

# Les techniques traditionnelles de gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols

*Mohamed SABIR  
Éric ROOSE  
Jamal AL KARKOURI*

## Introduction : la gestion des eaux sur les versants pour protéger les sols

### Les fiches descriptives

La zone méditerranéenne a la réputation d'être sujette 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. Les séismes sont fréquents. Les versants sont raides avec des vallées étroites ou de longs glacis avec des vallées larges mais sujettes à la salinisation. Durant l'été très chaud, 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 évoluant rapidement en ravines (ROOSE, 2005). Les crues qui dévastent les berges des oueds entraînent des inondations, des glissements de terrain, l'envasement rapide des barrages, la destruction des routes et autres ouvrages d'art.

Par ailleurs, les nombreuses civilisations qui se sont succédé autour de la Méditerranée depuis trois mille ans ont défriché les forêts pour produire du bois de chauffe et du bois d'œuvre 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. Il s'en est suivi la dégradation des couvertures végétales et des sols.

C'est pourquoi, les paysans méditerranéens ont développé diverses stratégies pour minimiser les risques d'érosion, la dégradation des ressources en eau, de la biomasse et de 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 vingtième siècle.

Dans ce chapitre, les auteurs présentent une synthèse des stratégies traditionnelles observées dans le Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie) sous forme de 30 fiches analytiques. Les auteurs ont classé les systèmes antiérosifs traditionnels en tenant compte des risques régionaux de ruissellement et du mode de gestion des eaux superficielles à l'échelle du versant.

Plusieurs systèmes de classification peuvent servir pour présenter les observations faites sur les diverses techniques de lutte antiérosive :

- une simple description technique sans relation particulière (ex. HURNI, 1995) ;
- une description par zones écologiques (voir chapitre 12) ;
- une classification par objectif comme nous le faisons ci-dessous dans les fiches techniques des aménagements antiérosifs observés en zone méditerranéenne.

Les différents systèmes antiérosifs observés seront classés selon quatre modes de gestion de l'eau et en raison de leur fonctionnement, ils sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2

*Structures antiérosives et pratiques culturales en relation avec le mode de gestion des eaux*

<b>Mode de gestion de l'eau</b>	<b>Structures</b>	<b>Techniques culturales</b>
<b>Capture</b>	Impluvium, citernes	Labour localisé, cuvettes
Agriculture sous impluvium	Drains vers microbassins	Microbassins
Zones arides et semi-arides	Digues sur les oueds	Zai, billons isohypes
	Terrasses discontinues	–
<b>Infiltration totale</b>	Fossés aveugles	Labour grossier
Zone semi-aride	Terrasses radicales	Billons cloisonnés
Zone humide sur sol très perméable	Gradins méditerranéens	Paillage
<b>Diversión</b>	Fossés de diversion	Billons obliques
Climat sub-humide,	Banquettes de diversion	Billons parallèles à la pente
+ mois très pluvieux	Terrasse radicale drainante	Double dérayure
ou sol peu perméable		
<b>Dissipation de l'énergie</b>	Terrasses progressives	Agroforesterie
Tous climats,	Cordons ou murs de pierres	Labours mottesux
Sols semi-perméables,	Talus enherbés,	Prairies alternées
pentés moyennes	Haies vives, lignes d'herbes	Paillage ou lit de cailloux

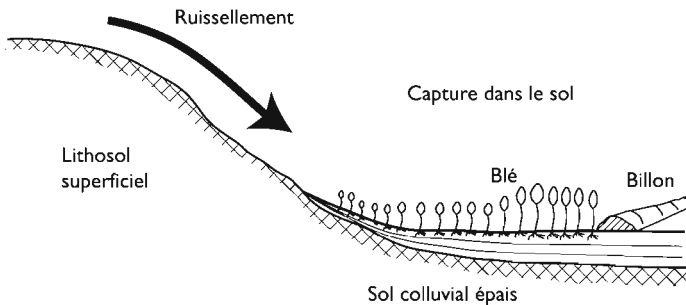
# La capture de l'eau en région semi-aride

## Fiche 1

### L'agriculture sous impluvium

#### Description

Un impluvium est une surface peu perméable (argileuse ou encroûtée), rocheuse ou tassée naturellement par le bétail ou artificiellement (épandage de produits pétroliers ou des déchets d'huilerie) qui produit un ruissellement en nappe abondant, disponible pour un champ cultivé à l'aval. Il n'y a pas d'aménagement antiérosif spécifique, sauf parfois un bourrelet en aval du champ. Il suffit de choisir un champ sous un impluvium et d'aménager la surface d'un sol profond capable de stocker à la fois l'eau de la pluie et le ruissellement provenant de l'impluvium. Un labour grossier, un billonnage cloisonné ou un semis direct sous paillage permettent d'assurer une infiltration satisfaisante.



#### Objectifs

En zone semi-aride, si l'on souhaite transformer un matorral dégradé ou une jachère dégradée en terrain de culture qui assure une production satisfaisante avec une fréquence acceptable, on a deux solutions : irriguer ou récupérer le ruissellement d'un versant inculte (ou d'une piste, d'un hameau), pour stocker dans le sol profond un volume d'eau suffisant pour assurer le cycle végétatif complet. Dans le cas présent, il s'agit donc de sélectionner une zone basse où les sols sont épais (> 1 m), surmontée d'un impluvium nu et tassé qui fournira un complément d'eau issue du ruissellement en nappe. Il faut donc comprendre que, contrairement à une irrigation qui est généralement faite en période sèche, quand les plantes manquent d'eau, dans le cas de l'agriculture sous impluvium, le complément d'eau est fourni lors des averses les plus importantes : il est donc essentiel de diriger le ruissellement vers un sol profond capable de stocker l'eau, mais aussi de maintenir un état de surface du champ permettant une infiltration permanente y compris en période humide.

### Extension

On a observé la capture du ruissellement des collines (parcours dégradés) et le stockage des eaux de surface dans les colluvions en bas de pente dans la région de Tiznit (Anti-Atlas), mais aussi dans l'Oriental et dans la zone s'étendant d'Agadir à Essaouira. On peut envisager d'étendre cette mise en valeur dans les zones arides et semi-arides du Maroc.

### Moyens et coûts

– Labour grossier du champ à cultiver : 400 Dm/ha<sup>1</sup>

ou bien

– Semis direct sous litière : 200 Dm/ha

Pour mémoire : on peut améliorer le ruissellement sur le versant en le pulvérisant d'huiles minérales ou de déchets d'huilerie. Généralement, c'est le passage du bétail qui se charge de tasser la surface du sol et de le débarrasser des herbes.

### Suivi et entretien

– Éviter l'érosion à la fois de l'impluvium et du champ en gérant la biomasse superficielle et la matière organique du sol.

– Recouvrir d'un paillis de cailloux sur impluvium.

– Reboucher les rigoles et tasser la surface de l'impluvium : lutter contre les termites, les vers de terre, les fourmis et autres animaux qui creusent des macropores dans le sol.

– Favoriser l'encroûtement de l'impluvium. En pratique, le passage répété du troupeau permet d'atteindre rapidement et au moindre frais cet état de surface.

#### Avantages

- Technique peu coûteuse
- Facile à réaliser (tracteur et charrue à socs ou à dents)
- Mise en culture limitée aux meilleurs sols, d'où moins de temps perdu pour le sarclage
- Récupération des eaux et des sédiments produits par l'impluvium, donc moins de ravinement en aval
- Amélioration de la productivité des meilleures terres

#### Inconvénients

- Risque de rigoles dans les impluviums et de ravinement des champs cultivés
- Dégradation de la surface du sol de l'impluvium : perte de MO et compaction de l'horizon superficiel

1. 1 dirham marocain = 1 euro en juin 2008.

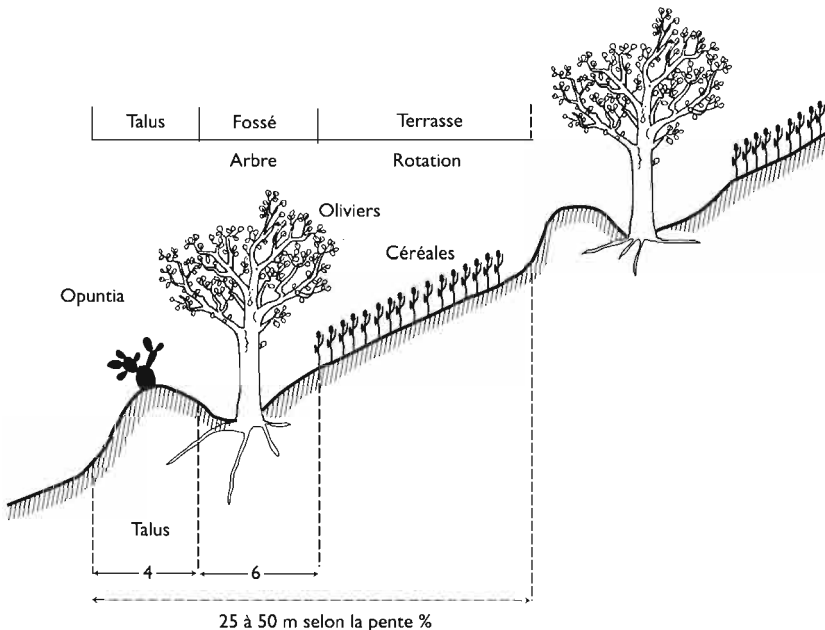
**Fiche 2**

**Les diguettes ou *tabia***

*Description*

Le mot « *tabia* » signifie tout type de diguette en terre, construite soit sur les versants, soit dans les ravins et les vallées pour capter le ruissellement et sa charge solide en vue de stabiliser les terres et d'intensifier la production des cultures (MOLLARD et WALTER, 2008).

En zone semi-aride, les longs versants cultivés produisent un ruissellement abondant, surtout sur les sols sensibles à la battance : celui-ci est intercepté par une série de levées de terre et forcé de s'infiltrer dans le sol. Traditionnellement, ces diguettes ne dépassent guère 50 cm de haut et de large et sont couvertes de mottes d'herbes, de cactus ou d'euphorbes : elles servent aussi de limite des parcelles. Ces diguettes en courbe de niveau peuvent barrer un champ ou s'allonger sur 70 à 500 m au travers du versant. Les extrémités de ces diguettes sont recourbées vers l'amont de façon à stocker 20 à 50 cm d'eau à leur pied : des pierres ou des touffes d'herbes protègent ces extrémités contre l'érosion par les eaux de débordement. Les parcelles entre les diguettes sont cultivées en rotation (céréales, légumineuses, jachères). Les *tabia* disposées en quinconce sont capables de stocker le ruissellement de toutes les pluies inférieures à 50 mm. Lors des plus grosses averses, l'excédent déborde soit des diguettes et ravine l'ensemble du versant, soit par les petits seuils aménagés en quinconce. Ces aménagements, surtout s'ils ont été réalisés mécaniquement à l'aide de gros engins qui raclent le sol sur une bande de 4 à 10 m de large pour élever des digues de > 1,5 à 2 m de haut tous les 30 à 50 m, entraînent une perte de surface cultivable de 10 à 25 % et réduisent considérablement l'eau collectée dans les lacs collinaires en aval (ALBERGEL *et al.*, 2004).



### Objectifs

Récupérer les eaux de ruissellement des champs cultivés pour les forcer à s'infiltrer dans les sols et apporter ainsi un supplément d'eau aux cultures des zones semi-arides. Ces diguettes réduisent aussi l'apport d'eau et de sédiments dans les retenues en aval.

Les *tabia* sont aussi utilisées pour restaurer la végétation dans les ravines (par exemple les *jessour* – voir fiche 23 – en milieux arides et les jardins de ravine en zones semi-arides et semi-humides)

### Extension

Rarement observée au Maroc (Oriental), cette technique, appelée banquette en Algérie et Afrique occidentale, et *tabia* en Tunisie, pourrait être étendue en zones de piémonts semi-arides du Maroc.

### Moyens et coûts pour 400 m<sup>3</sup>/ha

- Construction des bourrelets en bas de pente : 2 000 Dm/ha
  - Protection des diguettes par cactus ou herbes pérennes : 1 000 Dm/ha
  - Fumure (fumier, NPK) : 500 Dm/ha
- Total : 3 500 Dm/ha

### Suivi et entretien annuel<sup>2</sup>

- Entretien des *tabia* (2 JT) : 100 Dm/ha
  - Traitement phytosanitaire des cultures : 200 Dm/ha
  - Apport de fumure (1 JT) : 500 Dm/ha
- Total : 800 Dm/ha/an

#### Avantages

- Permet une production céréalière relativement stable dans les zones semi-arides
- Appoints en eau aux plantations arbustives
- Amélioration de la productivité des terres
- Réduction des risques de ruissellement, d'inondation et d'érosion à l'aval

#### Inconvénients

- Coût relativement important
- Exige beaucoup de main-d'œuvre
- Perte de 8 à 25 % de surface cultivable selon la pente (largeur de la diguette + la zone décapée)

2. Jour de travail payé 50 Dm/jour, le smic rural du Maroc = 5 US dollars/jours.

### Fiche 3

## Les meskat : capture du ruissellement d'un impluvium pâturé

### Description

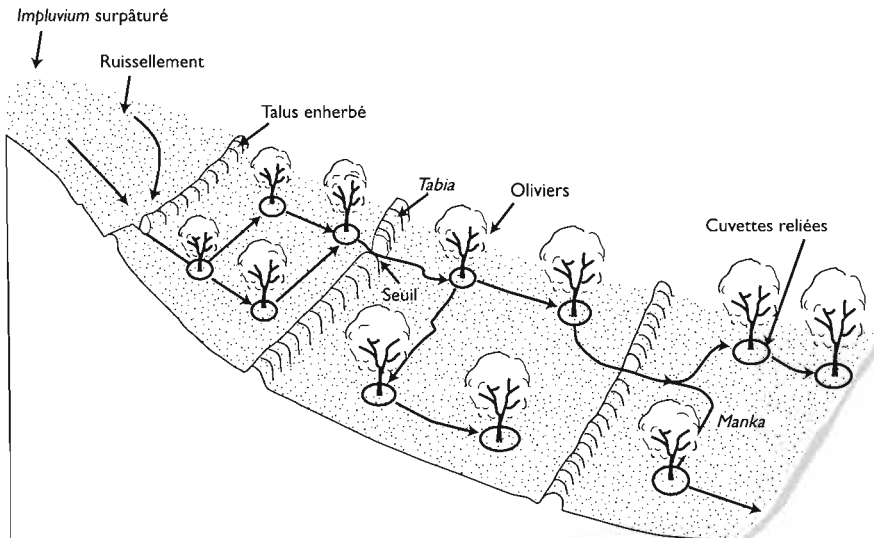
Les sommets des collines des zones arides maintenus dénudés par le surpâturage constituent un impluvium naturel. Celui-ci produit un ruissellement abondant lequel est redistribué dans une zone cultivée (*manka*), grâce à des gros billons (*tabia*), capables de stocker le ruissellement, même lors des plus fortes averses. Des petits seuils permettent aux eaux de ruissellement excédentaires de passer vers les parcelles suivantes. Des oliviers (ou amandiers, abricotiers, figuiers, grenadiers) sont plantés dans des cuvettes d'où les eaux de ruissellement débordent de cuvette en cuvette (EL AMANI, 1983). Entre les arbres poussent parfois des céréales d'hiver (sorgho, mil). La surface de l'impluvium atteint deux fois la surface cultivée au début de l'aménagement. Mais sous la pression foncière, presque toute la parcelle est finalement envahie par les plantations fruitières.

### Objectifs

Récupération des eaux de ruissellement des sommets de collines surpâturées pour les redistribuer de cuvette en cuvette dans des plantations d'oliviers dans des zones semi-arides. En zone humide ( $P > 600$  mm), les oliviers ont besoin d'un espace vital de  $5 \times 5$  m, mais leur espacement augmente jusqu'à  $10 \times 20$  m en zone aride ( $P = 200$  mm).

### Extension

Rarement observée au Maroc (Oriental), cette technique est très importante en Tunisie ( $> 200\,000$  ha dans la région du Souss, pluie de 200 à 400 mm, irrégulièrement répartie) : elle pourrait être étendue en zones de piémonts semi-arides du Maroc.



### Moyens et coûts

- Creusement des cuvettes : 500 Dm/ha
  - Construction des bourrelets en bas de pente (*tabia* = 400 m<sup>3</sup>/ha) : 2 000 Dm/ha
  - Construction des seuils empierreés : 1 000 Dm/ha
  - Plantation (20 JT/ha) : 1 000 Dm/ha
  - Achat de plants (15 Dm) : 1 500 Dm/ha
  - Fumure (fumier, NPK) par cuvettes/arbre : 500 Dm/ha
- Total : 6 500 Dm/ha

### Suivi et entretien annuel

- Entretien des cuvettes et des *tabia* (2 JT) : 100 Dm/ha
  - Taille des arbres (1 JT) : 200 Dm/ha
  - Traitement phytosanitaire des arbres (1 JT) : 200 Dm/ha
  - Apport de fumure (1 JT) : 500 Dm/ha
- Total : 1 000 Dm/ha/an

#### Avantages

- Permet une production fruitière relativement stable dans les zones semi-arides
- Appoints en eau aux plantations
- Amélioration de la productivité des terres
- Réduction des risques de ruissellement, d'inondation et d'érosion à l'aval

#### Inconvénients

- Coût relativement important
- Exige beaucoup de main-d'œuvre
- Réduction de l'eau disponible dans les barrages à l'aval
- Réduction de la surface cultivable sur l'impluvium



## Fiche 4

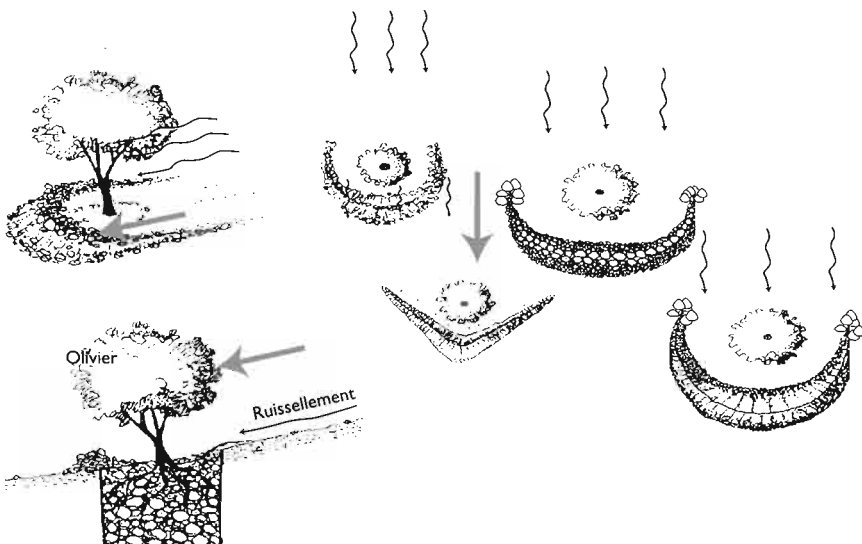
### Les micro-bassins : demi-lunes et cuvettes

#### Description

Une autre technique de piégeage des eaux de surface consiste à creuser des cuvettes de plantations d'arbres (fruitiers ou autres) et de les entourer de bourrelets en demi-lune faits de terre tassée, souvent recouverte de pierres. Leurs diamètres varient de 0,50 à 2 m et la profondeur de 15 à 25 cm. Les bourrelets ont une hauteur de 15 à 25 cm et une largeur moyenne de 25 cm. Ils peuvent être renforcés par des pierres issues de l'épierrage du champ. Les cuvettes sont disposées en quinconce et espacées de 4 à 10 m. Elles sont ouvertes face au sommet de la pente pour capter le ruissellement produit par les impluviums souvent constitués de terrains peu perméables, incultes ou rocheux, voués au parcours extensif des troupeaux. Les espacements entre les lignes sont variables (de 7 à 15 m) selon le type d'arbre, la pente du terrain et l'aridité.

#### Objectifs

Il s'agit de concentrer les eaux de ruissellement et leurs charges solides dans une cuvette creusée au pied des arbres. Les eaux de ruissellement captées en été et en automne par les cuvettes en demi-lune permettent un appoint d'eau important pour les arbres. Les sédiments déposés au fond des cuvettes apportent une fertilisation non négligeable. Cet aménagement minimal permet aussi l'apport de fumier qui, sans ce système, serait emporté par le ruissellement. La capture et l'infiltration des eaux du ruissellement sur le versant réduisent les effets des différentes formes d'érosion hydrique à l'aval (en nappe, ravinement et sapelement des berges).



### Extension

Les cuvettes en demi-lune sont observées dans le bassin versant de Srou, Sidi Driss (Haut Atlas), oued Lakhdar et dans le *dir* (« district ») de Beni Mellal. Elles peuvent être étendues sur tous les versants à pente moyenne du Haut Atlas, le Moyen Atlas et le Rif semi-arides et sub-humides.

### Moyens et coûts

- Creusement des cuvettes : 500 Dm/ha
  - Construction des bourrelets autour des cuvettes : 2 500 Dm/ha
  - Plantation (20 JT/ha) : 1 000 Dm/ha
  - Achat de plants (15 Dm) : 1 500 Dm/ha
  - Fumure (fumier, NPK) par cuvettes ou arbre : 500 Dm/ha
- Total : 6 000 Dm/ha

### Suivi et entretien

- Entretien des cuvettes et des talus en demi-lune (2 JT) : 100 Dm/ha
  - Taille des arbres (1 JT) : 200 Dm/ha
  - Traitement phytosanitaire des arbres (1 JT) : 200 Dm/ha
  - Apport de fumure (1 JT) : 500 Dm/ha
- Total : 1 000 Dm/ha/an

#### Avantages

- Production fruitière relativement stable dans les zones semi-arides et dans des zones rocheuses où le sol est limité à des poches
- Appoints en eau et nutriments aux plantations
- Récupération des eaux et des sédiments produits par l'impluvium
- Amélioration de la productivité des terres
- Réduction des risques de ruissellement, d'inondation et d'érosion à l'aval

#### Inconvénients

- Coût relativement peu important
- Exige de la main-d'œuvre

## Fiche 5

### Les chemins creux pavés et canaux de collecte du ruissellement sur les versants

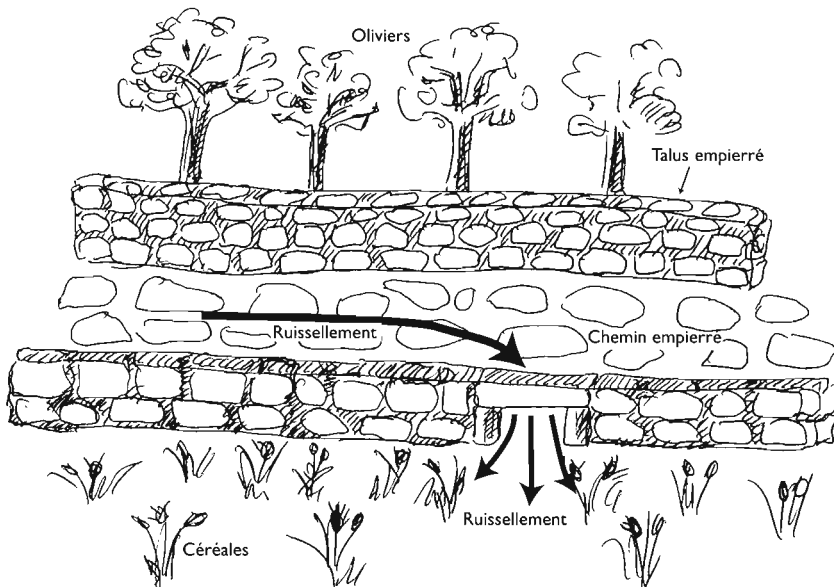
#### Description

Entre les étables, le parcours et le point d'eau, le bétail circule chaque jour sur des pistes qui souffrent du tassement du sol et du ruissellement lors des pluies. Le passage régulier du troupeau a pour conséquence la formation d'un canal qui intercepte les eaux du ruissellement sur le versant. L'érosion et le piétinement du troupeau font apparaître les éléments rocheux de la couverture pédologique. Ce pavage est complété par l'apport de quelques pierres extraites des champs environnants lors du labour. Ce pavage semi-naturel ralentit la vitesse et dissipe l'énergie du ruissellement.

Le talus amont du chemin-canal doit être protégé par une végétation pérenne (herbacée et arbustes) et la partie aval aménagée pour redistribuer les eaux de ruissellement vers les champs sans créer de ravine. Le chenal se termine par un radier formé de cailloux et de végétation.

#### Objectifs

L'objectif est de récolter les eaux de ruissellement issues des parcours sur les sommets des collines pour les transmettre en aval aux zones cultivées aménagées et de compléter l'apport hydrique aux cultures intensives d'arbres fruitiers, de légumes, de tabac, etc. Le pavage permet de dissiper l'énergie du ruissellement et d'éviter le ravinement des pistes.



### Extension

Cet aménagement a été observé dans le Rif occidental (Bettara), le Moyen Atlas et le Haut Atlas (Ait Blal) : il peut être étendu aux zones humides, sub-humides et semi-arides.

### Moyens et coûts

- Collecte et mise en place des cailloux formant le pavage (2 JT/an) : 100 Dm
- Entretien du fond du chemin/canal et des talus (2 JT/an) : 100 Dm

#### Avantages

- Gère le creusement naturel des pistes
- Réduit les risques de ravinement et d'inondation à l'aval
- Améliore l'alimentation hydrique et minérale de plantes exigeantes
- Évacue sans risque les excès d'eau en particulier des parcours en période humide

#### Inconvénients

- Produit des eaux polluées par le bétail
- Peut creuser des ravines dans les champs lors d'un ruissellement abondant durant les pluies



© M. Sabir

*Draille ou piste de drainage des eaux de ruissellement vers les champs cultivés (Azaden, Haut Atlas)*

## Fiche 6

### Les fossés de collecte sur les pistes (r'foussi en berbère)

#### Description

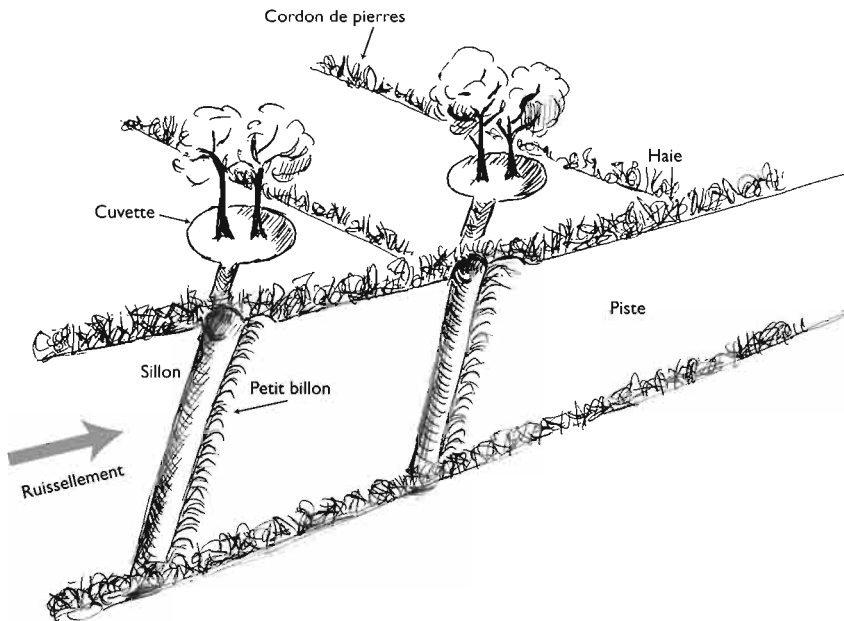
Dans le bassin versant du Kert (Rif oriental), sur un long glacis à pente de moins de 2 %, les eaux de ruissellement s'accumulent sur les pistes où elles risquent de former des ravines. On peut observer dans cette région que les pistes sont régulièrement rehaussées par un bourrelet de terre qui force les eaux de ruissellement à rejoindre un fossé qui les achemine vers les champs où elles sont soigneusement épandues sur les cultures annuelles (céréales) ou pérennes (oliviers).

#### Objectifs

Ces fossés captent les eaux des impluviums (piste et glacis) pour les étaler sur les champs de culture ou les orienter vers les cuvettes des oliviers. Ils complètent l'apport hydrique aux cultures de céréales ou d'arbres fruitiers et réduisent aussi le cumul du ruissellement le long des pistes et les risques de ravinement.

#### Moyens et coûts

- Creusement de fossés et construction du bourrelet (4 JT/an) : 200 Dm
- Entretien du fossé et des bourrelets (4 JT/an) : 200 Dm



**Avantages**

- Gère le creusement naturel des pistes
- Réduit les risques de ravinement et d'inondation à l'aval
- Améliore l'alimentation hydrique et minérale des plantes
- Quand les eaux sont chargées de déjections animales, elles améliorent l'alimentation des cultures

**Inconvénients**

- Handicape la circulation sur les pistes rurales
- Demande un entretien fréquent

## Fiche 7

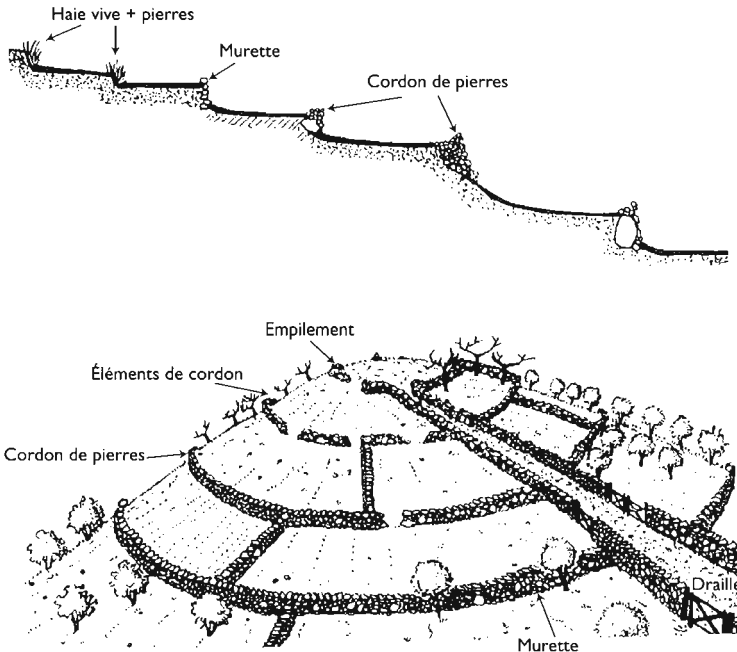
### De l'empilement des cailloux à la formation de cordons de pierres

#### Description

Des pierres dégagées par les labours sont empilées sans structure particulière sur de gros rochers, puis alignées en cordons le long des courbes de niveau. De tailles très variables, elles sont parfois également déposées directement sur le sol et empilées progressivement selon leur disponibilité. Ces empilements donnent naissance à des cordons continus ou discontinus selon l'importance de la charge caillouteuse des champs. Ils ont une largeur de 30 à 70 cm et une hauteur variable selon la pente (de 30 à 100 cm), et peuvent former des terrasses progressives qui tendent vers l'horizontale sans jamais l'atteindre.

#### Objectifs

L'épierreage permet de nettoyer les terres des débris de roches et d'améliorer leur capacité de production. La disposition des pierres en cordons le long des courbes de niveau à des espacements variables selon la pente a pour effet de freiner les eaux de ruissellement, favoriser leur infiltration et stocker les sédiments en amont des cordons. Les débris végétaux qui colmatent la porosité des cordons favorisent le dépôt des sédiments et l'infiltration de l'eau. Les herbes qui poussent aux pieds des cordons contribuent à leur consolidation. Pour réduire le risque de glissement de terrain, on peut planter des arbres (fruitiers) dans les cordons.



### **Extension**

Ces cordons ont été observés dans le Rif occidental, mais aussi dans tout le pays, là où les sols sont pierreux.

### **Moyens et coûts**

– Épierrage progressif des pierres et confection des cordons : 7 000 Dm/ha

On entretient les cordons en rajoutant des pierres et des touffes d'herbes pour éviter leur débordement par les eaux de ruissellement.

#### **Avantages**

- Valorisation de la terre par le déblaiement des grosses pierres de surface
- Récupération des eaux et des sédiments à partir d'un impluvium
- Amélioration de la productivité des terres

#### **Inconvénients**

- Demande une main-d'œuvre importante, mais construction progressive en 5 à 10 ans
- Difficulté de circulation à l'intérieur des parcelles
- Perte de surface de culture principale, mais diversification possible par introduction d'arbres sur les cordons



## Fiche 8

### Les terrasses en gradins discontinus sur versant sec

#### Description

Les terrasses en gradins discontinus sont taillées dans la couverture pédologique des versants à pente forte, 30 à 60 %, sur des sols profonds et drainants. Des gradins de petites tailles sont aménagés dans le versant avec une sole à déversement faible vers le talus (pente < 1 %). Le bourrelet est souvent tassé et consolidé par des pierres récupérées sur le versant. Ces terrasses, de faibles largeurs, 1 à 2 m, ne sont pas continues le long du versant et peuvent avoir des longueurs de 4 à 8 m. Dans certaines zones semi-arides, elles sont associées à une plantation d'amandiers ou d'arbres forestiers. Les arbres ne suivent pas de disposition régulière. Ils sont généralement plantés sur le bourrelet, mais parfois en bas du bourrelet en aval et même au fond du gradin.

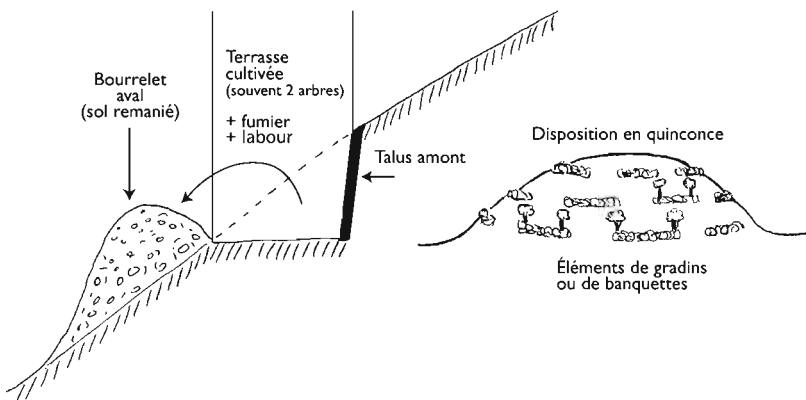
#### Objectifs

Ces ouvrages sont taillés sur les pentes pour capter le ruissellement sur un segment de versant et accumuler un volume suffisant de terre et d'eau pour produire de la biomasse (grains, paille) ou planter quelques arbres fruitiers rustiques (amandiers, figuiers ou oliviers). Sur le bourrelet, les paysans laissent pousser des herbes pérennes pour consolider l'ouvrage.

En réduisant le ruissellement, ces aménagements sur terres en forte pente sont mieux à même de les préserver du ravinement que des banquettes continues qui risquent de déborder.

#### Extension

Observé tant dans le Rif que dans le Haut Atlas, ce type d'aménagement convient bien sur les versants à sous-sol solide et filtrant. Il ne doit jamais être utilisé sur les sols imperméables et friables (schistes et marnes) de crainte de glissements de terrain.



**Moyens et coûts**

- Creusement des éléments de banquette : 1 JT par mètre linéaire, soit environ 20 000 Dm/ha.
- Entretien des talus, fauchage des herbes, renforcement des points faibles avec des cailloux : 10 JT.

**Avantages**

- Permet de cultiver des pentes très fortes en zones semi-arides tout en évitant les risques de glissement de terrain

**Inconvénients**

- Possibilité de ravinement entre les éléments de banquette

## Fiche 9

### Les bassins de collecte des eaux de sourcins

#### Description

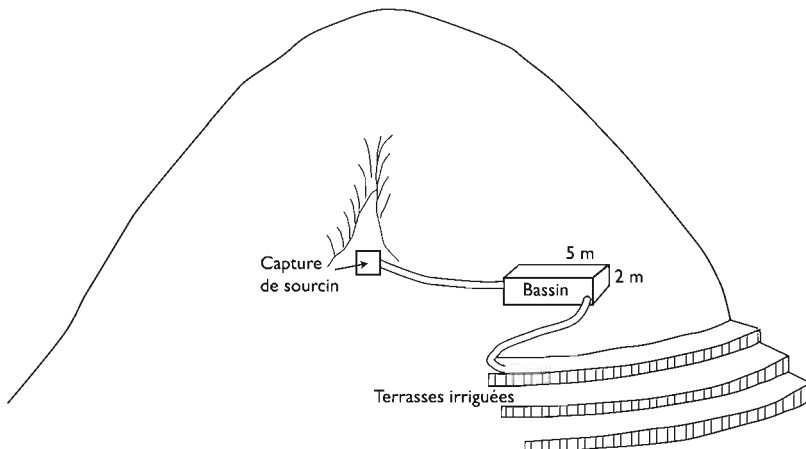
Il s'agit de petits bassins en terre ou en pierres cimentées, stockant 10 à 30 m<sup>3</sup> d'eau captée dans un sourcin à débit trop faible pour irriguer directement de petites terrasses en montagne semi-aride. La liaison entre le sourcin et le bassin se fait par une courte séguia ou par un tuyau en plastique s'ils sont éloignés. L'irrigation se pratique généralement suivant le tour d'eau (temps qui s'écoule entre deux irrigations), lequel est hérité en même temps que la terre irrigable. Les cultures pratiquées sur ces petites terrasses sont dominées par des légumineuses et le maraîchage, rarement par des arbres fruitiers car la disponibilité en eau est réduite. Dans le Rif central (bassin versant de Beni Boufrah), les terrasses ainsi irriguées sont construites de la façon suivante : on délimite des petites parcelles par des bourrelets de terre renforcés avec des cailloux et on y apporte de la bonne terre puisée dans le lit du cours d'eau. À l'aval, on construit un mur de soutènement de moins de 1 m de hauteur et 20 cm d'épaisseur.

#### Objectifs

Vu le faible débit des sourcins en saison sèche, l'eau est collectée durant la nuit dans des petits bassins en vue d'irriguer de jour des petits champs particulièrement soignés, fumés et cultivés intensivement. Ce dispositif complète souvent l'aménagement complet d'un versant pour renforcer la disponibilité de la « nappe suspendue » locale.

#### Extension

Ces bassins sont dispersés dans toutes les montagnes semi-arides du Maroc, surtout là où il n'y a pas de nappe phréatique importante et où l'eau constitue une denrée rare.



### Moyens et coûts

La construction du bassin de collecte d'eau ne requiert pas de compétence spéciale.

La construction d'un bassin de 4 x 2 x 1,5 m nécessite 4 jours de travail soit 300 à 500 Dm.

Avec la pierre, le ciment et les transports, l'ouvrage peut revenir à 1 000 Dm.

### Suivi et entretien

L'eau des sources étant généralement propre, le bassin de collecte nécessite rarement d'être curé. Il faut seulement prévoir la réfection des parties fragiles du bassin une fois l'an lorsque le débit du sourcin croît brutalement.

#### Avantages

- Simplicité du dispositif
- Récupération d'eau propre
- Disponibilité des débits juste suffisants pour une irrigation très localisée
- Faible capacité de stockage

#### Inconvénients

- Forte évaporation
- Risque de contamination microbienne par les animaux
- Débits aléatoires selon les pluies



© M. Sabir

Bassin observé à Armed (Haut Atlas).  
Noter le petit tuyau en plastique qui remplit lentement le bassin  
à partir d'un oued situé à plus de 200 m

**Fiche 10**

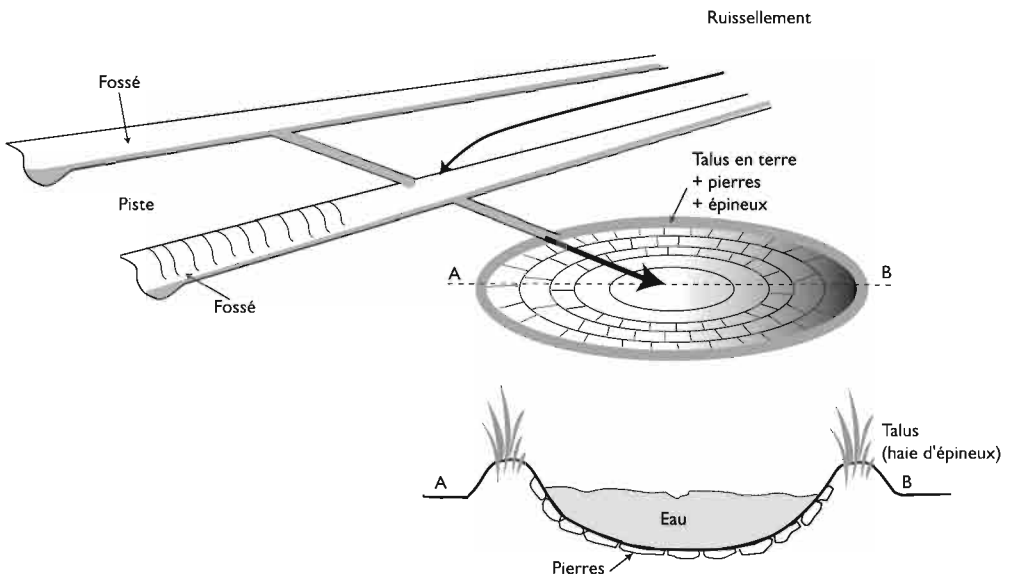
**Les mares (*madgen, aguelmam* ou *ghdir*)**

*Description*

La mare est constituée d'un bassin ovale, ouvert vers l'amont pour recueillir les eaux issues d'un canal captant le ruissellement produit par un impluvium de petite taille sur les replats des zones hautes des collines. Ses dimensions sont modestes : quelques dizaines de mètres cubes, 6 à 10 m de diamètre et 2 à 3 m de profondeur. La terre excavée sert à délimiter le bassin et à fortifier ses rebords souvent protégés par une haie d'épineux. Le fond de la mare est étanchéifié par un lit de terre battue : il est parfois pavé pour réduire la boue soulevée par les troupeaux qui s'abreuvent dans la mare. L'impluvium qui l'alimente (une piste, une surface rocheuse ou damée) est maintenu dénudé et tassé par la circulation du bétail. Un petit canal, plus ou moins stabilisé par des pierres, guide les eaux captées vers le bassin.

*Objectifs*

La mare est un bassin de faible étendue et profondeur, confectionnée pour emmagasiner temporairement les eaux de ruissellement d'un petit impluvium. Il s'agit d'une technique très ancienne utilisée dans les aires collectives de pâturage où il n'y a ni puits, ni nappe phréatique à faible profondeur. On la trouve actuellement soit à côté des maisons, soit au voisinage des pistes ou des terrains encroûtés dans les zones semi-arides. Elles servent principalement à abreuver le troupeau mais aussi pour des utilisations domestiques et l'irrigation de petits jardins. On parle de *madgen* ou *medgen*, mare creusée en zone semi-aride par des populations agropastorales fixées, et de *ghdir* (*aghdir*), mare naturelle en zone aride de pasteurs transhumants.



### Extension

Les mares couvrent les zones arides et surtout semi-arides où les nappes phréatiques sont absentes, notamment dans le Rif oriental et central, Abda, Doukkala, Jerada et dans l'Oriental. Cette technique se localise dans les aires collectives de pâturage, sur les pistes et sur les sentiers pratiqués par les troupeaux. Le rétrécissement de l'espace pastoral est à l'origine du recul de cette technique, sauf aux alentours des maisons.

### Moyens et coûts

L'aménagement d'une mare ne requiert ni compétence particulière, ni investissement important. Une mare de 5 m de diamètre et de 1,5 m de profondeur nécessite 4 à 9 jours de travail manuel, soit l'équivalent d'un total compris entre 420 et 820 Dm. Les travaux de mares collectives se font généralement dans le cadre d'entraide communautaire.

### Suivi et entretien

Nettoyage annuel de la vase qui s'accumule au fond des bassins : 2 ouvriers pendant 2 jours soit 280 Dm.

Entretien du canal et du bourrelet (2 jours/an) et entretien de la haie sur le bourrelet (taille, replantation), soit 7 JT = 500 Dm.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>- Disponibilité de l'eau dès les premières pluies</li><li>- Piégeage des sédiments</li><li>- Diminution des risques de ravinement ou inondation en aval</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Faible capacité de stockage d'eau trouble</li><li>- Forte évaporation (à sec au bout de 1 mois)</li><li>- Pertes par infiltration, engorgement rapide</li><li>- Contamination par les animaux</li></ul>

La mare peut être améliorée par les procédés suivants :

- étanchéification de la mare par de l'argile battue mélangée à de la chaux ;
- réduction des pertes par évaporation par un toit fait à base de roseaux et reboisement des alentours.
- aménagement d'un abreuvoir bétonné qui sera alimenté par siphonage vers un filtre à sable et charbon de bois, à partir de la mare pour réduire les risques de contamination par les animaux.

## Fiche 11

### Les citernes couvertes (*matfia*, *joub* ou *notfia*)

#### Description

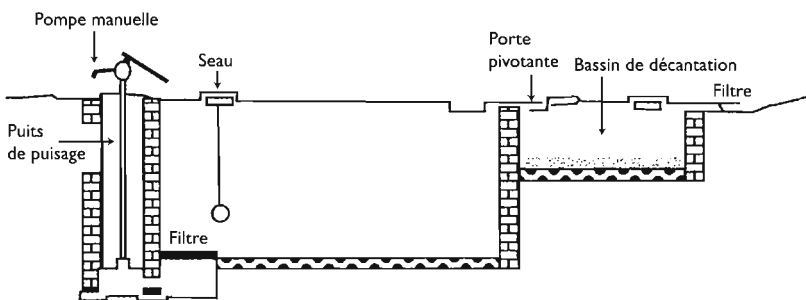
La *matfia* collective est composée de :

- un impluvium naturel plus ou moins aménagé : il coïncide avec le versant qui surplombe la *matfia*. Dans le Rif, le toit de la *matfia* (70 à 150 m<sup>2</sup>) est bétonné et utilisé comme impluvium, mais le plus souvent ce sont les eaux ruisselant des pistes et d'un petit versant qui sont captées ;
- un canal (*assarou*, séguia) de raccordement entre l'impluvium naturel et la citerne ;
- un bassin de décantation des sédiments, une conduite d'eau reliant le bassin de décantation à une ouverture perçant la dalle de la citerne et un orifice pour puiser l'eau, muni d'un couvercle en fer ;
- une citerne (réservoir souterrain) creusée dans le sol, construite en pierre et étanchéifiée par de la terre battue, de la chaux ou du ciment. Les dimensions de cet ouvrage varient de 100 à 300 m<sup>3</sup> en fonction du nombre d'habitants et de la taille du troupeau à abreuver. Le toit est construit avec des pierres moyennes ou avec des troncs d'arbres recouverts d'une couche de terre ou de ciment pour former une toiture étanche. Un puits muni d'une pompe ou d'un seau permet de puiser l'eau filtrée.

La *matfia* individuelle ou familiale est plus modeste : le toit de la maison joue le rôle d'impluvium. La citerne prend la forme d'un réservoir souterrain (*joub*) creusé dans la cour de la maison. Il est imperméabilisé avec de l'argile battue mélangée à la chaux ou avec du ciment.

#### Objectifs

Les eaux stockées dans la *matfia*, collective ou individuelle, sont destinées aux usages domestiques, à l'abreuvement de la famille et du troupeau et parfois à l'irrigation d'appoint d'un petit jardin en zones semi-arides et arides. Lorsque la saison sèche dure longtemps, la *matfia* ne suffit pas, et il faut la remplir à l'aide de camions citernes. De façon indirecte, la *matfia* réduit les risques de ravinement en aval.



Une *matfia* étatique (*makhzen*) (d'après EL FASSKAOUI, 2007).

### Extension

En plus du climat aride ou semi-aride, les pentes fortes, la géologie (schistes, marnes et calcaire, pauvres en eau souterraine) et la dispersion des habitations sont les facteurs qui expliquent la densité des *matfia* dans le Rif central et oriental, dans l'Anti-Atlas (en particulier les zones de Taroudant et Ighrem), le Haut Atlas oriental, le Haouz (province de Chichaoua), le Doukkala et l'Oriental. Dans ces régions parfois à forte densité humaine et aux longues périodes sèches, l'interception des eaux de pluie et de ruissellement abondant sur les sols tassés ou encroûtés est une pratique indispensable. L'État a encouragé la construction de *matfia* collectives dans les années 1970-1985.

### Coût d'installation

L'installation d'une *matfia* demande un investissement important. Le coût varie en fonction de la taille de l'ouvrage et des matériaux utilisés. Les travaux sont généralement réalisés dans le cadre d'une entraide sociale ou avec les subsides de l'État. Le coût de construction d'une *matfia* collective d'une capacité de l'ordre de 350 m<sup>3</sup> varie de 10 000 Dm (en terre battue + chaux + toit en bois) à 20 000 Dm dans le cas de l'utilisation de matériaux modernes (ciment, barres en fer à béton). Les citernes familiales traditionnelles (50 à 100 m<sup>3</sup> de volume) coûtent nettement moins cher.

### Suivi et entretien de la *matfia* collective

– Déviation des eaux des premières pluies qui sont souvent polluées et trop chargées de sédiments.



© E. Roose

Matfia dans l'Atlas



– Nettoyage de la vase qui s'accumule au fond des citernes (fréquence : 1 fois par an pour les citernes à impluvium constitué de formations tendres, 1 fois tous les 3 ou 4 ans pour les citernes cimentées).

– Changement du seau utilisé pour puiser l'eau (fréquence 1 fois par an) et entretien de la pompe.

Pour les *matfia* individuelles qui captent seulement l'eau des toitures, le toit est régulièrement nettoyé avant les périodes pluviales. Le curage se fait une fois tous les 3 ou 4 ans.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Stockage de l'eau et utilisation différée</li><li>– Approvisionnement en eau domestique</li><li>– Amélioration des conditions d'hygiène de la famille</li><li>– Rôle majeur dans la pérennisation des activités pastorales</li><li>– Permet la fixation de la population dans le milieu rural</li><li>– Diminution des risques de ravinement et d'inondations</li><li>– Ouvrages enterrés donc discrets, à faible emprise foncière</li><li>– Réduction de la corvée de l'eau</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Volume insuffisant pour les besoins annuels</li><li>– Problème sanitaire : stockage trop long ou puisage par les enfants peu soigneux</li><li>– La corvée eau prive les filles de l'école</li><li>– Entretien difficile si accès difficile</li></ul>

## Fiche 12

### Les terrasses étroites le long des oueds

#### Description

En bordure d'un oued, une haie dense d'arbustes adaptés à la vie en zone humide ralentit le courant, favorise la sédimentation et permet le développement progressif d'une terrasse étroite en vue de l'établissement d'un jardin fruitier.

#### Objectifs

L'objectif consiste à récupérer les sédiments fins en transit dans l'oued, en provoquant le ralentissement du flux d'eau par la construction d'une haie vive de plantes arbustives (canne de Provence, frêne, peuplier, saule, laurier-rose). Au final, grâce aux dépôts de sédiments fins, on construit une terrasse étroite où se développent facilement des arbres fruitiers qui profitent de l'humidité de l'oued. Un deuxième objectif pourrait être de capter dans une séguia une partie des eaux de l'oued pour irriguer une zone un peu plus large dans une vallée secondaire située en aval.

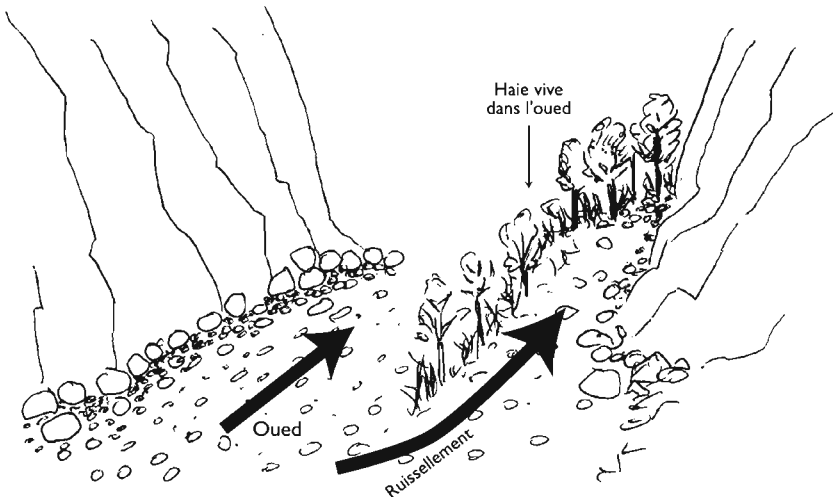
#### Extension

L'exemple décrit provient de la vallée du Nékor, dans le Rif central.

La technique pourrait être étendue à toutes les zones de montagne comportant des vallées larges et des oueds étalés : ensemble du Rif central et oriental, Haut Atlas central, Moyen Atlas occidental et oriental (Mgoun).

#### Moyens et coûts

- Travail progressif d'installation de la haie renforcée par des cailloux et prélèvement de boutures sur la végétation locale, soit environ 300 JT/ha : 15 000 Dm/ha
  - Achat et plantation d'arbres fruitiers sur la terrasse : 12 500 Dm/ha
- Total : 27 500 Dm/ha



*Suivi et entretien*

- Entretien de la haie et du talus de la terrasse étroite : 5 JT/ha/an soit 250 Dm/ha/an
- Fumure des arbres fruitiers : 500 Dm/ha/an

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Récupération des eaux et des sédiments circulant dans l'oued</li><li>– Protection des terres des versants</li><li>– Réduction du transport solide et des débits de pointe des oueds</li><li>– Réduction de l'envasement des barrages en aval</li><li>– Amélioration de la productivité des terres</li><li>– Amélioration de la biodiversité</li><li>– Utilisation des matériaux locaux</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Nécessite un entretien régulier de la haie et du talus de la terrasse, en particulier après chaque crue principale</li></ul>

## L'infiltration totale

### Fiche 13

#### Les micro-terrasses individuelles sur terrain rocheux

##### Description

Dans les zones à forte pente, à sol colluvial avec de grosses pierres pointant en surface, où il serait trop coûteux de trier la terre et les cailloux, on se contente d'écarter les plus grosses pierres pour dégager de petites terrasses susceptibles d'accueillir un arbre fruitier, olivier, noyer ou cerisier. On renforce les bords avec les petites pierres disponibles alentour, on creuse une fosse dont on trie la terre fine qu'on mélange avec un seau de fumier ou de compost auquel on ajoute un kilo d'engrais minéraux composite. On y plante un jeune arbre et on arrose au tuyau à partir d'une citerne ou d'une séguia.

##### Objectifs

La construction des micro-terrasses a pour objectif d'accumuler suffisamment d'eau et de terre pour développer des arbres fruitiers. Cet aménagement permet aussi de marquer clairement la propriété du terrain, de valoriser et de protéger des versants raides encombrés de rochers en montagne.

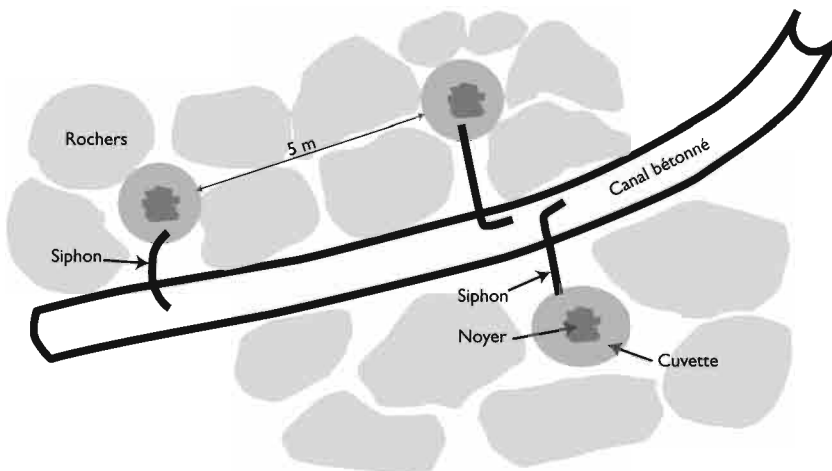
##### Extension

Ce mode d'utilisation des glissements de terrains rocheux a été observé près d'Imlil (Haut Atlas) : il pourrait être étendu partout en zone rocheuse humide, mais seulement à proximité des sources et des oueds dans les zones semi-arides.

##### Moyens et coûts

Premier cas : creusement d'une fosse (50 x 50 x 50 cm) entre les rochers de surface

- Dégager l'horizon humifère du sol
- Tailler la couverture pédologique jusqu'à la roche altérée



- Planer la terrasse et la recouvrir de l'horizon humifère enrichi en fumier : 1 JT/5 m linéaires

Deuxième cas : construction d'une murette avec des pierres trouvées sur place sur une dalle calcaire ou ferrugineuse

- Apporter de la terre de l'extérieur (par ex. des alluvions) et la mélanger avec le compost et l'engrais minéral : 2 JT/1 m linéaire
- Achat de plants (15 Dm) : 200 pieds soit 3 000 Dm/ha

### *Suivi et entretien*

- Entretien de la cuvette : 1 JT/ha/an soit 50 Dm/ha/an
- Fumure des arbres fruitiers : 500 Dm/ha/an
- Entretien du réseau d'irrigation et de drainage : 5 JT/ha/an soit 250 Dm/ha/an

#### **Avantages**

- Récupération des eaux du ruissellement, de source ou d'un oued, par une séguia ou une citerne
- Réduction de l'érosion du versant, des débits de pointe de l'oued et de l'envasement des barrages
- Stockage de la MO et des nutriments dans le sol
- Amélioration de la productivité des colluvions caillouteuses
- Amélioration de la biodiversité
- Utilisation des matériaux locaux
- Stockage des pierres du sol en surface

#### **Inconvénients**

- Nécessite un entretien régulier de la séguia
- Demande 50 à 150 jours de travail par ha en fonction de la nature du sol et de la pente
- Exige l'amélioration de la fertilité du sol par apport de fumier, de chaux et de NPK pour accélérer l'intensification de la production



© M. Sabir

*Plantation fruitière sur éboulis à Arned (Haut Atlas)*

## Fiche 14

### Les terrasses méditerranéennes avec murettes

#### Description

Dans les zones à forte pente, on transforme le versant en une série de gradins formés d'un talus, protégé par des herbes ou une murette en pierres, et d'un replat qui permet à la fois de stocker un volume d'eau et de sol suffisant pour la croissance d'arbres fruitiers et le développement de cultures intensives. La hauteur du talus est généralement comprise entre 1 et 3 m et la largeur de la terrasse entre 1 et 10 m selon la pente et la couverture pédologique meuble. Le fruit du talus (pente du talus par rapport à la verticale) est de l'ordre de 40 % s'il est nu, 20 % s'il est protégé de mottes d'herbes, et 10 % dans les cas des murettes. Ces investissements en terrasses ne sont entrepris que sur des pentes supérieures à 15 % et pouvant atteindre 40 à 60 % ; au-delà, les risques de glissement de terrain augmentent rapidement surtout sur argilite, marnes, schistes et gneiss et dans les zones humides à tremblement de terre (Rif). Le replat est généralement organisé en planches à pente longitudinale faible (< 1%) et à légère contre-pente vers le talus, ce qui lui permet d'évacuer les excédents d'eau lors des averses exceptionnelles (danger de ravinement catastrophique).

En zone sub-humide et humide, il n'est plus indispensable d'irriguer, et ces terrasses peuvent donc être réparties sur l'ensemble du paysage. Par contre, en zones semi-arides et arides, ces terrasses méditerranéennes sont dotées d'un système d'irrigation, soit par capture de l'eau de la vallée, soit par apport d'une eau de source. Les terrasses en gradins méditerranéens sont donc limitées à la présence d'eau.

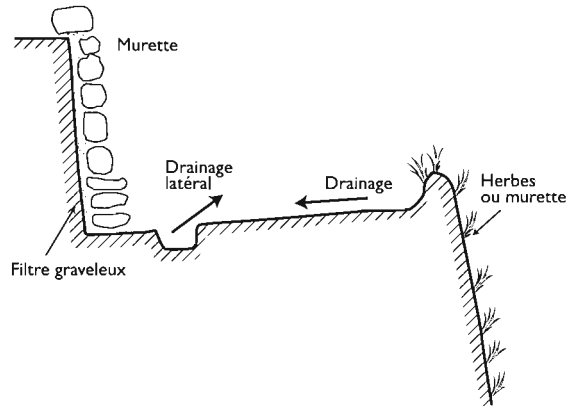
Dans la région d'Asni (Haut Atlas), les versants sont généralement occupés par les parcours, sauf à proximité des résurgences des sources et sur les colluvions encadrant la vallée. Les eaux sont dirigées vers ces terrasses en gradins par des séguias, canaux en terre battue ou en béton. La terrasse est structurée en planches creuses entourées d'un billon ou en billons parallèles permettant la répartition des eaux amenées par les séguias. On y cultive en rotation des céréales (maïs, blé, orge, sorgho), des légumes (oignon, bettes, carottes, etc.) et des cultures fourragères (luzernes, trèfle) et autres légumineuses (pois, haricots). On y concentre la fumure organique disponible et un complément minéral.

#### Objectifs

La construction des terrasses a pour objectif d'accumuler suffisamment d'eau et de terre pour développer une culture intensive, par exemple des arbres fruitiers avec un sous-étage de légumes, de céréales ou de cultures fourragères. Cet aménagement permet aussi de marquer clairement la propriété du terrain, de valoriser et de protéger des versants raides en montagne.

#### Extension

On trouve des terrasses méditerranéennes en gradins partout en zone humide, mais seulement à proximité des sources et des oueds dans les zones semi-arides et arides.



### Moyens et coûts

Premier cas : creusement du talus dans le versant

– Il s'agit de déplacer l'horizon humifère du sol, puis de tailler le versant jusqu'à développer un talus de 1 à 2 m de haut ; ensuite, planer le fond de la terrasse et la recouvrir de l'horizon humifère enrichi en fumier : 1 JT/5 m linéaire

Deuxième cas : construction d'un talus en mottes d'herbes

– Creuser un soubassement, puis construire un talus en mottes d'herbes placées vers l'extérieur, déplacer l'horizon humifère du replat, planer la base de la terrasse et la recouvrir de l'horizon humifère enrichi de fumier : 1 JT/2 m linéaire



Fumier sur terrasse en gradins à Tamater (Haut Atlas)

Troisième cas : construction d'une murette avec des pierres trouvées sur place  
Dans ce cas, il s'agit de piocher la terre pour sortir les pierres en même temps que de planer le replat, dégager le soubassement de la murette, construire la murette et ajouter du fumier en surface : 2 JT/1 m linéaire

Dans le Rif, les paysans commencent souvent par construire un talus en terre plus ou moins végétalisé qu'ils renforcent aux points faibles par des pierres.

#### **Suivi et entretien**

- Entretien de la murette ou du talus : 10 JT/ha/an soit 500 Dm/ha/an
- Fumure des arbres fruitiers : 500 Dm/ha/an
- Entretien du réseau d'irrigation et de drainage : 5 JT/ha/an soit 250 Dm/ha/an

#### **Avantages**

- Récupération des eaux du ruissellement, de source ou de l'oued par une séguia
- Réduction de l'érosion du versant, des débits de pointe de l'oued et de l'envasement des barrages,
- Stockage de la MO et des nutriments dans le sol
- Amélioration de la productivité des terres
- Amélioration de la biodiversité
- Utilisation des matériaux locaux
- Stockage des pierres du sol sur la murette

#### **Inconvénients**

- Nécessite un entretien régulier de la murette, en particulier après chaque averse principale
- Demande 350 à 1 500 jours de travail par ha en fonction de la nature du talus (en terre ou murette en pierres) et de la pente
- Exige la restauration de la fertilité du sol par apport de fumier, de chaux et de NPK pour accélérer l'intensification de la production



## Fiche 15

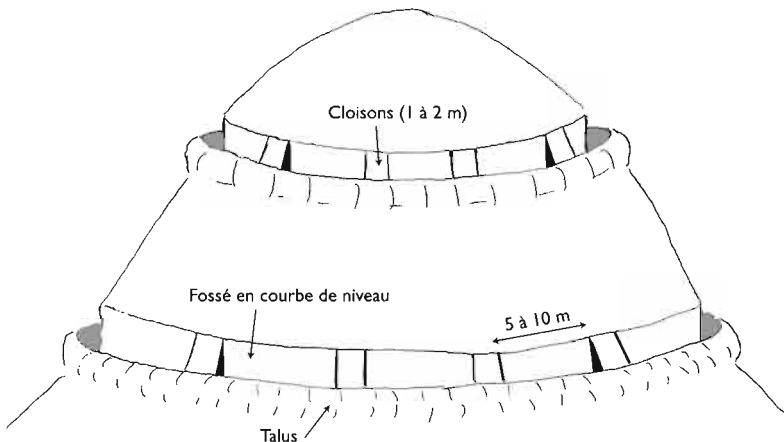
### Fossés, éléments de banquettes et banquettes d'absorption totale

#### Description

Dans les zones à pente moyenne (10 à 30 %) et à pluies modérées (400 à 800 mm/an), en vue de faciliter l'infiltration des eaux de pluie et de ruissellement, on creuse des fossés en quinconce de 2 à 3 m de long, 50 à 100 cm de large et de 1 m de profondeur. Leur espacement varie de 1 à 3 m sur la ligne et de 2 à 5 m entre les lignes en courbe de niveau en fonction de la taille des arbres et de l'aridité de la zone. En principe, les fossés doivent pouvoir stocker le ruissellement des plus grosses averses. La bonne terre humifère de la fosse et des environs est remise dans la fosse (avec un peu d'engrais), tandis que les pierres et terres minérales sont disposées en croissant autour de la fosse pour délimiter une cuvette de rétention du ruissellement. Un arbre est planté à chaque extrémité de la fosse.

Si le sol est suffisamment profond et perméable et qu'il ne risque pas de glisser sur la roche altérée (hors marnes, schistes, gneiss ou cendres volcaniques sur granite), on creuse sur les pentes des plateformes ou terrasses horizontales avec talus en amont et bourrelet en aval construites pour absorber toutes les eaux de surface (inter-banquettes et talus). Les fossés et banquettes d'absorption totale peuvent s'étaler en continu sur tout un versant, mais le risque est grand de voir les eaux stockées sur la banquette déborder du bourrelet lors d'une averse exceptionnelle en creusant une ravine qui va ruiner l'aménagement en aval. On préférera cloisonner les fossés ou réaliser des éléments de banquette distants de quelques mètres.

Si le terrain à replanter est homogène et pas trop pentu, on peut effectuer le travail par une pelleteuse qui va réaliser des éléments de banquettes séparés par des cloisons de 1 à 2 m. Mais si le sol est caillouteux, peu profond ou en poche (calcaire), le travail est réalisé à la main et adapté à la profondeur du sol : la disposition des fossés est plus souple.



### Objectifs

Le but est de capter le maximum d'eau et de nutriments aux alentours de jeunes arbres. Le reste du terrain doit être nettoyé, brûlé ou surpâturé avant la plantation de façon à produire le ruissellement qui viendra nourrir les arbres. Cette méthode convient pour restaurer des forêts dégradées ou planter des arbres fruitiers rustiques.

### Extension

Observation dans le Rif et le Haut Atlas, mais extension possible sur collines semi-arides moins pentues.

### Moyens et coûts

- Creusement à la main ou à la pelleuse de fosses de 3 m de long, 1 m de large et 1 m de profondeur : 5 000 Dm
- Creusement d'éléments de banquettes de 3 à 5 m de long : 10 000 Dm
- Plantation de deux plants d'arbustes fourragers ou d'arbres forestiers ou fruitiers par fosse : 12 000 Dm

### Suivi et entretien

- Entretien des fossés ou du talus : 10 JT/ha/an soit 500 Dm/ha/an
- Fumure des arbres fruitiers : 500 Dm/ha/an
- Irrigation des jeunes plants les deux premières années : 5 JT/ha/an soit 250 Dm/ha/an

#### Avantages

- Récupération de toutes les eaux du ruissellement
- Réduit l'érosion du versant, les débits de pointe et l'envasement des barrages
- Stocke la MO et les nutriments dans le sol
- Améliore la productivité des terres
- Permet d'enrichir la biodiversité de terrains dégradés ou non
- Utilisation des matériaux locaux

#### Inconvénients

- Demande peu d'entretien, sauf après chaque averse principale, et un arrosage les deux premières années
- Nécessite une mise en défens tant que les arbres sont trop jeunes pour résister au broutage

## La diversion des excès d'eau

### Fiche 16

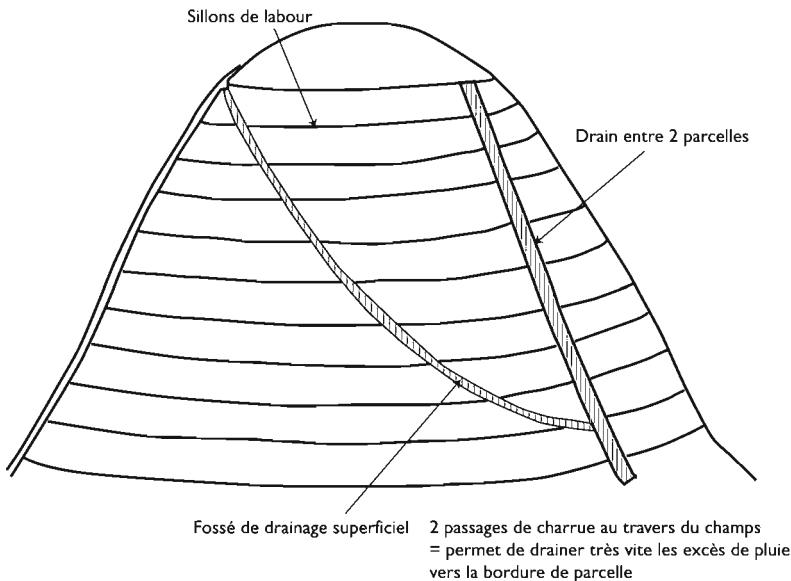
#### Dérayures, fossés et banquettes de diversion

##### Description

Dans les zones à forte pente et à pluies temporairement excédentaires (800 à > 1 500 mm/an), on ne peut infiltrer toutes les eaux de pluies sans risquer d'augmenter le ravinement et surtout les glissements de terrain : on est alors amené à creuser des dérayures, fossés ou banquettes de diversion qui guident les eaux de ruissellement vers un chemin d'eau protégé et renforcé ;

– Les dérayures : après avoir labouré le champ en suivant les courbes de niveau, le cultivateur trace avec sa charrue un sillon suivi en aval d'un billon, en oblique (angle de < 25 %) au travers de la parcelle jusqu'à la limite latérale de la parcelle, généralement couverte d'herbes. Puis l'ensemble de la parcelle est semé (et fertilisé). Le sillon collecte le ruissellement dès sa naissance entre les mottes de surface. Les eaux de drainage rejoignent la vallée par un chemin d'eau, fossé enherbé. Les dérayures sont provisoires et disparaissent à chaque labour.

– Les fossés obliques (0,5 à 1 m de profondeur) sont des structures stables de drainage espacées de 20 à 50 m sur le versant qui collectent les eaux de ruissellement ou hypodermique et conduisent ces excédents d'eau de surface jusqu'à un chemin d'eau aménagé ou un ravin naturel renforcé. Le danger est de raccourcir l'épaisseur de sol entre la zone d'infiltration et la roche pourrie et donc d'augmenter le risque de mouvements de masse.



Dérayure dans un champ labouré en courbes de niveaux

– Les banquettes de diversion sont des fossés à fond de 1 à 5 m de large, à talus taillés dans la couverture pédologique et à bourrelet de sol rapporté en équilibre peu stable à l’aval.

Les plateformes des fossés et des banquettes sont en pente latérale douce (0,2 au début à 0,5 % vers la fin de la banquette dont la longueur maximale ne dépasse pas 400 m). Avec les bourrelets en bordure, ils guident le ruissellement vers un exutoire aménagé (ravin naturel stable, chemin d’eau enherbé ou empierré qui conduit les eaux excédentaires des versants directement au fond de la vallée).

### Objectifs

L’objectif est de capter les eaux de surface excédentaires et de les évacuer latéralement vers un chemin d’eau, en vue de réduire les risques de ravinement et de glissement de terrain lors des grosses averses.

### Extension

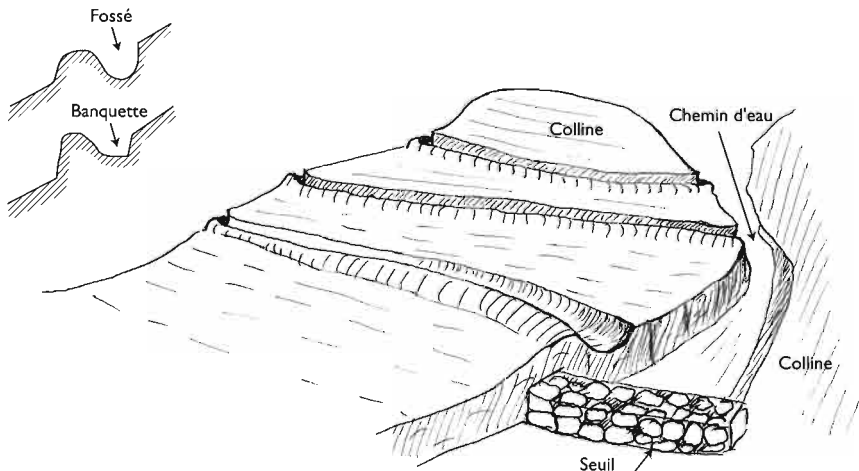
Ces banquettes ont été observées dans le Rif et le Haut Atlas, mais extensions possibles sur collines semi-arides peu pentues.

### Moyens et coûts

- Dérayures : très peu de frais
- Fossés : creusement, 5 000 Dm
- Banquettes : 5 000 à 10 000 Dm/ha

### Suivi et entretien

- Nettoyer le lit des fossés et banquettes pour assurer une bonne circulation de l’eau.
- Entretenir le bourrelet qui pourrait être endommagé par les excès d’eau de ruissellement.
- Prévenir le ravinement des chemins d’eau (seuils en pierres).



Fossés de diversion et exutoire aménagé

### *Avantages et inconvénients*

- Les dérayures ne comportent que très peu de frais complémentaire au labour, mais les eaux de drainage entraînent souvent le ravinement entre parcelles voisines.
- Les fossés et les banquettes selon la pente du terrain et la densité des ouvrages entraînent des travaux de terrassement pouvant atteindre 10 000 Dm/ha, des pertes de surface cultivables de 5 à 15 % et des difficultés pour mécaniser les travaux culturaux.
- Lors d'averses abondantes, les eaux peuvent déborder des drains et banquettes et former des ravines sur le versant ou aux points bas : l'ensemble du réseau de drain est alors mis hors d'usage.
- À la fin des averses, la vitesse de l'eau de drainage diminuant, la sédimentation des sables et limons entraîne à moyen terme la diminution de l'évacuation des eaux excédentaires et la rupture des bourrelets, puis le ravinement de tout le versant : il faut donc impérativement entretenir la perméabilité du fossé. Statistiquement, la majorité des banquettes peu entretenues sont dégradées au bout de 4 à 10 ans.
- Ces aménagements ne permettent pas l'amélioration de la production des terres cultivées entre banquettes, ni la diminution du gradient de pente du versant, contrairement aux terrasses progressives et aux terrasses en gradins.

Pour toutes ces raisons, les paysans n'apprécient guère ce type d'aménagement en banquettes ou en fossés de diversion. Ceux-ci ne se justifient que pour évacuer le drainage au-dessus de versants schisteux très sensibles aux glissements de terrain (un exemple remarquable est illustré par l'aménagement du vignoble de Banyuls).

# La dissipation de l'énergie du ruissellement

## Fiche 17

### Les haies vives

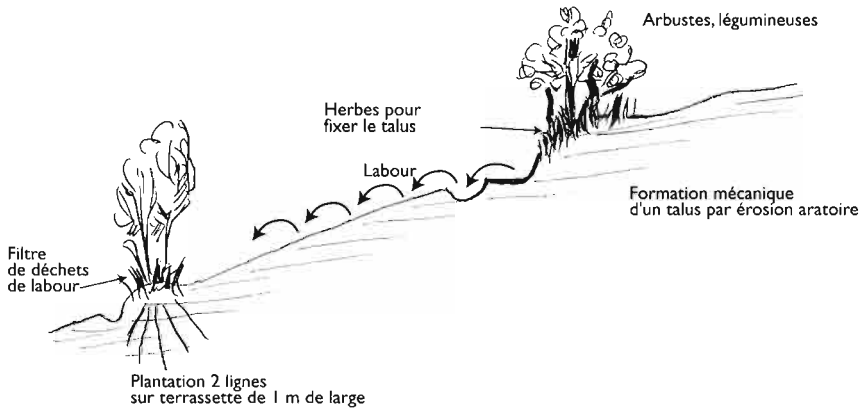
#### Description

Des plantations serrées d'arbustes ou de cactus (tous les 50 cm de dénivelée sur une bande de 1 mètre de large) sont réalisées en courbe de niveau, en vue de limiter un champ ou une partie d'une parcelle. Cette structure perméable au ruissellement provoque à moyen terme la formation d'une terrasse progressive par filtration de l'eau, dépôt des sédiments grossiers et des matières organiques, et surtout par érosion aratoire. Les haies vives sont constituées d'épineux (cactus raquette, ou opuntia, et autres, jujubier, aubépine, acacias divers, etc.), d'oléastres, amandiers, *Pistacia lentiscus*, frênes, genêts et autres fourragers ou herbacées (canne de Provence, palmier doum, *Pennisetum*, *Vetiver*). Ces haies vives peuvent être plantées ou simplement protégées lors du défrichage et des travaux culturaux (diss, palmiers doum, cistes, pistachiers). Les haies sont généralement constituées de plusieurs espèces végétales complémentaires : on peut imaginer une succession d'arbres fruitiers (par ex. oliviers, amandiers) tous les 5 m au centre d'une cuvette et, entre ceux-ci, une bande d'arrêt enherbée plantée de légumineuses fourragères pérennes (trèfle, luzerne, *Sylla*) ou d'arbustes fourragers (*Medicago arborea*). Pour limiter une parcelle, on peut planter une ligne de piquets verts, c'est-à-dire des macro-boutures d'arbres qui reprennent facilement racine en saison fraîche et humide (peupliers, légumineuse) ou installer de jeunes plants à protéger du bétail par des branches épineuses jusqu'à ce qu'elles soient assez fortes pour supporter un fil de fer barbelé et la pression des animaux. Dans les régions plus arrosées, les haies vives peuvent aussi fournir du fourrage. Dans ce cas, on plante en quinconce 2 à 3 rangs de jeunes plants (ou graines) d'arbustes légumineuses (*Leucaena*, *Acacia* sp., *Ziziphus* sp., *Balanites* sp., *Atriplex* sp., etc.). Pour renforcer le pouvoir filtrant de ces jeunes plantations, on y dépose des racines, jeunes branches, adventices sarclées et autres cailloux ou déchets de labour qui ralentissent le ruissellement en même temps qu'ils vont améliorer l'humus du sol, sa capacité d'infiltration et sa fertilité. Dans ce milieu riche en MO, les vers de terre et autres animaux fouisseurs vont se développer et créer une zone d'infiltration préférentielle.

#### Objectifs

Les haies vives permettent de ralentir le ruissellement sur les marnes (Rif) où les banquettes et les terrasses d'absorption totale risquent de déclencher des mouvements de masse ou du ravinement.

Les haies vives peuvent aussi servir de base à la protection d'un talus, à la formation d'une terrasse progressive et à la production de fourrage. Elles ralentissent les eaux de ruissellement, provoquent la sédimentation des particules grossières et matières organiques et accumulent en amont les terres déplacées lors des travaux culturaux.



### *Extension*

On trouve des haies en bordure des champs dans tout le pays, en particulier là où on souhaite limiter le parcours des animaux (piquets verts ou haies dans le Rif). Les bordures de parcelles en cactus (raquettes, chandelles ou coussinets) sont nombreuses en zones semi-arides, où elles apportent un complément de recette lors de la vente des fruits (figues de barbarie) et servent de réserve de fourrage en cas de grande sécheresse.

### *Coût d'installation*

- Préparation du terrain et apport d'engrais : 500 Dm/ha
  - Achat des plants, boutures, graines : 500 à 1 000 Dm/ha
  - Plantation des lignes : 1 000 à 2 000 Dm/ha
  - Protection des jeunes plants pendant 2 à 3 ans (fourmis, bétail) : 2 000 à 4 000 Dm/ha
- Total : 4 000 à 7 500 Dm/ha

### *Suivi et entretien*

Les jeunes haies plantées sont efficaces pour réduire les transports solides dès la première année, si on les renforce par les déchets de culture ou un épais paillage. La croissance des jeunes plants doit être favorisée par un léger apport de nutriments (vieux fumier éteint, NPK et compost) et d'eau lors des périodes de sécheresse jusqu'à ce que les racines atteignent des niveaux frais du sol. Par contre, pour réduire la concurrence avec les cultures, il faut limiter l'extension latérale du réseau racinaire superficiel des arbustes en passant jusqu'à 30 cm de profondeur un couteau à 50 cm de la ligne de plantation dès la première année, lorsque les racines sont encore cassantes, et repasser chaque année lors du labour : cette intervention favorise l'enracinement profond.

Lorsque la haie vive commence à faire trop d'ombre aux cultures, il faut tailler la haie soigneusement avec un outil tranchant adapté pour blesser au minimum les branches (cisailles, sécateurs, scies). Les émondes, riches en éléments nutritifs,

peuvent renforcer la haie les deux premières années, puis servir de fourrage ou de paillage sur le champ amont labouré et semé : les feuilles se détachent d'elles-mêmes au bout de quelques pluies, et les branchettes pourront soit rester pourrir sur place, soit être récupérées au bout de quelques semaines pour divers usages (piquets pour faire grimper les pois et haricots, petit bois de feu).

La taille des haies se fait 2 à 4 fois dans l'année selon le climat et les espèces plantées.

### Coût à l'entretien

- Taille de la haie 2 à 4 fois dans l'année : 250 à 500 Dm
  - Disposition des émondes sur la terre semée ou comme fourrage pour le bétail : 50 à 100 Dm
- Total : 300 à 600 Dm

#### Avantages

Technique ne nécessitant que peu de terrassement

- Peu de transport de matière à part les boutures
- Peu de travail à l'installation (10 à 30 JT/ha)
- Remonte en surface les nutriments du sol
- Augmente la biodiversité (cache pour oiseaux)
- Introduit une nouvelle production (bois, fourrage)
- Permet la formation de terrasses progressives

#### Inconvénients

- Perte de 5 à 15 % de la surface cultivable
- Peut servir de refuge pour les nuisibles
- Entretien chaque année à l'occasion de la taille
- Un ruissellement trop abondant peut déborder et emporter la terrasse progressive suivante



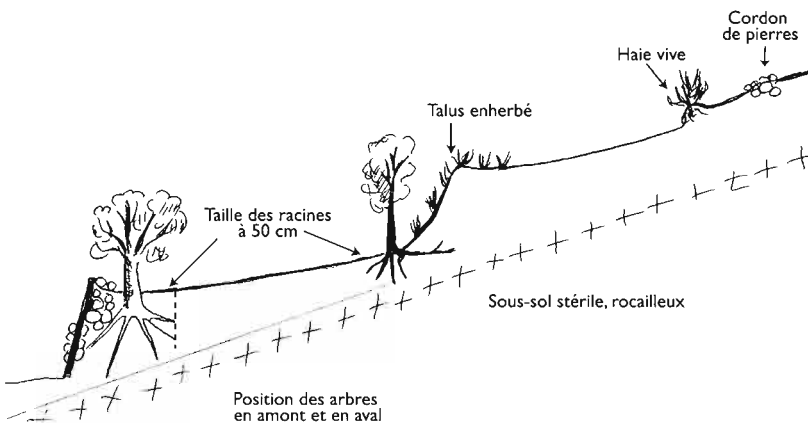
**Fiche 18**

**Les terrasses progressives avec talus perméables végétalisés ou empierrés**

*Description*

À la limite inférieure des parcelles cultivées, le cultivateur laisse généralement une bande d'herbes sauvages pour ralentir les eaux qui ruissellent. Avec les années et le labour régulier, la terre de la parcelle s'accumule en amont de cette bande enherbée, tandis que la charrue gratte la base du talus précédent. En 4 à 10 ans, le talus s'épaissit de 1 mètre tandis qu'en amont le sol s'amincit progressivement, repoussé par la charrue et par l'érosion vers le bas du versant. C'est ainsi que se forment progressivement des terrasses. Il est possible d'accélérer ce processus d'érosion aratoire, en installant en bordure de parcelle ou à 10-25 m les unes des autres des doubles lignes d'herbes, d'arbustes ou d'arbres en courbe de niveau, entre lesquelles on dispose des déchets de culture, des cailloux ou du paillage en guise de filtre. Les herbes sont efficaces dès la première année. Les arbres et arbustes ont besoin d'une année pour s'installer, mais l'addition de déchets organiques et minéraux accélère l'efficacité des bandes d'arrêt pour former des terrasses progressives.

La pente de la terrasse progressive, contrairement aux gradins, ne sera jamais horizontale, mais elle sera réduite de 30 à 50 % de la pente initiale et formera une concavité qui favorise la sédimentation des eaux de ruissellement. Le mouvement de l'horizon superficiel du sol entraîne l'accumulation de bonne terre humifère vers l'aval de la parcelle et l'appauvrissement de la partie haute. Il faut donc tenir compte de cette différence de fertilité du sol en choisissant des cultures exigeantes près du talus (des arbres fruitiers par exemple) et des cultures rustiques là où le sol est décapé progressivement : on peut aussi compenser par la fumure organique ou un paillage cette perte de stock d'eau et de nutriments de la partie amont. Le travail du sol se fait en courbe de niveau, en commençant à l'aval de la terrasse. Il est prévu en bout de terrasse une zone où l'attelage ou le tracteur peuvent manœuvrer et grimper sur la terrasse supérieure.



### *Objectifs*

Les terrasses progressives sont souvent choisies pour valoriser des terres arides, pauvres, caillouteuses ou trop pentues qui ne bénéficient pas de l'irrigation. Le propriétaire préfère modifier progressivement le profil de sa parcelle sans devoir faire un investissement foncier trop important (30 à 60 jours de travail pendant 4 années). La formation d'un talus permet d'accumuler localement sur une bande étroite la terre et l'eau du ruissellement qui favorisent la croissance de plantes plus exigeantes et plus rentables que sur la terre initiale. La réduction de la pente, la forme concave et la barrière végétale ou minérale perméable réduisent les risques d'érosion et de ruissellement de façon très significative sans provoquer de glissements de terrain sur des pentes de 45 à 70 %. Les dégâts sont nettement moins brutaux sur des terrains aménagés en terrasses progressives plutôt qu'en gradins ou en banquettes d'infiltration totale (talus de terre imperméable) lors des averses intenses ou particulièrement abondantes.

### *Extension*

Les terrasses progressives se retrouvent sur toutes les montagnes du Maroc, en particulier là où il n'est pas rentable d'établir des gradins par manque d'eau ou de sol (trop peu profond ou trop caillouteux). Dans le Haut Atlas, on a souvent observé des terrasses progressives au-dessus de la séguia qui irrigue les premiers gradins sur les colluvions de bas de pente. Dans les zones arides et semi-arides où les cultures sont aléatoires, des cordons de pierres ou des murettes basses permettent de concentrer le peu de terre et d'eau sur une mince bande de terre cultivable (arbres peu exigeants). Le choix de la protection du talus perméable (herbes, arbustes ou arbres et pierres) dépend beaucoup de la lithologie et de l'aridité du climat.

### *Moyens et coûts*

- Préparation de la terrassette en courbe de niveau : 250 Dm/m<sup>2</sup>
- Achat et transport des plants/boutures/pierres : 15 à 25 Dm/plant
- Plantation de la haie ou formation du cordon de pierres : 50 à 150 Dm/10 m linéaires
- Labour en courbe de niveau rejetant la terre vers l'aval : 10 Dm
- Fumure et fertilisation complémentaire : 50 Dm/10 m linéaires
- Paillage de la haie vive : 10 Dm/10 m linéaires

### *Suivi et entretien*

- Entretien de la haie, paillage, taille, transport des émondes
- Entretien du talus, renforcement des zones critiques, passages d'eau
- Labour profond au coutre pour casser les racines superficielles de la haie
- Fumure organique et complément minéral
- Construction d'un talus intermédiaire si le sol est peu épais et si une couche stérile apparaît
- Creusement d'un drain au pied du talus si les pluies sont trop abondantes

### Avantages

- Réduction de la longueur de pente
- Réduction progressive du % de pente
- Réduction progressive des risques d'érosion
- Développement d'une zone enrichie en humus
- Diversification des cultures

### Inconvénients

- Perte de surface cultivée (talus fourrager)
- Appauvrissement de la partie amont
- Ruissellement et érosion diminuent mais le risque n'est jamais nul

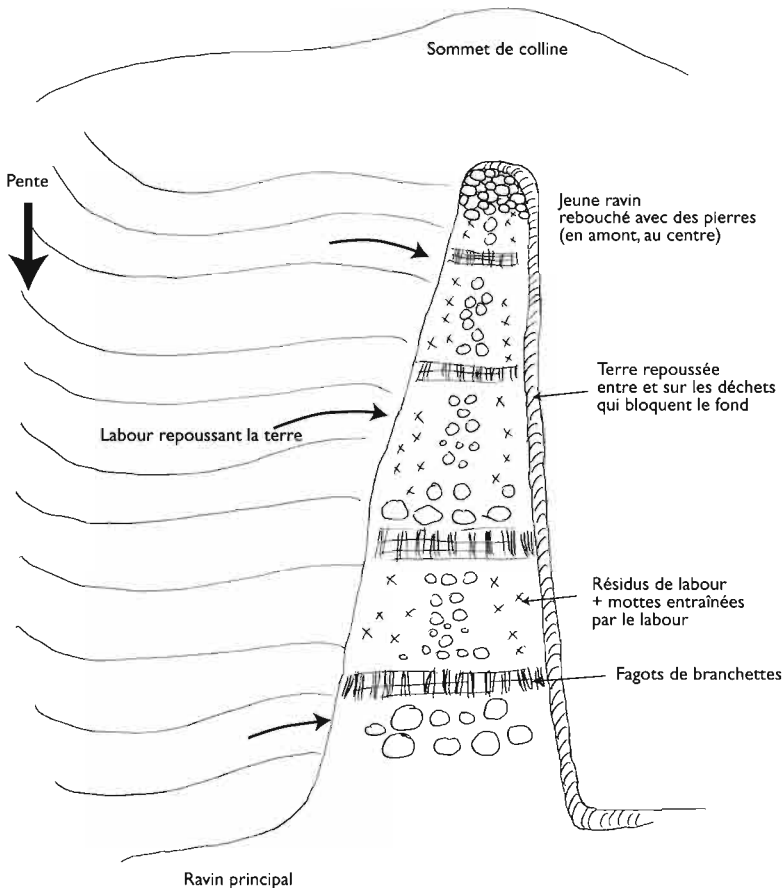
## La restauration des ravines

### Fiche 19

#### Le comblement progressif des jeunes ravines dans les champs

##### Description

Les petites ravines et les têtes de ravines qui naissent en plein champ cultivé sont comblées progressivement, d'abord de débris végétaux (fascines, résidus des cultures, branches de jujubier, raquettes de cactus, roseaux, branches d'aubépine, cistes, etc.) ou d'autres matériaux (pneus, cailloux, etc.) ; ensuite, elles sont recouvertes de mottes de terre. Le comblement est souvent incomplet la première année. Lors de la saison suivante, on y rejette les déchets du labour (pierres, végétaux), ce qui permet de piéger rapidement les sédiments grossiers et de stopper l'approfondissement de la ravine. Cependant, le chemin de l'eau se trouve bloqué et, lors des averses intenses, une nouvelle ravine risque de s'ouvrir à côté de la première.



### *Objectifs*

Il s'agit d'arrêter l'approfondissement des ravines dès leur naissance pour éviter de réduire la surface cultivée, handicaper la circulation des outils de travail du sol et réduire la productivité de la parcelle. Cependant, il reste souvent une ondulation du versant par où circule le ruissellement venant de l'amont : cette zone restera fragile et il est prudent de la couvrir de végétation pérenne ou de pierres.

### *Extension*

Observations dans le Rif central mais extension possible en zone semi-aride.

### *Moyens et coûts*

Le comblement des petites ravines n'est pas coûteux et ne demande pas d'habileté particulière.

### *Suivi et entretien*

Si le comblement des ravines étale et ralentit le passage naturel de l'eau, lors d'averse intense, le débordement peut créer une autre ravine. Le suivi de ces opérations consiste à réduire la production du ruissellement sur la parcelle (impluvium) et à l'acheminer sans beaucoup d'impact jusqu'à un ravin principal. L'épandage de pierres issues des labours, la construction de petits seuils fractionnés en fagots ou en pierres et la revégétalisation du lit réduit le creusement de ces petites ravines.

#### **Avantages**

- Réduction de l'extension des ravines
- Piégeage des sédiments grossiers
- Récupération d'espace à cultiver
- Réduction du ruissellement en bas du versant
- Opération peu coûteuse
- Nettoyage des pierres et autres déchets du labour

#### **Inconvénients**

- Apparition de nouvelle ravine si le ruissellement n'est pas réduit à l'origine (impluvium)

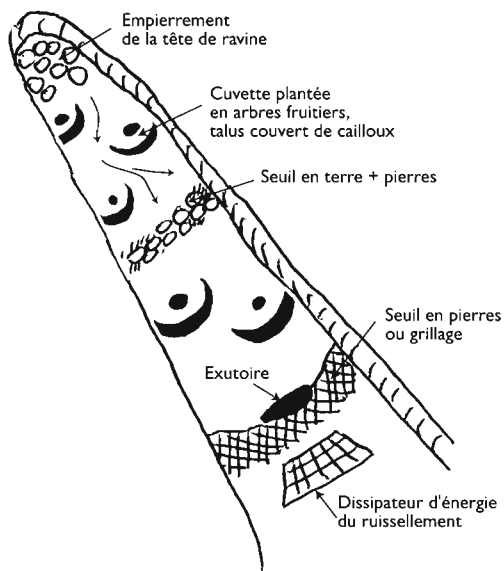
## Fiche 20

### La végétalisation des jeunes ravines

#### Description

Lorsqu'une couverture pédologique et des végétaux garnissent encore partiellement le fond de jeunes ravines, il est possible de regarnir la végétation existante avec une végétation permanente mixte, herbacée au centre du ravin, arbustive et arborée sur les côtés pour augmenter la rugosité du lit sans créer de tourbillons.

Les espèces sont choisies en fonction de leurs aptitudes écologiques à s'adapter au milieu spécial des ravines (inondées pendant les brèves crues, mais arides pendant la saison sèche et chaude), pour leur efficacité à fixer la terre et à valoriser le site. On a le choix entre des arbres fruitiers (oliviers, figuiers, amandiers, pommiers, pruniers, abricotiers, caroubiers, noyers, pêchers), des arbres forestiers et fourragers (*Fraxinus* sp., *Populus alba*, *Acacia cyanophylla*, *Tamarix* sp., *Salix* sp., *Eucalyptus* sp., *Atriplex* sp., *Ziziphus* sp., *Nerium oleander*) et diverses plantes (*Retama* sp., *Phragmites* sp., *Opuntia* sp., *Agave* sp., cannes à sucre et cannes de Provence). Les arbres sont plantés à forte densité (> 2 000 plants/ha) sur les berges du ravin et alentour, juste après l'atterrissement des seuils en pierres, grillage ou bambous. Le fond du lit ne doit comporter que des arbustes souples (lauriers, *Atriplex*, cannes de Provence, roseaux, saules) et des herbes qui se couchent lors des crues en protégeant les sédiments déposés sur le fond. Les arbres sont plantés dans des cuvettes en quinconce : le collet doit être apparent après avoir tassé le sol de chaque côté des plants. L'époque de plantation dépend des risques de gel et de la disponibilité en eau/pluies : on évitera les plantations tardives de printemps et on assurera une ou deux irrigations la première année.



Un apport modéré de fumier bien décomposé ou d'engrais est recommandé dans le trou de plantation (50 x 50 x 50 cm). Un gardiennage durant la période d'installation est souvent nécessaire : la plantation et la surveillance peuvent être assurées par les paysans voisins (contrat), comme gage de protection contre la divagation du bétail.

### *Objectifs*

L'objectif principal est d'arrêter l'évolution des jeunes ravines à moindre coût et d'une manière durable. L'installation de la végétation, notamment pérenne, permet d'assurer une lutte durable contre les effets des écoulements.

Pour intéresser les paysans à la gestion de ces aménagements, il est recommandé de choisir les espèces végétales adaptées à l'écologie locale, mais aussi à l'usage des bénéficiaires.

### *Extension*

La végétalisation des ravines jeunes a été observée dans le Rif occidental sub-humide et le Moyen Atlas sub-humide à humide. Elle peut être étendue dans tout le Rif, le Moyen Atlas et le Haut Atlas. On a observé de nombreux ravins plantés de fruitiers dans le Rif et en zones semi-arides, ou même arides derrière des *jessour*. Le choix des espèces pour la végétalisation des ravins tient compte du degré de dégradation des terres, mais les paysans préfèrent les arbres fruitiers, fourragers ou producteurs de perches. Cependant, il faut tenir compte du statut foncier, de l'instabilité des lieux et des conditions écologiques. L'adhésion des paysans à ces actions valorisantes des zones dégradées est favorisée par le salaire (plantation, gardiennage), une formation et le matériel apporté par l'État ou une ONG au démarrage, en particulier les jeunes plants.

### *Moyens et coûts*

Le choix des espèces et le coût de la végétalisation dépendent du type de ravin, de la pente des berges, de la densité choisie, de l'accessibilité et de la distance de la pépinière.

À titre d'exemple

- Production des plants : 2 à 15 Dm/plant
- Transport et plantation : 5 Dm/plant
- Fumure (fumier ou NPK) : 5 Dm/plant

### *Suivi et entretien*

- Regarnissage des zones où la reprise a été insuffisante
- Arrachage des arbres gênants, poussant au milieu du lit
- Valorisation des berges et atterrissements par plantation de fruitiers
- Contrat type de gestion de ces espaces particuliers
- Taille des arbres pour valoriser leur production (perches droites, taille de fructification, traitements phytosanitaires)

**Avantages**

- Traitement des ravines à moindre coût
- Récupération de terres perdues pour les riverains
- Diversification de la production en fourrage, bois de feu et perches
- Protection des versants contre l'érosion
- Protection des barrages en aval contre les crues et la sédimentation ;
- Réhabilitation des paysages et de la biodiversité
- Allègement de la pression sur les espaces forestiers (bois, fourrage, fruits)

**Inconvénients**

- Nécessite un suivi régulier
- Source de litige entre paysans et l'administration (statut foncier)
- Source de mauvaises herbes, de parasites et ravageurs



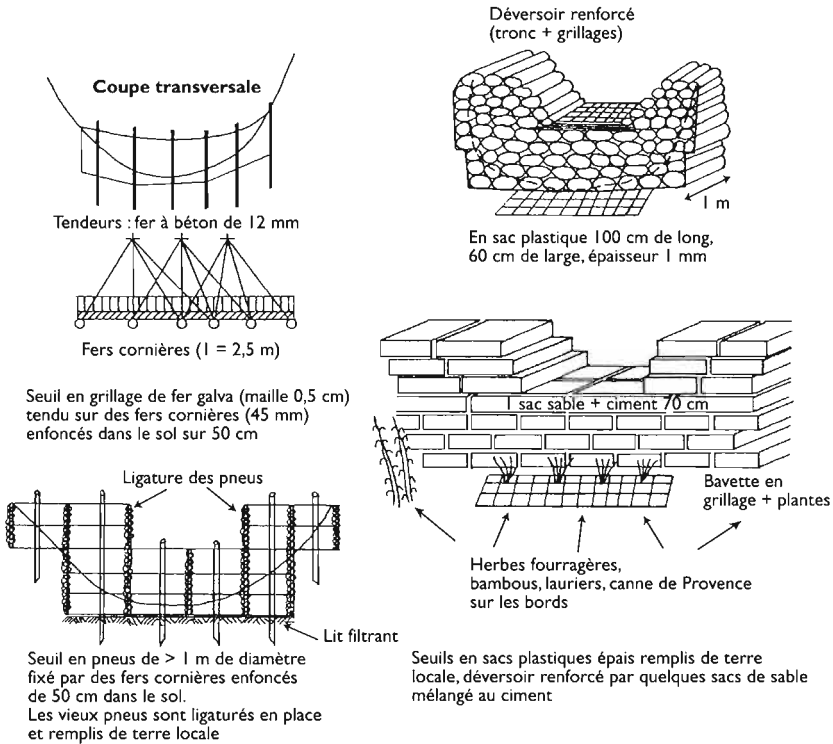
**Fiche 21**

**La restauration de ravines moyennes à l'aide de seuils**

*Description*

Sur les ravines de taille moyenne, c'est-à-dire dont le fond a été décapé de son sol et de la végétation, il est indispensable de fixer d'abord mécaniquement le fond du ravin par une série de seuils (en pieux, en pierres sèches, en gabions, en grillages ou même en terre compactée) avant de revégétaliser les versants et les abords du ravin, sous peine de voir les plantations emportées à la première crue.

Toute une série de règles doivent être respectées pour que les seuils résistent à la pression du ruissellement et des sédiments transportés. Évoquons brièvement les plus importantes : poser le seuil sous le niveau du ravin et l'appuyer sur les versants en prévoyant de relever les bords du seuil au-dessus du niveau des crues ; choisir l'emplacement pour appuyer le seuil sur un rétrécissement des



Prix pour un seuil de 4 m<sup>3</sup>  
(matériel + main d'œuvre + transport)

400 Dm en gabion.....	100 %
en pierres sèches.....	84 %
en grillage de fer.....	34 %
en toile brise-vent plastique.....	21 %
en pneus récupérés.....	20 %
en France 100 € / m <sup>3</sup> de gabion	

*Différents types de seuils perméables*

berges ; prévoir la dissipation de l'énergie de chute des eaux (renards) ; garder perméable le seuil pour éviter la pression hydrostatique des crues, la base du seuil amont doit être à la même hauteur que l'exutoire du seuil aval, à la pente de compensation près (soit 5 à 20 % selon la résistance de la roche) ; limiter la hauteur des seuils à 1,2 m quitte à poser une nouvelle série de seuils dès que la première est comblée de sédiments (au-delà, la moindre erreur de construction entraîne des ruptures et la destruction progressive de tout le réseau). Des seuils en terre compactée peuvent s'avérer souples (sur marnes) et très efficaces à condition de renforcer l'exutoire (barre de béton, de fer ou de pierres cimentées). Ce ne sont pas forcément les seuils les plus chers et les plus solides (voile de béton ou gabion) qui résistent le mieux aux assauts des eaux boueuses circulant dans les ravines : l'infiltration de l'eau sous pression entraîne souvent le détournement des écoulements sous le seuil ou sur ses côtés.

En plus des seuils au travers de la ravine principale, il faut prévoir l'enrochement des têtes de ravine pour supprimer sa force de cisaillement et réduire le ruissellement en amont, soit en détournant les pistes et leurs drains, soit en améliorant l'infiltration dans les champs ou les parcours par une mise en défens temporaire avec enrichissement du couvert végétal.

Une fois les seuils envasés (après quelques grosses crues), il faut procéder le plus rapidement possible à la végétalisation de l'ensemble du ravin et de ses environs immédiats (bordure en défens de 4 m minimum autour du ravin). On peut planter des arbres fruitiers, fourragers ou forestiers bien adaptés à la diversité écologique des ravines : fond humide durant les pluies mais sol peu profond sauf en amont des seuils, versants plus profonds mais très bien drainés aptes pour les arbres, distinguer les versants secs (adrets) des versants mieux exposés aux vents humides porteurs de pluies. Fréquemment, les oliviers, figuiers, amandiers, caroubiers et palmiers sont plantés sur les côtés du ravin dans une cuvette où ils sont fumés et entretenus : le centre du ravin doit être couvert d'herbes souples fourragères qui seront exploitées en saison sèche. Des bambous ou cannes de Provence sont parfois plantés en lignes concaves au travers de la ravine comme seuil secondaire : leur réseau racinaire très dense protège bien le sol tandis que leurs nombreuses tiges semi-rigides ralentissent les écoulements.

### **Objectifs**

L'usage combiné de seuils et de plantations diverses a trois objectifs : stopper l'élargissement, le creusement et le rallongement des ravines qui fournissent beaucoup de sédiments dans les barrages, ruinent les espaces cultivés ou pâturés ; valoriser les terres récupérées ; réduire le coût de l'entretien des ravines restaurées.

### **Extension**

Ces techniques mécaniques et biologiques conjointes sont utilisables aussi bien en zone humide que semi-aride et même aride, pourvu que les espèces plantées soient choisies en fonction des conditions écologiques locales. Elles sont aussi

utilisées pour des ravines importantes mais ont plus de chance de réussir durablement sur les ravines moyennes et petites, sur des pentes faibles à moyennes (< 30 %) et dans des zones suffisamment pluvieuses (> 200 mm). Leur réussite augmente lorsque ces travaux réalisés par des ouvriers qualifiés sont ensuite adoptés par les paysans formés qui sont chargés de les entretenir et peuvent les exploiter sous contrat. En Inde, ces nouvelles terres sont confiées aux paysans « sans terre » dont c'est l'unique ressource. En Haïti, de véritables « jardins de ravins » sont soigneusement entretenus et valorisés par toutes sortes d'arbres fruitiers ou fourragers. Construits en série en zone semi-aride du Maghreb, ces ravins se transforment en *jessour* ou oasis linéaires.

### Moyens et coûts

- Construction de cordons, murettes, seuils divers, selon le type, environ : 500 Dm/m<sup>3</sup>
  - Achat de plants (2 000 x 10 Dm/ha) : 20 000 Dm/ha
  - Confection de cuvettes et plantation (5 Dm/plant) : 10 000 Dm/ha
  - Fumure (fumier ou NPK) (5 Dm x 2 000 plants) : 10 000 Dm/ha
- Total pour un petit seuil de 1 x 5 m en gabion + 20 plantes = 3 000 Dm pièce + main-d'œuvre

### Suivi et entretien

- Arrosage la première année
- Regarnissage des plants non repris
- Taille des arbres, des fourrages et soins phytosanitaires
- Entretien des seuils selon dégâts (réduction des fuites, réparation des dégradations par les paysans)
- Surveillance de la mise en défens pendant 3 à 5 ans et enrichissement du parcours autour du ravin

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>– Assurer la durabilité de la correction des ravines</li><li>– Réduire les crues et ensablement des barrages</li><li>– Réduire le coût des aménagements et leur entretien</li><li>– Améliorer la production de bois et fourrage des riverains</li><li>– Réhabiliter la biodiversité</li><li>– Renforcer les liens entre paysans et l'administration</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Nécessite un suivi des paysans</li><li>– Source de litiges entre paysans et usagers</li><li>– Problème du statut des terres ravinnées</li><li>– Litiges entre les paysans et l'administration</li><li>– Source de parasites, ravageurs, adventices</li></ul>

**Fiche 22**

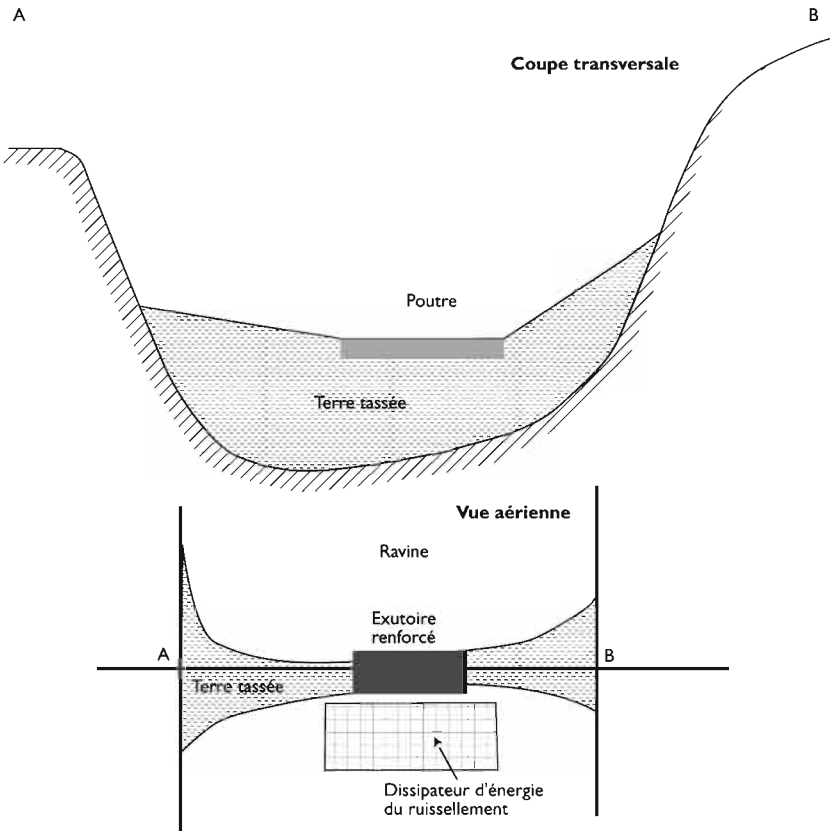
**Les seuils en terre enherbée avec exutoire renforcé**

*Description*

Dans les ravins de petites dimensions à pente faible et à écoulement peu agressif, des diguettes en terre tassée, agissant en tant que seuils, sont construites au fond du lit et à espacement court. Pour augmenter la rugosité du lit et ralentir les écoulements, elles sont renforcées par des pierres ou par une végétation herbacée permanente. Elles ont une épaisseur et une hauteur d'environ 50 cm. Les écoulements excédentaires sont canalisés vers des déversoirs renforcés par des pierres plates, des troncs ou des barres de fer.

*Objectifs*

Ces seuils sont utilisés pour stabiliser progressivement les ravins peu actifs à moindre coût. Elles fractionnent le ravin et piègent le ruissellement. En ralentissant l'écoulement, elles évitent le creusement et l'élargissement des ravins. Elles favorisent l'installation de la végétation naturelle (herbacées, arbustes) ou introduite (*Acacia cyanophylla*).



### *Extension*

Rencontrés dans les bassins versants de l'oued Lakhadar, Haut Atlas central semi-aride et de l'oued Srou, Moyen Atlas sub-humide, ces seuils enherbés conviennent dans tout le Haut Atlas, Moyen Atlas et Rif.

### *Moyens et coûts*

Les coûts sont relativement faibles. Une diguette de 1 m de long, 0,5 m de large et 0,5 m de hauteur peut revenir à 50 Dm. Les opérations de construction se résument comme suit.

- Creusement et ramassage de la terre du talus
- Tassement de la terre
- Empilement des pierres sur le déversoir
- Enherbement des seuils et plantation entre les seuils

### *Suivi et entretien*

L'entretien de ces diguettes consiste à combler les ouvertures et dégâts causés par les écoulements agressifs durant la saison pluvieuse, notamment au niveau des déversoirs. L'installation de la végétation doit être favorisée par la mise en terre de boutures d'espèces à usages multiples (saule, frêne, acacia, cactus, etc.).

#### **Avantages**

- Arrête l'évolution des ravines
- Réduit les écoulements et améliore l'infiltration de l'eau dans le sol (amélioration du bilan hydrique pour les plantes)
- Permet à la végétation de s'installer

#### **Inconvénients**

- Fragile durant les crues importantes
- Demande un entretien fréquent durant la période hivernale

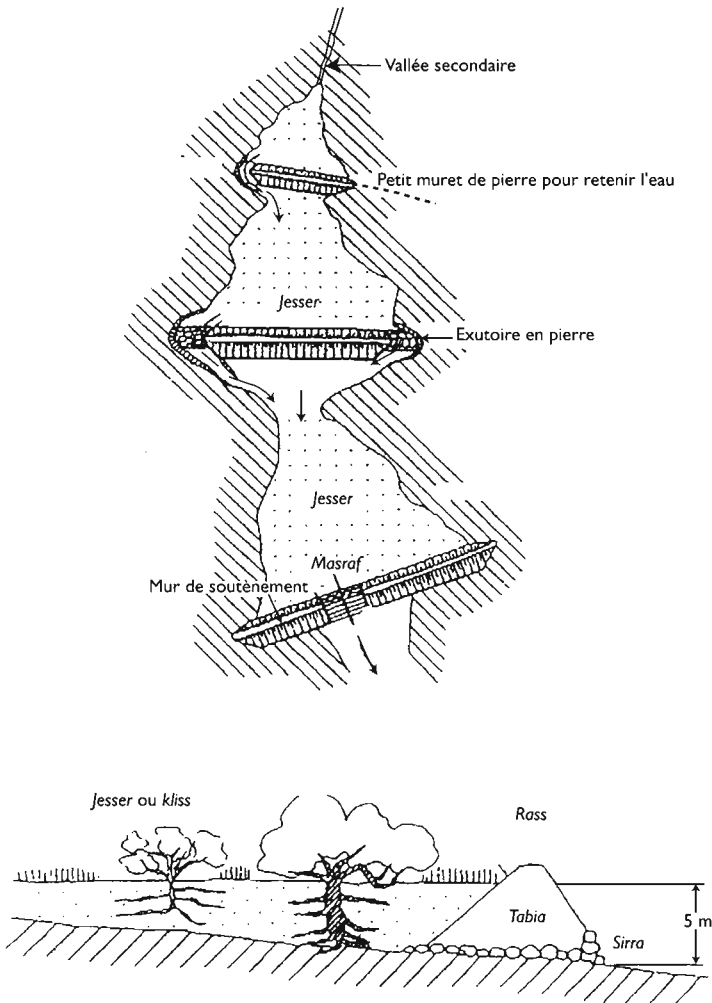
# Aménagement des vallées

## Fiche 23

### Les jessour (sing. jesser)

#### Description

Dans les zones arides de montagnes, des petites digues en terre sont construites en série dans les vallées secondaires pour capter le ruissellement et sa charge solide. Ces digues permettent la formation progressive de terrasses plantées en arbres fruitiers (palmiers, figuiers et oliviers dont les tiges supportent d'être enfouies sous les sédiments) et semées en céréales et légumineuses (BONVALLOT, 1986). La digue (*tabia*) en terre compactée se construit soit manuellement, soit



au bulldozer. La hauteur est de 1 à 3 m, la longueur de 10 à 50 m et l'épaisseur de 2 à 3 m à la base et de 50 à 100 cm au sommet. La digue est parfois protégée d'une murette en pierres et équipée d'un exutoire latéral qui s'appuie sur le bord du versant. Si le déversoir latéral s'attaque à une zone tendre du versant, il est renforcé par des lignes de pierres.

### Objectifs

L'objectif consiste à récupérer l'eau et les sédiments fins en transit dans le fond d'un vallon derrière une série de digues, pour construire progressivement des terrasses qui seront cultivées intensivement en arbres fruitiers, légumes, céréales et fourrages.

### Extension

Les *jessour* peuvent être étendus dans toutes les zones arides du pays : Oriental, Haut Atlas oriental, Moyen Atlas oriental, Anti-Atlas, Abda, Haha.

### Moyens et coûts

– Construction d'une diguette en terre parfois renforcée par un revêtement de cailloux qui sont prélevés sur place 10 JT/20 m<sup>3</sup> à 100 JT/100 m<sup>3</sup> x 50 Dm/JT : 500 à 5 000 Dm

– Aménagement soigneux du déversoir par une maçonnerie de pierres taillées : pour une surface de 1 m x 1 m : 150 Dm

– Achat et plantation d'arbres fruitiers (oliviers, figuiers, palmiers) : 20 à 40 Dm/plants

– Fumure (fumier et NPK) : 500 Dm/ha

Total : 5 000 à 15 000 Dm/ha



© M. Sabir

Aménagement de vallée par des *jessour* peu sophistiqués

*Suivi et entretien*

- Entretien de la digue : 5 JT/ha/an soit 250 Dm/ha/an
- Fumure des arbres fruitiers : 500 Dm/ha/an

**Avantages**

- Récupération des eaux et des sédiments circulant dans le vallon
- Réduction du transport solide, des débits de pointe et de l'envasement des barrages
- Amélioration de la productivité des terres
- Renforcement de la biodiversité

**Inconvénients**

- Nécessite un entretien régulier de la digue et du déversoir, en particulier après chaque crue principale.
- La production dépend des pluies (ni trop abondantes ni trop faibles et bien réparties)



**Fiche 24**

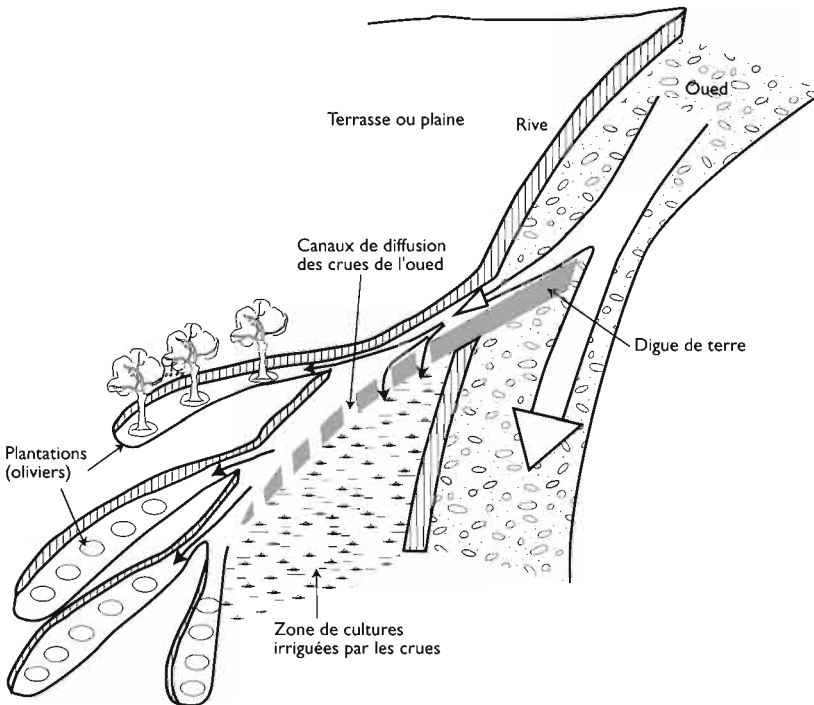
**Les digues d'épandage de crue  
(*faïd*, *amzaourou* ou *amazighe*)**

*Description*

Dans les montagnes arides, des digues en terre grossière (*ouggoug*) sont construites dans l'oued principal pour dévier les eaux de crue vers des canaux qui permettent l'irrigation de plaines en aval. La digue en terre a une hauteur de 1 à 2 m de façon à contenir la crue décennale. L'eau de l'oued est déviée vers un canal (1 à 2 m de large), où décantent les sables et limons, puis vers des canaux secondaires de distribution de l'eau d'un champ à l'autre et, dans les champs, d'une cuvette à l'autre. La propriété est ainsi divisée en petites parcelles (*lagroura*) aménagées en petits bassins isolés par des levées de terre de 1 m ; ces bassins font 3 à 5 m de long et 2 m de large.

*Objectifs*

L'objectif consiste à récupérer l'eau et les sédiments fins en transit dans l'oued et à les canaliser vers des surfaces planes pour irriguer et fertiliser les cultures et les plantations d'arbres fruitiers.



### Extension

Observation sur le versant sud présaharien du Haut Atlas (Tafilalt, Ouarzazate, Tata, etc.) où les pluies ne dépassent pas 200 mm, mais cette technique pourrait être étendue à toutes les zones arides de montagne et, en piémont, aux alentours des oueds. Les apports d'eau sont de courte durée et aléatoires comme les pluies : les cultures sont donc elles-mêmes très aléatoires.

### Moyens et coûts

Il n'y a pas de déversoir : la crue circule naturellement dans l'oued

- Construction d'une digue parfois renforcée par un revêtement de cailloux : 2-10 JT/an : 600 Dm
- Achat et plantation d'arbres fruitiers (oliviers, figuiers, palmiers) : 500 Dm
- Fumure (fumier et NPK) : 600 Dm

Total : 1 700 Dm

### Suivi et entretien

- Entretien de la digue et des billons : 5 JT/ha/an soit 250 Dm/ha/an
- Fumure des arbres fruitiers : 500 Dm/ha/an

#### Avantages

- Récupération des eaux et des sédiments circulant dans l'oued
- Réduction du transport solide, des débits de pointe, de l'envasement des barrages et de la salinisation des sols
- Amélioration de la productivité des terres peu pentues au pied des collines par l'apport des sédiments
- Amélioration de l'alimentation de la nappe
- Enrichissement de la biodiversité
- Utilisation des matériaux locaux

#### Inconvénients

- Nécessite un entretien régulier de la digue et des parcelles cultivées, en particulier après chaque crue principale
- La durée et la période d'irrigation ne sont pas maîtrisées
- Caractère aléatoire des crues et donc des productions

**Fiche 25**

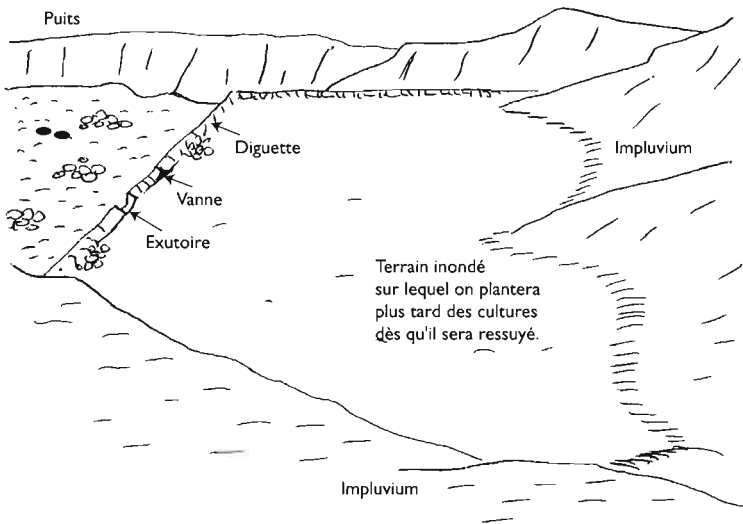
**Les liman : digues de stockage dans les hautes vallées**

*Description*

Dans les montagnes arides, à la confluence de deux vallées secondaires, une digue en terre, de 1 à 2 m de haut, est construite pour capter le ruissellement et sa charge solide : elle permet une culture dans une bonne terre alluviale qui a absorbé une réserve d'eau suffisante pour produire une céréale (500 mm) ou une culture de légumineuse à croissance rapide. Pour évacuer une crue exceptionnelle, un exutoire est prévu, généralement protégé par un mur de pierres cimentées. La pente du talus de la digue dépend de la texture du matériau, elle est de l'ordre de 50 % pour des alluvions argilo-sableuses. La surface cultivable après infiltration de la nappe d'eau stockée dépend de la largeur des vallées et de la pente du fond de vallée. Cette technique correspond au « tank » des zones semi-arides indiennes. Dans le cas des *liman*, c'est la vallée elle-même qui va être irriguée, tandis que dans la *faïd* la digue dévie une partie des eaux de l'oued dans un canal qui va irriguer les plaines environnantes en aval. Enfin, un barrage collinaire accumule des eaux qui seront pompées pour irriguer des sols en aval et en amont du barrage. Contrairement au barrage, le *liman* profite de la charge solide du ruissellement pour améliorer la production des cultures.

*Objectifs*

L'objectif de ces petites digues consiste à valoriser les sédiments fins en transit à l'embranchement de deux vallons derrière une digue rustique et à accumuler suffisamment d'eau dans les bons sols alluviaux pour permettre à une culture de céréale de terminer son cycle. L'objectif secondaire est de réduire l'importance de la crue et des transports solides sur les versants des hautes vallées, avant qu'ils n'atteignent les barrages principaux.



### Extension

L'observation d'un *liman* a été réalisée dans le Moyen Atlas aride faisant partie de la haute Moulouya. Actuellement on en connaît peu au Maroc, mais on peut proposer une extension dans toutes les zones arides de montagne (Anti-Atlas, Rif oriental, Oriental, hauts plateaux).

### Moyens et coûts

- Construction au bulldozer d'une digue de 1,5 m de haut et de 2 à 3 m de large, barrant complètement la zone de confluence de deux vallons : 400 Dm/m linéaire
- Recouvrement du déversoir par une maçonnerie de pierres : 150 Dm pour une surface de 1 m x 1 m

### Suivi et entretien

Semis direct des terres ressuyées

Entretien de la digue et de l'exutoire : 5 JT/100 ml/an soit : 250 Dm/ha/an

#### Avantages

- Valorisation sur place des eaux et des sédiments circulant dans deux vallons
- Réduction du transport solide, des débits de pointe, de la salure du sol et de l'envasement des barrages
- Amélioration de la productivité des terres
- Utilisation des matériaux locaux

#### Inconvénients

- Nécessite un entretien régulier de la digue et du déversoir, en particulier après chaque crue principale

**Fiche 26**

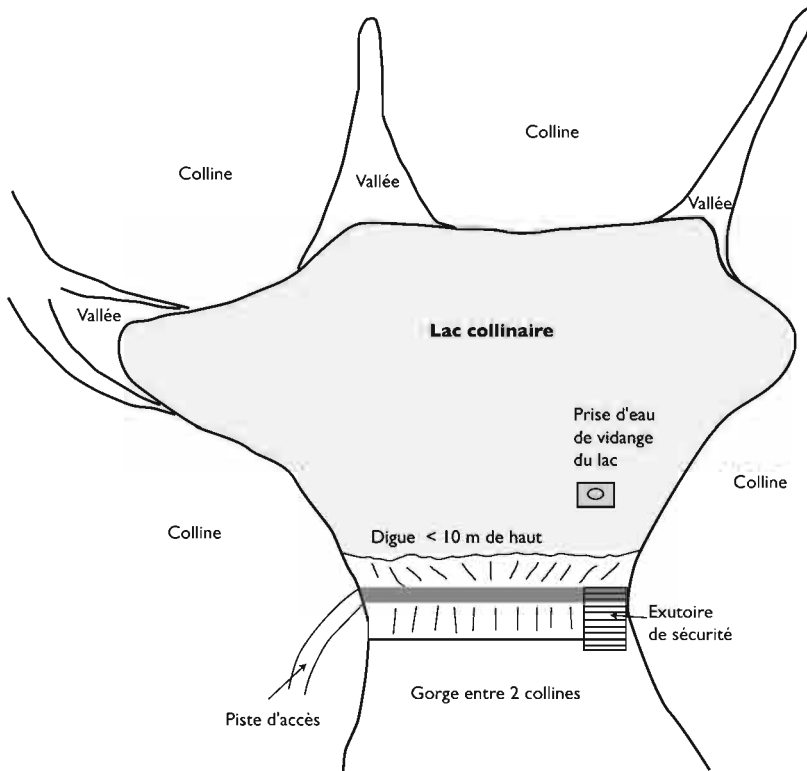
**Les petits barrages collinaires**

*Description*

Un lac collinaire est un réservoir d'eau retenue par une digue construite en terre argileuse compactée ou en béton. Sa hauteur est comprise entre 5 et 10 m, elle peut aller jusqu'à 15 m (limite inférieure des grands ouvrages retenue par la Commission internationale des grands barrages). La digue est équipée de déversoirs latéraux de conception rustique, capables d'évacuer quelques dizaines à plus de 100 m<sup>3</sup> par seconde. Le lac possède parfois une vanne de fond. Les lacs collinaires peuvent retenir quelques dizaines à plusieurs centaines de milliers de mètres cubes d'eau (ALBERGEL, 2008).

*Problématique et objectifs*

Comme les sites des grands barrages sont limités et que leur envasement est plus rapide que prévu, le Maroc a lancé dans les années 1990 la construction de petits barrages collinaires (digue < 10 m et volume < 1 million de m<sup>3</sup>). Les petits barrages collinaires sont des digues en terre compactée aménagées par l'homme, à l'exutoire d'un petit bassin versant (de quelques hectares à quelques kilomètres carrés), qui collectent le ruissellement. Ces ouvrages sont destinés principalement :



- aux besoins domestiques, à l'abreuvement du bétail et à la micro-irrigation des vergers et au maraîchage des paysans qui vivent dans les hautes terres ;
- au développement des activités agricoles, de la pêche et de la chasse, du tourisme, des aires récréatives et des résidences secondaires ;
- à la protection contre les crues, l'envasement rapide et la dégradation des infrastructures situées en aval ;
- à la régulation et à la conservation des flux d'eau par captage du ruissellement et la recharge des nappes phréatiques (ALBERGEL *et al.*, 2004).

### *Extension*

Les efforts de mobilisation des eaux de surface déployés par l'État marocain (construction de 140 grands barrages depuis 1920) avaient comme objectifs essentiels le développement de l'irrigation et l'approvisionnement en eau potable des grands centres urbains. Le monde rural qui constitue plus de 50 % de la population et qui est le plus touché par le manque d'eau a été le moins bien desservi. Une nouvelle stratégie a été adoptée depuis les années 1980. Elle consiste à créer des lacs et barrages collinaires. Une fois construites, ces petites infrastructures ont été oubliées : elles se trouvent actuellement dans un état critique, dû à la dégradation de leur environnement et à une mauvaise gestion des réserves en eau. Leur capacité diminue de 0,5 à 1 % chaque année en relation avec l'érosion des sols.

Après les graves inondations à Mohammedia, Berrechid et Settat (2002-2003), lors desquelles les petits barrages ont joué un rôle important dans l'amortissement des dommages qu'auraient pu entraîner de telles crues, le Maroc connaît un regain d'intérêt pour les petits barrages qui constituent des leviers pour un développement agricole local reposant sur l'irrigation ou l'élevage. En 2004, le Maroc disposait de 50 barrages collinaires et avait programmé 500 unités. Ils sont implantés



© J. Albergel

*Lac de barrage collinaire*

dans des milieux forts différents : le bassin de la Moulouya en compte 41, le bassin du Sebou 44, le Bouregreg 9, la région de Chaouia-Ourdigha 19 et le Souss Massa 9. Dans les régions dépourvues de cours d'eau pérennes et de nappes phréatiques (l'Oriental), ils visent, essentiellement, la mobilisation des eaux de crues pour répondre aux besoins en eau destinée à des fins domestiques. Dans d'autres régions plus humides (bassin du Sebou), c'est surtout la lutte contre l'envasement et la protection des infrastructures qui sont visées.

### *Coût d'installation*

Le coût unitaire d'implantation est de l'ordre du demi-million d'euros, voire quelquefois nettement moins (ALBERGEL, 2004).

### *Suivi et entretien*

- Contrôle annuel de la végétation sur l'ouvrage et ses abords : colmatage du système de drainage (collecteurs en particulier) par le système racinaire des arbustes en aval ; création de zones de cheminement préférentielles pour l'eau le long des racines, en particulier après la mort des arbres et en prévision du risque de développement de renards ou de soulèvement d'ouvrages rigides (par exemple, l'évacuateur de crues lors de la croissance des racines)
- Entretien régulier des parements en maçonnerie
- Comblement systématique des ravines sur le remblai
- Réparation des fils rompus des gabions
- Entretien des ouvrages hydrauliques (évacuateur, vidangeur)

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Protection des infrastructures aval</li><li>– Prolongation de la durée de vie d'un grand barrage</li><li>– Recharge de la nappe alluviale sur des sites choisis</li><li>– Implantation dans des milieux ruraux à faible concentration humaine</li><li>– Création de petites zones humides qui favorisent la diversité biologique et plus particulièrement la protection des oiseaux</li><li>– Intégration harmonieuse dans le paysage et maintien des populations rurales en leur assurant de réelles possibilités de développement</li><li>– Envasés, ils serviront de zones de culture intensive et de petits deltas d'épandage des eaux et d'amortissement des ondes de crue</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Risque de rupture de digue</li><li>– Envasement rapide, durée de vie 2 à 40 ans</li><li>– coût très élevé pour ces sites en zones rurales enclavées</li></ul>

## Fiche 27

### Les murs de canalisation des eaux des oueds

#### Description

Des murettes (0,5 à 2 m) construites en pierres sèches le long des berges permettent de canaliser les eaux d'écoulement des oueds, notamment les crues. Elles protègent les terrasses quaternaires mises en culture et souvent richement irriguées par la nappe et les apports par séguia.

Par manque de terre dans les vallées encaissées du Haut Atlas, les terrasses agricoles aménagées descendent jusque dans le lit principal de l'oued. Pour protéger les terres, les paysans construisent des murs épais (1,5 m) et parfois très hauts (2 m) en grosses pierres des deux côtés du lit de l'oued pour canaliser les eaux. Le fond est pavé par des grosses pierres plates pour faciliter la circulation de l'eau.

#### Objectifs

L'objectif principal de la construction de ces murs le long du lit des oueds est de faire transiter rapidement et sans danger les eaux des crues. En procédant ainsi, on peut gagner quelques m<sup>2</sup> pour les terrasses agricoles utilisées intensivement.

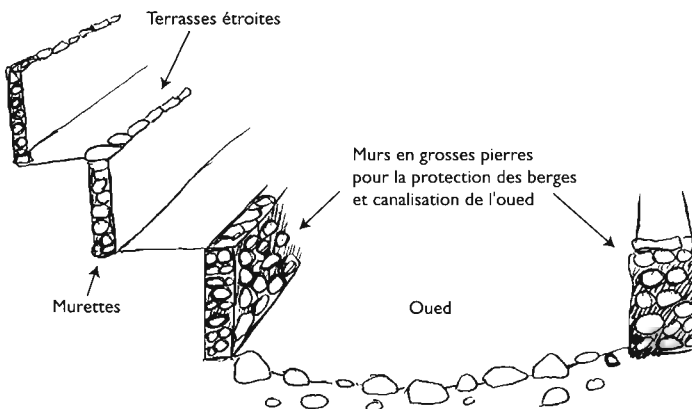
#### Extension

Ces ouvrages ont été observés dans les vallées encaissées du Haut Atlas (Rhéraya, Azaden, Ait Blal, etc.). Ils peuvent être utilisés dans d'autres vallées pour gagner des terres sur le lit de l'oued à condition de bien aménager les berges.

#### Moyens et coûts

Les moyens nécessaires pour la confection de ces murettes sont : leviers en acier pour déplacer les grosses pierres, masses, marteaux.

La confection de ces murs est progressive selon la formation et l'occupation des terrasses. En termes de travail, on peut considérer que la formation d'un mur de 1 m de long, 1 m de large et 2 m de hauteur nécessiterait pour : le ramassage des pierres, 3 JT ; la construction du mur, 2 JT ; au total, 5 JT, l'équivalent de 300 Dm.





### *Suivi et entretien*

L'entretien de ces ouvrages consiste en la vérification de leur stabilité après chaque forte crue et après la saison pluvieuse. Les chocs des blocs qui circulent lors des crues de l'oued sur les murs peuvent engendrer des cassures et des points de déséquilibre.

#### **Avantages**

- Stabilisation des berges des oueds
- Conservation des terrasses irriguées
- Formation de terres agricoles nouvelles

#### **Inconvénients**

- Handicap à la circulation des animaux habitués à emprunter le lit de l'oued
- Coûteux en travail

## Fiche 28

### Les épis de protection des berges et des terrasses

#### Description

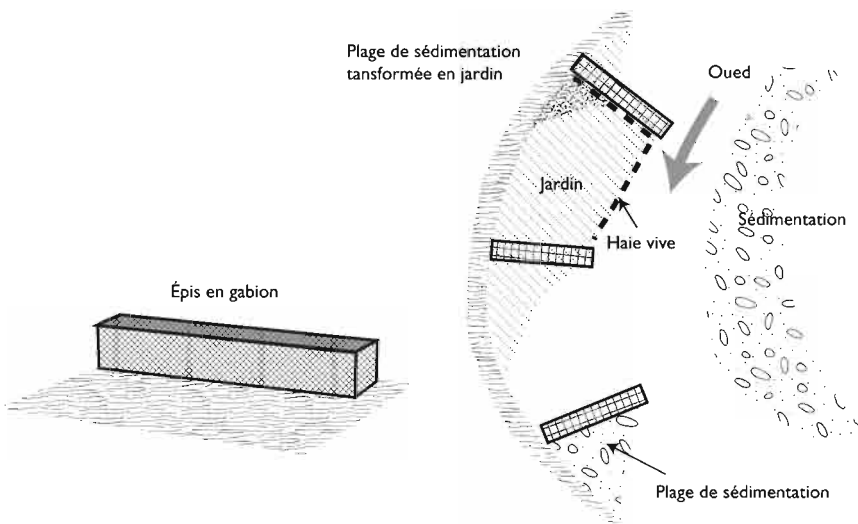
Des murs assez larges (0,5 à 1 m) sont installés au travers des ravins torrentiels pour réduire la vitesse des crues et protéger les berges et les terrasses mises en culture. Le fond du lit est souvent protégé par des pierres de différentes dimensions (pavage). Ces épis peuvent être utilisés comme chemin pour les hommes.

Les paysans creusent des fossés de quelques dizaines de centimètres de profondeur et de la largeur et de la longueur des épis. Les pierres sont empilées dans un ordre particulier, selon leurs tailles et formes, pour assurer le maximum de stabilité au mur qui devra protéger les terrasses et les berges des crues torrentielles à forts débits. La hauteur dépend souvent de l'importance des crues et de la disponibilité des pierres (0,5 à 1 m).

Ces épis augmentent la rugosité du lit et réduisent la vitesse de l'écoulement. Un chenal pour la circulation de l'eau est toujours maintenu. Les épis peuvent être inclinés ou perpendiculaires au lit de l'oued. Les épis ne sont jamais isolés, leur espacement est variable, 5 à 25 m selon la longueur des épis, l'importance des crues et des terres à protéger.

#### Objectifs

L'objectif de ces épis est de ralentir les crues des rivières et de protéger les berges, les terrasses et, dans certains cas, d'accumuler des sédiments pour donner lieu à des terrasses fertiles. Parfois, ils sont utilisés comme chemin de passage entre les parcelles.



### *Extension*

Ces techniques sont observées dans les vallées encaissées du Haut Atlas et du Rif occidental. Elles peuvent être utilisées dans toutes les vallées où les crues causent des dégâts importants sur les terrasses agricoles (perte de terre) et les infrastructures, notamment routières : Haut Atlas, Moyen Atlas, Anti-Atlas, Rif.

### *Moyens et coûts*

Les moyens nécessaires pour la confection de ces épis sont : barre à mine, pioches, pelles, marteaux, masses et cordes.

Creusement du lit de l'épi (0,5 x 0,5 x 5 m) : 250 Dm

Ramassage des pierres : 250 Dm

Empilement des pierres et construction de l'épi : 500 Dm

### *Suivi et entretien*

L'entretien et le suivi de ces ouvrages consistent en la vérification de leur stabilité après chaque forte crue et après la période pluvieuse de l'année. Les chocs des blocs sur les épis engendrent des cassures, des effondrements et des points d'instabilisation.

#### **Avantages**

- Stabilisation des berges des oueds
- Stabilisation et conservation des terres agricoles des terrasses
- Formation de terres agricoles nouvelles
- Protection des infrastructures (pistes)

#### **Inconvénients**

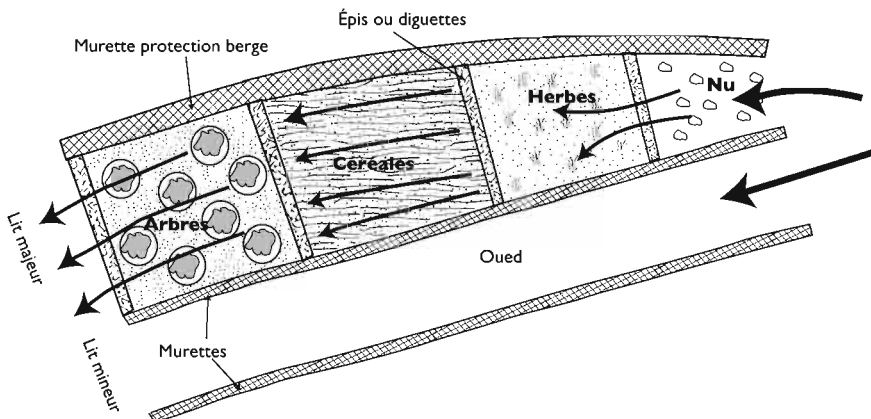
- Obstacle à la circulation des animaux et des outils
- Coûteux en travail (500 h/m<sup>3</sup>)

**Fiche 29**

**Épis, cordons et murettes de pierres perpendiculaires au lit majeur des oueds**

*Description*

En plus des murettes construites pour protéger les berges des oueds, il arrive souvent que les paysans construisent des cordons de pierres ou des épis de 50-100 cm de large, 30 à 80 cm de haut, reliant les berges au lit mineur de l'oued dans une zone où ce lit s'élargit et forme naturellement une plage de sédimentation. Ils commencent par accumuler de grosses pierres prélevées dans la parcelle puis dans le lit de l'oued pour former la base d'une solide murette. Une fois encadrée, la parcelle est organisée pour capter une partie du flux de l'oued, pour épandre le ruissellement et les sédiments (sables et particules fines) et pour évacuer l'excédent d'eau vers l'oued du côté aval. Progressivement, la murette est renforcée et surélevée à mesure que ce dispositif piège les sédiments circulant avec l'eau des crues de l'oued. Au début, l'espace reste minéral, formé des sédiments de plus en plus fins apportés par le ruissellement. Puis se développe un pâturage d'herbes sauvages plus ou moins sélectionnées par l'exploitant et son bétail qui restitue sur place ses déjections. Dans une deuxième phase, le sol atteint 20 cm : il est épierré, enrichi en matières organiques, superficiellement gratté à l'araire et semé en céréales et légumineuses fourragères, puis en céréales pures. Finalement, au bout d'une dizaine d'années, ces parcelles cultivées ont acquis une épaisseur suffisante (> 50 cm) pour y planter des arbres fourragers (frênes, peupliers, saules, aulnes) ou fruitiers (noyers, caroubiers, cerisiers). Si les crues ont été suffisamment nombreuses et pas trop fortes, cette portion d'oued se trouve alors stabilisée. Mais s'il vient une crue brutale avec un mur d'eau de ruissellement et de pierres atteignant plus de 2 m, l'ensemble de ces aménagements temporaires sera dévasté et le cycle de restauration des berges va recommencer plusieurs fois au cours d'un siècle.



### *Objectifs*

Ce quadrillage en murettes du lit mineur des oueds sert d'abord à étendre la surface cultivée, à récupérer les terres dégradées par l'oued en temps de crue majeure, mais aussi à canaliser l'oued et à réduire les pics de crue et les transports solides vers les barrages et les plaines. Il permet aussi l'infiltration des eaux de ruissellement et des fontes des neiges vers les nappes alluviales et l'alimentation de l'étiage des oueds, indispensable pour l'irrigation des terrasses et des plaines.

### *Extension*

Les exemples ont été observés dans les vallées des oueds Ourika et Rhéraya dans le Haut Atlas et dans les montagnes du Rif central. Mais ces tentatives de restauration des terres dévastées par les crues brutales des oueds s'observent dans toutes les montagnes semi-arides du Maroc.

### *Moyens et coûts*

La construction des murs est progressive et exige beaucoup de main-d'œuvre, ainsi que des barres à mines, masses et des mules pour déplacer les pierres trop lourdes, des maçons spécialistes dans la construction des murs en pierres sèches perméables mais résistants à la pression des crues.

– Épierrage, ramassage et transport des pierres + construction des murettes :  
7 000 Dm/ha

– Fumure + engrais : 500 Dm/ha

– Plantation d'arbres et transport des plants + trouaison (1 000 pieds x 20 Dm) :  
20 000 Dm/ha

Total : 27 500 Dm/ha



© M. Sabir

*Restauration après une crue dévastatrice du lit majeur dès l'oued Rêrhaya sur une succession de murettes perméables*

### Suivi et entretien

Entretien des murettes et rehaussement annuel (10 JT) : 500 Dm

Épierreage des alluvions du champ (2 JT/ha/an) : 100 Dm

Entretien des cultures (5 JT/an) : 250 Dm

Soins phytosanitaires des cultures : 150 Dm

#### Avantages

- Restauration progressive des terres dégradées par les grosses crues
- Stabilisation avec les moyens locaux des lits des oueds
- Réduction des pics de crue et des transports solides des oueds
- Amélioration progressive des revenus des paysans
- Irrigation par la nappe des racines des cultures

#### Inconvénients

- Beaucoup de main-d'œuvre : 400 JT/ha
- Dix ans pour la restauration totale
- Travail à recommencer à chaque crue majeure

### Fiche 30

#### La mise en défens (jachère, *agdal*, *exclosure*)

##### *Description et objectifs*

Il s'agit d'une mise au repos de terrains dégradés pour réaliser divers objectifs :

- durant quelques mois pour permettre la croissance du fourrage, la récolte des fruits (arganiers), la croissance des jeunes arbres (plantations) ;
- durant quelques années pour surmonter la dégradation du couvert végétal et du couvert herbacé puis arboré et, indirectement, pour restaurer la fertilité physique, chimique et biologique du sol.

Du point de vue des utilisateurs, c'est une technique de gestion durable de la biomasse mais, pour l'aménagiste, la mise en défens a des conséquences sur la gestion de l'eau, sur la séquestration du carbone, sur la protection et de la restauration du sol et du paysage.

Cela va se traduire par cinq situations :

- en milieu cultivé, une jachère de 5 à 15 ans va réduire la pression des adventices et des nuisibles, couvrir le sol d'une litière, réduire l'érosion et restaurer la fertilité des sols, en particulier en améliorant le stock de matières organiques de l'horizon superficiel, la stabilité de la structure, la macro-porosité, l'infiltration et les activités de la faune fouisseuse (vers, termites et fourmis) ;
- en milieu de parcours collectif, l'*agdal* suit une décision communautaire de mise en réserve durant 3 à 6 mois d'une aire de parcours pour permettre la croissance des herbes fourragères, en particulier des graminées pérennes ;
- sur prairie individuelle, c'est la mise en réserve durant une saison pour favoriser le développement du maximum de biomasse utile pour le troupeau ;
- en milieu forestier domaniale, où il existe un droit d'usage de parcours, le forestier représentant l'État a aussi la possibilité de mettre en défens un versant dégradé en vue de réhabiliter le milieu (végétation, faune, sol) et aussi de protéger les jeunes générations d'arbres et les nouvelles plantations (grillage). En compensation du droit de parcours, l'État verse à la communauté 25 Dm/ha/an de mise en défens.
- au niveau de l'arganeraie, la communauté rurale décrète chaque année une mise en défens des forêts domaniales pour permettre la récolte des précieuses noix d'argan (de juin à août).

Ces surfaces mises en défens sont souvent délimitées par le chaulage des grosses pierres ou des troncs d'arbres, en milieu cultivé, ou par des grillages, en milieux forestiers.

##### *Extension*

Cette pratique de mise en réserve existe en milieu cultivé du Rif et du Moyen Atlas, en milieu de parcours dans les montagnes du Rif, de l'Atlas et de l'Anti-Atlas, et en milieu forestier y compris les arganeraies. Elle n'existe pas en plaine où la jachère est broutée par les troupeaux des éleveurs nomades (contrats oraux)



Agdal dans le Haut Atlas

ou mis à la disposition de tous. Dans les milieux de culture irriguée intensive, il n'y a plus de jachère, remplacée par les engrais, fumier et pesticides.

### **Moyens et coûts**

- En milieu cultivé, délimitation par chaulage des grosses pierres, mottes et arbres : 10 Dm/ha
- En forêt domaniale, clôture autour des plantations (piquets et barbelés) : 4 000 Dm/ha
- Sur prairies privées, délimitation de la parcelle par haies, cordons de pierres, murettes
- Sur parcours communautaires, pancartes expliquant les objectifs de protection et les amendes en cas de non-respect

### **Suivi et entretien**

- En forêt, un gardien pour < 10 ha = 1 500 Dm/mois x 60 mois : 90 000 Dm
- En parcours, pas de gardien, mais surveillance par la population, amende de 500 Dm/jours
- En terrain privé, pas de gardien mais la population assure la surveillance de la faune
- Collectes des graines puis des foins et entretien des pare-feux

### **Propositions d'améliorations**

Profiter de la mise en défens pour enrichir en espèces plus productives ou fixatrices d'azote :

- sous cultures, semis décalés de légumineuses sous le couvert de la culture ;
- en parcours, semis d'arbustes fourragers et de légumineuses ;
- sous forêts, plantation en cuvettes de bois nobles (protection individuelle des troncs) ou de bois à croissance rapide ou améliorant la litière et l'humus.



### Avantages

- Moyen très efficace pour lutter contre l'érosion et le ruissellement, et bon marché si toute la population assure le gardiennage
- Moyen indispensable pour protéger la régénération des arbres en zone d'élevage
- Gardiennage coûteux mais souvent indispensable si on veut obtenir la coopération des populations rurales usufritières
- Technique très efficace pour réhabiliter la végétation et la fertilité du sol, protéger le paysage et la biodiversité, l'apiculture et la chasse, modifier le bilan hydrique en réduisant le ruissellement, les crues et en régulant les étiages

### Inconvénients

- Réduction de la surface de culture et la durée du parcours
- Peut augmenter les risques de feu de brousse
- Peut gêner la circulation du bétail et des hommes
- Peut entraîner des tensions sociales (parcours sauvage, bêtes échappées)
- Peut obliger les femmes à collecter le bois de chauffe plus loin

## Les techniques culturelles appropriées à la gestion de l'eau

Les techniques de LAE décrites ci-dessus constituent la structuration du paysage mais, pour renforcer leur efficacité concernant la gestion de l'eau au niveau des champs, il faut compléter l'aménagement par des techniques culturelles particulières, qui démultiplient l'efficacité des structures car elles recouvrent l'ensemble de la surface cultivée.

### *En milieu semi-aride, on cherche à capter les eaux de ruissellement*

Pour capter le ruissellement à l'intérieur d'un champ, on peut procéder à un labour suivi d'un billonnage en courbe de niveau à grand espacement : les cultures étant semées sur ou entre les billons vont profiter d'un large impluvium.

En cas de plantations arborées fruitières, on peut creuser des cuvettes à écartement d'autant plus grand que le milieu est aride et que l'arbre nécessite beaucoup d'eau pour porter du fruit : en ce qui concerne les oliviers, l'espacement varie de 5 à 8 m et jusqu'à 20 m en zone aride (région de Kairouan en Tunisie).

La technique traditionnelle du *zai* (voir fig. 24) en milieu tropical (pluies de 300 à 850 mm) ou la pratique des micro-bassins en zone méditerranéenne découlent du même principe qui consiste à creuser des petites cuvettes (30-100 cm de diamètre et 20 cm de profondeur) distantes de 80 à 120 cm, permettant de cultiver des céréales dans des milieux particulièrement dégradés.

### *En milieu semi-humide, on cherche à améliorer l'infiltration*

Pour améliorer l'infiltration de toutes les pluies, on peut réaliser un labour profond et grossier perpendiculaire à la pente la plus forte, laissant une surface rugueuse qui piégera longtemps les pluies si la structure du sol argileux est suffisamment stable. On peut aussi procéder après le labour à un billonnage cloisonné particulièrement efficace sur des glacis à faible pente : cependant, à la longue, le sol finit par se dégrader car l'érosion emporte sélectivement les particules fines et légères qui contiennent une grande part des nutriments. Par contre, les sables grossiers et stériles s'accumulent sur place.

Enfin, la technique la plus efficace à long terme consiste à couvrir le sol d'un paillage de résidus de culture, de plantes de couverture ou de légumineuses fourragères (ou à défaut d'un mulch de petites pierres) qui protègent la surface du sol contre l'énergie des gouttes de pluie et du ruissellement superficiel : la structure du sol reste stable beaucoup plus longtemps. Cependant, il est difficile en milieu semi-aride et même semi-humide de maintenir des résidus de culture ou une autre couverture végétale à la surface des champs car le bétail circule librement à la recherche de biomasse dont il pourrait faire sa pitance. Il existe

cependant des trèfles à cycles courts qui produisent beaucoup de graines qui vont couvrir rapidement le sol dès que les pluies apparaissent et se dessèchent après floraison au bout de 3 mois.

*En milieu temporairement trop humide,  
on cherche à évacuer une partie des excès d'eau*

Après le labour, on construit des billons obliques ou dans le sens de la pente, mais décalés tous les 10 m pour casser l'énergie du ruissellement. Le ruissellement doit alors trouver son chemin vers des drains, sortes de chemins d'eau protégés, des ravins stabilisés ou simplement le fond de la vallée. S'il va directement en bas du versant, on peut réduire sa vitesse en alternant les bourrelets avec les sillons, couvrir entièrement les billons, protéger les sillons avec les résidus de culture et quelques cailloux (voir encadré 1).

*En milieu humide,  
on vise la dissipation de l'énergie des pluies  
et du ruissellement*

Il faut valoriser toute la gamme des techniques permettant d'augmenter la rugosité et la couverture de la surface du sol.

Le labour grossier suivi d'un paillage léger (1 cm d'épaisseur sur 80 % de la surface) permet de maintenir très longtemps les effets positifs du labour sur l'infiltration des eaux de pluie, tout en protégeant la surface du sol de la dégradation de la structure par la battance et de l'érosion sélective. Comme il est toujours difficile de se procurer et de transporter de la biomasse, on peut, lors du sarclage, poser les adventices à plat par terre en bandes perpendiculaires à la pente : même si elles ne couvrent que 30 % du sol, elles auront une influence favorable pour prolonger la perméabilité et réduire les transports solides.

Pour réduire la vitesse du ruissellement, d'étroites bandes enherbées (ou des céréales semées dru) peuvent aussi fournir de la biomasse apte à couvrir partiellement la surface du sol entre bandes. Des cultures alternées avec des bandes fourragères ou fruitières, des plantations arborées (haies vives) peuvent aussi apporter un complément de matières organiques qui couvrent le sol et améliorent le statut organique du sol des bandes cultivées (agroforesterie).

Enfin, la tendance actuelle est de réduire le travail du sol à la ligne de plantation ou même au semis direct sous litière et de laisser en surface les résidus de la récolte précédente ou même d'installer un paillage de plantes de couverture, de légumineuses ou d'adventices maîtrisées par le fauchage, le pâturage ou des herbicides (usage classique dans les vignes du Moyen Atlas). Pour les sols totalement dégradés et tassés, il faut prévoir une période préliminaire de remise en forme (jachère protégée non pâturée) ou une préparation mécanique et biologique améliorant à la fois la macro-porosité et la structure des horizons exploités par les racines. Durant les premières années va se développer un mince horizon humifère particulièrement riche en matières organiques travaillées par la micro- et la macro-faune, comme dans les sols forestiers.

# Conclusions

## **La dynamique des systèmes traditionnels**

Les systèmes traditionnels de conservation de l'eau et des sols que nous avons décrits et classés en fonction du bilan hydrique local sont limités 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'œuvre jeune, mais réhabilitation au retour des émigrés grâce aux investissements des retraités pour s'assurer la propriété du foncier.

## **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 : elle exige des systèmes plus performants qui tiennent compte des situations économiques des populations.

En zone de montagne semi-aride, la majorité des techniques de LAE visent 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 entretient la fertilité du sol. Nous avons vu que divers systèmes complexes aident à maintenir un niveau minimal de production.

## **L'agriculture de montagne oubliée du développement**

Ces cinquante dernières années, les gouvernements du Maghreb ont investi dans l'industrie, les grands projets d'irrigation et l'intensification de l'agriculture des plaines pour faire face à la pression démographique : mais il n'y a pas eu d'investissement dans l'intensification de l'agriculture des montagnes où les paysans pauvres ont dû assurer leur subsistance par leurs propres moyens, 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) et pour couvrir leur besoin énergétique (30 % du temps est consacré à la récolte du bois et des réserves fourragères). Faute d'investissements productifs et de recherches, bien des versants sont dénudés, les terres abandonnées sont ravinées et la couverture pédologique envase les réservoirs. L'émigration s'accélère dans ces zones arides.

## **Perspectives**

Pour tenter de résoudre au niveau local les problèmes d'érosion qui ne peuvent trouver de solution purement technique, l'étude des performances des stratégies

traditionnelles s'avère particulièrement utile. 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 étroite avec les techniciens du développement 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'État : en effet, l'entretien du « château d'eau » que constitue la montagne profite aux occupants des vallées et des villes en aval. Cependant, il reste des problèmes graves : les phénomènes catastrophiques (glissements de terrain, inondations, ravinement torrentiel, érosion par les oueds) qui sont du ressort d'équipes techniques spécialisées plus compétentes au service de l'État.

An aerial photograph of a village built on a hillside in Morocco. The houses are built on terraced levels, and the surrounding landscape is covered in green terraced fields. The sky is a clear, bright yellow.

Éric Roose Mohamed Sabir Abdellah Laouina

# Gestion durable de l'eau et des sols au Maroc

*Valorisation des techniques  
traditionnelles méditerranéennes*

# Gestion durable des eaux et des sols au Maroc

## Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes

Éric ROOSE

Mohamed SABIR

Abdellah LAQUINA

avec la participation de

Faiçal BENCHAKROUN, Jamal AL KARKOURI,

Pascal LAURI, Mohamed QARRO

**IRD Éditions**

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2010

Préparation éditoriale  
Marie-Odile Charvet Richter

Mise en page  
Bill Production

Maquette de couverture  
Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure  
Pierre Lopez

Coordination, fabrication  
Marie-Odile Charvet Richter

**Photo de couverture**

**IRD/É. Roose – « Aménagement d'une vallée du Haut Atlas (Maroc) :  
cordons de pierres, terrasses en gradins irrigués et agroforesterie. »**

La loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

**© IRD, 2010**

ISBN : 978-2-7099-1683-7