

# Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans le bassin méditerranéen : classification en vue d'un usage renouvelé.

**ERIC ROOSE\* et MOHAMED SABIR\*\***

\*Réseau Erosion, IRD-ORSTOM, BP. 5045, 34032 Montpellier, France  
Courriel : Eric.Roose@mpl.ird.fr

\*\*Réseau GCES-Maroc, ENFI, BP.511 Salé, Maroc. Courriel:sabirenfi@wanadoo.net.ma

## **Résumé.**

Les versants méditerranéens ont la réputation d'être très sensibles aux phénomènes d'érosion pour des raisons écologiques (pluies erratiques, relief jeune), historiques (succession de civilisations) et démographiques (forte pression foncière). Les mesures des différents processus depuis la parcelle jusqu'aux bassins versants ont montré que l'érosion en nappe est faible, mais que le ruissellement augmente avec le pâturage et l'extension puis l'abandon des cultures, entraînant le ravinement, la dégradation des berges des oueds lors des fortes crues, des inondations et l'envasement rapide des barrages. Pour survivre face à l'aridification du milieu, les paysans ont développé de nombreuses techniques pour tirer parti de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. Les auteurs ont profité de la variété écologique des zones méditerranéennes pour étudier la diversité des stratégies de gestion de l'eau dans le Maghreb, Israël et les zones méridionales de l'Europe. Ils les ont classées en fonction de leur objectifs, de leur fonctionnement et des situations écologiques où elles ont été observées : systèmes de collecte du ruissellement, d'infiltration totale, de diversion ou de dissipation de l'énergie du ruissellement. L'étude de ces techniques peut aider à préciser le milieu écologique et à instaurer un dialogue amenant les communautés paysannes à entretenir leur environnement.

**Mots-clés : Bassin méditerranéen, Stratégies traditionnelles, Conservation de l'eau, Lutte antérosive, Typologie écologique.**

**Traditional strategies for soil and water conservation in mediterranean basin :  
Classification for a new conservation objective.**

**Abstract:** Mediterranean mountains have got a bad reputation concerning erosion risks. As these semi-arid landscape are never well covered, rains are erratic and slopes steep or long, gully erosion, landslides and floods may be dramatic during the cool rainy seasons and wind erosion frequent during the hot season. Measurements at different scales, showed that sheet erosion is weak, but runoff is increasing with overgrazing, deforestation, abandonment of degraded cultivated fields : then gullying is developing and degradation of riverbed embankments, floods and fast silting of reservoirs. To face this aridification of the landscape, farmers have developed numerous techniques to manage water, soils and biomass. Taking care of the diversity of ecological situations in the mediterranean basin, the authors have studied the diversity of farmer strategies of water management in the Maghreb, in southern Europe and Israël. They have classified the strategies in relation to their objectives , their functioning and their ecological areas where they were observed. The authors have distinguished 4 types : runoff farming, total infiltration, lateral diversion and runoff energy dissipation. These studies may help to understand the ecological environment, and to maintain a good dialogue with farmers helping them to maintain a good rural environment.

**Key-words : Mediterranean basin, traditional strategies, runoff management, ecological environment, water & soil fertility conservation**

## INTRODUCTION

La zone méditerranéenne a la réputation d'être sujet à des risques érosifs très élevés (Hudson, 1987). D'abord pour des raisons écologiques : les pluies sont erratiques, les sols sont mal couverts durant la saison des pluies, le relief est très jeune car des roches dures protègent des roches argileuses tendres, la terre tremble souvent, les versants sont raides avec des vallées étroites ou de longs glacis avec des vallées larges mais sujettes à la salinisation. Durant l'été torride, l'érosion éolienne est courante et les orages très violents. Par contre à la fin de l'hiver froid, les pluies tombant sur des sols saturés et encroûtés provoquent de forts ruissellements : des rigoles évoluent rapidement en ravines. Les crues qui dévastent les berges des oueds, entraînent des inondations, des glissements de terrain, l'envasement rapide des barrages (en 30 à 50 ans), la destruction des routes et autres ouvrages d'art. Tant que la végétation couvre les versants, les phénomènes de ruissellement et d'érosion restent modérés, mais on peut observer des désastres là où de longues averses tombent sur des sols nus saturés ou lors des orages violents d'automne (Demmak, 1982).

Par ailleurs de nombreuses civilisations se sont succédées autours de la Méditerranée de sorte que depuis trois mille ans, les forêts ont été défrichées pour produire du bois de chauffe et du bois d'oeuvre pour les constructions, les marines marchandes et militaires. Les peuples ont construit de grandes cités (milieu imperméable) et développé l'agriculture irriguée dans les plaines (salinisation) et l'élevage extensif en montagne (pour échapper aux envahisseurs). Il s'en est suivi la dégradation des couvertures végétales et des sols, l'encroûtement ou le décapage des horizons humifères, le creusement des rigoles en ravines, particulièrement le long des pistes et des drailles empruntées régulièrement par le bétail pour rejoindre les points d'eau et les pâtures (tassement).

C'est pourquoi, les paysans méditerranéens ont développé des stratégies pour minimiser les risques d'érosion, la dégradation des ressources en eau, en biomasse et la fertilité des sols (Lowdermilk, 1975, Roose, 1994). Vu la grande diversité écologique, le bassin méditerranéen est une zone intéressante pour observer ces processus d'érosion et les méthodes de gestion de l'eau et de la fertilité des sols avant la modernisation de l'Agriculture au 20<sup>ème</sup> siècle. Dans cette note, les auteurs présentent une synthèse des stratégies traditionnelles observées dans le Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie), la Lybie, Israël et le sud de l'Europe (France, Espagne et Crète). Ceci ne veut pas dire qu'il n'y en a pas ailleurs, mais que la plupart des méthodes se retrouvent sous des climats voisins de chaque côté de la mer. Il semble que beaucoup d'entre elles ont été introduite par les arabes revenant de Chine par la route de la soie, puis étendue et renouvelées par les romains (aqueducs, terrasses en gradins irrigués) Après avoir décrit la diversité des problèmes posés par l'eau en montagne semi-aride, les auteurs ont classé les systèmes antiérosifs traditionnels en tenant compte des risques de ruissellement à l'échelle des champs.

## 1. LES CARACTERES SPECIFIQUES DU MILIEU MEDITERRANEEN

### 1.1. Des pentes raides et des paysages ravinés

Sur photos aériennes, les zones méditerranéennes sont caractérisées par leurs versants raides profondément ravinés, des colluvions caillouteuses, des oueds torrentiels et des réservoirs rapidement envasés : ces signes sont des indicateurs de la puissance du ruissellement même dans les zones semi-arides. Et pourtant, les mesures de terrain ont souvent montré que ces paysages, colonisés depuis des millénaires, sont moins fragiles qu'il paraît à première vue. Certes les montagnes sont jeunes, les pentes souvent raides ou longues, les vallées étroites et les rivières torrentielles, mais tant que ces montagnes sont couvertes de forêts ou de matorral (pas trop dégradés), le ruissellement annuel ne dépasse pas 20% et les

pertes en terre 1 mm/an d'après Heusch (1970) sur les marnes du Pré-Rif et Laouina (1998) au Maroc, Delhumeau (1981) et Delhoume (1987) sur les calcaires tunisiens et Roose et al., (1993) sur différents sols d'Algérie.

De nombreuses ravines héritées du passé ne sont plus fonctionnelles sauf durant les averses exceptionnelles. Comme les sols sont généralement mal couverts, les averses exceptionnelles ont un impact beaucoup plus fort qu'en zones tropicales sur le ruissellement et les manifestations spectaculaires de l'érosion (ravines, glissements de terrain et inondations) (Roose, 1972). Contrairement à l'opinion générale, l'inclinaison de la pente n'augmente pas forcément le ruissellement ni même l'érosion : des roches peuvent protéger le sommet des collines, tandis que les colluvions profondes au bas des versants concaves peuvent collecter beaucoup de ruissellement lequel creuse des rigoles et des ravines profondes. La position topographique sur un versant peut être plus important que la pente (Heusch, 1970, Roose, 1972, Roose et al., 1993). Les colonisations successives, les pressions démographiques et économiques de ces 50 dernières années (déforestation, surpâturage, extension rapide des céréales et localement du cannabis pour la survie des paysans pauvres) ont rompu l'équilibre de ces paysages instables.

## **1.2. Des couvertures végétales dégradées, des forêts surexploitées et surpâturées.**

La végétation des zones semi-arides, généralement surpâturée, les céréales extensives, les vignobles et les vergers protègent mal le sol des pluies tombant en saison froide. (Roose et al, 1993). Les plantations de pins et d'eucalyptus sont sensibles au feu et leur exploitation intensive laisse le sol épuisé et nu. Les feux de brousse accélèrent le ruissellement et l'érosion durant quelques mois, mais si les adventices envahissent le sol au retour des pluies, l'érosion décroît rapidement (Martin, 1997). Dans le Maghreb, on assiste actuellement au recul de la forêt (<5% au Maroc) par surpâturage, feux et finalement cultures extensives de céréales (ou cannabis) en vue de s'approprier les terrains communaux (Roose et al., 1999).

Il s'en suit des glissements de terrain sur pentes fortes, des rigoles et ravines à mi-pente, inondations dans les vallées ou destruction des meilleurs sols sur les terrasses récentes et finalement aridification de tout le paysage. Les pratiques culturelles masquent les rigoles et autres indicateurs de ruissellement, mais l'épaisseur des sols diminue, la roche affleure et la production décroît. (Roose et al., 1993). Par manque d'eau et parce que les sols sont pauvres en azote et phosphore, les rendements des cultures sont très faibles (4 à 10 quintaux/ha) et la couverture végétale inopérante. Le cercle de la pauvreté est bien connu : parce que les sols sont pauvres, les petits paysans étendent les cultures et accélèrent encore la dégradation de leurs terres.

## **1.3. Importance des pluies exceptionnelles dans les paysages méditerranéens.**

Les zones méditerranéennes reçoivent la majorité des pluies durant les périodes froides de l'hiver et du printemps, pendant lesquelles les arbres n'ont pas de feuille et les cultures couvrent mal le sol. De plus les orages sont dangereux dans ces régions. Par exemple, il a plu 350 à 600 mm entre le 12 et le 14 novembre 1999 dans les vignobles du département de l'Aude (SO de la France) : des coulées boueuses et des inondations brutales détruisirent en deux jours l'économie régionale et tuèrent 35 personnes.

Mais d'après Demmak (1982), ces orages qui font tant de dégâts localement, n'apportent pas tant de sédiments dans les barrages que les longues averses tombant pendant plusieurs jours en hiver/printemps sur des sols saturés, dénudés, compactés par le pâturage ou finement préparés avant les semis. Ces pluies abondantes provoquent des débits de pointe importants qui emportent les sédiments accumulés dans les ravines et les oueds pendant des mois (ou années) de période sèches. (Olivry & Horelbeck, 1989).

Contrairement à l'opinion générale, les pluies ordinaires ont cinq fois moins d'énergie dans les montagnes méditerranéennes que les pluies tropicales (Roose et al., 1993). Il est donc important de noter que la source d'énergie dont dépend l'érosion est plus liée au ruissellement concentré dans les ravines et les oueds que dans la battance des pluies. (Heusch, 1970). Par conséquent la lutte antiérosive en région méditerranéenne doit s'organiser autour de la gestion des eaux sur les versants.

#### **1.4. Lithologie : succession de roches dures et tendres.**

D'après Demmak (1982), il y a une relation étroite entre le type d'érosion, les transports de sédiments et la lithologie. Là où les roches sont résistantes, on trouve les pentes les plus fortes et des couverts végétaux denses et des transports de sédiments faibles ; mais sur les roches argileuses tendres et les marnes on peut trouver des pentes relativement modérées, des activités humaines intenses, une végétation peu dense et des transports abondants de sédiments (Heusch, 1970).

#### **1.5. Les sols sont résistants à la battance des pluies mais peu à l'énergie du ruissellement.**

Les lithosols, les sols rouges fersiallitiques, les sols bruns calcaires, les rendzines noires et les vertisols gris qui couvrent la majorité des versants sont généralement bien structurés, bien aggrégés, riches en argiles (surtout de type 2/1), en calcaire, en fer libre ou en cailloux. Ils sont assez perméables s'ils ne sont pas tassés par le bétail et résistants à la battance des pluies, mais pas forcément au ravinement et glissement de terrain. La présence de gypse et de sel dans les marnes augmente beaucoup leur fragilité (tunnelling, glissements en masse et ravinements). La résistance des sols à la battance est limitée dans le temps (Kusle= 0,001 à 0,30) : avec le surpâturage, le défrichage, les cultures sans recyclage des matières organiques(MO), la charge solide des eaux de ruissellement en nappe reste modérée (MES = 1 à 3 g/l), mais dès qu'apparaissent les rigoles, la charge augmente jusqu'à 5 à 20 g/l sur rigoles et plus de 20 à 200 g/l dans les ravins et les oueds.

#### **1.6. Deux conséquences pour la conservation des sols.**

\* Durant de nombreuses années le paysage peut sembler stable, mais une averse de fréquence rare (1/10) peut changer profondément l'allure des versants. En zone méditerranéenne, les stratégies de conservation de l'eau et des sols doivent retarder le début du ruissellement, mais aussi prévoir la dissipation de l'énergie du ruissellement sur des surfaces stables (herbeuses, litière, mulch de cailloux), plutôt que de concentrer le ruissellement dans des canaux qui vont tôt ou tard se transformer en ravines lors des orages exceptionnels.

\* Sur les versants cultivés des régions tempérées et tropicales, l'énergie de la battance des pluies est indispensable pour préparer la terre à l'érosion en nappe. Sur les versants raides de la région méditerranéenne, l'énergie du ruissellement est suffisante pour arracher et transporter des mottes entières et des cailloux. L'érosion y est rarement sélective: la terre est directement décapée par les rigoles, ravines et glissements en planche.

## **2. LES PRINCIPAUX PROBLEMES DE DEGRADATION DES SOLS SUR LES VERSANTS**

Vu la diversité des situations écologiques et humaines, les paysans doivent faire face à des problèmes très divers pour tirer le meilleur parti des ressources naturelles.

## **2.1. L'érosion en nappe et la dégradation de la fertilité des sols.**

La forêt et le matorral apportent au sol 3 à 10 t/ha/an de litière et de racines qui vont être minéralisées rapidement, comme dans tous les pays chauds. Mais dès que cette forêt est pâturée, brûlée ou défrichée, l'équilibre est rompu et le taux de MO du sol diminue jusqu'à atteindre un nouvel équilibre fonction du système de production. Sous des seuils de 1.5 à 0.8% de MO.(en fonction du taux d'argile), l'activité de la mésofaune et la macroporosité s'effondrent, la capacité d'infiltration diminue, de même que l'aggrégation et la résistance à l'érosion. Il est donc essentiel de gérer astucieusement la biomasse et la fertilité des sols pour conserver sa productivité (Roose & Barthès, 2000).

L'érosion en nappe est partout active là où les sols sont dénudés, même si les paysans n'en sont pas conscients. Dans les parcelles d'érosion du Maghreb et même de Provence, l'érosion en nappe est modérée ( $E < 1 \text{ mm / an}$ ), mais elle participe à la dégradation de la fertilité des sols. Une analyse rapide des données à l'aide du modèle USLE (Wischmeier & Smith, 1960) montre que l'amélioration de la couverture végétale ou des cailloux du sol ( $C$  varie de 1 à 0,001) ou de la pente ( $SL$  varie de 0,1 à 20) est bien plus efficace que le choix du sol ( $K = 0,01$  à 0,30) et des techniques antiérosives ( $P = 1$  à 0,1). La lutte antiérosive (LAE) va donc tenter de modifier le système de culture et la topographie. La rugosité du sol perd de son efficacité sur les pentes supérieures à 25%.

## **2.2. L'érosion linéaire**

Pour les paysans l'érosion commence avec les rigoles et les ravines et la majorité des systèmes traditionnels de LAE s'appliquent à réduire le ruissellement concentré et l'érosion linéaire. Si on n'intervient pas sur les champs après les orages pour effacer les traces du ruissellement concentré, les rigoles vont nécessairement évoluer en ravines et ruiner la terre ; c'est le signe de l'abondance du ruissellement dont l'énergie a surpassé celle des pluies. En montagne méditerranéenne il va donc falloir développer un système de gestion des eaux de surface bien adapté aux pentes fortes, rocailleuses, peu couvertes.

Les principaux facteurs qui régissent le ravinement sont le volume ruisselé (fonction de la surface du bassin, la saturation du sol, la capacité d'infiltration et de stockage de l'eau), la vitesse du ruissellement (fonction de la pente, de la rugosité de la surface) et de la résistance du matériau au cisaillement développé par le ruissellement.

## **2.3. Les mouvement en masse.**

Glissements rotationels ou en planche, solifluxion, laves torrentielles sont fréquents lors des averses abondantes. Les paysans en ont peur et n'ont aucune parade, sauf de situer leur habitat sur des segments convexes des versants ou de planter des eucalyptus qui dessèchent le sol. Le creeping est accéléré par le travail du sol (1 à 4 mm/an en fonction de la fréquence et de l'intensité du travail). Les talus en bas des parcelles croissent de 10 à 20 cm/an, essentiellement par l'érosion due au travail du sol.

En conclusion, les stratégies traditionnelles de LAE s'intéressent particulièrement à la gestion du ruissellement sur les versants pour améliorer la productivité du sol. Il s'agit de capter le ruissellement dans des citernes ou les sols cultivés, d'améliorer l'infiltration des pluies, d'évacuer rapidement les excès d'eau vers des exutoires ou de dissiper l'énergie du ruissellement au travers des bandes enherbées, des haies ou des cordons de pierres.

### 3. LA GESTION DES EAUX POUR PROTEGER LES SOLS

Les différents systèmes observés seront classés selon quatre modes de gestion de l'eau et en raison de leur fonctionnement.

#### 3.1. La capture du ruissellement sous impluvium en région semi-aride.

##### 311. Stockage de l'eau dans le sol.

\* **Agriculture sous impluvium.** Le ruissellement provenant du sommet des collines (souvent surpâturées) est absorbé dans les colluvions cultivées en céréales au pied des collines : ex Gabès en Tunisie (Bourges et al., 1984). Avec le tracteur, les paysans travaillent rapidement le pied des collines marneuses, en espérant collecter assez d'eau tous les 2 ou 3 ans pour produire un peu plus de 5 quintaux/ha de grain et autant de paille.

\* **Les meskat** couvrent 200 000 ha dans la région de Sousse en Tunisie. Avec 200 mm de pluie, les oliviers ont besoin de doubler leur surface pour produire leurs fruits. Les sommets des collines sont maintenus dénudés(surpâturés) pour produire du ruissellement qui est redistribué dans la zone cultivée (Manka), grâce à un gros billon (tabia), capable de stocker le ruissellement de fréquence cinquantenaire. (El Amami, 1983). Actuellement la pression foncière est si forte que l'impluvium est progressivement envahi par les oliviers.

\* **Les demi lunes de terre et de pierres** délimitent des cuvettes de 4 à 10 m<sup>2</sup> : construites à la base d'une colline rocheuse elles sont plantées d'oliviers qui propèrent sous des pluies de 300 mm/an dans la plaine de Kairouan (Tunisie).

\* **Dans le désert du Neguev en Israel, des canaux** récoltent le ruissellement le long des collines pour irriguer des arbres plantés dans des cuvettes, ou des champs de céréales. Sabir et al., (1999) ont observé récemment dans le Rif occidental au Maroc, des **chemins pavés** recueillant le ruissellement issu des sommets des collines surpâturées et le redistribuant dans les terrasses en gradins cultivées en aval.

\* **Empilements.** Dans les zones caillouteuses du Rif, les auteurs ont observé les paysans déplaçant les grosses pierres (>20 cm) et les empilant sur des gros blocs inamovibles pour faciliter le labour et augmenter la surface cultivable. Ces empilements vont croître avec le temps pour former des **cordons de pierres** d'abord discontinus et enfin des cordons continus qui dissipent l'énergie du ruissellement. Si la forme et la fréquence des pierres le permettent, des **murettes de pierres** sont construites en priorité pour isoler les champs cultivés du bétail.

\* **Les terrasses en gradins** souvent irriguées sont nées en Chine il y a 3000 ans et se sont répandues dans le bassin méditerranéen avec le commerce de la soie et des esclaves il y a environ 1500 ans. Elles ont été améliorées en Crète par la protection du talu par un mur de pierres. On les retrouve en Espagne, dans le midi de la France comme dans le Rif et l'Atlas au Maroc (Laouina, 1998). Leur construction est progressive car elle demande 800 à 1500 jours de travail par hectare. Comme leur entretien exige aussi beaucoup de main d'oeuvre, elles sont souvent abandonnées si leur production n'est plus assez rentable. En Espagne, en situation favorable (vignobles et citrus), les murettes sont cimentées pour réduire au minimum la maintenance. (Valencia).

##### 312. Les systèmes stockant le ruissellement dans des citernes.

\* Les « **Magden** » en Algérie, « **matfia** » dans le Rif ou « **lavogne** » en France sont des **mares creusées à ciel ouvert** de quelques dizaines de m<sup>3</sup> qui stockent le ruissellement d'une piste ou d'un court impluvium (caillouteux ou encroûté et tassé), pour assurer l'abreuvement du bétail. Avec une mare de 80 m<sup>3</sup>, il fut possible dans la région de l'oued Mina en Algérie d'entretenir 40 moutons et une famille et d'irriguer un petit jardin fruitier dans des collines

marneuses recevant 300 mm de pluie par an. Le plus gros problème est de réduire l'apport de sédiments et de maintenir la qualité des eaux en tenant le bétail hors de la mare.

\* **Les citernes cimentées.** Les romains et les arabes ont construit bon nombre de citernes enfouies dans le sol, captant les eaux du toit (Mazets de Montpellier) ou d'un impluvium rocheux (citerne Telman étudiée par Bourges et al, 1979 près de Gabès en Tunisie). Van Wesemael et al. (1998) ont étudié 51 citernes enfouies (aljibes) dans la province de Almería (Espagne). Ce système est encore viable de nos jours pourvu que la citerne et le volume ruisselé soit suffisant pour remplir la citerne (>60 m<sup>3</sup>).

### **313. Le stockage du ruissellement dans la vallée.**

\* **Construction de terrasses étroites dans l'oued.** Dans les zones semi-arides où il est difficile de cultiver les versants, des haies vives sont implantées en bordure de l'oued pour ralentir la vitesse du courant, capter les eaux et leur charge en sédiments pour construire progressivement un jardin de saison sèche ou alimenter une « séguia » (canal courant le long de la colline pour irriguer une terrasse en aval). Ces haies sont constituées de cannes de Provence, divers peupliers, saules, frênes, tamaris, eucalyptus et lauriers roses, carex et joncs.

\* **Les jessours.** Dans les zones arides du sud de la Tunisie, des digues en terre sont construites en série dans les vallées pour capter le ruissellement et sa charge solide en vue de construire une suite de terrasses plantées progressivement en arbres fruitiers (palmiers, figuiers et oliviers), en céréales et légumineuses (Bonvallot, 1986).

\* **Limans.** Il s'agit d'une digue barrant une tête de vallée dans le Néguev pour intercepter les rares crues. La culture est organisée en amont dès que l'infiltration du ruissellement est complète. (Evenser et al, 1968).

\* **Des barrages collinaires** sont construits en Tunisie Centrale pour récolter le ruissellement qui sera redistribué pour l'irrigation de petites terrasses en aval, ou pompée sur les bords. (Albergel et al. 1998).

### **3.2. Systèmes favorisant l'infiltration totale**

Là où les pluies sont inférieures à 400 mm/an, les paysans ont développé les fameuses **terrasses méditerranéennes** sur des pentes atteignant 40% : au-delà, les risques de glissement de terrain augmentent rapidement surtout sur argilite, marnes, schistes et gneiss. En fonction du matériau disponible localement, les talus sont en terre (comme dans les loess chinois), ou renforcés par des herbes (s'il n'y a pas de pierre) ou par des pierres aux endroits sensibles. Mais généralement, on s'oriente vers des techniques comme le sous-solage profond, le billonnage cloisonné et le paillage pour améliorer l'infiltration (Hudson, 1987).

### **3.3. Les techniques basées sur la diversion des excédents d'eau.**

\* **Les sillons de diversion (dérayures)** peuvent servir à évacuer rapidement les excès d'eau à la surface des champs de céréales. C'est le cas sur les sols argileux tant en Algérie, dans le Rif qu'en Aveyron dans le sud de la France. La pente de ces sillons ne doit pas dépasser 5% sous peine d'être à l'origine d'une ravine. Dans le vignoble de Banyuls (midi de la France) des murettes en pierres retiennent la terre sur les versants raides schisteux. Mais pour éviter les glissements de terrain, il a fallu ouvrir des **fossés obliques** qui drainent les eaux excédentaires vers des collecteurs principaux empierrés : ces **drains en arrêtes de poisson** fonctionnent comme le **billonnage oblique**, pratique culturale qui permet un lent drainage des eaux vers des exutoires aménagés en bordure des parcelles. Ces systèmes de diversion réduisent les risques de ravinement dans les parcelles cultivées, mais accélèrent le drainage du versant,

tendent à raviner les exutoires et à augmenter les débits de pointe dans les vallées (érosion des berges et inondations).

\* Des **fossés de diversion** (R'foussi en berbère) peuvent aussi capter les eaux des impluviums (route ou glacis) pour les étaler sur les champs de culture où les orienter vers les cuvettes des oliviers (plaine de Midar dans le Rif oriental)(Communication orale de Abbassi, 2000).

### **3.4. Les techniques de dissipation de l'énergie du ruissellement.**

\* **Les terrasses progressives en amont de microbarrages perméables.** Au lieu de concentrer les eaux de ruissellement en nappe dans des fossés de diversion (avec les risques que l'on sait en montagne) ce système tente de ralentir le ruissellement et de dissiper son énergie en dispersant les eaux sur la rugosité de la surface du sol (mottes, cailloux, paillage, litière de résidus de culture, adventices) et sur des structures perméables (bandes enherbées, haies, talus enherbés, cordons de pierres)(Roose, 1994). En montagne méditerranéenne ce système de gestion de l'eau est très fréquent avec des talus couverts d'herbes diverses(diss, sulla, etc.), de buissons (oléastres, amandiers, palmiers doum, acacia horrida) ou de cactus (opuntia, agaves).

Sur les lithosols, les pierres sont accumulées en tas, en cordons ou en murettes de pierres, selon la qualité et la fréquence des pierres. Les talus s'élèvent progressivement grâce aux labours, à la sédimentation des terres érodées entre les talus et aux soins des paysans (5 à 20 cm/an). La pente diminue jusqu'à atteindre une forme concave en équilibre, mais le ruissellement continue de descendre la colline, en écoulements diffus, avec une vitesse et une énergie réduites. Lors des pluies importantes, les versants aménagés en talus ne ravinent pas comme leurs voisins non aménagés (Abbassi : communication orale, 2000).

\* **Les terrasses en gradins avec des murettes en pierres.** En Espagne, on peut admirer des terrasses en gradins construites depuis le 4ème siècle sous la pression des Romains, puis des arabes (ex : Benicadell, Valencia). Sur les « bancales » construites sur les pentes modérées et les meilleurs sols des piedmonts poussent des cultures mixtes (oliviers et céréales). Sur les sommets concaves des versants, les « terrazas » sur lithosols superficiels ne supportent que des amandiers rustiques : elles sont abandonnées aux forêts de pins en cas de manque de main d'oeuvre (Rubio & Asins, 2000). Des financements européens permettent actuellement leur réhabilitation pour favoriser le tourisme. Certaines pratiques culturelles augmentent l'efficacité de ces terrasses comme le labour grossier profond, le paillage ou le semis direct dans la litière des résidus de culture.

## **4. DISCUSSION**

**4.1. L'efficacité des systèmes traditionnels.** De nombreux systèmes traditionnels de conservation de l'eau et des sols ont été décrits et classés en fonction du bilan hydrique local, de la topographie, de leur fonctionnement et de leurs objectifs. Il en existe peut-être encore d'autres dans les pays méditerranéens non visités. Leur efficacité est limitée par les conditions climatiques et socio-économiques qui varient dans le temps et dans l'espace. La stabilité des versants est donc dynamique et peut passer par diverses phases en relation avec l'évolution des populations et des conditions socio-économiques : dégradation du milieu lors du défrichement et des premières cultures, stabilisation par les aménagements, déstabilisation à cause de l'émigration de la main d'oeuvre jeune, mais restabilisation au retour des émigrés, grâce aux investissements des retraités pour s'assurer la propriété du foncier.

**4.2. La pérennité des techniques traditionnelles.** De nos jours, certains systèmes traditionnels sont en voie de disparition, non pas qu'ils soient incapables de préserver les ressources naturelles, mais parce que les conditions humaines ont changé. Au sud de la Méditerranée, la population a quintuplé depuis le début du siècle et exige des systèmes plus performants et un niveau de vie plus conforme à ce qu'on peut voir à la télévision. Ces systèmes traditionnels exigent souvent beaucoup de travaux d'entretien. Or les jeunes émigrent en ville ou en Europe pour gagner mieux leur vie (et celle des familles restées au pays) : on manque localement de main d'oeuvre ou de financement pour leur entretien. En Europe, la population rurale a diminué et les systèmes qui ne sont pas adaptés à la mécanisation sont abandonnés. Récemment pourtant, l'Union Européenne a financé un programme de réhabilitation des terrasses en Espagne pour restaurer des paysages (tourisme) et aussi pour protéger des villes et des plaines agricoles contre les crues, les inondations et les flots de boue.

**4.3. La gestion de l'eau et de la fertilité des sols en montagne.** La majorité des techniques de LAE en montagne semi-aride vise d'abord la gestion de l'eau, sa capture, son stockage et sa valorisation. Mais en même temps qu'il « irrigue » les terres, le ruissellement capté apporte des matières en suspension et améliore la fertilité du sol.

Dans les zones semi-arides, la production végétale n'est pas seulement limitée par la disponibilité en eau mais aussi par les carences du sol en nutriments, principalement en phosphore et en azote, continuellement exportés par les récoltes de céréales. Pour restaurer la capacité de production des terres, les paysans pratiquent toute une série de techniques traditionnelles : la rotation ou l'association des céréales et des légumineuses, le fumier (généralement pauvre qualitativement et en faible quantité), divers systèmes de compostage, la jachère pâturée, des systèmes agro-forestiers (rotation céréales/fèves sous oliviers, amandiers ou figuiers) et sylvo-pastoraux (parcours sous divers chênes). Ces systèmes complexes aident à maintenir un niveau minimal de production (4 à 15 quintaux/ha/an), mais un apport complémentaire d'engrais minéraux (N+P) est indispensable pour valoriser les apports d'eau si on veut intensifier la production.

**4.4. L'agriculture de montagne oubliée du développement.** Ces cinquantes dernières années, les gouvernements du Maghreb ont investi dans l'industrie, l'irrigation et l'intensification de l'agriculture des plaines, pour faire face à la pression démographique : mais personne ne s'est investi dans les montagnes ! Dans les montagnes, les paysans pauvres se sont débrouillés comme ils ont pu pour survivre, étendant les cultures céréalières jusque sur les versants les plus raides, sacrifiant les arbres, le matorral et même les résidus de culture pour assurer la survie de l'élevage (principale ressource financière), pour l'énergie (30% du temps est consacré à la récolte du bois et des réserves fourragères) ou pour la culture du cannabis, la plus rentable dans le Rif. Faute d'investissements productifs et de recherches, bien des versants sont dénudés, les terres abandonnées sont ravинées et la couverture pédologique envase les réservoirs. L'émigration s'accélère dans ces zones. Comme les versants se dégradent lors du défrichement et des premières années de céréaliculture, il va falloir inventer un système d'extension et de valorisation des versants raides par plantation d'arbres fruitiers sur cuvettes respectant un espace couvert de plantes fourragères pérennes pour l'élevage.

## 5. CONCLUSION.

### 5.1. L'échec partiel des stratégies d'équipement et de restauration des sols.

Devant l'accélération des méfaits de l'érosion durant le 20ème siècle, les gouvernements centraux ont proposé deux approches :

\* **la conservation de l'eau et des sols (CES)** (Bennet, 1939) : l'Etat finance des projets de protection des sols en vue de maintenir la qualité des eaux des barrages ou de protéger des aménagements ou la productivité des sols. Or le rythme d'envasement des barrages n'a pas baissé et la dégradation des sols continue entre les banquettes. Actuellement les sols sont si dégradés qu'il est rarement rentable de les restaurer.

\* **la défense et restauration des sols (DRS)** par la plantation des forêts, le terrassement des versants cultivés et la correction torrentielle. Au bout d'un demi siècle, bien des arbres plantés n'ont pu se développer correctement et les sols sous litières de pin ou d'eucalyptus sont épuisés. Il faut d'urgence trouver des terres productives. Après l'analyse de 150 programmes de CES ou DRS, Hudson (1987) a du conclure à l'échec de ces stratégies : les sols continuent à se dégrader, les lacs à s'envaser et les diverses formes d'érosion à s'étendre. Les tentatives de compensation par l'apport des structures de base en montagne n'ont pas résolu le problème.

**5.2. La Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols.** Au séminaire de Puerto Rico (1987), une nouvelle stratégie a été proposée (la GCES ou Land husbandry), basée sur la participation paysanne pour résoudre leurs problèmes « valoriser durablement la terre et le travail ». Le défi consiste à augmenter la productivité des terres tout en réduisant les risques d'érosion. Il s'agit de donner une chance aux cultures de couvrir rapidement le sol en améliorant l'infiltration et la disponibilité en nutriments. Au niveau de la recherche, cette approche a été testée dans diverses conditions en France, Algérie, Burkina, Cameroun, Cap-Vert, Rwanda, Burundi, Haïti, Equateur, etc. (Roose, 1994).

### 5.3. L'utilité pour le développement rural des études sur les techniques traditionnelles.

L'étude des performances des stratégies traditionnelles s'avère particulièrement utile pour définir avec les paysans un nouveau point de départ pour tenter de résoudre au niveau local les problèmes d'érosion qui ne peuvent trouver de solution purement technique. Les paysans connaissent mieux que quiconque les difficultés du milieu qu'ils exploitent. L'approche participative dès le stade du diagnostic améliore les connaissances du milieu écologique et humain. Les chercheurs, en relation étroites avec les techniciens de l'Etat et les paysans doivent étudier les potentialités, les limites et les améliorations possibles des techniques traditionnelles connues des paysans. Du dialogue entre paysans et scientifiques peut naître une prise en charge de l'environnement rural par la communauté qui exploite ses ressources naturelles moyennant une aide technique et financière de l'Etat: en effet l'entretien du « château » d'eau que constitue la montagne profite aux occupants des vallées et des villes en aval. Il ne reste pas moins des problèmes graves (glissements de terrain, inondations, ravinement torrentiel, érosion par les oueds) qui restent du ressort d'équipes techniques spécialisées plus compétantes au service de l'Etat.

## BIBLIOGRAPHIE

- Albergel J., Boufaroua M., Pepin Y. (1998).** Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires en Tunisie semi-aride.  
Bull. Réseau Erosion, IRD-ORSTOM, Montpellier, **18** : 67-75.
- Arabi M. & Roose E. (1989).** Influence de quatre systèmes de production sur l'érosion en zone méditerranéenne de moyenne montagne algérienne.  
Bull. Réseau Erosion **9** : 39-51.
- Bonvallet J. (1986)** Tabias et jessour du Sud tunisien. Cah.Orstom Pédol., **22**, **2** : 163-172.
- Bourges J., Floret C., Girard G., Pontanier R. (1979).** Etude d'un milieu représentatif du Sud tunisien type segui : la citerne Telman (1972-1977).  
Rapport ORSTOM-DRES, Tunis, 147 p.
- Delhoume J.P. (1987).** Ruissellement et érosion en bioclimat méditerranéen semi-aride de Tunisie Centrale. In « Processus et mesures de l'érosion » Edn.CNRS, Paris : 487-507.
- Delhumeau M. (1981).** Etude de la dynamique de l'eau sur parcelles du bassin de l'Oued Sidi Ben Naceur, Nord Tunisie. Rapport ORSTOM Tunis, 80 p.
- Demmak A. (1982).** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse Doct. Ing. Paris, 323 p.
- El Amami S. (1977).** Traditional technologies and development of the african environments. Utilisation of runoff water : the meskat and other techniques in Tunisia.  
African Environment, **3** : 107-120.
- Evenary M., Shanani L., Tadmor N. (1968)** Runoff farming in the Negev desert.  
Agron.J., **60**, **2** : 29-38.
- Heusch B. (1970).** L'érosion du Pré Rif. Etude quantitative dans les collines marneuses.  
Annales Recherches Forestières du Maroc **12** : 9-176.
- Hudson N.W. (1987)** Soil and water conservation in semi-arid areas.  
FAO Soils Bull.**57**, 172 p.
- Hudson N.W. (1991).** A study of the reasons for success or failure of soil conservation projects. FAO Soils Bull., Rome, **64** : 65 p
- Laouina A. (1998).** Dégradation des terres dans la région méditerranéenne du Maghreb.  
Bull. Réseau Erosion , **18** : 33-53.
- Lowdermilk W.C. (1975)** Conquest of the land through 7000 years.  
Agric.Information Bull. **99**, USDA-SCS, Washington DC, USA
- Martin C. (1997)** L'érosion hydrique après incendie de forêt dans le bassin du Rimbaud (Var, France). Bull. Réseau Erosion, ORSTOM Montpellier, **17** : 83-92.
- Olivry C. & Hoorelbeck J. (1989).** Erodabilité des terres noires de la vallée du Büech (France) Cah. ORSTOM Pédol.Paris, **25**, **1** : 95-110.
- Reij C, Scoones I. & Toulmin C. (1996).** Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique. CTA-CDCS-KARTHALA edn, 355 p.
- Roose E. (1972).** Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antiérosive en régions tropicale humide, tropicale sèche et méditerranéenne.  
Comm. Journées Etude du Génie Rural, Florence : 417-441.
- Roose E. (1991).** Conservation des sols en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de LAE, la GCES. Cah. ORSTOM Pédol., **26**, **2** : 145-181.
- Roose E., Arabi M., Brahamia K., Chebbani R., Mazour M., Morsli B. (1993).** Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne d'Algérie : synthèse de 50 parcelles. Cah.ORSTOM Pédol., **28**, **2** : 289-308.

- Roose E. (1994).** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES). Bull.Sols FAO, Rome, **70** : 420 p.
- Roose E. & Barthès B. (2001)** Organic matter management for soil conservation in Africa. Nutrients Cycling in Ecosystems, **61** : 159-170
- Sabir M., Roose E., Merzouk A., Nouri A. (1999).** Techniques traditionnelles de gestion de l'eau et de lutte antiérosive dans deux terroirs du Rif occidental (Maroc). Bull. Réseau Erosion, Montpellier, **19** : 456-471.
- Roose E. & M.Sabir.(2001).** Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en zones méditerranéennes. Séminaire Internat.Montpellier 2000 »Hydrologie des régions méditerranéennes » PHI-V. Doc.Technique.en Hydrologie n°51 :101-109.
- Rubio J.L. & Asins S. (2000).** Typology of traditional bench terracing at the comunidad Valenciana (Spain). Poster at the Third Int. Congress « Man and soils at the third millenium », Valencia, Spain, 28/3-1/4/2000.
- Van Wesemael B., Poesen J., Solé Benet A., Carabarrionuevo L, Puigdefabregas J.(1998)** Collection and storage of runoff from hillslopes in a semi-arid environment : geomorphic and hydrologic aspects of the aljibe system in Almeria Province, Spain. J of Arid Environment, Academic Press, **40** : 1-14.
- Wischmeier W.H.& Smith D.D. (1960).** A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. Proc. 7th Congress Int. Soil Sci. Soc., **1** : 418-425.