SECHERESSE

Synthèse
Sécheresse 2004 ; 15 (1) : 87-95

Bilan de l'enquête sur la défense et restauration des sols (DRS) en Algérie

Mourad Arabi[1]
Oum Elkhir Kedaid[1]
Lakhdar Bourougaa[1]
Tarik Asla[2]
Éric Roose[3]

[1] Institut national de recherche forestière (INRF),
Station Ain Dheb,
26001 Médéa,
Algérie
<inrfmedea@yahoo.fr>
[2] Université Mouloud Mammeri,
Département des sciences agronomiques,
15000 Tizi Ouzou,
Algérie
[3] Institut de recherche pour le développement (IRD),
BP 64501,
34394 Montpellier cedex 5
<roose@mpl.ird.fr>

Résumé

Après quarante années de lutte antiérosive, l'Algérie a lancé un programme de recherche pour évaluer l'efficacité des techniques de défense et restauration des sols (DRS). L'enquête parrainée par deux instituts de recherche, l'Institut national de recherche forestière (INRF, Algérie) et l'Institut de recherche pour le développement (IRD, France), a permis de recenser 10 types d'aménagement couvrant une superficie de 387 833 hectares, étudiés dans 30 *wilayas* (départements) de l'Algérie septentrionale. Parmi les ouvrages réalisés, les banquettes d'infiltration et de diversion totalisent 80 % des surfaces aménagées. L'implantation des aménagements obéit à des objectifs à la fois socio-économiques et environnementaux. La région Nord-Est du pays est la plus arrosée, mais c'est la région Nord-Ouest, semi-aride, qui est la mieux équipée en barrages et en DRS. La lutte contre l'érosion a été perçue par l'Administration comme un problème purement technique : d'où la diffusion généralisée d'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 : l'aménagement d'un hectare de banquettes, par exemple, coûtait entre 1 300 à 2 200 euros en 2003. Considérée comme une technique sûre qui a fait ses preuves aux États-unis, 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. Or, les deux tiers des aménagements ont été réalisés sur roche tendre argileuse, des pentes de 3 à 25 % et sur les terres privées. La majorité des paysans rejettent cette technique et refusent d'entretenir les banquettes car elles consomment 5 à 15 % de la surface agricole utile (SAU) sans pour autant améliorer les rendements des cultures.

Mots clés : Érosion ; Enquête ; Algérie.

Summary

Assessment of a 40-year strategy of soil defence and restoration in Algeria

After 40 years of soil defence and restoration (DRS), in 1986, Algeria launched a national programme to assess the efficiency of DRS techniques. Jointly sponsored by two research institutes – the Institut national de recherche forestière (INRF, Algeria) and the Institut de recherche pour le développement (IRD, formerly Orstom, France), the inquiry identified 10 types of soil and water conservation techniques (SWC) covering a surface of 387,833 hectares, in 30 *wilayas* (départements) in Northern Algeria, representative of the Mediterranean mountains. Among the works achieved, it appears that different shapes of terraces cover 80% of the surfaces equipped. The North East region gets more rainfall but the North West is better provided with dams and DRS installations. The objectives of DRS were socio-economic (to give labour) as much as environmental (soil and water reservoir protection). Erosion control was seen as a technical problem by the Algerian Administration, which explains the overall spread of mechanical works over large surfaces without involving the farmers for their maintenance. Their cost was very high: the development of one hectare of terraces, for instance, cost between 1,300 and 2,200 euros in 2003. Being proven in the USA, the efficiency of the technique and its applicability to the Algerian situation was never seriously questioned nor studied before its extension and thus terraces were set up regardless of their appropriate target (landslides, gullies, steep slopes, over-

Fonds Documentaire IRD
010033571

Fonds Documentaire IRD
Cote : A* 33558 Ex : 2

crowded areas...). In fact, 77% of DRS developments have been made on soft rocks, on 3-to-25% slopes and on private lands. Most farmers are rejecting this technique and refuse to see to their maintenance because terraces have not prevented the soil from degrading and productivity from declining.

Key words: Erosion; Enquiry; Algeria.

Pour lutter contre l'érosion en Algérie, des moyens importants ont été consentis entre 1940 et 1977 pour revégétaliser l'amont des bassins-versants, stabiliser les ravines, restaurer la productivité des terres et protéger les barrages de l'envasement : c'est la stratégie de défense et restauration des sols (DRS) qui allie en quelque sorte l'approche « Restauration des terrains de montagne » (RTM) des forestiers français à celle de la Conservation de l'eau et des sols (CES) des agronomes américains. Sur les terres cultivées, il s'agit d'imposer des ouvrages mécaniques de petite hydraulique rurale tels que banquettes de diversion, murettes, terrasses d'absorption totale, gradins, le plus souvent consolidés par des arbres fruitiers. Ils sont disposés en courbes de niveau, de façon à freiner l'action érosive du ruissellement sur les versants et à limiter les inondations et l'envasement des barrages [1-5].

Malgré 40 années de DRS, les terres continuent à se dégrader et la production de céréales à diminuer, l'érosion à se développer et les barrages à s'envaser rapidement [6] ; les paysans, qui ont perdu de 5 à 15 % de surface agricole utile (SAU) n'ont pas vu leurs rendements améliorés. Le coût élevé des ouvrages et les résultats peu concluants ont donc conduit les pouvoirs publics, en 1977, à l'abandon de cette stratégie [7]. Or, près de 400 000 hectares de terres ont été aménagés dans des circonstances écologiques et socio-économiques très diverses.

Il nous a donc paru intéressant de savoir :
– ce que sont devenus ces aménagements et leur état actuel ;
– ce qu'ils ont apporté en termes de protection de l'environnement ;
– quels enseignements tirer de cet immense champ expérimental pour améliorer les futurs programmes antiérosifs à entreprendre afin de développer une agriculture durable.

Le programme de recherche appelé « bilan de 40 années de DRS » fut lancé en 1986 dans le cadre d'une convention entre l'Institut national de recherche forestière (INRF d'Algérie) et l'Institut de recherche pour le développement (IRD de Montpellier France, anciennement Orstom), sur la base d'une enquête nationale.

L'enquête administrative à laquelle ont pris part sur le terrain 30 services des forêts de 30 *wilayas* (départements) sur un total de 45 devait aboutir à :
– un inventaire des différents aménagements mis en place en milieu rural ;
– un premier jugement global sur la situation actuelle de la DRS par l'Administration forestière, en charge de la lutte contre l'érosion en Algérie.

Une étude scientifique et objective, sur un échantillon suffisant d'aménagements, devait rechercher les relations entre l'efficacité des divers ouvrages, leur réalisation et leur milieu environnant.

La dégradation de la sécurité en Algérie à partir de 1990 a empêché l'achèvement de cette phase scientifique. Nous présenterons donc ici une synthèse des résultats de l'enquête administrative des méthodes DRS en Algérie, issue du dépouillement de 415 dossiers, concernant 10 types d'aménagements sur une superficie de 387 833 hectares représentant la diversité des conditions physiques (substrat, sols, climat...), humaines (occupation de l'espace, densité de la population, systèmes agricoles...) et des processus mis en cause (érosion en nappe, ravinement, glissement...). Cet article s'appuie sur des inventaires partiels déjà réalisés [8-11].

Milieu

La région nord de l'Algérie, formée essentiellement de montagnes récentes, datant du Tertiaire est un milieu méditerranéen fragile. La lithologie est constituée en majorité de roches tendres (schistes, marnes et argiles) alternant avec des roches dures (grès et calcaires), les pentes sont fortes et les paysages sensibles à l'érosion. Les sols issus de ces matériaux sont riches en argiles gonflantes favorables au déclenchement du ruissellement dès que les états de surface le permettent [12]. Cette région est également exposée à un climat d'influence méditerranéenne ; les pluies sont en général peu agressives, mais les averses orageuses de fortes intensités (> 100 mm/h) sont fréquentes (1/5 ans), en particulier en automne lorsque le couvert végétal est très limité [13, 14].

Selon Ghazi et Lahouati [15], les régions de montagne s'étendent sur 20 millions d'hectares, dont 63 % sont situés à plus de 800 m d'altitude. Le quart des terres est situé sur des pentes supérieures à 25 %, peu couvertes par la végétation dégradée. Dans de nombreuses régions, la densité de la population (20 à 60 hab./km^2) dépassant la densité naturelle acceptable, conduit à une forte pression sur le milieu par la mise en culture des sols sur fortes pentes, la réduction des surfaces pâturables et le développement du surpâturage (6 moutons/ha) sur un matorral dégradé. Les pratiques ancestrales de protection des sols et de gestion des eaux largement répandues autrefois par les Romains dans les pays méditerranéens [16, 17] sont actuellement très limitées en Algérie (Jijel, Bejaia) ; elles auraient été effacées par l'expansion des réalisations de DRS et de la mécanisation de l'agriculture.

Ces nombreuses circonstances ont favorisé la rupture de l'équilibre naturel. Ainsi, l'érosion s'est développée sous différentes formes : décapage de l'horizon humifère, formation de rigoles évoluant en ravines sur les versants, localement ravinement généralisé, glissements de terrain, dégradation des berges et divagation des oueds dans les vallées sont les signes d'une dégradation poussée et généralisée des paysages de cette région.

Parallèlement au développement de l'agriculture en montagne, les besoins en eau pour l'alimentation des villes et pour l'irrigation des plaines croissent rapidement, mais les ressources sont limitées. Aujourd'hui, les 48 barrages en exploitation affichent un taux de remplissage inférieur à 30 % de leur réserve (statistiques du ministère de l'Hydraulique, février 2003). Quand elles sont disponibles, les eaux sont polluées à cause de l'érosion. D'après Demmak [6], des concentrations de 200 g/L sont fréquemment observées dans les oueds. Pour faire face à cette situation, les pouvoirs publics ont développé une stratégie largement inspirée des travaux du *Soil and Water Conservation Service* (SWC) américain et des techniques de restauration des terrains de montagnes (RTM) en France [18, 19] appelées « défense et restauration des sols » (DRS). Parmi ces méthodes, la banquette a dominé les techniques de lutte contre l'érosion en Algérie depuis 1940. Le colloque international sur la conservation et la restauration des sols de Téhéran en 1961 a favorisé sa diffusion dans de nombreux pays méditerranéens.

Méthode

Pour faire le point sur les techniques de défense et restauration des sols en Algérie, et aboutir à un bilan le plus objectif possible, « faisant table rase » des avis contradictoires passionnés qui entourent les aménagements antiérosifs et la banquette en particulier, il a été décidé, en 1985, de lancer une enquête sur l'efficacité de la DRS à l'échelle nationale. Pour y parvenir un questionnaire unique, utilisant un langage commun sur lequel se sont mis d'accord plus de 200 participants lors du séminaire de Médéa en 1987, a été minutieusement élaboré par une équipe interdisciplinaire de chercheurs, de spécialistes de la lutte antiérosive et de forestiers. Avant le lancement de l'opération, le questionnaire a été validé par un test statistique dans une quinzaine d'aménagements [20]. Selon les objectifs attendus, le questionnaire a été structuré en trois parties :

– définition du milieu physique, biologique et humain ;
– aspect technique et prise en charge des méthodes de DRS ;
– bilan des projets sur les plans technique, économique et sociologique.

Deux phases ont été prévues :

1. La phase administrative vise à faire l'inventaire des techniques de DRS mises en place dans les quarante dernières années, en examinant leur localisation, leur état actuel, les surfaces traitées, leur coût, leur mise en valeur dans une grande diversité écologique et socio-économique du pays, et à étudier la bibliographie disponible.
2. La phase scientifique a pour objet d'étudier objectivement les relations entre l'efficacité des différents types d'aménagements et les milieux où ils ont été implantés. Six bassins-versants (Isser-Sikak, Fergoug, Sly à l'ouest, Isser au centre et Ighil M'da, Bouhamdane à l'est) ont été sélectionnés pour une étude approfondie par traitement statistique (ACP), dans le cadre de cette phase scientifique.

Malgré la bonne préparation et le dévouement de l'équipe en charge, quelques retards dans la réalisation des enquêtes et des réponses imprécises bloquant le prédépouillement des données ont engendré des cascades de vérifications et de retards dans la publication des résultats. Compte tenu de ces problèmes, mais aussi de la complexité de la tâche, le questionnaire version 3 (QV3) comprenant 30 pages a été simplifié (QV4 en 12 pages). Le recoupement de ces deux questionnaires a permis finalement de parvenir aux résultats que nous allons présenter.

Résultats de l'inventaire

Situation générale des aménagements

Le *tableau I* précise la répartition des surfaces par type d'aménagement et par *wilayas*, classées en trois régions : Nord-Est, Centre et Nord-Ouest. Ainsi, le dépouillement des 415 dossiers QV3 plus QV4 obtenus dans le cadre de cette enquête a permis d'inventorier 20 types d'aménagement (lesquels ont été regroupés par affinité en 10 groupes pour faciliter leur lecture) dans 30 importantes *wilayas* couvrant une superficie de 387 833 hectares *(figures 1 et 2)*.

Ce chiffre paraît dérisoire compte tenu des prévisions qui portaient sur le traitement de 5 millions d'hectares, dont 2 millions à brève échéance [21]. Par ailleurs, on constate que les diverses formes de banquettes répertoriées (banquettes seules ou associées à d'autres ouvrages) qui constituent l'ossature de la DRS représentent plus de 80 % des surfaces aménagées, soit près des deux tiers du chiffre fréquemment annoncé dans la littérature [7]. L'implantation des aménagements dans les différentes régions du pays *(figure 1)* obéit à des considérations à la fois stratégiques et économiques. En effet, les aménagements se sont développés surtout dans les régions Nord-Ouest (50 %) et Centre (28 %) contre seulement 22 % pour la région Nord-Est *(tableau II)*, avec pour objectif principal, la protection des barrages-réservoirs qui irriguent les plaines de la Mitidja, le couloir du Chélif et les plaines oranaises. La région de Tlemcen, éprouvée par de graves problèmes d'érosion (débordement torrentiel des oueds à l'automne 1940 et envasement progressif de l'estuaire du port de Ghazaouet (Ne-

Tableau I. Coût des opérations de DRS.

Opérations	Fourchette des prix	Actualisés à :	Obs.
Reboisement nouveau	700 euros/ha	2003	1 200 plants/ha
Reboisement industriel	700-900 euros/ha	2003	Fertilisation
Plantation fruitière	720-850 euros/ha	2003	200 plants/ha
Plantation fourragère	450 euros/ha	2003	400 à 600 plants/ha
Fixation des berges	700-1 000 euros/ha	2003	
Plantation brise vent	350 euros/ha	2003	
Correction torrentielle	Gabions = 34 euros/m^3 Pierres sèches = 25 euros/m^3	2003	Prix variant en fonction de la disponibilité de la pierre
Ouverture de piste	3 400 à 5 600 euros/km	2003	
Amélioration foncière	6 000-8 000 euros/ha	2003	Défoncement, épierrage, cordons de pierres et plantation arborée
Retenue collinaire	17 045-34 091 euros	2003	20 000-100 000 m^3 par unité
Banquette	1 300-2 200 euros/ha	1985	Prix de l'OAMV de Médéa
Murette	28 euros/m^3		
Terrasses	136 euros/ha	1990	
Gradin forestier	29 euros/ha	1986	À la main projet INRF/ANRH
Amélioration pastorale	490 euros/ha	2003	Plantation d'*Atriplex*
Rootage	500 euros/ha	2003	

1 = environ 10 Dinars algériens en 2003.
Les prix varient en fonction de la nature du terrain, de la topographie, du mode de réalisation (manuelle ou par *rooters*, tracteurs) et de l'affectation de la parcelle : arboriculture, reboisement ou plantation fourragère.
Rootage : mot américain, utilisé dans le cadre de la défense et restauration des sols, qui signifie opération de défoncement du sol en profondeur par un appareil puissant, massif, monté sur roues et équipé de trois à deux dents, le *rooter*, tiré par des tracteurs ou *rippers*.
INRF = Institut national de recherche forestière ; ANRH = Agence nationale des ressources hydrauliques.

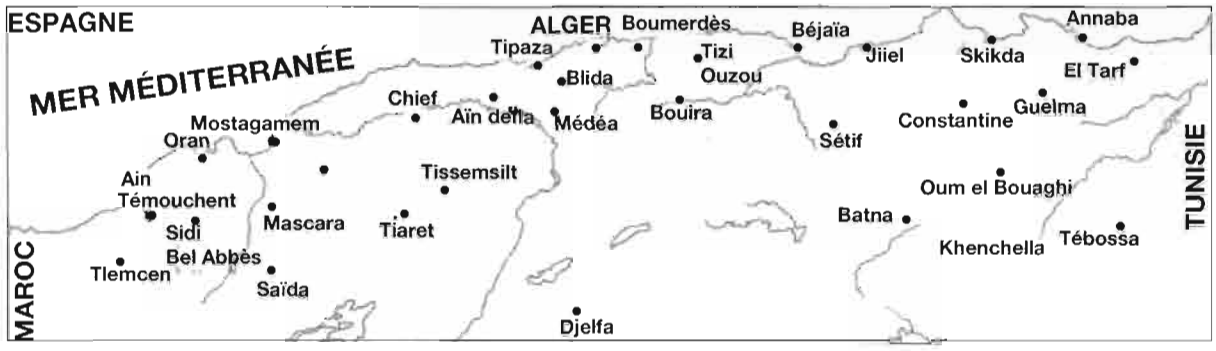

Figure 1. *Carte de situation des* wilayas *d'Algérie concernées par l'enquête.*

mours) a bénéficié, à elle seule, de 19 % de toute la surface traitée.

En général, les travaux sont accordés en priorité aux régions menacées par l'érosion ou menaçant les intérêts économiques de la métropole. Ainsi, les interventions urgentes ont été décidées par les pouvoirs publics pour aménager en banquettes le bassin-versant de l'Oued el Kebir sur 13 000 hectares entourant les plaines colonisées de la Mitidja. Mais il arrive que dans certaines circonstances, l'objectif initial soit réorienté vers d'autres choix, essentiellement politiques, comme par exemple l'emploi des militaires démobilisés en juillet 1940 [21, 24] ou le traitement en banquettes des monts du Dahra par un personnel non qualifié pour lutter contre le chômage en milieu rural.

Il y a 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. Pourtant, on sait depuis longtemps que leur implantation sur ces roches argileuses sensibles aux glissements de terrain est déconseillée [1, 25]. On y rencontre surtout des banquettes et les grands aménagements mixtes associés à la correction torrentielle et aux retenues collinaires *(figure 3)*. En revanche, les reboisements se sont développés sur les sommets de versants où dominent les grès et calcaires, plus stables. La *figure 4* montre que les deux tiers des ouvrages mécaniques sont concentrés essentiellement sur deux classes de pentes : 3-12 % et 13-25 %. La reforestation couvre 11 870 hectares sur la classe de pente 3-25 % alors que sur les pentes abruptes (> 40 %) elle ne dépasse pas 350 hectares. À 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 pour intensifier l'agriculture des plaines et répondre à la demande sans cesse croissante en eau des grandes agglomérations ;

– l'accroissement de l'infiltration pour améliorer l'agriculture en milieu semi-aride ainsi que le montre la *figure 5*. Tels que définis, les ouvrages sont conçus 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 [1, 5]. 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,

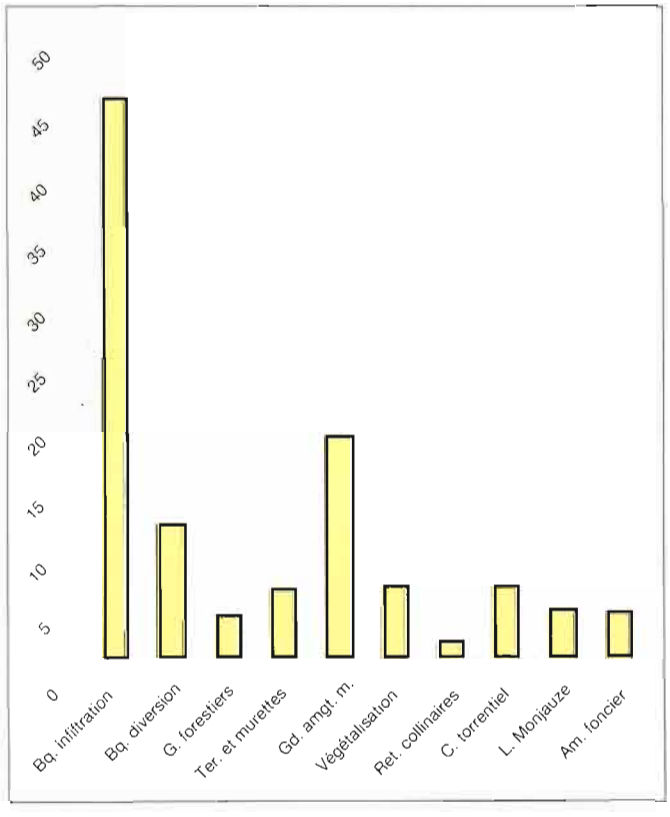

Figure 2. *Distribution des surfaces aménagées (en % de la surface totale).*
Bq = banquette ; G = gradins ; Ter. = terrasses ; Gd. amgt. m. = grand aménagement mixte ; Ret = retenue ; C. torrentiel = correction torrentielle ; L. = levée ; Am. foncier = aménagement foncier = rippage de la croûte calcaire.

Tableau II. Répartition par région des surfaces aménagées en fonction du mode de gestion du foncier.

Régions	Foncier		%
	Domanial %	Privé %	
Est	23	74	97*
Centre	25	70	95*
Ouest	29	69	98*

* Les 2 à 5 % complémentaires jouissent de statuts spéciaux.

éventuellement, réduire les débits de pointe dans les oueds lors des averses orageuses.

Ces arguments sont à la base de l'implantation massive de banquettes d'infiltration dans les contrées peu arrosées (91 067 hectares). 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 1 m de profondeur et accroître la réserve hydrique du sol. Les jeunes plantations fruitières sont protégées par des rideaux de cyprès brise-vents. Enfin, 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 freiner l'impact du ruissellement dans les parcelles cultivées. En milieu humide et subhumide, on rencontre surtout les banquettes de diversion (26 496 hectares) et les retenues collinaires (44 digues stockant 20 à 100 000 m^3) réalisées pour la plupart dans la région de Kabylie (Tizi Ouzou, Bejaia et Jijel).

Aussi contradictoire que cela paraisse, le développement de la correction torrentielle en milieu semi-aride plutôt qu'en milieu humide se justifie par la violence des crues d'automne responsables des inondations catastrophiques. Le type de correction torrentielle utilisé est constitué d'une succession de petits seuils de 1 m de haut, inspirés des méthodes de correction torrentielle alpine (RTM). Les surfaces traitées sont dérisoires, compte tenu de l'extension des ravines. Toutefois, ils renseignent sur la manière dont était menée la lutte antiérosive. Il s'agit de la petite correction active qui vise à endiguer le mal avant qu'il ne se développe [26]. Enfin, les gradins forestiers et éléments de banquettes, plus proches de leur stratégie de reforestation des hautes vallées, ont été développés essentiellement sur roches résistantes sur les versants escarpés.

D'importants investissements publics ont été consentis dans le cadre de la stratégie DRS [27] pour lesquels nous avons tenu à rapporter les coûts pratiqués par les principales entreprises de réalisation (actualisés ou en vigueur à la dernière date des travaux *(tableau I)*. Le coût normalisé de la banquette revient entre 8 750 et 14 500 DA/ha en 1985 avant la première dévaluation monétaire, soit actuellement à 1 300 à 2 200 euros/ha. La variation dépend à la fois de la nature du terrain, de la topographie, de la réalisation (mécanique par *rooters* et tracteurs, ou manuelle) et de l'affectation parcellaire (arboriculture, reboisement, plantation fourragère).

État actuel des banquettes

L'analyse des données montre que les banquettes sur terres cultivées, soit 66 415 hectares, réalisées sur marnes et argiles, sont dans un état de dégradation avancée. Les plus touchées sont les banquettes d'infiltration *(tableau III)*. Dans 41 % des cas seulement, les fonds sont fonctionnels ou ont une bonne tenue ; ils sont érodés dans 53 % des cas. Les bourrelets sont fonctionnels ou présentent une bonne tenue dans 63 % des cas ; les autres sont détruits ou effacés volontairement par des labours successifs. Les talus ne sont stabilisés que dans 22 % des cas rencontrés. Dans la région de Tizi Ouzou (19 368 hectares), Arabi et Asla [10] montrent que 19 % des ouvrages situés sur marnes et argiles sont endommagés par les glissements de terrains et autant par le ravinement à partir de 13 % de pente. Le taux d'endommagement par ravinement croît proportionnellement à la pente du versant. En ce qui concerne les glissements, ce taux augmente surtout entre 13 et 25 % de pente. Sur les terres agricoles, les labours ont détruit 12 % des banquettes entre 3 et 25 % de pentes. Sur roches résistantes, 36 % des banquettes dégradées par tassement du sol et ravinement sont méconnaissables.

Seuls 14 % des ouvrages réalisés sur formation granitique résistent au cheminement du bétail. Qu'en est-il des banquettes de diversion ? Bien qu'elles ne représentent dans cette zone que 10 % des surfaces aménagées, les banquettes de diversion furent introduites sur roches peu

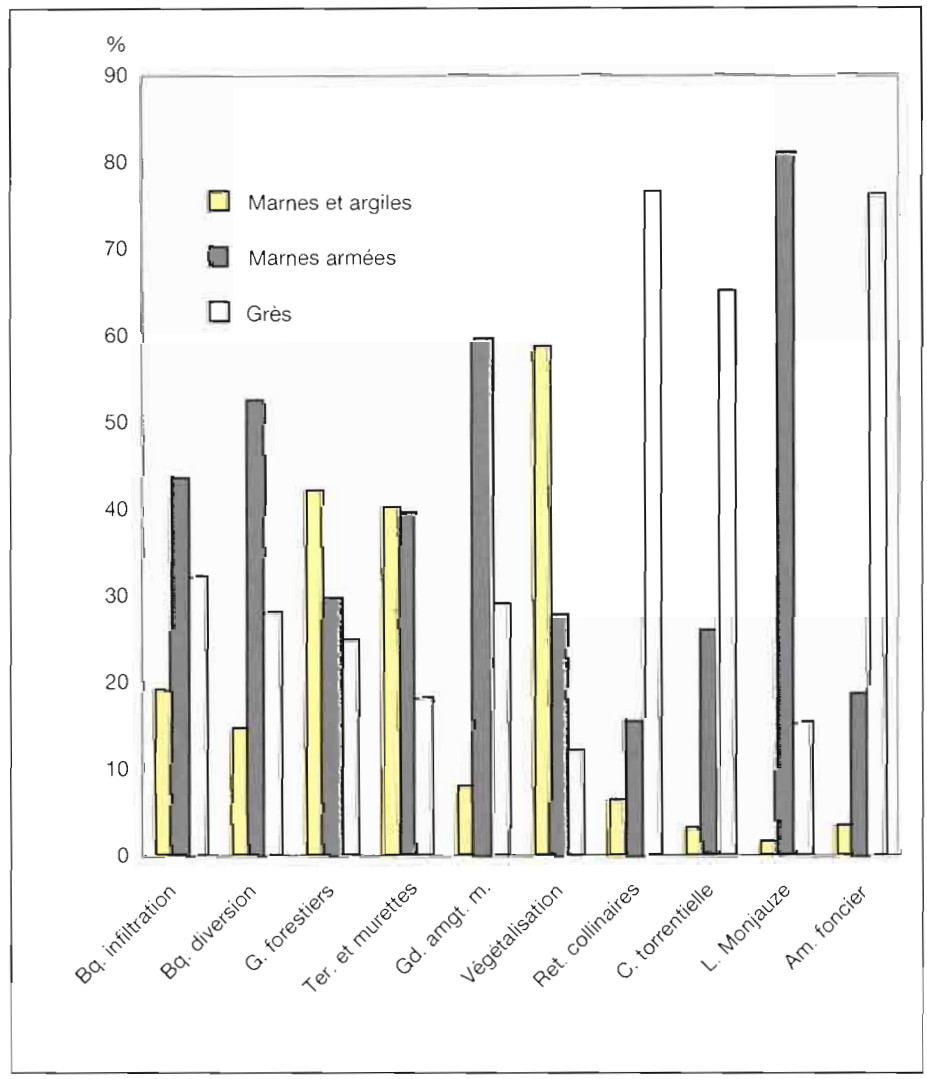

Figure 3. *Répartition des surfaces aménagées en fonction de la lithologie (grès, marnes, marnes armées).*

Bq = banquette ; G = gradin ; Ter. = terrasses ; Gd. amgt. m. = grand aménagement mixte ; Ret = retenue ; C. torrentiel = correction torrentielle ; L. = levée ; Am. foncier = aménagement foncier = rippage de la croûte calcaire.

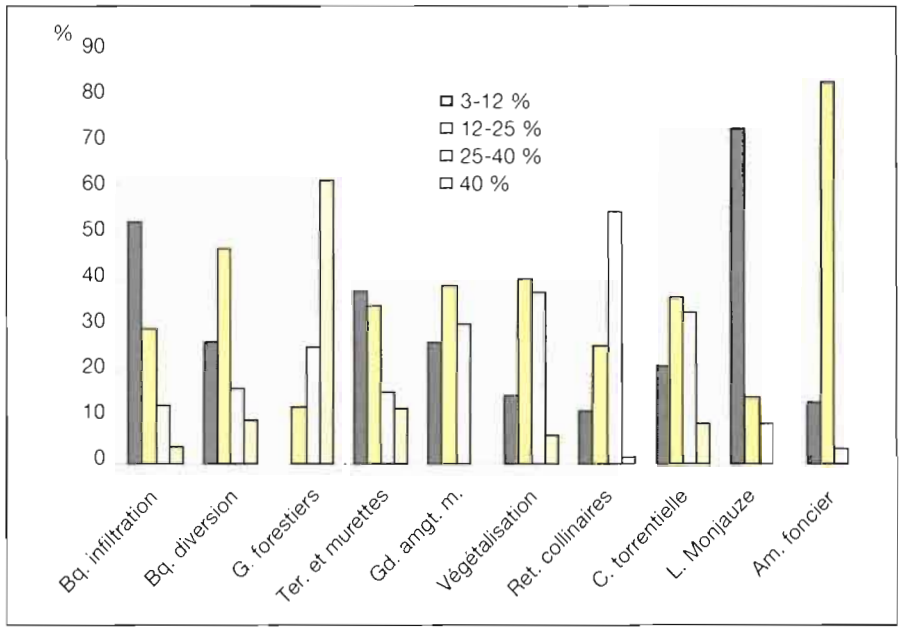

Figure 4. *Distribution des surfaces en fonction des classes de pente (3-12 %, 12-25 %, 25-40 %, > 40 %).*
Bq = banquette ; G = gradin ; Ter. = terrasses ; Gd. amgt. m. = grand aménagement mixte ; Ret = retenue ; C. torrentiel = correction torrentielle ; L. = levée ; Am. foncier = aménagement foncier = rippage de la croûte calcaire.

cohérentes dans des proportions comparables aux banquettes d'infiltration (28 %), mais dans 26 % des cas, sur pentes supérieures à 25 %, dans des conditions pluviométriques (500 mm et plus) favorables aux glissements (66 % des cas rencontrés). Cette situation explique en partie l'état de dégradation encore plus avancée de ce type de banquette de diversion *(tableau IV)*. Les différentes parties touchées sont :

– le fond, très érodé (61 %) à cause de la dynamique du ruissellement en circulation. L'enquête montre que la pente longitudinale de 0,5 % est rarement respectée. De plus, Heusch [28] montre que, quelle que soit la forme donnée au fossé, les risques de débordement existent ;
– les bourrelets sont dans 53 % des cas détruits ou effacés aux points où se concentrent les eaux ;
– les talus non enherbés, sous le poids de la saturation, s'érodent (72 %) et contribuent à la stagnation des eaux ;
– les exutoires qui évacuent les eaux des banquettes de diversion sont généralement ravinés.

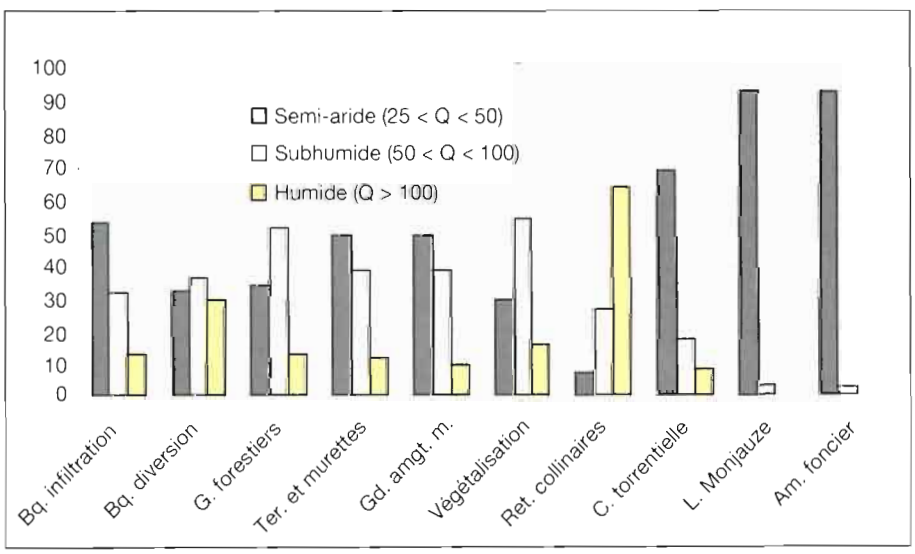

Figure 5. *Répartition des aménagements en fonction du bioclimat.*
Bq = banquette ; G = gradins ; Ter. = terrasses ; Gd. amgt. m. = grand aménagement mixte ; Ret = retenue ; C. torrentiel = correction torrentielle ; L. = levée ; Am. foncier = aménagement foncier = rippage de la croûte calcaire.

Ce constat d'échec est également relaté dans diverses situations. Ainsi, Heusch [28] montre qu'au cours de la période 1947-1968, les banquettes n'ont eu aucune influence sur la vitesse de sédimentation du barrage de l'oued Fodda. Tamaghoult, [29] étudiant la perméabilité des sols argileux sur les réseaux de banquettes qui entourent le barrage du Hamiz près d'Alger, parvient à la même conclusion. Ses travaux confirment les observations de Kerriou [30] sur les glissements de terrains provoqués par les réseaux de banquettes dans le bassin-versant de l'oued Arbatach (de la *wilaya* de Boumerdes). D'après Arabi et Asla [10], les facteurs qui expliquent ces glissements sont la nature des roches argileuses sensibles au glissement et le cheminement du bétail le long des ouvrages. Dans des circonstances analogues, Bannour [31], en Tunisie, fait remarquer que les banquettes n'arrêtent pas la progression du ravinement ; les surfaces ravinées ont augmenté de 12 % entre 1963 et 1973. Dans le même pays, Belaid [32] souligne le risque des banquettes sur roches marneuses qui sont détruites par des renards qui se forment à partir des fentes de retrait des argiles. Boudjadi [33] rapporte que les banquettes réalisées dans le périmètre de Djebala (Tlemcen, Algérie) sont entaillées à la base ; les causes avancées sont souvent la nature du sous-sol (marnes et argiles) et le risque de débordement de l'eau qui s'accumule dans certaines parties de la banquette. En effet, l'étude italienne réalisée dans le bassin versant d'Isser-Sikak [34] a mis en évidence une relation entre la lithologie et les formes d'érosion : les glissements apparaissent sur les roches marno-gréseuses, tandis que le ravinement apparaît sur les marnes.

Les études sur la valorisation des aménagements ont montré que la banquette n'a pas une grande influence sur la réserve hydrique d'un sol brun calcaire sur 20 % de pente [35]. Les tests sur l'amélioration de production de trois cultures de légumineuses (pois chiches, lentilles et fèves) cultivées sur interbanquette (dont la réalisation des ouvrages remonte à 1975) ne sont pas significatifs [36]. Sur les versants marneux du pré-Rif (Maroc), Sabir et Boudhar [37] ont réalisé une enquête sur huit périmètres d'aménagement en banquettes avec plantations d'oliviers et de vignes. En 1999, deux des périmètres ont disparu et les autres ont réussi à 50 %. L'état des arbres est très moyen. Des ravines se sont déve-

Tableau III. État des banquettes d'infiltration (en % de la surface aménagée).

État de la banquette	Fonds %	Bourrelets %	Talus %
Fonctionnelle	23,6	11,2	
Bonne tenue	17,3	22,6	
Moyenne tenue		29,4	
Partiellement détruite		15,6	
Effacée		18,5	
Stabilisée			22,1
Légère érosion en nappe	29,4		
Très érodée	23,6		72,5

loppées ainsi que des glissements de terrain sur les versants marneux de plus de 25 % de pente : l'absence d'entretien est à l'origine des échecs. Le taux de remboursement n'est que de 5 %, alors que la production oléicole représente 56 % des revenus des exploitations et 71 % de la production végétale. Récemment, la plantation d'oliviers sans banquettes mois avec apport de fumier a beaucoup progressé.

En tournée dans l'Oranie, Aubert [38] observe en revanche la bonne tenue des banquettes 30 ans après leur mise en place sur sols dérivés du granit. Il constate que seuls les arbres plantés n'ont pas résisté ou ont été coupés. Dans les marnes armées de calcaire du pré-Rif marocoin, Heusch [28] montre que, sur sols saturés, 40 mm de pluie suffisent à déclencher l'érosion. Dans son bilan sur les banquettes [7], il précise que ces ouvrages conviennent seulement dans le cas particulier des sols limoneux et d'orages d'été, violents et brefs.

Analysant l'inventaire de la DRS en Oranie, Taabni et Kouti [39] rapportent que les réseaux de banquettes qui ont réussi sont peu nombreux et situés sur de petites parcelles boisées en pins d'Alep, sur terrains domaniaux, sans litige. En réalité, la banquette mal entretenue devient un facteur d'accélération de l'érosion [40], car la moindre brèche non colmatée entraîne une véritable réaction en chaîne dans tout le réseau (glissement) lors des pluies torrentielles et prolongées.

Les utilisateurs des terres apprécient diversement les aménagements selon qu'ils sont propriétaires des terres aménagées ou qu'elles appartiennent à l'État. A signaler que les réponses ont été fournies durant la période 1986-1990, au moment où l'agriculture est en pleine restructuration après l'échec de la révolution agraire, ce qui explique le toux élevé d'abstention, surtout pour ce qui est des terres domaniales (41 %). Mais 77 % des paysans désapprouvent les banquettes implontées sur leurs terres *(figure 6)*.

Parmi les causes de rejet figurent surtout le sentiment d'expropriation des terres, les pertes de surface et, dans une moindre mesure, une entrave à la liberté de circulation des riverains. Lo réaction des fellahs est de s'opposer énergiquement à l'implantation des aménagements (42 %) sur leurs terres et ils refusent de les entretenir (65 %). A ce sentiment de frustration s'ajoute l'indifférence totale, d'où le délaissement et l'abandon des aménagements. Une autre raison du refus provient du système d'élevage errant : le pâturage libre et la vaine pâture sont incompatibles avec la création de vergers sur les talus des banquettes. Enfin, le système foncier (indivision de certaines terres) contribue, à terme, au désistement des fellahs surtout après l'indépendance. Quand les travaux de DRS sont réalisés en dehors de leurs terres, ils sont appréciés par 19 % (contre 5 % chez les privés) car ils génèrent un revenu supplémentaire [41]. Cette réaction de rejet des paysans provient surtout de la crainte que l'État qui a financé et réalisé l'aménagement, finisse par se considérer comme le propriétaire des terres oménogées (pour mémoire, lo nationalisation des terres en Tunisie).

Tableau IV. État des banquettes de diversion (en % de la surface aménagée).

État de la banquette	Fonds %	Bourrelets %	Talus %	Exutoires %
Fonctionnelle	11,2	6,6		
Bonne tenue	17,3	18,4		
Moyenne tenue		17,2		
Partiellement détruite		34,2		
Effacée		18,6		
Stabilisée			22,1	18,2
Légère érosion en nappe	9,5			
Très érodée	61,3		72,5	73,2

Évolution de la stratégie DRS

La stratégie de défense et restauration des sols a beoucoup évolué en quatre décennies. Comme les montagnes d'Algérie étaient surpeuplées, l'option de reboisement, qui fut introduite en France avec succès dans le cadre de lo RTM [19], a été limitée à 21 645 hectares de terres situées, pour la plupart, sur les hauts versants des collines. D'ailleurs les premiers reboisements réalisés dans le cadre de la loi forestière de 1903 en Oranie ont été un échec. D'après Benchetrit [21], 10 000 hectares seulement furent reboisés en 34 ans. Mais devant les succès remportés par le *Soil Conservation Service* dans la grande plaine semi-aride des États-Unis, et les encourogements apportés par Lowdermilk [42] en tournée dans les pays du Maghreb, aux équipes en place, la stratégie DRS fut définitivement acceptée en privilégiant la primauté des ouvrages mécaniques sur la végétalisation. Ce sont alors les aménagements mécaniques, et particulièrement les banquettes, qui furent répandus sur de vastes surfaces agricoles appartenant aux domaines aussi bien public que privé. Les travoux de défense et restauration des sols furent confiés à un service technique de DRS créé par la loi du 2 février 1941, placé sous l'autorité du Gouverneur général d'Algérie. Contrairement à la SWC, la DRS ne s'est pas développée dans un environnement scientifique. La banquette fut importée des États-Unis sans expérimentation préalable [1]. De plus, les aménagements DRS ont été souvent imposés aux fellahs au nom de l'intérêt général. Tenus à l'écart pour cause d'analphabétisme, les paysans n'ont pas été suffisamment préparés ni informés de l'utilité de ces aménagements. Après 20 années de DRS, les résultats portant sur une tranche de 250 000 hectares sont décevants [21]. Le constat fait ressortir une reprise de l'érosion sur les surfaces traitées. Les paysans boudent ces travaux qui constituent des obstacles à leurs activités.

Observateur lucide, Monjauze, influencé par le courant de pensée des forestiers réformateurs Le Play et Albert Fabre [18], a compris que la lutte contre l'érosion ne peut se ramener à un problème purement technique, celui de la promotion de la banquette. En innovateur, il a introduit un nouveau concept : celui de l'intégration de la banquette dans le contexte socio-économique du pays. La *conciliation* entre intérêt des paysans vivant sur leurs terres et des objectifs de protection l'a conduit à développer une nouvelle doctrine : celle de la rénovation rurale. Les enseignements tirés du passé ont conduit à l'élaboration

d'un vaste programme en faveur des paysans. 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 nue, la diversification des systèmes de production par l'introduction de plantes vivaces, arborescentes et frutescentes mieux adaptées aux conditions du milieu que la céréaliculture extensive. Les événements liés à la révolution algérienne, puis 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. Pour faire face aux problèmes socio-économiques en milieu rural, la priorité a été accordée à la résorption du chômage.

Conclusion et propositions

La lutte contre l'érosion s'est développée en Algérie avec une stratégie d'équipement rural appelée la DRS. Dans le cadre de cette enquête, 10 types d'aménagements ont été répertoriés, couvrant 387 833 hectares dans 30 *wilayas* représentatives de la moyenne montagne méditerranéenne algérienne : 80 % des surfaces aménagées sont en banquettes, dont 20 % sont effacées par les labours, 30 % sont détruites par ravinement/glissement, 30 % n'ont jamais été entretenues et sont en mauvais état et seulement 20 % sont en bon état, mais on peut se demander si elles ont fonctionné.

La méthode d'enquête administrative par questionnaire a permis de donner des réponses globales non définitives : c'est pourquoi il est essentiel de poursuivre le travail dans sa phase scientifique en analysant les aménagements dans leur contexte environnemental. La banquette a été réalisée dans un contexte autoritaire défavorable, mais les changements conduits dans le cadre de la rénovation rurale ont suscité beaucoup d'espoirs auprès des paysans. La lutte contre l'érosion ne peut se concevoir sans le développement du monde rural. La banquette n'a pas freiné l'érosion là où elle fut introduite. L'analyse de son état de dégradation montre que l'érosion est partout présente sous toutes ses formes, même dans les aménagements encore fonctionnels. Les causes de son échec sont multiples : effort expérimental insuffisant, utilisation en dehors de ses limites de validité, coût exorbitant, d'où l'inadaptation de l'ouvrage dans les conditions locales. Les gradins et terrasses progressives, plus proches de la stratégie traditionnelles des paysans, semblent mieux convenir. Cette expérience montre les limites d'utilisation des stratégies d'équipement quand elles ne prennent pas en considération les intérêts des paysans. La planification doit englober aussi bien l'amont que l'aval. La carte d'occupation des terres doit faire ressortir les zones qu'il convient de traiter. Les facteurs essentiels à prendre en considération dans le cadre d'un programme antiérosifs sont :

– l'intégration des communautés paysannes dans les programmes de développement ;
– l'amélioration des systèmes de production ;
– la recherche d'ouvrages dont le rapport coût/efficacité serait optimum ;
– le choix de technologies proches des paysans et adaptées au milieu écologique ;
– la participation graduelle des paysans au financement ou à leur entretien ;
– la définition des rôles et responsabilités des intervenants par contrats relatifs à l'aménagement des ressources naturelles.

Tous ces points restent à développer dans le cadre d'une politique globale d'aménagement du milieu rural. Cependant, les études sur la stratégie GCES en Algérie [43, 44] montrent qu'il est possible d'intensifier l'agriculture en Algérie sans dégrader l'environnement, en développant une approche participative reposant sur une lutte biologique.

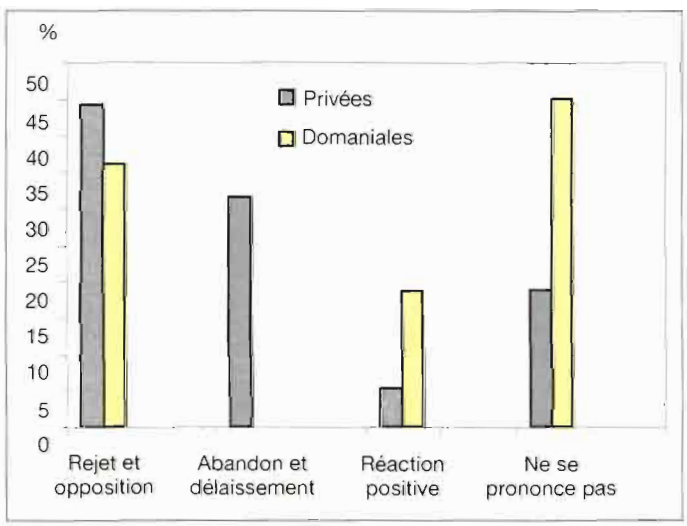

Figure 6. *Degré d'approbation des utilisateurs en fonction de la nature juridique des terres.*

Références

1. Saccardy L. Note sur le calcul des banquettes de restauration des sols. *Terres et eaux* 1950 ; 11 : 3-19.

2. Putod R. Mayens complémentaires de la lutte contre l'érosion dans le cadre de la rénovation rurale. *Annales du centre algérien de recherche et d'expérimentation forestière* 1962 ; 1 : 4-23.

3. Monjauze A. *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, 1961 ; 16 p.

4. Plantié I. *Techniques françaises algériennes des banquettes de défense et restauration des sols.* Alger : Ministère de l'Agriculture, 1961 ; 22 p.

5. Greco J. L'érosion, la défense et la restauration des sols, et le reboisement en Algérie. *MARA Algérie* 1966 ; 303 p.

6. Demmak A. *Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie.* Thèse de docteur-ingénieur, Paris, 1981 ; 323 p.

7. Heusch B. Cinquante ans de banquettes de DRS-CES en Afrique du Nord : Un bilan. *Cah Orstom Sér Pédol* 1986 ; 22 : 153-62.

8. Hammoudi A, Monjengue BS, Roose E, *et al.* Enquête sur l'efficacité des aménagements de DRS en Algérie. *Bull Réseau Erosian* 1989 ; 9 : 14-8.

9. Kedaid O, Bourougaa L. *Synthèse du bilan DRS en Algérie.* Alger : INRF 1994 ; 117 p. + cartes.

10. Arobi M, Asla T. États de dégradation des banquettes dans le Massif Central de Kabylie en Algérie. *Bull Réseau Erosion* 1998 ; 18 : 374-9.

11. Asla T. *Contribution à l'étude de l'efficacité des travaux de DRS en Kabylie (W. de Tizi Ouzou) Algérie. État actuel et aspect morphologique des réseaux de banquettes. Utilisation d'un questionnaire d'enquête.* Thèse de magister en forêt, Univ Tizi Ouzou 2002, 134 p.

12. Monnier G, Boiffin J, Papy F. Réflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées : cas des systèmes de grande culture de l'Eurape de l'Ouest. *Cah Orstom Sér Pédol* 1986 ; 22 : 123-31.

13. Arabi M, Roose E. Influence de quatre systèmes de production de moyenne montagne méditerranéenne olgérienne. *Bull Réseau Erosion* 1989 ; 9 : 39-51.

14. Arabi M. *Influence de quatre systèmes de production sur le ruissellement et l'érosion en milieu montagnard méditerranéen Médéa Algérie.* Thèse Doctorat, université de Grenoble, 1991, 272 p.

15. Ghazi A, Lahouati R. *Algérie 2010, sols et ressources biologiques.* Alger : Institut national des études de strotégie globale (INESG), 1997 ; 39 p.

16. Plateau H. La défense et la restauration des sols du Maroc. *Rev Forestière Française (Paris)* 1976 ; 28 : 231-8.

17. Roose E, Sabir M, De Noni G. Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen. *Bull Réseau Erosion* 2002 ; 21 : 523 p.

18. Lilin C. Histoire de la restauration des terrains en montagnes ou 19e siècle. *Cah Orstom Sér Pédol* 1986 ; 22 : 139-45.

19. Mura R. La restauration des terrains de montagne dans l'approche actuelle de la conservation des sols. *Bull Réseau Erosion* 1992 ; 12 : 258-363.

20. Lefay O. *Étude de l'efficacité des travaux de DRS en Algérie (Médéa : zone de l'Atlas tellien central).* Rapport de stage Cnearc, 1986, 48p. + Annexes.

21. Benchetrit M. *L'érosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie.* Paris : PUF, 1972 ; 216 p.

22. Kadik B. Journées de travail sur l'érosion. Quelques observations sur les problèmes d'érosion des sols et des techniques de lutte en Algérie Alger : INRF, 1978 ; 16 p.

23. Heddadj D. La lutte contre l'érosion en Algérie. *Bull Réseau Erosion* 1997 ; 17 : 168-75.

24. Sari D. *L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie).* Thèse doctorat. Alger : éditions SNED, 1977 ; 621 p.

25. Monjauze A. Notes sur la mécanisation des travaux de DRS-CES en Afrique du Nord. *MARA Algérie* 1961 ; 11 p.

26. Deymier C. Les outils du génie civil dans la lutte contre l'érosion torrentielle. *Bull Réseau Erosion* 1992 ;12 : 28-39.

27. Cleaver KM. *The agricultural development experience of Algeria, Morocco and Tunisia.* World Bank Stoff Working Paper n°552. Washington (DC) : World Bank, 1982 ; 20 p.

28. Heusch B. L'érosion du Pré-Rif. Une étude quontitotive de l'érosion hydraulique dons les collines marneuses du Pré-Rif Occidental (Maroc). *Annales de la Recherche Forestière* (Rabat, Maroc) 1970 ; 12 : 176 p.

29. Tomagault M. *Note sur la banquette et son effet sur les sols et la stabilité des versants argileux en zone humide (B.V du Hamiz) Algérie.* Actes du Séminaire sur la DRS, INRF, Médéa, novembre 1987 : 215-6.

30. Keriou M. *L'érosion dans le bassin-versant de l'Oued Arbattache : Étude approfondie des sous-unités du bassin-versant (O. Allel. Ferkioua) sur substrat marneux et flyschs.* Alger : INA, 1979 ; 162 p.

31. Bannour H. *Problème de l'aménagement antiérosif d'un bossin versant de lo Tunisie centrale : le cas de l'Oued Foul.* DS N°530. Tunis : s.n., 1978 ; 29 p. + carte.

32. Belaid R. *Le bassin-versant du moyen Milane entre pont du Fahs et le Djebel Ouest : étude géomorphologique.* Thèse ULP, Strasbourg, 1965, DS : 304, 200 p.

33. Boudjadi H. *Projet de DRS et reboisement, Djebala, Tlemcen Algérie ; Mostaganem.* Mémoire d'ingénieur agronome ITA, 1979, 194 p.

34. Centro Studi Ricerche. *Étude des bassins-versants des Oueds Isser et Sikkak.* Alger : Secrétariat d'État aux forêts (SEFOR), 1974 ; 3 volumes, 640 p.

35. Djellal R. *Tests sur l'amélioration des réserves hydriques d'un sol par la technique des banquettes d'infiltration totale.* Diplôme ingénieur INES de Blida, 1989 ; 68 p. + annexes.

36. Kosseir. A. *Tests phytotechniques et physiques d'amélioration de la réserve hydrique au moyen de certaines techniques de DRS.* Diplôme Ingénieur INES de Blida, 1989, 57 p. + annexes.

37. Sabir M, Boudhar B. Efficacité de la DRS fruitière sur versants marneux du Pré-Rif, Moroc. *Bull Réseau Erosion* 1999 ; 19 : 297-310.

38. Aubert G. Réflexions sur l'utilisation de certains types de banquettes de « Défense et restauration des sols » en Algérie. *Cah Orstom Sér Pédol* 1986 ; 22 : 147-51.

39. Taobni M, Kouti A. Stratégies de conservotion, mises en œuvre et réactions du milieu et des paysages dans l'Ouest algérien. *Bull Réseau Erosion* 1993 ; 13 : 215-29.

40. Bellatreche A. *Érosion et perspectives de conservation des sols dons le bassin sédimentaire de Médéa-Beni-Slimane, Algérie.* Thèse de géographie USTHB Alger, 1986, 276 p.

41. Moachou B. Relation entre régime foncier des terres dans les bassins-versants et l'érosion. *Bull Réseau Erosion* 1993 ; 13 : 241-2.

42. Lowdermik WC. *Érosion et conservation des sols en Algérie.* Alger : Services de la colonisation et de l'hydraulique,1939 ; 32 p.

43. Roose E, Arabi M, Brahmia K, Chebani R, Mazour M, Morsli B. Érosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES : Synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. *Cah Orstom Sér Pédol* 1993 ; 28 : 289-308.

44. Roose E. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bull Pédol FAO* (Rome) 1994 ; 70 : 420 p.