

Recherches sur la réduction des risques d'érosion par la GCES en moyenne montagne méditerranéenne algérienne

par

Roose E.*, Arabi M.**, Brahamia K.**, Chebbani R.**,
Mazour M.** et Morsli B.**

*directeur de recherche à l'ORSTOM, BP.5045, F.34032, Montpellier

**chercheurs à l'INRF, BP 37 Cheraga, Alger

RESUME

Pour faire face à une dégradation sévère de la couverture végétale, des terres et du réseau hydrographique, l'Administration des Forêts a imposé une stratégie vigoureuse d'équipement rural (DRS) qui s'est traduite par la reforestation de 800 000 ha de terres marginales, la correction de centaines de ravines et le terrassement de 350 000 ha de terres cultivées. Malgré 40 ans de DRS, l'envasement des réservoirs et l'érosion des sols sont aussi rapides ; les paysans rejettent la méthode. Ce document résume les résultats de dix années de coopération d'une douzaine de chercheurs de l'INRF et de l'ORSTOM visant la mise au point de systèmes régionaux intensifs de production réduisant les risques d'érosion en montagne.

Les pluies ont été déficitaires et peu agressives sauf quelques orages qui laissent des cicatrices durables dans le paysage. Le ruissellement fut très modeste (1 à 7%) sauf lors des pluies saturantes où il peut atteindre 80% sur les terres tassées ou encroûtées. L'érosion fut modérée tant en milieu naturel que cultivé (0.1 à 3t/ha/an), à cause des pluies déficitaires et surtout de la faible érodibilité des sols, riches en cailloux et en argile saturée en calcium. Les systèmes de production améliorés ont réduit systématiquement l'érosion et augmenté remarquablement la production et les revenus des paysans. La lutte antiérosive pourrait donc s'appuyer sur la GCES pour protéger les versants et sur la RTM pour aménager le réseau hydrographique et la revégétalisation des terres marginales.

MOTS CLES : Algérie, Montagnes méditerranéennes, Erosion, Systèmes de production, Revenus

ABSTRACT

Facing severe degradations of soils, greencovers and hydrographic systems, the Forest Administration imposed a strategy of rural equipment, called "Defens and soil restoration" (DRS) which realized 800 000 ha of reforestation, management of hundreds gullies and terrassing 350 000 ha of cultivated soils. Despite 40 years of "DRS", the check is evident : sedimentation in lakes and soil erosion remain very active ; the farmers refuse to maintain the terrasses. This paper proposes a summary of results of ten years cooperation of a dozain of INRF and ORSTOM researches looking for intensive sustainable farming systems reducing erosion risks in the mountains.

Rainfalls were showing a deficit and low erosivity, except for a few rainstorms which leave durable scars in the landscape. Runoff was very limited (1 to 7%) except when saturating rainfalls give as much as 80% of runoff on bare, compacted or sealing fields. Sheet erosion was moderate on natural and cultivated plots (0.1 to 3 t/ha/year), because deficit rainfalls but mainly because the low erodibility of stony soils, rich in calcium saturated clay. Improved farming systems decreased systematically erosion and runoff rates and increased remarkably biomass production and farmers income (if rainfalls are satisfying). In conclusion, soil protection of the hillslopes could be assumed by "land husbandry" strategy and the management of rivers and the revegetalization of marginal lands by the "DRS" approach.

KEY WORDS : Algeria, Mediterranean mountains, Erosion, Farming systems, Income.

INTRODUCTION

Le bassin méditerranéen, berceau de civilisations brillantes, a attiré au cours des siècles des populations nombreuses. Les activités qui ont accompagné ces colonisations successives (défrichement, agriculture, élevage, urbanisation, guerres) ont entraîné la dégradation des couvertures végétales, des sols, des rivières, du climat et finalement des sociétés. Un survol rapide du nord de l'Algérie, la région la plus productive, mais aussi la plus fragile, nous montrerait des montagnes surpâturées et des guarrigues brûlées, des collines dénudées, des sols cultivés squelettiques, décapés par l'érosion en rigole et par le creeping, des versants et des plaines lacérées par les ravines. Les oueds dévorent les basses terrasses et envasent les barrages en une trentaine d'années.

Quel est le responsable de la dégradation de ces paysages? Les activités dévastatrices des hommes? Ou bien le milieu méditerranéen naturel réputé particulièrement fragile du fait de ses reliefs jeunes (alternance de roches tendres argileuses et de roches dures) et de ses climats agressifs (pluies saturantes ou orages violents)? Et comment réduire les dégâts alors que la population rurale augmente et ne peut plus trouver d'exutoire dans les villes surpeuplées?

La DRS, stratégie d'équipement hydraulique rural imposée par l'Administration centrale

Pour faire face à ces graves problèmes d'érosion, une stratégie faisant appel à des équipements hydrauliques lourds fut développée par l'Administration des Eaux et Forêts pendant la période 1940 à 1980. La DRS, Défense et Restauration des Sols, tient à la fois de la RTM (Restauration des Terrains de Montagne) et de la CES (Conservation de l'Eau et des Sols). Le principal objectif était de retarder l'envasement des barrages et de protéger les terres et les équipements. Elle comprend :

- la reforestation des hautes vallées (800.000 ha depuis 1962, selon Mazour, 1992),
- la correction torrentielle dans les périmètres de protection des barrages,
- le terrassement des champs cultivés (350 000 ha de banquettes d'après Heusch, 1986).

Mais en 1980, l'échec de cette approche technocratique d'équipement hydraulique des zones rurales, est évident. Malgré 40 années de DRS, les terres ne cessent de se dégrader, les paysans rejettent le système des terrasses de diversion et refusent de l'entretenir, la production de bois est restée faible et le taux d'envasement des barrages demeure très élevé. Le programme d'aménagement des banquettes fut abandonné pour des raisons économiques (Heusch, 1986). Depuis, les forestiers continuent la reforestation et la correction torrentielle des ravines, mais les fermiers ne reçoivent plus d'aide pour maîtriser l'érosion (Roose, 1987). Par contre, l'Algérie a réalisé un effort considérable pour la construction de barrages (une quinzaine en dix ans, d'après Mazour, 1992), mais ils semblent dangereusement menacés par l'envasement. Leur durée de vie ne dépasserait guère 30 ans car le taux d'érosion spécifique des bassins versants d'Algérie serait parmi les plus élevés du monde (2000 à 4000 t/km²/an) (Demmak, 1982)

Les premières mesures d'érosion sur parcelles expérimentales (Kouidri et al., 1989) confirmèrent l'hypothèse défendue par Heusch au Maroc et Demmak en Algérie (1982) selon laquelle l'érosion en nappe sur les versants cultivés n'apporte qu'une petite part (0.2 à 10 t/ha/an) aux sédiments transportés par les rivières. Ceci expliquerait pourquoi les terrassements furent peu efficaces pour réduire l'envasement. Cependant, le ruissellement provenant des versants peut atteindre 50 à 80% durant les averses exceptionnelles tombant sur des terres engorgées, encroûtées ou compactées (surpâturage, pistes et routes, jachères abandonnées, toits et cours d'habitation, etc...). La nouvelle hypothèse pour expliquer l'érosion des bassins versants, c'est donc ce ruissellement exceptionnel qui dévalle des pentes raides, mal couvertes, qui creuse les ravines, augmente les débits de pointe des oueds et provoque des glissements de terrain, le sapement des berges et l'envasement rapide des barrages.

Actuellement avec la crise économique, les villes industrielles connaissent des problèmes d'emplois. Le gouvernement algérien souhaite donc maintenir la population à la campagne et intensifier l'agriculture en montagne sans augmenter pour autant la dégradation des terres, ni la pollution des eaux, si essentielles pour l'irrigation et l'alimentation des villes.

Recherche d'une stratégie nouvelle de gestion conservatoire de l'eau et des sols (GCES)

Depuis 1985, l'Institut National algérien pour la Recherche Forestière (INRF) et l'Institut français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) ont uni les efforts d'une douzaine de chercheurs pour développer un programme de formation et de recherche sur les causes et les facteurs de différents processus d'érosion et pour tester dans les montagnes méditerranéennes semi-arides d'Algérie une nouvelle approche participative de la lutte antiérosive : la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES).

Ce programme comprend trois sous-programmes :

- 1- une enquête sur l'efficacité de l'approche DRS, d'abord par l'INRF et l'Administration des Forêts pour situer et décrire les aménagements existants, puis par un groupe interdisciplinaire de chercheurs, pour évaluer leur fonctionnement ;
- 2- l'aménagement de micro-bassins versants près de Médéa, Mascara et Tlemcen ;
- 3- la quantification des différents processus d'érosion dans un réseau de ravines et de parcelles d'érosion. C'est de ce dernier volet qu'il sera question dans ce document.

L'analyse de la CES et de la DRS a montré que les terrassements n'ont guère intéressé les paysans car ces travaux exigent beaucoup de travail à l'entretien, réduisent la surface cultivable de 5 à 15%, mais n'améliorent pas la productivité des terres, ni les revenus des paysans (Lefay, 1986). Cette approche des problèmes d'érosion procède d'une logique aval qui vise avant tout la protection des équipements et de la qualité des eaux. La majorité des aménagements ne sont donc pas entretenus par les paysans ou sont même détruits progressivement par le labour.

Si l'on veut que les paysans participent à la protection du milieu rural et de la qualité des eaux, il faut d'abord répondre à leurs préoccupations immédiates. C'est pourquoi la GCES aborde les problèmes d'érosion par une logique amont. "Comment améliorer la productivité des terres et du travail en gérant au mieux l'eau disponible, la biomasse et la fertilité des sols ?" Par l'intensification de l'utilisation des intrants sur les meilleures terres, on augmente la couverture végétale et on réduit les risques d'érosion. Nos recherches visent donc dans un premier temps à améliorer sur des parcelles d'érosion le système de production, et à vérifier qu'il est rentable d'intensifier la production de biomasse et possible de réduire les risques d'érosion et de ruissellement sur les fortes pentes où l'on craint le plus la dégradation du milieu (Roose, 1987). On y a testé également différentes innovations en vue d'une exploitation intensive et durable des ressources naturelles des montagnes de l'Atlas depuis le Centre (Médéa) jusqu'à l'Ouest (Tlemcen) de l'Algérie du Nord.

Nous remercions l'INRF, la GTZ et l'ORSTOM d'avoir permis à "l'équipe érosion" de réaliser ces études, interrompues avant terme par la situation troublée que connaît aujourd'hui l'Algérie.

1 - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Nous présentons ici une synthèse des résultats obtenus sur le réseau des parcelles d'érosion de l'INRF à Ouzera (Kouidri, Arabi, Roose, 1989 ; Arabi, 1991), à Aïn Fares/Mascara (Morsli, 1995), à Tlemcen (Mazour, 1992 ; Chebbani, Mededjel, Belaidi, 1995) et au Projet Oued Mina (Brahamia, 1993), soit 50 parcelles d'une centaine de m². En chaque

station définie par un type de sol, une pente forte, un système de production en place depuis plus de dix ans et une pluviosité moyenne, on compare le comportement d'un témoin absolu (sol nu travaillé dans le sens de la pente), un témoin régional (système de production traditionnel) et 1 ou 2 systèmes améliorés. Les améliorations portent sur le travail du sol (meilleure gestion de l'eau), les herbicides, pesticides et graines sélectionnées, une fertilisation minérale adaptée aux sols et cultures, une jachère de légumineuses, des tentatives d'enrichissement des parcours, des rotations plus intensives et des cultures intercalaires sous les vergers. Le climat de la zone est méditerranéen à hiver frais (pluies de 300 à 650 mm).

2 - LES RESULTATS

Bien que les observations n'aient pu durer aussi longtemps que souhaitable (2 à 6 ans), les répétitions pluriannuelles dans quatre zones de la même région écologique donnent des résultats cohérents.

Les précipitations. Toute la région a connu des pluies déficitaires (de 60 à 280 mm) et peu agressives (Rusa inférieur à 50). Il y a donc une situation paradoxale. D'une part, les climats méditerranéens sont réputés agressifs, les paysages sont ravinés et les inondations catastrophiques nombreuses. Mais d'autre part, les auteurs s'accordent pour constater de modestes indices d'agressivité des pluies en comparaison avec les pluies des régions tropicales humides (Arabi, 1991 ; Mazour, 1992, Roose, 1994). Cela semble indiquer que les séries de pluies saturantes et les maigres couvertures végétales et pédologiques sont à l'origine de ces érosions catastrophiques, plus que l'agressivité des orages, limités dans l'espace.

Tableau 1. Effets de l'amélioration des systèmes culturaux sur le ruissellement, l'érosion, le rendement et le revenu annuel net à la station INRF de Ouzera/Médéa. (Roose et al., 1993)
a=abricot, b=blé, f=fèves, r=raisin, rc=résidus de cultures.

Systèmes		Ruissellement moyen%	max%	Erosion t/ha/an	Rendement q/ha/an	Revenu net US \$
Agropastoral sur vertisol	traditionnel	2.4	14	0.23	7b + 2.3p	250
	amélioré	0.9	5	0.05	48b+22p+70f+27rc	2500
Sylvopastoral sur sol brun	dégradé	15.0	25	2.00	forfait	17
	reforesté	0.6	2	0.05	"	17
	enherbé	1.0	4	0.03	"	17-
Verger sur sol rouge	traditionnel	5.0	12	0.90	11a	605
	amélioré	0.7	3	0.10	10a+64f+33b+19rc	3000
Vigne sur sol brun colluvial	traditionnel	2.0	8	0.20	29r	2500
	amélioré	0.2	2	0.01	37r+37f/29b+4rc	5100

Le ruissellement. Le ruissellement annuel fut très discret sous matorral et jachères pâturées (Kram=0.6 à 4%), modeste sous cultures dans toutes les stations (Kram=0.1 à 7%), et ne dépasse pas 28% sur sol nu, même labouré. Pourtant les paysages ravinés et la largeur des oueds témoignent d'un ruissellement abondant ! Celui-ci ne se développe que dans des circonstances particulières lorsque des pluies saturantes tombent sur des sols tassés, encroûtés, engorgés ou peu couverts : on observe alors des ruissellements dépassant 30 à 80% (selon les sols) qui laissent des traces durables dans ces paysages semi-arides.

L'érosion en nappe et rigole. Les pertes en terre mesurées sous les garrigues méditerranéennes sont très réduites ($E=0.03$ à 0.4 t/ha) (Delhoume, 1981) du fait des litières et végétations basses. De même, l'érosion a été très modérée sur les diverses cultures testées ($E=0.04$ à 3 t/ha/an) et sur les jachères nues travaillées ($E = 0.7$ à 20 t/ha/an), malgré des pentes fortes (10 à 45 %) . En effet, l'agressivité des pluies a été faible ($R_{usa}<50$) et les sols sont très résistants ($K = 0.002$ à 0.025), riches en argile saturée de calcium et souvent caillouteux. L'érosion en nappe, bien que sélective vis-à-vis des particules légères (matière organique argile + limon) et des nutriments (Arabi, 1991), ne semble pas le processus le plus actif sur les versants méditerranéens : même en comptant les plus fortes pertes en terre observées sur sol rouge et 35% de pente à Ouzera, (soit 20 t/ha/an= 1.3 mm de sol), il faudrait 2 siècles pour décaper l'horizon humifère sur 20 cm.

L'érosion en rigole et l'érosion mécanique sèche par les instruments aratoires, non sélectives, semblent bien plus actives (4 mm/an, Roose, 1991) dans l'évolution de la couverture pédologique des versants montagnards méditerranéens : le décapage de l'horizon humifère est plus fréquent que son appauvrissement en particules fines. Le travail du sol participe activement à la formation des talus en bordure des champs.

Les rendements des cultures. L'amélioration des systèmes culturaux a réduit systématiquement les risques d'érosion et de ruissellement. Mais le résultat le plus important, c'est l'amélioration très significative des rendements des cultures et des revenus des agriculteurs. A Ouzera, où les expériences sont plus avancées, les rendements observés sur des parcelles d'érosion voisines sont passés de 7 à >45 quintaux/ha de blé, de 28 à 40 q/ha de raisin et de 8 à 10 q/ha d'abricots auxquels il faut ajouter 30 quintaux de fèves ou de blé intercalaire. En même temps, la production de paille et autres résidus de culture qui peuvent améliorer la production animale et le fumier, ont aussi augmenté significativement (de 0.2 à 2 ou 3 t/ha/an)

Les revenus nets. L'étape suivante consiste à **démontrer que ces changements sont rentables pour le paysan, condition essentielle pour que l'effort d'intensification soit accepté avec la lutte antiérosive.** Si on soustrait du chiffre des ventes le prix des intrants supplémentaires (graines sélectionnées, engrais, pesticides, herbicides, travail supplémentaire pour les soins à la culture et à la récolte), il reste au paysan un revenu net largement supérieur à celui qu'il peut obtenir avec les cultures traditionnelles :

*pour le pâturage extensif en zone forestière, il peut gagner	17\$/ha/an
*pour un blé d'hiver traditionnel suivi d'une jachère pâturée	250\$
*pour une rotation intensive blé/légumineuse fourragère	2400\$
*pour une rotation intensive blé/fèves	2500\$
*pour un verger d'abricot ou une vigne traditionnelle	605 à 2500\$
*pour un verger ou une vigne intensive avec culture intercalaire	3000 à 5100\$

Ces résultats montrent qu'en intensifiant le système de production on a multiplié par dix les revenus par hectare en produisant des céréales et par trois si on cultive déjà des vignes. Avec un tel bénéfice, il n'est pas très difficile pour les paysans de saisir l'intérêt pour eux de changer de système de production (du blé extensif à la vigne intensive avec blé intercalaire) et d'adopter les techniques culturales améliorées, parmi lesquelles sont proposées les techniques antiérosives les mieux adaptées aux conditions écologiques et économiques du paysan. Bien que nous n'ayons pas développé d'action de vulgarisation, les paysans vivant à proximité de nos parcelles expérimentales ont reproduit avec succès nos méthodes améliorées à Médéa. Par contre, dans les zones de moins 350 mm de pluie, le risque d'échaudage en année sèche réduit l'extension de ces pratiques intensives car le coût des intrants n'est pas valorisés.

3 - CONCLUSIONS

Les résultats des observations sur un réseau de 50 parcelles d'érosion confirment qu'il est techniquement possible d'intensifier la production en montagne méditerranéenne et d'améliorer les revenus des paysans, sans dégrader l'environnement, à condition de recevoir un minimum de pluies bien réparties.

Il se confirme que les transports solides qui menacent la durée de vie des barrages ne résultent pas des phénomènes d'érosion en nappe des versants, mais bien du ravinement et du glissement des versants, des sapements des berges et de l'érosion des oueds en crue, lors des pluies abondantes qui saturent tout le paysage.

On ne peut donc faire l'économie de l'aménagement de toute la surface des bassins versants d'où proviennent les eaux des crues. Mais au lieu de concentrer les eaux superficielles excédentaires dans des canaux qui risquent de déborder lorsque les versants sont saturés et de créer des ravines aux exutoires, nous proposons d'étaler les eaux en nappes et de dissiper leur énergie sur la rugosité des sols, des haies vives et des talus enherbés (vieille méthode traditionnelle très répandue, mais à améliorer) (Roose, 1994).

Autre observation importante : la pente n'est pas le facteur essentiel du risque érosif. Malgré des versants très raides (10 à 45%), les risques d'érosion en nappe ont été très modestes. De plus, en région méditerranéenne, les pentes sont liées à la lithologie et au type de sol : les roches dures protègent souvent des pentes fortes et des sols résistants tandis que les roches tendres donnent des sols fragiles sur des pentes plus douces ; les pertes en terre peuvent donc être supérieures sur les pentes modérées. Les sols de montagne, étant souvent superficiels, sont mélangés à divers fragments de roches qui vont augmenter leur résistance à la battance des gouttes de pluies et au cisaillement du ruissellement. Vu la tendance de l'érosion dans les paysages jeunes à décaper les sols cultivés plutôt qu'à appauvrir les profils en particules fines, les horizons superficiels sont généralement riches en argiles saturées en calcium et caillouteux, donc peu érodibles. Enfin le bord des oueds et le bas des collines semblent souvent gravement attaqués par le ravinement remontant, le soutirage et les mouvements de masse. Il est donc révolu le temps des "conservationnistes" qui aménageaient des bassins versants de plusieurs milliers d'hectares avec une seule méthode (la banquette et ses variantes) sans se soucier du fonctionnement du versant, ni des techniques culturales, en s'appuyant sur le seul facteur topographique. Les structures de gestion des eaux de surfaces peuvent jouer un rôle utile, une fois qu'on a défini le système de production et les risques réels de ruissellement et d'érosion. La RTM reste indispensable pour reforester les terres incultes et protéger le réseau hydrographique, mais la GCES doit permettre d'aménager les versants au bénéfice des hommes qui y vivent.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arabi M., 1991. - Influence de 4 systèmes de production sur le ruissellement et l'érosion en milieu montagnard méditerranéen (Médeä, Algérie). Thèse Géog. Univ Grenoble, 272p
- Brahamia K., 1993. - Essai sur la dynamique actuelle dans la moyenne montagne méditerranéenne : bassin versant de l'oued Mina (zone de Taassalet), Algérie. Thèse Géographie, Université de Grenoble, France, 241 p.
- Chebbani R., Mededjel N., Belaidi S., 1995. - Application de la GCES dans la région de Tlemcen, Algérie. Bull. Réseau Erosion 15 : 489-497.
- Delhoume J. P., 1981. - Etudes en milieu méditerranéen semi-aride. Ruissellement et érosion en zone montagneuse de Tunisie Centrale (Djebel Semmama: 1975-79) ORSTOM, Tunis, 187p.
- Demmak A., 1982. - Recherche d'une relation empirique entre les apports solides et les paramètres physico-climatiques des bassins : cas algérien. In AISH. n° 144 : 403-414.

- Heusch B. 1986. - Cinquante ans de banquettes de DRS en Afrique du Nord : un bilan. Cah. ORSTOM Pédol., 22, 2 : 153-162.
- Kouidri R., Arabi M., Roose E., 1989. - Premiers résultats de quantification du ruissellement et de l'érosion en nappe sur jachère en Algérie. Bull. Réseau Erosion 9 : 33-38.
- Lefay O., 1986. - Etude de l'efficacité des travaux de DRS en Algérie. Mémoire Stage CNEARC/ORSTOM/INRF, 50 p.+ annexes.
- Mazour M., 1992. - Les facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant de l'oued Isser : Tlemcen, Algérie. Bull. Réseau Erosion 12 : 300- 313.
- Morsli M., 1995. - Les sols de montagne et leur susceptibilité à l'érosion. Cas des Monts de Beni-Chougrane. Thèse de magistère à l'INA, Alger, 170 p.
- Roose E., 1987. - Evolution des stratégies de lutte antiérosive. Nouvelle démarche proposée en Algérie : la GCES. Bull. Réseau Erosion, 7 : 91-96.
- Roose E., 1991. - Conservation des sols en zones méditerranéennes : synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie. Cah. ORSTOM Pédol., 26, 2 : 145-181.
- Roose E., Arabi M., Brahamia K., Chebbani R., Mazour M., Morsli B., 1993. Erosion en nappe et ruissellement en montagne algérienne. Cah. ORSTOM Pédol. 28, 2 : 289-308.
- Roose E., 1994. - Introduction à la GCES". Bull. Pédologique FAO, Rome n° 70 : 420 p.



La GCES s'applique aussi à la correction des ravines

**Ravine expérimentale de Souagi aménagée par l'INRF
devenue une " oasis linéaire "**

(photo Bourouga en mai 1996, six années plus tard)