annales Rech. Forestière, Maroc* 12 : 1-176.

**Hudson N.W., 1992.** A study of the reasons for success or failure of soil conservation projects. *FAO Sols Bulletin*, n° 64, 65 p.

**Poesen J.W., Bryan R.B., 1990** - Influence de la longueur de la pente sur le ruissellement : rôle de la formation des rigoles et des croûtes de sédimentation, *Cah. Pédol.* 25, 2 : 71-80.

**Roose E., Arabi M., Brahamia K., Chebbani R., Mazour M., Morsli B., 1993.** Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne : réduction des risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES. *Cah. ORSTOM Pédol.*, 28, 2 : 289-308.

**Roose E., 1994.** Introduction à la GCES. *Bull. Pédol. FAO*, n° 70, Rome, 420 p.

**Shaxson T.F., Hudson N.W., Sanders D.W., Roose E., Moldenhauer W.C., 1989.** Land husbandry : a framework for soil and water conservation. Soil and Water Cons. Soc., WASWC, Ankeny, Iowa, USA, 64 p.