

La lutte contre l'érosion en Algérie: De la défense et restauration des sols (DRS) à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)

M ARABI¹

(Reçu le 06/04/2021; Accepté le 28/07/2021)

Résumé

Pour lutter contre l'érosion, l'Administration forestière algérienne a généralisé, à partir des années 1940, sur 387.833 ha de terre considérée comme sensibles à l'érosion une stratégie d'équipement rural de défense et restauration des sols (DRS). Les résultats obtenus en 40 années n'ont pas été à la hauteur des attentes de la société. C'est pour cela qu'en 1986 une nouvelle stratégie appelée «la gestion conservatoire de l'eau de la biomasse et de la fertilité des sols» (GCES) a été testée en milieu montagnard. L'objectif est de générer une croissance agricole durable dans les systèmes de production par une bonne utilisation des eaux, du couvert végétal et des sols sans dégrader l'environnement. Les premiers essais ont été concluants. L'auteur s'appuie sur l'enquête de la DRS (1942-1980) et sur les résultats de la GCES (1986-1992) pour retracer le parcours de la lutte contre l'érosion en Algérie.

Mots clés: Algérie, Déforestation, Érosion, Banquettes DRS, Stratégie GCES, Agriculture durable

Control of soil erosion in Algeria: From soil defence and restoration (DRS) to sustainable management of water, biomass and soil fertility (GCES)

Abstract

To control soil erosion, the Algerian Forestry Administration generalized, from the 1940s, on 387.833 ha of land, considered susceptible to erosion, a strategy concerning the rural hydraulic equipment called «Soil defence and restoration» (DRS in French). Despite 40 years of DRS, results have not been up to the expectations of society. That is why in 1985 a new strategy called «Land husbandry» (GCES in French) was tested in a mountain environment. The objective is to generate sustainable growth in agricultural production systems by efficient use of water, vegetation and soil without degrading the environment. The first tests were successful. The author relies on investigation of the DRS (1942-1980) and on results of GCES (1985-1992) for to retrace the course of the erosion control in Algeria.

Keywords: Algeria, Deforestation, Erosion, DRS benches, GCES strategy, Sustainable agriculture

INTRODUCTION

Dans un contexte naturel contraignant, aggravé par la trop forte occupation des montagnes, la déforestation, le surpâturage et l'exploitation excessive des sols sur de fortes pentes ont accru inexorablement le régime des oueds provoquant des dommages importants aux biens et aux personnes. La récurrence de l'érosion torrentielle et l'ampleur des dégâts occasionnés en aval ont amené les Pouvoirs publics à l'adoption en 1941 d'une stratégie de lutte contre l'érosion basée sur les principes de la Défense et restauration des sols (DRS) (Saccardy, 1949; Monjauze, 1962; Putot, 1962; Gréco, 1966). En 40 années, les programmes de DRS ne sont pas parvenus à freiner l'envasement des barrages en aval ni à créer des conditions techniques, écologiques et économiques favorables à un progrès général de l'agriculture de montagne.

Les résultats peu concluants et le coût élevé des ouvrages ont donc conduit les Pouvoirs publics à ajourner les programmes de DRS pour y voir plus clair (Heusch, 1986). Avant de poursuivre ou de modifier ces programmes, il est apparu nécessaire d'entreprendre des recherches pour mieux cerner l'évolution du processus érosif et évaluer les actions antiérosives dans les zones de montagnes. Ces recherches, entreprises en 1985 dans le cadre d'un programme de coopération entre l'Institut national algérien de recherche forestière (INRF) et l'Institut français de recherche pour le développement (IRD) ont abouti entre autres à la réalisation:

- D'une enquête nationale sur le bilan de 40 années de travaux de DRS en Algérie afin d'analyser sérieusement les causes et les facteurs de réussite et d'échecs des aménagements en vue de tirer les enseignements pour l'avenir;

- D'une expérimentation portant sur de nouvelles méthodes de gestion de l'eau et des terres mieux adaptées aux conditions écologiques et répondant aux besoins des populations rurales: la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). L'objectif de cette stratégie est de générer une croissance agricole durable dans les systèmes de production par une bonne utilisation des eaux, du couvert végétal et des sols sans dégrader l'environnement.

Nous nous appuyons ici sur les résultats du bilan de l'enquête sur la DRS (Hamoudi *et al.*, 1989; Arabi *et al.*, 1998; Arabi *et al.*, 2004) et sur les résultats de la GCES (Kouidri *et al.*, 1987; Arabi *et al.*, 1989; Arabi, 1991; Arabi *et al.*, 1992; Roose *et al.*, 1993; Roose, 1994; Roose *et al.*, 2012; Arabi *et al.*, 2017) pour retracer le parcours de la lutte contre l'érosion en Algérie.

LES ORIGINES DE LA CRISE ÉROSIVE

En Algérie, l'utilisation des sols remonte à des temps lointains sans que l'équilibre du milieu en soit perturbé (Van Gennep, 1911; Bayle des Hermens, 1964). Quelques repères historiques permettent de confirmer la parfaite harmonie qui existait entre les sociétés anciennes et leur environnement. Dans les monts de Beni Chougrane en Oranie, les paysans de la Kalaa avaient su maintenir durablement leur agriculture vivrière et conserver pendant 9 siècles les sols en aménageant, leurs cultures et plantations en terrasses (Pouquet, 1952). Certains vestiges de terrasses en escalier datant de l'ère romaine sont encore repérables sur la façade maritime de l'Atlas tellien en Kabylie; celles-ci avaient assuré l'équilibre entre l'exploitation des sols et les ressources naturelles (Arabi, 2004). En milieux aride et désertique, pour s'adapter à l'hostilité du milieu,

¹ Station INRF de Médéa Ain Dheb, Algérie

les hommes ont pratiqué des cultures itinérantes dans les bas-fonds et sur les terrasses alluviales où l'humidité est encore disponible. Après défrichage, ils ont exploité la fertilité naturelle présente dans les alluvions apportées par les orages où ils ont cultivé des cultures et abandonné la terre dès que le sol s'est appauvri en éléments nutritifs. De même, les Touaregs du Hagggar et Tassili N'Ajjer, à travers le raffermissement des liens qu'ils établissent avec la nature, pratiquent à nos jours «l'adgal» qui consiste à fermer et à ouvrir des zones précises de pâturage selon un calendrier concerté entre les chefs des tribus et qui dépendra de la maturité et du cycle biologique de la végétation, de la sécheresse de l'année... (Arabi, 2016). D'autres techniques traditionnelles développées à partir du X^e siècle, visibles encore de nos jours, ont été conçues, soit pour freiner le décapage des sols (terrasses de niveau, jessours), soit pour récolter l'eau lors de périodes de forte sécheresse (tabias, meskats, seguia) (Solignac, 1953; Despois, 1956; Bonvalot, 1979). Le savant Andalou Ibn El Awam recommandait l'emploi de fascines clayonnées et cordons de pierres en courbes de niveau pour retenir la terre mais déconseillait la culture sur les terres pentues (Heusch, 1982). Bien avant la colonisation française en 1830, les pèlerins maghrébins de retour de la Mecque avaient fait état de forêts au feuillage dense qui obscurcit leur passage de jour. En colonisant l'Algérie, les missionnaires militaires français avaient découvert l'étendue et la compacité des forêts algériennes qu'ils avaient qualifiées dans leurs rapports de «forêts hostiles, inaccessibles et peuplées d'animaux sauvages» (Peyerrimhoff, 1905; Boudy, 1955).

Les savantes techniques prouvent non seulement le savoir-faire local des paysans de l'époque mais révèlent aussi leur souci de préserver la stabilité des écosystèmes. Il en résulte que les sociétés locales ont su s'imposer un code de conduite de gestion du milieu: interdiction de déboiser les terrains fragiles, emploi de techniques de fixation des sols, contrôle du pâturage, maîtrise des écoulements, etc. Dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle l'augmentation de la population rurale a entraîné une crise de la gestion du milieu qui s'est traduite par la destruction de forêts. Cette situation avait coïncidé justement avec l'arrivée en grand nombre de colons venus de France autour des années 1865-1870 sur les plaines fertiles et paradoxalement, l'afflux massif d'algériens vers les montagnes, chassés de chez eux par les colons qui ont confisqué leurs terres. Elle s'est intensifiée durant la lutte de libération nationale entre 1954 et 1962 (Sari, 1977). Plus de 7 millions d'hectares parmi les terres les plus fertiles ont été confisqués par les colons (Prebensen, 2000). L'entassement de la population dans des montagnes extrêmement fragiles (roches tendres de

schistes, marnes et argiles, pentes abruptes, pluies brutales, paysages sensibles à l'érosion) et surexploitées (défrichage, surpâturages, mise en culture...) a donc provoqué la rupture de l'équilibre établi entre l'homme et son milieu. Il s'en est suivi le déclenchement de processus érosifs importants. L'accélération de l'érosion a eu un impact socio-économique négatif: de graves inondations dans les villes, ensablement portuaire, envasement rapide de barrages. La crise érosive a atteint son paroxysme après les inondations catastrophiques de la décennie 1927-1940 où des pointes de crues de 1500 m³/s furent observées dans de nombreux oueds (Benchetrit, 1972). L'opinion publique, surprise par le dérèglement du régime hydrographique, prit brusquement conscience des méfaits de la déforestation des massifs montagneux et exerça une forte pression sur les Pouvoirs publics pour les contraindre à lutter contre l'érosion par l'adoption d'une politique de protection du milieu.

LA DÉFENSE ET RESTAURATION DES SOLS (DRS)

Une nouvelle stratégie

Une première enquête lancée en 1884 révèle l'immensité de la tâche: 3 500 000 ha de forêts détruites à reconstituer et 4 000 000 ha de travaux neufs en reboisement à réaliser sur les terres dégradées (Gréco, 1966). Devant des besoins en protection énormes, deux options sont envisagées à l'époque. La première, comme en France, consiste à restaurer les terrains dégradés en montagne par le reboisement et la correction des torrents, en référence à la loi sur la restauration des terrains en montagne (RTM) de 1882. Ce modèle qui existait en France était la seule référence accessible à l'époque. Il a fortement influencé les stratégies de lutte contre l'érosion dans les zones semi-arides en se basant exclusivement sur des approches techniques et en négligeant l'importance du contexte politique et socio-économique. En ignorant les facteurs économiques et sociaux, celui-ci n'a pu tenir compte des options et variantes possibles pour les agriculteurs. La RTM qui a donc démarré en 1885 se heurta au surpeuplement des massifs et à l'impossibilité de recaser ailleurs les familles expropriées (Saccardy, 1949). Malgré l'intérêt que suscitent ces travaux pour la protection du milieu, «l'option» RTM a montré ses limites. L'échec est patent. Sur les 110000 ha initialement prévus, à peine 13 200 ha avaient été reboisés (Benchetrit, 1972).

Devant la trop forte occupation des montagnes, les services forestiers ont dû abandonner l'option RTM, mal acceptée par la population locale, pour se consacrer aux méthodes du «Soil conservation service» (SCS) de l'USDA «la conservation des eaux et sols» (CES) et en particulier à la

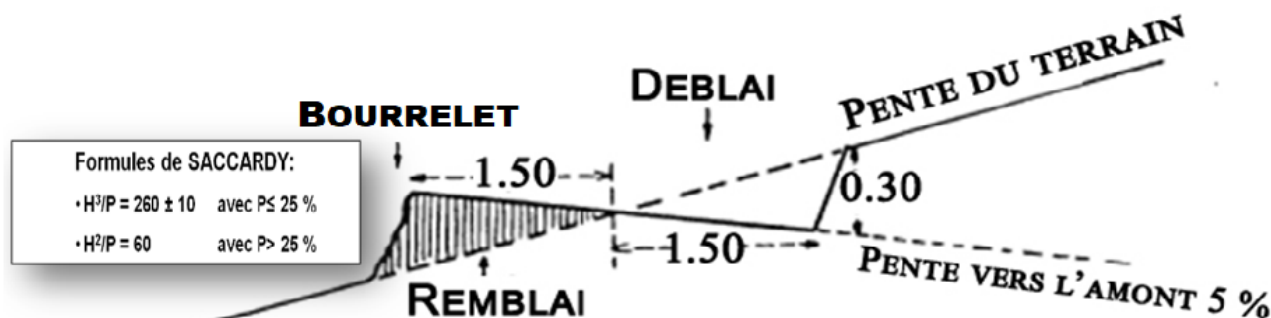


Figure 1: Banquette de diversion de Saccardy (1950)

banquette de Nichols et Mangum en vogue à partir de 1930 (Benchetrit, 1972; Sari, 1977). Les assurances fournies par Lowdermic, alors chef de service des recherches du SCS-USDA, en tournée en Algérie de 1939 à 1945 et l'établissement d'un modèle empirique servant à calculer l'espacement entre les «banquettes» en fonction de la pente, par Saccardy en 1950 (voir encadré), ont conforté l'émergence d'une nouvelle stratégie baptisée «défense et restauration des sols» (DRS). Les banquettes sont conçues en réseaux cohérents avec des fossés dont les caractéristiques varient en fonction des conditions du milieu, pour intercepter le ruissellement émanant de l'espace inter ouvrage (Saccardy, 1950; Greco, 1966). Dans les conditions arides, l'ouvrage joue alors le rôle de régulateur des débits pour accroître la rétention en eau des sols, recharger les nappes et éventuellement réduire les débits de pointe dans les oueds lors des averses orageuses (Figure 1). Ces arguments sont à la base de l'implantation massive de la banquette d'infiltration dans les contrées peu arrosées (80% des surfaces aménagées, Arabi *et al.*, 2004).

L'organisation territoriale

L'organisation administrative de la DRS a été reproduite sur le modèle américain de la CES. Un service de DRS est créé en 1942 et déployé sur tout le nord du pays. Même si ce service a dû subir de nombreuses mutations après l'indépendance, ses missions n'ont globalement pas changé: l'inventaire, la planification et la réalisation des travaux.

Son premier rôle est de répertorier les zones menacées. Les zones à défendre sont ensuite classées en fonction des enjeux économiques: villes à proximité des oueds menacées par les inondations, barrages dont l'envasement hypothèque le développement de l'agriculture irriguée, ports avec risque d'ensablement, vallées cultivées... Ces critères de menace ont servi à planifier les travaux nécessaires dans les périmètres DRS. Les projets sont ensuite élaborés et exécutés par le corps technique forestier, la main d'œuvre est recrutée sur place. En dehors des terres domaniales, les travaux sont réalisés sur les terres expropriées dont la main d'œuvre est constituée par les propriétaires terriens, payés par les forestiers (Benchetrit, 1972).

Les réalisations

Entre 1942 et 1977, l'effort a porté surtout sur la revégétalisation de l'amont des bassins-versants, la stabilisation des ravines, la restauration de la productivité des terres et la protection des barrages de l'envasement. L'enquête sur la DRS en Algérie a identifié 10 types de techniques, que nous avons classés selon la lithologie et la pente au tableau 1, couvrant une surface de 387.833 hectares, dans 30 Wilayate dans le nord de l'Algérie (Arabi *et al.*, 2004).

Ce volume de travaux paraît dérisoire compte tenu des prévisions déjà arrêtées qui portaient sur le traitement de 5 millions d'ha dont 2 millions en extrême urgence (Benchetrit, 1972). Parmi les ouvrages réalisés, les banquettes d'infiltration et de diversion (seules ou associées à

Tableau 1: Distribution des surfaces aménagées en fonction de la lithologie et de la pente (en % de la surface totale des aménagement réalisées) (Arabi *et al.*, 2004)

Types d'aménagement	Superficie		Lithologie: Roches (%)			Pentes (%)			
	Ha	%	Résistantes	Moyennement résistantes	Peu résistantes	3-12	12-25	25-40	> 40
Bq Infiltration	171 436	44,2	19,1	43,7	32,1	52,3	29,2	12,5	3,6
Bq Diversion	40 434	10,4	14,5	52,8	28,1	26,2	46,5	16,2	9,32
G.Forestiers	12 907	3,33	42,2	29,7	24,9	0	12,1	25,2	61,3
Ter. et Murettes	20 406	5,26	40,2	39,4	18,1	37,4	34,3	15,4	12
Gd Amgt M.	67 530	17,4	8,12	59,8	29,2	26,1	38,6	30,1	0
Végétalisation	21 645	5,58	58,8	27,8	12,0	14,7	40,1	37,1	6,21
Ret. Collinaires	4 120	1,06	6,24	15,6	76,6	11,5	25,7	54,4	1,62
C. Torrentiel	21 322	5,50	3,21	26,3	65,2	21,3	35,9	32,7	8,6
L. Manjauze	14 533	3,75	1,53	81,1	15,2	72,3	14,6	8,72	0
Amgt Foncière	13 500	3,48	3,41	18,7	76,2	13,2	82,3	3,25	0
Total	387 833	100							

Bq = banquette; *G* = gradins; *Ter* = terrasses; *Gd Amgt M* = grand aménagement mixte; *Ret* = retenues; *C* = correction; *L* = levée de terre *amgt* = aménagement.

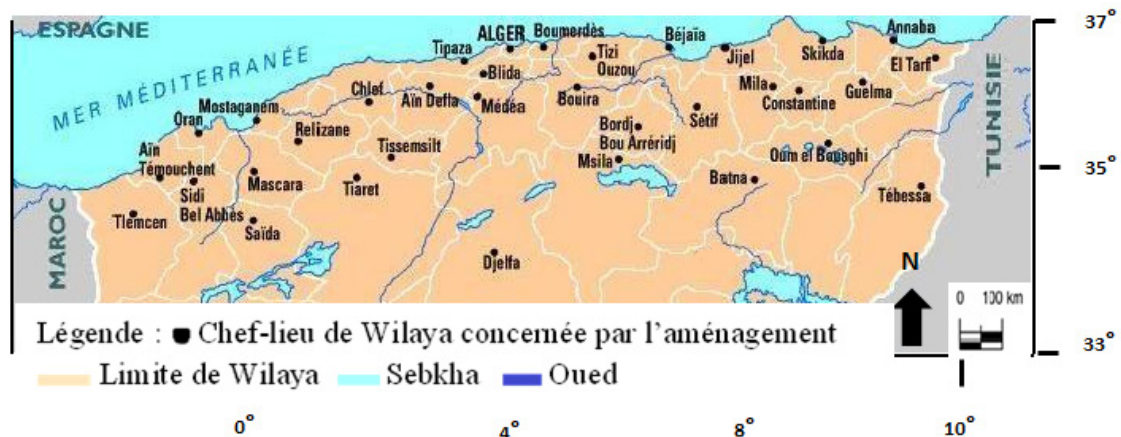


Figure 2: Extrait de la carte de situation des Wilayate concernées par l'enquête DRS, année 1985

d'autres ouvrages), qui constituent l'ossature de la DRS, totalisent 80 % des surfaces aménagées (Arabi *et al.*, 1998; Heusch, 1986; Arabi *et al.*, 2014). L'implantation des aménagements dans les différentes régions du pays (figure 2) obéit à des considérations à la fois stratégiques et économiques (Hedad, 1997). En effet, les aménagements se sont développés surtout dans la région N-Ouest (50 %) et Centre (28 %) contre seulement 22 % au N-Est, avec pour objectif principal, la protection des barrages-réservoirs qui irriguent les plaines de la Mitidja, le couloir du Chélif et les plaines oranaises. L'agriculture et l'aménagement des terres de montagnes n'ont guère retenu l'attention, une part considérable des efforts étant alors axée sur les plaines et hauts plateaux plus productifs, grâce à la meilleure qualité de leurs sols, à une pluviosité plus forte et à des possibilités d'irrigation. Même après l'indépendance, la préférence était accordée aux grandes exploitations de l'État (dans les fermes autogérées) plutôt qu'aux petites exploitations situées en altitude (Kadik, 1978).

Il y a eu deux fois plus d'aménagements étalés sur marnes et argiles, roches peu résistantes à l'action conjuguée des pluies et du ruissellement (ravinement), que sur grès et calcaires, roches plus résistantes. On y rencontre surtout des banquettes et les grands aménagements mixtes associés à la correction torrentielle et aux retenues collinaires. Par contre, les reboisements se sont développés sur les sommets de versants où dominent les grès et calcaires, plus stables. Deux tiers des ouvrages mécaniques sont concentrés essentiellement sur deux classes de pentes: 3-12 % et 13-25 %. La reforestation couvrent 11 870 ha sur la classe de pente 3-25 % alors que sur les pentes abruptes (>40 %) elle ne dépasse pas 350 ha. A noter que depuis le lancement du programme de rénovation rurale, l'introduction de l'arboriculture implantée sur banquettes s'est sensiblement accrue. La nécessité d'aménager répond à deux enjeux majeurs. Un impératif de sécurité lié à la protection des infrastructures hydro-agricoles contre l'érosion, pour répondre à la demande sans cesse croissante en eau des grandes agglomérations. L'accroissement de l'infiltration, pour intensifier l'agriculture des plaines et améliorer l'agriculture en milieu semi-aride, est le second impératif (Arabi *et al.*, 2004).

Une nouvelle doctrine: les zones d'organisation rurales (ZOR)

A partir de 1960, un effort important a été fait pour développer une nouvelle doctrine, celle du renouveau rural (ZOR) (Monjauze, 1962). Désormais les réseaux de banquettes sont intégrés dans le contexte socio-économique rural. Les enseignements tirés des premières expériences ont conduit à l'élaboration d'un programme global en faveur des agriculteurs. Il s'agit de créer un système agricole fondé sur le principe de la rentabilité des cultures (intérêts des agriculteurs), tout en préservant l'environnement (intérêts collectifs). La prépondérance de l'action agronomique sur la protection se manifeste par des actions de mise en valeur dans les steppes, la résorption de la jachère, la diversification des systèmes de production par l'introduction de plantes vivaces, arborescentes et frutescentes mieux adaptées aux conditions de l'environnement que celle de la céréaliculture extensive. Plus de 14 000 m linéaires de levées de terre hautes de 2 m et larges de 6 à 8 m d'embase quadrillent les paysages pour réduire l'impact du vent mais aussi pour freiner le

ruissellement dans les parcelles (Bourrelet de Monjauze). En milieu humide et subhumide, on rencontre surtout les banquettes de diversion (26 496 ha) et les retenues collinaires (44 digues stockant 20 à 100 000 m³) réalisées pour la plupart dans la région de Kabylie (Tizi Ouzou, Bejaia et Jijel). L'avènement de l'indépendance en 1962, n'ont pas permis la concrétisation de ce programme. Les terres furent aussitôt nationalisées et les fellahs sont devenus des salariés travaillant les terres de l'État (Arabi *et al.*, 2004).

L'impact socio-économique

Points positifs

- Pour faire face aux problèmes socio-économiques en milieu rural, les travaux ont été réalisés par l'emploi de la main d'œuvre locale, comme par exemple l'emploi des militaires démobilisés en juillet 1940 (Benchetrit, 1972) ou le traitement en banquettes des monts du Dahra par un personnel non qualifié pour lutter contre le chômage en milieu rural (Sari, 1977);
- Les ouvrages sont réalisés en courbes de niveau pour dissiper l'énergie du ruissellement. Mais là, il faut signaler que les travaux effectués en courbes de niveau sur marnes ou argiles, roches glissantes, peuvent avoir un effet contraire, en provoquant des mouvements de terrains et ravinement (Aubert, 1986);
- Dans les zones steppiques où il pleut moins de 400 mm de pluie par an, des opérations d'amélioration foncière par le rootage furent entreprises pour briser la croûte calcaire sur un mètre de profondeur afin de faciliter la pénétration des racines des plantes et d'accroître la réserve hydrique du sol (Monjauze, 1966);
- Dans les ZOR, les nouveaux programmes de plantation fruitière sont protégés par des rideaux de brise-vents qui quadrillent les jeunes vergers (Monjauze, 1966);
- L'usage de l'irrigation à partir des retenues collinaires a contribué au développement d'une agriculture de montagne et à l'intensification des cultures.

Points négatifs (Arabi *et al.*, 2004)

- Les expropriations de terres agricoles ont accéléré un exode rural déjà fort depuis le déclenchement de la lutte armée (guerre d'Algérie);
- Les travaux d'équipement rural n'ont pas accompagné les paysans dans le développement et l'épanouissement des sociétés rurales;
- L'état de dégradation des banquettes est important sur marnes et argiles, roches peu résistantes à l'action conjuguée des pluies et du ruissellement. Les plus touchées sont les banquettes d'infiltration sur terres agricoles, détruites ou effacées volontairement par des labours successifs à partir de 13 % de pentes (photo 1, réseau de banquettes dans le bassin versant de Sidi M'hamed Benaouda, 1988, Relizane-Algérie).
- La lutte contre l'érosion dans les bassins versants a été perçue comme un problème purement technique: d'où la diffusion généralisée des ouvrages mécaniques sur de vastes surfaces sans pour autant associer les paysans à leur prise en charge ni à leur entretien;
- Le coût des aménagements est impressionnant: par exemple, l'aménagement d'un hectare de banquettes coûtait entre 13000 à 22000 DA en 2003 (1 US \$ = 70 dinars algériens);

- Le rejet massif des ouvrages que les paysans refusent d'entretenir car ils consomment 5 à 15 % de la SAU sans pour autant améliorer les rendements des cultures;
- L'effort de la recherche insuffisant. La banquette n'a pas fait l'objet de recherche d'adaptation locale mais a souvent été utilisée en dehors de son domaine de validité. Les mesures de conservation mises au point pour le Midwest des États-Unis ont été introduites sans être préalablement adaptées aux conditions locales. C'est ainsi que la principale technique appliquée pour traiter les bassins versants en banquettes selon les courbes de niveau, a fréquemment contribué à aggraver l'érosion et non à la réduire. En effet à la fin du printemps, les pluies excédentaires qui tombent sur des sols déjà saturés empêchent l'écoulement normal des eaux en surface, ce qui entraîne leur concentration dans la partie basse des ouvrages. Il en résulte parfois une rupture des banquettes et une érosion par ravinement;
- L'intervention des pouvoirs publics dans les bassins versants montagneux était généralement limitée à des opérations de plantation forestière et de préservation de la structure des sols dont l'approche «du sommet à la base» avait un caractère nettement sectoriel. Les équipes des conservations forestières continuent à recevoir une formation de type classique de forestiers ou d'ingénieurs en CES. En outre et à de rares exceptions près, les services agricoles départementaux s'occupant de l'amélioration de la production végétale et animale n'interviennent guère dans les zones montagneuses.

Cette première enquête représente un inventaire des différents aménagements, réalisé en milieu rural, et un

premier jugement global sur la situation de la DRS par l'Administration forestière, en charge de la lutte contre l'érosion en Algérie. Elle devrait être consolidée par des études scientifiques et objectives, sur un échantillon suffisant d'aménagements, permettant la recherche de relations entre l'efficacité des divers ouvrages, leur réalisation et leur milieu environnant. La dégradation de la sécurité à partir de 1990 a empêché l'achèvement de cette phase scientifique.

LA GESTION CONSERVATOIRE DE L'EAU, DE LA BIOMASSE ET DE LA FERTILITÉ DES SOLS (GCES)

Le concept de la GCES

Face à l'échec des stratégies d'équipement rural qui n'ont pas pu freiner la dégradation des terres, la GCES vise le développement agricole à travers une bonne utilisation des eaux et des sols pour développer le potentiel de fertilité et de production du terroir et de réduire les problèmes d'érosion et le transport solide en aval. Cette stratégie s'appuie sur l'agriculteur, en sa qualité d'opérateur principal du développement agricole de ses terres et le protecteur de l'environnement, intégré dans un plan d'ensemble d'utilisation et d'aménagement des terres (Roose, 1994). La démarche proposée comprend une série d'opérations:

- Des enquêtes et dialogues approfondis entre paysans, chercheurs, et services techniques;
- La mise au point et l'adaptation, chez les paysans, de techniques simples et peu coûteuses qui puissent être adoptées par le plus grand nombre possible d'exploitants agricoles;



Photo 1: Développement du ravinement suite à l'installation d'un réseau de banquettes de diversion sur terrain marno-calcaire dans le bassin versant de Sidi Mhamed Benaouda dans la Wilaya de Relizane (Algérie). © INRF/ M. Arabi

- L'identification de modèles d'organisation communautaire et de dévolution de l'autorité qui aboutiraient à un aménagement des terres et un contrôle de l'utilisation des ressources naturelles par les populations locales, qui soient à la fois efficace et durable;
- Un plan d'aménagement global conçu avec l'accord préalable des paysans gestionnaires des terres;
- La promotion de systèmes efficaces de planification de l'utilisation des terres à l'échelon local;
- La mise au point de techniques peu coûteuses de stabilisation de l'érosion linéaire et en masse sur les champs des agriculteurs que les Pouvoirs publics doivent traiter;
- L'identification des mesures qui encourageraient une participation active des particuliers et des collectivités aux pratiques améliorées et des campagnes de sensibilisation pour responsabiliser les paysans sur l'amélioration de l'environnement.

La stratégie GCES a été développée d'abord entre 1985 et 1994 en moyenne montagne méditerranéenne subhumide à semi-aride. Un réseau de mesure de ruissellement et d'érosion (53 parcelles d'érosion de 100 à 3000 m²) a été installé dans le nord de l'Algérie sur l'Atlas tellien (régions de Médéa, Relizane, Mascara et Tlemcen) et un peu plus tard dans la steppe algéroise de Boughezoul (projet PNR; Arabi *et al.*, 2017). Ces parcelles (photo 2), construites dans les champs des agriculteurs, reflètent la variabilité des agro-systèmes, agro-pastoral, vergers, vignes, et sylvo-pastoral et du milieu, sols rouges fersiallitiques, sols bruns calcaires, vertisols gris, lithosols sur les pentes raides (12-40 %), entre 300-650 mm de pluies selon les années et les sites.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 2 donne le résultat des données moyennes (1986-1992) obtenues sur l'érosion, le ruissellement, les rendements et les revenus dans les parcelles de Médéa (Arabi *et al.*, 1989; Arabi, 1991; Roose *et al.*, 1993, Roose *et al.*, 2017; Arabi *et al.*, 2017).

L'érosion et le ruissellement

L'érosion mesurée sur les pentes est en dessous du seuil de tolérance (moins 12t/ha/an). Ainsi, l'érosion en nappe contribue peu au transport des sédiments. La faiblesse de l'érosion s'explique en partie par la modestie de la pluviosité, mais surtout par la remarquable résistance des sols à l'érosion en nappe ($K_{USLE} = 0,002$ à $0,02$) en raison de la richesse des sols en cailloux (20 %) et en argile saturée en calcium (pH 7 à 8). Le ruissellement provoqué par les pluies d'automne, parfois intense, est limité: l'eau est rapidement absorbée par le sol sec. Par contre les pluies printanières moins intenses, tombant sur des sols saturés et détrompés, nus ou encroûtés, peuvent produire 30 à 85 % de ruissellement. La limite de déclenchement du ruissellement varie de 20 mm sur sol sec, à 3 mm sur sol humide et battant. Elle dépend à la fois de la hauteur et de l'intensité de la pluie, de l'humectation du sol (fermeture des fissures), de l'état de surface du sol (croûte de battance) et du couvert végétal (Arabi *et al.*, 1989). L'enlèvement de la végétation naturelle, même lorsqu'on lui substitue des plantations «forestières», laisse la plus grande partie du sol nu qui est incapable d'absorber d'importantes quantités de pluie et de ce fait, forme souvent une croûte de surface par

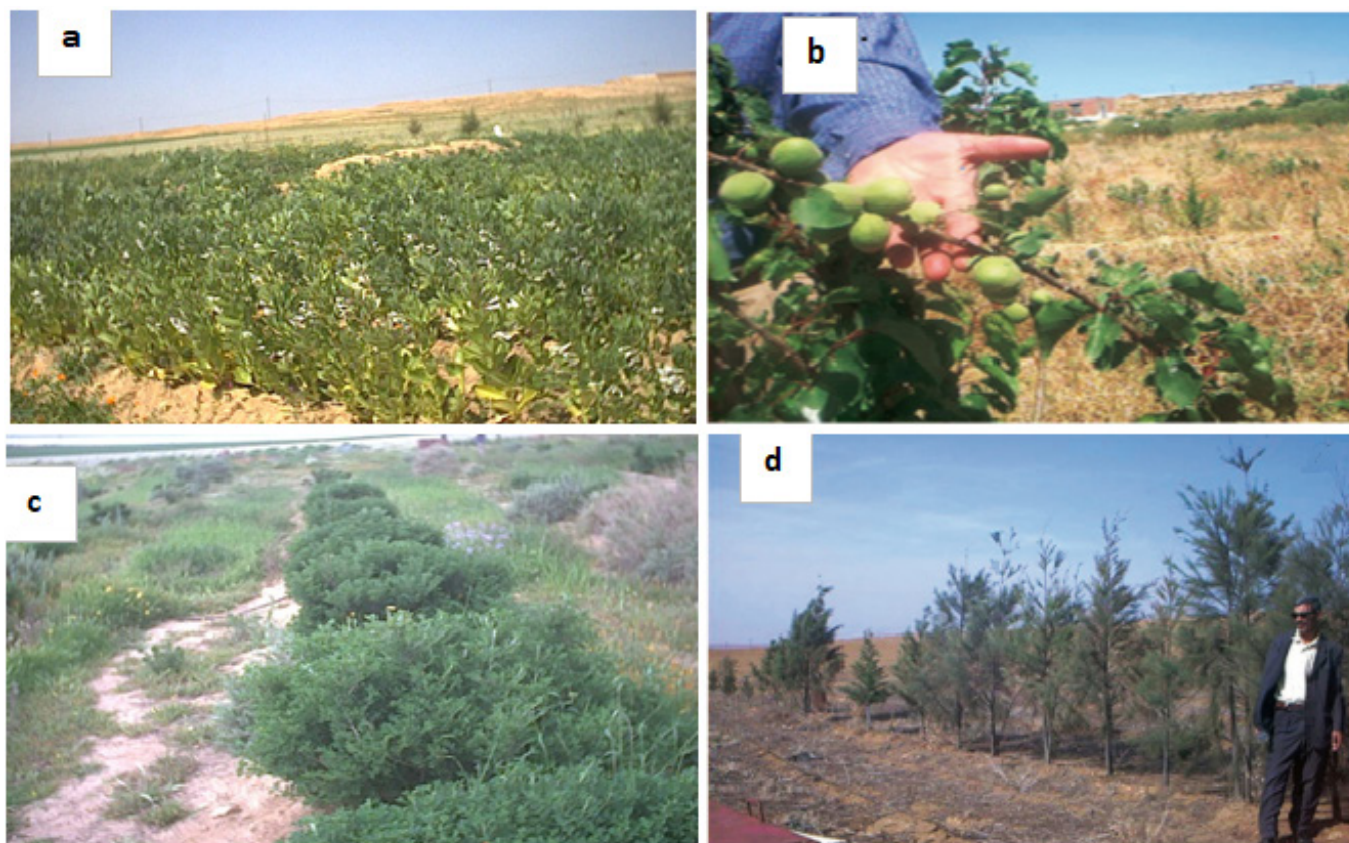


Photo 2 (a à d): Elles indiquent que l'aménagement des parcelles (grâce à la forte densité des plantes, les engrais, les rotations avec des légumineuses, la culture d'hiver entre les arbres fruitiers) a réduit modérément le ruissellement et l'érosion au champ, mais il a augmenté significativement les rendements des cultures et revenus des paysans. Cette stratégie de protection de l'environnement montagnard par l'intensification de la production est beaucoup mieux acceptée que les ouvrages de DRS. Station Expérimentale de Médéa, Nord-Algérie. © INRF/M. Arabi

compaction. Les forts ruissellements ne se déclenchent que si toutes ces conditions sont réunies, c'est à dire généralement entre décembre et mars, même si les intensités ne sont pas très élevées (Roose *et al.*, 1993). Cela entraîne deux effets, une réduction de l'humidité du sol nécessaire à la production végétale mais aussi un ruissellement des eaux et leur concentration accélérée dans des ravins et ravines. Les taux de ruissellement élevés (KR_{max}) et la rapidité avec laquelle de nombreux petits ruisseaux se déversent dans les cours d'eau plus importants ont pour effet de fortes crues très érosives qui creusent les ravins et sapent les berges des rivières. Il en résulte chaque année milliers de tonnes de sédiments dans les barrages (Demmak, 1982; Harket *et al.*, 2012).

La dégradation des sols entraîne à la fois une réduction de leur capacité de rétention de l'eau et une perte de fertilité. En cas d'aménagement déficient des terres, surtout lorsqu'elles restent exposées sans apports supplémentaires de matières organiques, celles-ci se minéralisent, d'où un appauvrissement des sols, une diminution de leur action protectrice biologique, de leur porosité et de leur capacité d'infiltration (Arabi, 1991; Roose *et al.*, 2017).

La théorie des banquettes de Saccardy (1950) pour laquelle la fréquence des terrasses doit augmenter avec l'inclinaison de la pente doit être revue. Certains chercheurs (Heusch, 1970 ; Roose, 1993) ont déjà démontré que la position du champ dans la toposéquence est parfois plus importante que la pente elle-même. Mais comme la plupart des parcelles, les pentes varient en même temps que les sols, il est difficile d'évaluer son incidence.

Sur les parcelles de Bougezoul, les résultats obtenus de 2000 à 2004 mettent en évidence l'efficacité remarquable des pratiques culturales, biologiques et des cordons empierreés isohypses simples, sur la réduction du ruissellement et de l'érosion. Les cordons empierreés sont efficaces pour des averses inférieures au seuil de 50 mm. Les pertes en terres accumulées derrière les cordons sont peu importantes (7 à 10 cm). Les apports en matières organiques, par transfert de fertilité de l'amont vers l'aval, modifient positivement l'état de surface du sol (Arabi *et al.*, 2017).

Influence de l'amélioration des systèmes culturaux

Les résultats de près de deux décennies de mesures ont montré que l'amélioration du couvert végétal (densité, fertilisation, rotation avec des légumineuses, cultures intercalaires sous les abricotiers et amandiers) a réduit sensiblement les risques d'érosion et de ruissellement (Arabi *et al.*, 1989). Outre la réduction de l'érosion et du ruissellement, l'amélioration la plus significative concerne la productivité des agrosystèmes (photo 2 de a à d, projet PNR/CRSTRA 2001/2004). Les rendements des cultures ont été multipliés par 3 à 4 fois et les revenus provenant des cultures par 3 à 20 fois selon le système de production choisi. En même temps, la production de paille, de feuilles de légumineuses et autres résidus de culture a augmenté significativement : cette biomasse supplémentaire peut à son tour améliorer la production animale ainsi que la disponibilité en fumier et compost, si nécessaire pour entretenir la fertilité du sol, la stabilité structurale, la capacité d'infiltration et la résistance à l'érosion (Arabi *et al.*, 2017).

Application de la GCES à l'aménagement des zones de montagnes semi-arides algériennes

Conditions pour une transition vers la GCES

Dans le présent contexte économique défavorable, il n'est guère surprenant que dans les hauts bassins versants, les paysans soient peu enclins à entreprendre de laborieuses mesures antiérosives, si ce n'est lorsqu'ils ont la certitude d'avantages tangibles et immédiats. A Bougezoul où les expérimentations ont repris en 2000, l'étude a démontré que sur une surface de la taille de la moyenne nationale en montagne (1 hectare), les changements apportés aux systèmes de cultures sont rentables et ont façonné les paysages (photo 3 e&f, projet PNR/CRSTRA). Les arbres fruitiers, notamment les abricotiers, amandiers et pommiers offrent des perspectives intéressantes à la place des pins et des eucalyptus. Ce sont des essences polyvalentes qui procurent des avantages économiques directs et présentent en outre une valeur écologique. S'il est évident que les arbres ne peuvent, à eux seuls, mettre un terme à l'érosion, ils n'en



Photos 3 (e&f): Situation de la parcelle de Bougezoul (Algérie) avant et après aménagement. Les changements apportés entre 2000-2004 ont radicalement façonné le paysage transformant un terrain nu en une oasis verdoyante. Station Expérimentale de Médéa, Nord-Algérie. © INRF/ M. Arabi

jouent pas moins un rôle déterminant dans l'établissement des systèmes d'exploitation agricole plus permanents et plus rentables. A cet égard, la contribution des arbres fourragers et des arbres fruitiers est importante du fait qu'ils favorisent l'intégration des cultures, de l'arboriculture et de l'élevage et l'établissement d'un couvert végétal plus permanent dans les parcelles agricoles. Les arbres ont également d'autres fonctions: création de haies et de brise-vent, constitution de taillis, etc.

Il importe toutefois de consentir un effort supplémentaire pour identifier des essences convenant particulièrement bien aux conditions écologiques spécifiques de ces régions et qui soient ultérieurement adaptables à d'autres régions du pays. D'une manière générale, d'autres solutions qui assureraient une diversification accrue doivent être testées, notamment celles qui font d'avantage appel aux cultures intercalaires sous verger ou vigne (Arabi *et al.*, 1989). Mais simultanément, il faut intensifier les cultures, ce qui permettrait aux exploitants de consacrer avantageusement plus de temps et d'intrants à des superficies cultivées plus réduites. La solution réside dans des systèmes culturaux plus intensifiés, une meilleure utilisation des matières organiques et des engrais, une préparation du sol améliorée, des pratiques culturales assurant une meilleure conservation des sols et de l'eau, et des techniques de collecte des eaux de ruissellement et de conservation des sols qui soient adaptées aux conditions locales (Arabi *et al.*, 2017).

Le passage à une stratégie de développement agricole est donc impératif si l'on veut reconstituer et revitaliser les zones rurales, développer une agriculture viable, réduire le taux d'envasement des barrages et permettre aux populations de rester dans les zones de montagnes. Une modification des systèmes de cultures est l'un des outils les plus efficaces dont on dispose pour l'intensification agricole et ce devrait être l'un des principaux enjeux des futures recherches agronomiques en Algérie. Dans le présent contexte, le terme «modification» revêt toute son importance; il est en effet essentiel de démontrer aux agriculteurs les plus démunis qu'il est possible sur le plan pratique et profitable sur le plan économique de passer des anciens aux nouveaux systèmes d'exploitation. Il est important de leur démontrer que les paquets technologiques mis en œuvre dans le cadre de ces recherches leur offrent plus d'avantages que les pratiques traditionnelles. Il faut aussi leur faire bien prendre toute la gamme des avantages et options actuels avant de pouvoir proposer des améliorations acceptables. En réussissant à accroître la productivité sur les superficies ainsi réduites con-

crées auparavant aux cultures céréalières extensives, on renforcerait l'agriculture dans son ensemble au plan de l'efficacité, de l'économie, et de l'environnement durable. Cette évolution exige que les agriculteurs consentent à s'orienter plus nettement vers une économie de marché qui favorise la recherche et le développement d'avantages écologiques et économiques comparatifs en zone de montagne. Les incitations à une modification des systèmes de productions en vue d'encourager la pratique des cultures pérennes en montagne sont en partie liées à la question des subventions. Malgré des réformes engagées par l'Etat en 1990, le poids des subventions reste élevé et constitue un sérieux handicap pour une réelle transition vers une économie libre (Arabi, 2017).

CONCLUSION

Bien qu'avec 40 années de DRS, les sols se dégradent toujours, les barrages s'envasent de plus en plus et les paysans rejettent cette stratégie qui n'a pas amélioré la situation agricole de leurs campagnes. La GCES veut tirer les leçons des insuffisances des expériences précédentes et considère la conservation des sols comme le résultat d'une amélioration continue des systèmes de production, par l'intensification et l'usage de pratiques antiérosives. L'originalité apportée est le lien étroitement établi à la parcelle entre eau, sol, fertilité et production dans un même système de production. Pour que la transition vers la GCES aboutisse, il est essentiel de démontrer qu'il est possible à la fois d'intensifier l'agriculture de montagne sans dégrader les sols ni mettre en péril la capacité de stockage des barrages. Ces quelques expérimentations mises en œuvre sur les parcelles de petites surfaces (100-200 m) et en grandeur nature, chez le paysan (1 hectare) ont montré que ces changements sont rentables pour les agriculteurs. En réussissant à accroître significativement la productivité sur de faibles superficies, la stratégie GCES a pu en effet renforcer l'agriculture dans son ensemble au plan de l'efficacité, de l'économie, et de l'environnement. Pour l'Algérie qui dispose d'une SAU très limitée (8 millions d'hectares) et une population qui double tous les 25 années, il est urgent d'opter pour un modèle de développement agricole durable. La dégradation de la sécurité en Algérie à partir de 1990 a empêché la poursuite de cette opération. Les recherches ont repris timidement. Même si les premiers essais semblent concluants, il convient de reprendre les recherches en tenant compte de la grande diversité des conditions physiques (substrat, sols, climat...), humaines (densité de la population, occupation de l'espace, contribution à rendre le système agraire moins

Tableau 2: Effet du système de culture amélioré sur le ruissellement (moyenne et max. en % des précipitations), l'érosion (t/ha/an) et sur le revenu net dans les parcelles de Médéa (1987-1994) (1 US \$ = 118 dinars en 1994)

Parcelles		KRAM %	KRMax %	Érosion t/ha/an	Revenus Da/ha
Agropastoral sur vertisol	Traditionnelle	2,1	16,0	0,189	2 504
	Améliorée	0,6	8,0	0,054	35 810
Sylvo-pastoral sur brun calcaire	Dégradée	12,0	25,0	1,740	-
	Reboisée	0,5	3,0	0,034	-
	Enherbée	0,8	7,0	0,020	-
Verger sur sol rouge fersiallitique	Traditionnelle	3,1	12,0	0,656	10 000
	Améliorée	0,6	9,0	0,088	42 187
Vigne sur brun calcaire colluvionnaire	Traditionnelle	1,5	8,3	0,114	34 333
	Améliorée	0,2	2,7	0,009	65 364

vulnérable, degré d'adoption des paquets technologies agricoles et des pratiques de gestion des eaux, des plantes et des sols) nature juridique des terrains, systèmes agricoles et politique (accompagnement favorable à une évolution des sociétés locales irréversibles, essai d'intégration dans une politique agricole régionale de développement rural...).

RÉFÉRENCES

- Arabi M., Roose E. (1989). Influence de quatre systèmes de production de moyenne montagne méditerranéenne algérienne. *Bull. Réseau Érosion*, 9 : 39 – 51.
- Arabi M. (1991). Influence de 4 systèmes de production sur le ruissellement et l'érosion en milieu montagnard méditerranéen. Thèse de doctorat, Grenoble, 276 p.
- Arabi M., Roose E. (1992). Water and soil fertility management (G.C.E.S.). A new strategy to fight erosion in Algerian mountains. *7th ISCO Conference of Sydney*, 27-30/9/92, 11 p.
- Arabi M., Asla T. (1998). Dégradation des banquettes dans le Massif Central de Kabylie – Algérie. *Bull. Réseau Érosion*, 18: 364 – 379.
- Arabi M., Kedaid O., Bourougaa L., Asla T., Roose E. (2004). Bilan de l'enquête sur la défense et restauration des sols (DRS) en Algérie. *Sécheresse*, 15: 87-95.
- Arabi M. (2017). Compte rendu de mission de Mourad Arabi dans les parcs culturels de l'Ahaggar et du Tassili N'ajjer du 7 au 19 août 2016. Projet Conservation de la biodiversité d'intérêt mondial et utilisation durable des services écosystémiques dans les parcs culturels en Algérie. DNP-PPCA, Ministère de la culture, 21 p.
- Arabi M., Bourougaa L., Kedaid O. (2017). Lutte antiérosive et intensification de l'agriculture en milieu steppique semi-aride (Boughezoul, Algérie). Chapitre d'ouvrage 47 In Roose E. Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens. Contribution à l'agroécologie. *Editions IRD*: 625-635 p.
- Arabi M. (2017). Revue des expériences et des meilleures pratiques dans les Aires protégées en Algérie, 15 p. Atelier d'illizi portant sur le cofinancement et gestion collaborative, Maison de la culture Athmane Bali, Mercredi et jeudi, 18 et 19 janvier 2017 (sous le haut patronage du PNUD/GÉF – PPCA).
- Aubert G. (1986). Réflexions sur l'utilisation de certains types de banquettes de «Défense et Restauration des Sols» en Algérie. *Cahiers ORSTOM*, série Pédologie, 22:147-152.
- Bayle des H. (de) (1964). Gisements préhistoriques inédits de la région de Tjaret (Algérie). In: *Bulletin de la Société préhistorique française. Études et travaux*, 61:452-463.
- Bencheitrit M. (1972). L'érosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie. Paris: PUF, 216 p.
- Boudy P. (1955). Économie forestière Nord Africaine, Tome IV; *Ed Larousse*, Paris, 199 pages.
- Bonvallet J. (1979). Comportement des ouvrages de petite hydraulique dans la région de Medénine (Tunisie du Sud) au cours des pluies exceptionnelles de mars 1979. *Cah. ORSTOM, Ser. SC. Hum.* 16: 233-249.
- Demmak A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie. Thèse doct. ing., Paris VI, 323 p.
- Despois J. (1956). La culture en terrasses en Afrique du Nord. *Annales Economie, Société, Civilisation*, 1: 42-50.
- Ferton Ch. (1901). Histoire de l'Algérie. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 1981 /tome 78/7.
- Greco J. (1966). L'érosion, la défense et la restauration des sols, et le reboisement en Algérie. Min. Agri. Ref. Agr. Alger, 303 p.
- Hamoudi A., Monjengué B.S., Roose E., Boumaza M., Bourougaa L., Kouidri R., Arabi M., Ben Makhlof H., Bensaada F., Ounsli R. (1989). L'enquête sur l'efficacité des aménagements de défense et restauration des sols en Algérie. *Bull Réseau Érosion*, 9: 14-8.
- Heddadj D. (1997). La lutte contre l'érosion en Algérie. *Bull Réseau Érosion*, 17: 168-175.
- Heusch B. (1970). L'érosion du Pré-Rif. Une étude quantitative de l'érosion hydrique dans les collines marneuses du Pré-Rif occidental. *Ann. Rech. Forestière du Maroc*, tome 12,176 p.
- Heusch B. (1982). Étude de l'érosion et des transports solides en zone Semi-aride. *Rech. Biblio. sur l'Afrique du Nord*. Projet PNUD Rab/80/04: 83 p.
- Heusch B. (1986). Cinquante ans de banquettes de DRS en Afrique du Nord: un bilan. *Cah. ORSTOM. Pédol.*, 22:153-162.
- Kadik B (1978). Journées de travail sur l'érosion. Quelques observations sur les problèmes d'érosion des sols et des techniques de lutte en Algérie. INRF, Alger, 16 p.
- Kouidri R., Arabi M., Roose E. (1989). Premiers résultats de mesure du ruissellement et de l'érosion en nappe en Algérie. *Bulletin Réseau Érosion*, 9: 33-38.
- Lowdermilk W.C., 1949. Érosion et conservation du sol en Algérie. Service DRS, 38 p.
- Monjauze A. (1962). Rénovation rurale. Rôle et dispositif des aménagements d'infrastructure. Alger: Service des forêts et de la défense et restauration des sols. Direction de l'agriculture et des forêts, service de la DRS 16 p.
- Peyerimhoff P. (1905). Enquête sur les résultats de la colonisation officielle en Algérie. 2 vol., T1. Divers rapports sur la politique coloniales françaises 1830-1954 + Recueil de textes relatifs à l'internement des indigènes, Alger, 1916, 143 p.
- Pouquet J. (1952). Les monts du Tessala. *Sédès*, Paris p. 297.
- Prebensen H. (2000). Histoire de l'Algérie. Repères Chronologiques, Institut d'Études Romanes Université de Copenhague. 18 p.
- Putot R., (1962). Moyens complémentaires de la lutte contre, l'érosion dans le cadre de la rénovation rurale. *Annales du Centre algérien de recherche et d'expérimentation forestières*, 1: 4-23.
- Roose E. (1987). Évolution des stratégies de lutte antiérosive en Algérie, *Bulletin Réseau Érosion*, 7: 91-96.
- Roose E., Arabi M., Brahania K., Chebbani R., Mazour M., Morsli B. (1993). Érosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. *Cah. Orstom Sér. Pédol.*, 28: 289-308.
- Roose E. (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bull Pédol. FAO (Rome)* 70, 420 p.
- Saccardy L. (1950). Note sur le calcul des banquettes de restauration des sols. *Terres et Eaux, Alger*, 11: 3-19.
- Sari D. (1977). L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie); Ed. *SNED*, Alger, 62.4 p.
- Saccardy, L. (1949). Nécessité de la lutte contre les érosions. Méthodes modernes de conservation des sols et des eaux. *Bull. Techn. des ISA, no 142, Revue Terres et Eaux, n° 9*, Alger.
- Solignac M. (1953). Recherches sur les installations hydrauliques de Kairouan et des steppes tunisiennes du 7th au 11th siècle ; *Annales Znst. Et. Orient., Fac. Lettres, Alger, n° 13*, 395 p.
- Van Gennep A. (1911). Études d'Ethnographie algérienne. III. Les poteries Kabyles, *Revue d'Ethnogr. et de Sociologie, II, 1911, p. 276-331, fig. 6-24, pl. XVIIXXII*.