

# Banquettes mécaniques et techniques traditionnelles de GCES pour la zone méditerranéenne semi-aride de Tunisie.

**Eric ROOSE**

Lab. MOST, IRD, BP 61450, F 34394 Montpellier France. Courriel : [roose@mpl.ird.fr](mailto:roose@mpl.ird.fr)

---

## Résumé

Avant le lancement des actions de gestion des eaux et de conservation de la fertilité des sols dans les gouvernorats de Kairouan, Siliana et Zaghouan, la consultation d'un expert international en gestion des bassins versants a été souhaitée pour apporter des éléments de réflexion complémentaires permettant la réalisation des travaux de terrassement visant simultanément la gestion des eaux de ruissellement sur les versants, le piégeage des terres érodées ainsi que l'intensification de la production agricole. Après 17 jours de mission avec les coordinateurs du projet, les conclusions suivantes ont été dégagées des discussions sur une trentaine de sites observés dans les trois gouvernorats.

\* Les banquettes mécaniques d'infiltration partielle, bien situées et bien construites, semblent ralentir l'érosion linéaire au niveau des petits bassins versants, stocker les eaux de surface sur les exploitations (comme des micro-barrages collinaires) et rester fonctionnelles au-delà de 18 ans, dans la zone semi-aride de 250 à 450 mm de pluie annuelle moyenne. Comme elles n'ont pas ralenti la dégradation des sols, ni l'érosion aratoire entre bourrelets, elles évoluent vers des terrasses progressives. Elles peuvent devenir un lieu d'intensification de l'agriculture grâce à la concentration et à la valorisation du ruissellement près des bourrelets sur les meilleures terres des versants. Elles peuvent stocker totalement des pluies de 50 à 85 mm et posent ainsi le problème de la répartition des eaux de ruissellement entre les exploitants des versants et leurs collègues d'aval exploitant l'eau des barrages et des nappes phréatiques des vallées.

\* L'extension des banquettes mécaniques devrait être réduite aux terres profondes et perméables de 5 à 15% de pente, soit 20 à 40 % des terres des hauts bassins versants pour respecter l'équilibre de répartition des eaux entre les communautés amont et aval. Il est souhaitable de respecter les normes de hauteur des bourrelets (Max 120 cm à la réception, 70 cm à l'exutoire) et des écartements, mais il faudrait tester une adaptation optimiste de la formule empirique de Bugeat en fonction des pluies décennales, de la stabilité de la structure et du taux de recouvrement en cailloux des sols, de la rugosité du sol et des cuvettes /billons stockant l'eau en surface, de l'évolution des systèmes de culture et de leurs besoins en eau.

\* Une réflexion a été commencée pour faire évoluer le système des banquettes à infiltration partielle pour en réduire le coût, placer les exutoires/passages renforcés en quinconce dans la zone protégée, mieux valoriser cette disponibilité en eau très localisée, diversifier les cultures en bandes (impluvium en sec, fossés et bourrelets en intensif), densifier les arbres fruitiers aux abords des bourrelets, valoriser la production fourragère sur les bourrelets, étendre la zone d'épandage du ruissellement (fossés plus larges ou de chaque côté des bourrelets, cuvettes sous les arbres), amélioration de l'infiltration de l'impluvium, cultures intercalaires au moins durant la jeunesse des arbres fruitiers et fertilisation organique et minérale raisonnée en fonction des exportations et des pluies saisonnières.

\* Pour les terres hautes, caillouteuses, à faible capacité de stockage en eau (lithosols, rendzines, sols bruns à croûte calcaire superficielle, sols érodés qui représentent souvent plus de 60%), de même que pour les terres profondes mais peu pentues et peu érodées qui ne justifient pas de tels investissements, il est proposé de développer un mode de gestion des eaux par stockage ou à dissipation de l'énergie du ruissellement faisant intervenir des techniques traditionnelles modestes qui freinent les eaux, piègent les sédiments et rallongent le temps de concentration des eaux de surface à l'échelle du bassin. L'observation des méthodes traditionnelles permettent de respecter la diversité des situations agro-écologiques : divers types de cuvettes (micro-bassins ou éléments de banquettes) pour restaurer les zones dégradées ou irriguer les arbres fruitiers, cordons de pierres, ados intensément protégés de cactus ou autres plantes fourragères, haies vives plurispécifiques au bas des parcelles.

\* Il est proposé d'installer un observatoire de démonstration, en vraie grandeur, permettant de comparer au cours des années l'acceptabilité, l'efficacité, la rentabilité de la CES, les indicateurs de

risque d'érosion, l'évolution de la production et de la biodiversité, d'analyser les coûts et avantages. Les paysans disposeraient d'un argumentaire plus riche pour choisir les techniques à implanter sur leurs parcelles. Un effort particulier devrait être tenté de profiter des opérations de CES pour augmenter la biodiversité très réduite dans ces régions semi-arides.

**Mots-clés : Tunisie, Zone semi-aride, Expertise, Banquettes mécaniques, Techniques traditionnelles**

### **Abstract**

Before SWC actions in Kairouan, Siliana & Zaghouan provinces of Northern Tunisia, a complement of reflection was asked about mechanical terraces, adaptation of the Bugeat formula (interspace =  $10 \text{ m} + 2/\text{slope}\%$ ) and the effectiveness on the olive oil yield increase. After 17 days of discussions and observations on 30 sites, several conclusions were obvious./

\*In this semi-arid areas (450 – 250 mm), mechanical terraces seems well adapted to store on the cultivated hillslopes rainstorm as high as 85 mm (frequency of 1/10 years) and the excess must be drained through quincunx waterways into the management. Well constructed terraces resist more than 20 years in this area, and more when they are covered with grass or cactus.

\*The terraces extension must be reduced to 20-40% of the basin surface, to deep brown calcarous soils, on 5 to 15% slopes, with 120 cm Max. of embankment and 70 cm at the outlet. The distance between embankment (Bugeat formula) could be increased if the field surface roughness is improved by microwatersheds around olive trees, rough plowing or ridging on the contour in between or cactus hedges.

\* On stony fields of the hilltop, it is proposed to use traditional systems less expensive, well known by farmers which decrease the velocity of running waters, dissipate runoff energy, increase the time for runoff to join the wadies : micro catchments on the calcarous plateau, stone bunds elements on the cliffs to enrich the grazing land in grass and forage bushes, ridges protected by thorny cactus/acacia fence in the piedmont colluviums and on vertisols.

\*It is proposed to build an experimental observatory to demonstrate the efficiency, acceptability and rentability of SWC systems, to observe the erodibility evolution indicators, the productivity of the restored ground, to analyse maintenance cost and net income and to give to farmers the opportunity to select better system of SWC .

**Key words : Tunisia, Semi arid Mediterranean area, Mechanical infiltration terraces, Traditional techniques of land husbandry.**

## **Introduction**

Jusqu'au milieu du 19ème siècle, un système d'élevage extensif sur des terres communes prédominait l'exploitation agricole en Tunisie centrale. Avec les efforts de fixation des populations par l'Administration s'est développée une agriculture céréalière extensive, puis une arboriculture fruitière plus rentable et enfin des projets de développement rural intégré (Elloumi et Selmi, 2001).

Le défrichement de terres fragiles pour les cultures céréalières, le surpâturage des parcours résiduels, la pulvérisation du sol par l'usage fréquent de charrues à disques, le labour dans le sens de la pente de terres en étroites lanières (suite aux héritages successifs) ont entraîné le développement de divers processus d'érosion (Document de projet : annexe 2)

L'érosion en nappe et en rigole, accélérée par l'érosion aratoire, a eu pour conséquence le décapage des horizons humifères. Mais c'est le ravinement, indicateur omniprésent de l'abondance du ruissellement, qui s'avère le plus dangereux pour l'équilibre régional car il accentue l'aridité, défigure les surfaces mécanisables et entraîne des déplacements importants

de terre jusqu'aux oueds, l'augmentation de leur débit de pointe, la dégradation des berges, des glissements de terrains dans les parties concaves des rivières, l'envasement accéléré dans les barrages et la dégradation des équipements. En outre, cette céréaliculture extensive épuise le sol tout en le fragilisant par l'exportation des grains et des pailles sans restitution organique ou minérale suffisante. La jachère nue ou pâturée par les ovins qui est de règle dans ces zones semi-arides, accélère encore la dégradation des terres.

Face à ce problème de dégradation du milieu rural, l'Administration Centrale a développé d'abord une stratégie technocratique de « Défense et Restauration des Sols » imposant le reboisement des hautes terres dégradées. Au cours des années 1960, la CES (conservation des eaux et des sols) était une section de la Direction de l'Hydraulique chargée d'introduire en milieu rural des équipements de petite hydraulique (terrasses et correction torrentielle).

De 1971 à 1983, la CES était une sous-direction de la Direction des Forêts dont le rôle essentiel était d'aménager les bassins versants, de reboiser les hautes vallées et de protéger les barrages menacés d'envasement précoce. Devant la résistance des paysans qui constataient une perte de surface de parcours et de culture sans amélioration des rendements, l'Etat a proposé une stratégie de « Conservation des eaux et des sols » offrant en compensation des pertes de surfaces cultivables (5 à 15 %) divers services (plants d'arbres fruitiers, pistes, puits, aménagements divers). Mais dans la mentalité paysanne, la lutte antiérosive reste l'affaire de l'Etat et la prise en charge de l'environnement rural par les paysans reste exceptionnelle.

En 1990, la Tunisie a élaboré un plan stratégique pour la conservation des eaux et des sols. L'effort des aménagistes a dès lors porté sur une approche participative intégrant la lutte antiérosive au développement rural (projet PNUD/FAO/TUN/92/001, 1997 et projet GCP/INT/542/ITA) : les aménagistes tunisiens ont fait de la « Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols » (GCES) sans le savoir (Roose, 1994).

En 2001, a été créée la Direction Générale de l'aménagement et de la Conservation des terres agricoles (DG/ACTA) ayant pour objectifs d'intégrer la lutte antiérosive dans la politique de développement agricole du pays, de conserver les ressources naturelles, de générer des revenus complémentaires en mobilisant les eaux de ruissellement au niveau des versants, de proposer des techniques de LAE simples et économiques, reproductibles par les paysans, d'encourager les organisations paysannes locales dans le cadre de démarches contractuelles en vue de la restauration et de la conservation de la productivité des sols, de réorienter la recherche agricole vers le développement de technologies durables adaptées aux petits exploitants, de prolonger la durée de vie des infrastructures hydro-agricoles en accordant une priorité aux zones à forte potentialité érosive.

Depuis 2000, le projet GCP/TUN/028/ITA a développé un programme participatif intégré comportant :

- un découpage en 49 unités socio-territoriales,
- un diagnostic paysan après sensibilisation des groupes,
- des demandes d'actions validées par les techniciens CES,
- un plan d'actions concrétisé par un contrat signé avec chaque groupe de propriétaires.

Après deux années d'enquêtes, de sensibilisation et de négociations, le temps était donc venu de passer à l'action. Cependant, des réticences se sont manifestées à l'égard de l'importance des projets d'aménagement en banquettes mécaniques. Pour un projet évalué à 12 Millions d'€uros, il est prévu 8 millions pour des actions dont 0.8 millions € pour les banquettes mécanisées. En effet, l'Etat cherche à partager la responsabilité et les frais de l'aménagement rural avec les bénéficiaires : or les paysans pensent que ces gros travaux de terrassement sont du ressort de l'Etat. Par ailleurs, certaines études remettent en question

l'efficacité antiérosive des banquettes mécanisées qui bouleversent le paysage et la nécessité d'utiliser de gros engins, lesquels donnent le sentiment que la lutte antiérosive n'est pas à la portée des paysans. Les spécialistes du projet lui-même « gardent des préoccupations sur l'adaptation à la zone de la formule de Bugeat qui ne lie l'écartement des bourrelets qu'à la pente du terrain, sans tenir compte de la diversité des sols, des situations topographiques, ni des systèmes de culture conservatoires » :

$$\text{Distance entre bourrelets} = 10\text{m} + (2/\text{pente en } \%)$$

Soit : sur une pente de 5%, la distance entre bourrelets =  $10 + 2/0.05 = 50$  m

10% « «  $10 + 2/0.10 = 30$  m

15%  $10 + 2/0.15 = 13$  m

quelles que soient les techniques culturales, la capacité d'infiltration ou l'érodibilité du sol.

Enfin, ces techniques abordées d'un point de vue purement hydraulique, n'ont eu que très peu d'effets sur la dégradation de la fertilité des sols, sur l'aridification du milieu, la valorisation des eaux captées et le niveau de vie des paysans.

Le programme a donc proposé la consultation d'un expert international aménagiste afin « de fournir des éléments de réflexion permettant d'optimiser les travaux de terrassement visant simultanément à freiner les eaux de ruissellement, à piéger les terres érodées et à valoriser ces améliorations foncières ». Le consultant a accompli une mission de 17 jours en Tunisie sous la supervision du représentant de la FAO en Tunisie, de la division AGL de la FAO à Rome et en étroite collaboration avec la DG/ACTA et les équipes du projet et des CRDA en Tunisie. Vu le peu de temps disponible, la mission n'a pu aborder les aspects socio-économiques et s'est attaché aux observations prioritaires suivantes :

- l'évaluation sur le terrain de la technique des banquettes mécanisées et vérification de l'application des normes dans les trois gouvernorats (aspects CES);

- la valorisation agricole des banquettes: approche du bilan hydrique de chaque secteur et observation en fin d'année sèche des effets du captage du ruissellement sur l'état végétatif et la production des oliviers en amont et aval des banquettes (aspects agronomiques);

- l'observation des effets du sol et des toposéquences sur l'efficacité des banquettes et la présence d'autres types d'aménagements plus modestes (aspects pédologiques);

- la proposition d'évolution du système « banquettes d'absorption partielle » vers une stratégie de dissipation de l'énergie et une gestion partagée des eaux ruisselant sur les versants entre les paysans de l'amont (captage d'une partie du ruissellement) et de l'aval (remplissage des barrages) (aspects hydrauliques).

Nous souhaitons remercier vivement nos partenaires de la FAO à Rome (en particulier P.Koohafkan et J. Bonnal) et à Tunis (M. Sinaceur, M. Marino et S. Tourette) de nous avoir confié cette mission délicate, ainsi que nos partenaires de Tunisie pour leur accueil très chaleureux et pour les discussions techniques franches, ouvertes et constructives, (en particulier Ms Jalel El Faleh, Alouani Bouzid, Ahmed Rajah, Hassan Chourabi, la DG/ACTA (H.Farhat et M.Boufaroua) et les représentants des CRDA des trois gouvernorats.

## 1. Le milieu

### 1.1. Le climat.

Les gouvernorats de Zaghouan, Siliana et Kairouan s'étirent entre le nord et le centre de la Tunisie (35,5 à 36,5° latitude N., 7.5 et 6.5 ° longitude E.) dans une zone climatique

méditerranéenne semi-aride dont les pluies annuelles moyennes varient de 450 mm au Nord à moins de 250 mm au sud. Les altitudes s'étagent jusqu'à 700 m et la distance à la mer de 0 à 400 km.

**Tableau 1. Données hydrologiques de base pour la Tunisie centrale**

Poste Pluviométrique	Pluie annuelle médiane (mm)	altitude (m)	Pluies journalières (mm)				Période
			½	1/10	1/50	1/100	
Sidi Bou Zid	262	345m	36	96	-	-	1962-85
Nabeul	391	2m	56	100	145	168	1950-85
Kairouan	307	66m	42	69	95	105	1901-80
Siliana	404	431m	42	72	95	138	1953-85
Zaghouan	478	232m	57	100	138	154	1907-75
Makhtar	504	637m	44	83	132	160	1907-75

D'après une communication écrite de Lamachère, 2002.

Dans ce tableau 1, on note qu'il n'y a pas de liaison entre la pluie annuelle moyenne et la pluie journalière de fréquence donnée. Plus on se rapproche de la côte et plus la pluie journalière est forte, en fonction des vents humides dominants et de l'altitude en montagne ...

- Selon Dridi, Bourges , et al (2000), dans le bassin de Merguellil (1200 km<sup>2</sup>), la pluie annuelle moyenne = 450 mm, la pluie journalière de fréquence 0.01 est de 105 mm, la lame ruisselée =25 à 30 mm,( Cram = <10% , Cmax = 65% ). Pour une surface couverte par banquettes de 17 %, le coefficient de ruissellement lors des plus grosses averses est de 30 à 40%, la réduction du ruissellement atteint 17% et la réduction des transports solides dépasse 40%. La capacité de rétention des banquettes mécaniques = 85 mm, plus que la pluie de fréquence décennale. On observe alors une baisse de l'agressivité du ravinement en aval. Si la population est dispersée et les pentes faibles, les banquettes mécaniques seraient plus efficaces qu'un lac collinaire pour infiltrer l'eau sur place.
- Selon Bergaoui et Albergel (2000), sur l'Oued Zioud, Jbel Semama, la pluie annuelle moyenne atteint 350 mm et les sols sont des lithosols évoluant en sols bruns calcaires. En 1989, après un aménagement en pierres sèches sur versants et bas fond, le temps de montée est passé de 10 à 70 minutes, la lame ruisselée journalière moyenne est réduite à 0,16 à 8mm/averse, soit en moyenne 3% des pluies. Pour les plus fortes averses le volume écoulé a peu changé, mais le débit de pointe a beaucoup diminué : la forme des crues est plus plate et plus durable, et les transports solides ont diminué de 50 à 90%. Ces auteurs ont trouvé une bonne corrélation entre le transport solide et l'intensité des pluies, l'intensité du débit de pointe et le volume ruisselé.
- Selon Nasri Slah,(2002), le volume du canal =0.6 volume des bourrelets. Si un bassin est aménagé en banquettes mécaniques, l'oued ne reçoit plus de ruissellement pour des pluies de moins de 80 à 90 mm. Dans cette zone semi aride, la pluie décennale atteint 90 mm avec des intensités de 60mm/h durant 60min. et >80 mm/h durant 30 minutes.

## 1.2. Les sols.

Le substrat rocheux varie dans le détail, mais il est assez homogène en général : une succession de calcaires gréseux plus ou moins résistants, avec localement des marnes, des colluvions et alluvions localement enrichies de sables éoliens. On pourrait donc synthétiser nos observations sur une toposéquence typique quitte à introduire ensuite quelques nuances (figure 2).

- Sur le plateau ou les sommets de colline on observe des lithosols ou des rendzines sur calcaire altéré en lapiez : quelques arbres et arbustes subsistent dans des poches d'altération.
- Les escarpements surpâturés apparaissent comme des éboulis très dénudés : la couverture des cailloux assure une bonne protection contre l'érosion. Les cordons de pierres ne se justifient que pour concentrer le ruissellement et les sédiments pour encourager le croissance de quelques arbres fourragers .
- Sur les versants raides (>15% de pente), subsistent souvent des sols caillouteux gris peu profonds (rendzines, lithosols calcaires) sur lesquels on peut installer des lignes de défense végétales (cactus, agaves, divers acacias) renforcées de cordons de pierres .

L'ensemble de ces segments fonctionnels sert généralement de parcours extensif, sur lesquels il serait vain de vouloir installer d'autres systèmes de lutte que la mise en défens et l'enrichissement en arbustes fourragers, à moins que la pression foncière justifie l'implantation d'oliviers/amandiers dans les poches de terres protégées par des cuvettes empierrées. (voir photo).

- Au pied de ces versants raides et caillouteux se développent des sols colluviaux, souvent bruns à croûte calcaire peu profonde, qui reçoivent beaucoup de ruissellement hypodermique : c'est une zone bien adaptée à la culture arborée qui demande un sous-solage au niveau des lignes de plantation, un épierrage grossier et une formation de cuvettes, de cordons pierreux ou d'éléments de banquettes pour favoriser les fruitiers.
- Viennent ensuite des sols colluviaux sableux brun-rouges sableux (anciennes dunes ?) ou des sols bruns argileux profonds de pente modérée (15 à 5%) qui pourraient valoriser l'accumulation d'eau dans le système des banquettes mécaniques ou manuelles, à infiltration partielle.
- Enfin en bas de pente <5% , des sols alluviaux profonds qui peuvent être stabilisés à l'aide de techniques douces telles que bandes enherbées ou ados végétalisés combinés au labour en courbe de niveau , avec ou sans billonnage, ou même peut-être au semis direct sous litière (à vérifier).
- Sur les marnes qui peuvent apparaître en toutes positions mais plus souvent en milieu ou bas de pentes molles se développent des vertisols à argiles gonflantes, assez stables en milieu saturé en calcium, mais bien plus fragiles dès que le complexe retient du magnésium et surtout du sodium. Ces zones qui ruissellent beaucoup dès que les fentes se colmatent sont généralement ravinées et évoluent vers les bad-lands. On peut tenter de casser l'énergie du ruissellement par des ados recouverts de cactus denses.

### 1.3. La diversité biologique dans le projet

D'après Nasri, Hamza et Sfar, le facteur C (couvert végétal) du modèle de prédiction USLE (Wischmeier, 1978) varie de la façon suivante :

Forêt sèche ... ..	C = 0.09
Parcours forestier ... ..	C = 0.20
Parcours dégradé ... ..	C = 0.45
Céréales (blé, orge, mil).	C = 0.63
Légumineuses(arachides, fèves, pois)	C = 0.65
Arboriculture+ céréales..	C = 0.57
Arboriculture+ sol nu ...	C = 0.90
Paillage ... ..	C = 0.02

Jachère nue ... ..

C = 1

Les arbres fruitiers en eux même n'arrêtent pas beaucoup l'énergie des gouttes de pluie, ni l'énergie érosive, mais ils peuvent orienter les techniques culturales perpendiculairement aux pentes et valoriser au mieux les eaux infiltrées grâce à leur enracinement abondant et profond.

Nous avons été frappé par la pauvreté de la flore observée dans ces milieux semi-arides .

Arbres : *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens* et *Cupressus lausonii*, *Juniperus oxyphillus*, *Casuarina sp.*, *Eucalyptus camaldulensis* et *E. gonfocephala*, *Quercus kermès*, *Chamaerops humilis* et quelques palmiers dattiers, pistachier, lentisque

Peupliers et saules, laurier rose, *Tamarix aphylla* dans les zones humides

Arbres fruitiers poussant dans le fossé: oliviers, figuiers, voir grenadiers, pistachier,

Espèces fourragères : *Acacia cyanophylla* et *Prosopis juliflora*,

*Sulla* (*Hedisarum chamosum*), *dyss* (*Ampelodesmo mauritiaca*), *Cynodon dactylon*,

*Medicago arborea*, *Atriplex numularia/A. halimus*, *Opuntia inermis*.

Haies vives : *Cactus à raquettes ou chandelles*, *Agave*, *Acacia eburnea*, *Ziziphus* , amandiers .

Il manque d'espèce fourragère basse couvrant le bourrelet et le protégeant contre l'érosion .On pourrait penser au *sulla*, au *Cynodon* (localement très envahissant) ou le trèfle méditerranéen bisannuel. Les australiens possèdent des espèces valables pour les zones semi-arides pâturées.

## 2. Observations sur les banquettes d'infiltration partielle mécanisées

Nous avons observé et discuté longuement les aménagements de 30 sites choisis par les coordinateurs dans et hors projet pour avoir un échantillon représentatif des dispositifs implantés sur les principales toposéquences et situations agro-écologiques des trois gouvernorats situés dans la zone semi-aride avec un net gradient Nord-Sud (pluies annuelles variant de 450 à 250 mm et pluie journalière décennale diminuant de 90 à 60 mm).

**2.1. On a observé sur le terrain une grande diversité d'aménagements** dont la majorité peut être réalisée par les paysans. Il reste à apprendre à tracer eux-même les lignes de niveau lissées. Les banquettes mécaniques ne sont recommandées en principe que sur la classe des sols profonds à bonne réserve hydrique (qui occupe 20 à 40 % des surfaces traitées) à l'exclusion des sols caillouteux peu épais (à faible stock d'eau) et des sols argileux peu perméables (risque d'engorgement) (Stratégie nationale tunisienne).

Cependant nous avons observé l'extension des banquettes mécanisées à l'amont sur des sols gris caillouteux et des sols bruns à croûte calcaire peu profonde « pour protéger les banquettes aval ». En réalité ces sols caillouteux souffrent peu d'érosion en nappe grâce au mulch de pierres qui les protègent : des « barrages végétalisés semi-perméables » suffisent pour dissiper l'énergie du ruissellement sur ces terres à faible potentiel. Le ruissellement sur ces fortes pentes est d'ailleurs beaucoup plus modéré que sur les glacis à sols battants des pentes plus faibles. Plutôt que d'étendre vers l'amont l'aire des banquettes mécanisées, il nous paraît utile de réfléchir à l'organisation d'un déversoir suffisamment dimensionné pour évacuer le ruissellement qui viendrait de l'amont de la première banquette lors des averses abondantes (> 70 mm).

On peut se demander s'il ne faut pas exclure aussi du système banquettes mécanisées les sols très sableux et perméables : en effet, nous avons observé que les banquettes sur sols sablonneux sont plus fragiles, sont souvent dégradées (mulots et renards) et leur effet positif sur la production des oliviers est strictement limité aux arbres plantés dans le fossé. Des ados solidement végétalisés à l'aide de cactus épineux devraient permettre le cloisonnement de ces zones sujettes à l'érosion éolienne plus qu'au ruissellement.

En définitive, cette technique des banquettes utilisant des engins lourds ne se justifie dans cette zone que dans un secteur limité aux meilleurs terres pentues ;

- du fait de l'existence d'un parc de TD7 acheté par un autre projet ;
- de leur valorisation à bas prix ne tenant pas compte de leur amortissement ;
- et du savoir faire des équipes de CES ;
- du fait des grandes étendues à traiter le plus vite possible (30 000 ha/an) ;
- de la demande paysanne qui veut valoriser une arboriculture fruitière intensive
- en retenant les eaux de surface sur les versants qu'ils exploitent.

## 2.2. Analyse de l'application sur le terrain de la technique des banquettes

Dans cette zone semi-aride, la technique des banquettes mécaniques d'absorption partielle a été définie par une approche empirique purement hydrologique. Tenant compte du point de vue de la lutte antiérosive, de l'efficacité agronomique et donc de l'approche participative, nous allons passer en revue nos observations de terrain sur chaque composante de la technique.

**Le bourrelet.** Constitué de terre repoussée par un bulldozer en vue de stocker une lame de 70 cm de ruissellement (garde latérale), on lui ajoute une garde verticale de 30 cm pour s'assurer que cette lame ne va pas déborder par dessus la digue (sous peine de destruction) : la hauteur finale recherchée est donc de 1 mètre. Mais on admet que le tassement, l'érosion et les erreurs de construction nécessitent encore une marge de sécurité de 20 cm (soit 120 cm à la réception). L'emprise théorique au sol est alors de 4 m, ce qui représente 12 % du terrain si la pente est de 10% (selon la formule de Bugeat).

Or, nous avons observé :

- \* que beaucoup de jeunes banquettes dépassent 150 cm (coefficient de sécurité abusif surtout dans le sud où la pluie décennale est de 70 mm) ;
- \* la majorité des banquettes de plus de 5 ans sont bien tassées, peu érodées quoique peu couvertes et ont encore 120 cm de haut ;
- \* la présence fréquente de « passages » sauvages (animaux) ou organisés au bulldozer pour laisser passer les engins motorisés, les gens et leurs animaux : dans le meilleur des cas, il reste un bourrelet tassé de 40 à 70 cm ;
- \* l'emprise de cette digue dépasse les 4m théoriques dans le cas des digues de 150 cm ;
- \* Or dans les zones à petits propriétaires, les digues ont été entamées par les charrues, ce qui signifie que le paysan souhaite réduire au minimum la surface consacrée aux travaux de CES. **Il est souhaitable dans ce cas de chercher à réduire la taille des bourrelets, ce qui permettrait de réduire aussi son emprise.**
- \* Les pentes du bourrelet sont théoriquement de 1/1 à l'amont et 1/2 à l'aval pour tenir compte de la pression de la lame d'eau accumulée lors des crues. Nous avons souvent observé, en particulier sur les bourrelets récents, que les pentes sont égales ou même plus fortes à l'aval, ce qui théoriquement entraîne un risque de glissement en cas de crue brutale avant que le bourrelet soit suffisamment tassé (voir photo) ;
- \* Pour éviter le risque d'empiètement sur le bourrelet par l'agriculteur lors des labours, il est prévu une « consolidation du bourrelet » qui consiste à planter au tiers aval et amont du bourrelet, une ligne d'arbustes (*Acacia cyanophilla*, ou plus rarement *Prosopis juliflora*, oliviers, figuiers), ou des plantes fourragères (*Opuntia inermis*, *Atriplex halimus*, *Medicago arborea*). Nous avons observé que le pâturage direct anéantit les cactus inermes, réduit la croissance des autres plantes fourragères, mais ne gêne pas trop les *Acacias cyanophilla*.



\* On peut se demander **pourquoi on n'a pas cherché à couvrir le bourrelet pour le protéger contre l'énergie des gouttes de pluie et l'érosion** ? En réalité, nous n'avons pas observé de dégâts graves d'érosion sur les bourrelets, mais localement le recouvrement total par les cactus (*Opuntia inermis*) et le développement naturel du *Cynodon dactylon*, très efficace pour stabiliser les pentes pâturées, mais concurrent redoutable qui risque d'envahir les champs cultivés voisins. On pourrait proposer la légumineuse bisannuelle sulla (*Hedisarum chamosum*) ou le diss (*Ampelodesmo mauritiaca*), herbacée pérenne : la sécheresse des 3 années antérieures a peut-être été un obstacle à leur extension.

**Le fossé.** Pour former le bourrelet, le bulldozer décape une zone de 6 m de large et 20 à 50 cm de profondeur. Pour décompacter cette zone où il a manœuvré, il passe encore trois dents à 40 cm de profondeur .

\*On peut craindre que ce décapage de l'horizon humifère entraîne **une nette diminution de la fertilité**, surtout sur les sols superficiels, mais en réalité ce fossé peut se recharger en sédiments humifères en quelques crues si l'érosion en nappe continue sur l'impluvium (cas le plus fréquent) ; par contre sur les sols caillouteux ou sur croûte calcaire, ce fossé reste nu très longtemps (indice qu'il est inutile d'y construire des banquettes pour lutter contre l'érosion).

\*On aurait pu craindre que les cultures souffrent d'**engorgement** : l'enquête a montré que l'inondation après les grosses averses ne dure que 2 à 5 jours, que le blé pousse mieux dans cette zone (surtout en année sèche), et que l'olivier est capable de supporter >15 jours d'inondation (d'après Alouani BOUZID). En général, l'engorgement ne semble pas un inconvénient fondamental pour les oliviers et figuiers mais pourrait être à prendre en compte pour certains arbres fruitiers (amandiers, pêchers, pruniers,?).

\*L'enquête et nos observations ont montré que seule cette zone de fossé améliore la production de biomasse des herbes, l'état végétatif et le rendement en fruits des oliviers, en période sèche depuis 3 ans : nous ignorons ce qui peut se passer en année humide ou au cours d'averses de fréquence décennale. Les banquettes fonctionnent comme une irrigation localisée d'appoint, même en année humide. **La sécurité de produire quelque chose en année sèche**, voilà probablement le meilleur argument qui pousse le paysan des zones semi-arides à demander à l'Etat d'installer des banquettes mécaniques sur ses terres, pourvu qu'il reste maître de la gérer à sa guise. Ceux qui ne disposent pas de banquettes, aménagent des cuvettes sous les oliviers, mais l'effet bénéfique semble moins spectaculaire sur la production de fruits que sur la survie des arbres.

\*Nous présenterons quelques propositions pour élargir la zone qui bénéficie d'un apport de ruissellement : mais on ne peut l'étendre trop sous peine de supprimer cet aspect de production sécurisée en année très sèche (fig.3).

**La zone aval du bourrelet.** Nous espérons que sur certains sols une partie des eaux accumulées devant le bourrelet pourrait, par drainage hypodermique, irriguer une certaine zone en aval. Sur les sols sableux très perméables, il n'en est rien . Sur des sols perméables en surface et nettement moins filtrants en profondeur (cas des sols bruns à croûte calcaire), une mince bande de <1 mètre donne un peu plus de blé en année sèche (mais ne compense pas la perte de surface cultivable des bourrelets), ou favorise un peu une rangée d'oliviers toute proche (<3m). Sur bourrelet fraîchement construit, Albergel a observé qu'une lame d'eau non négligeable diffusait à travers la terre peu tassée du bourrelet : les effets sur la teneur en eau du sol sont observables

mais l'influence sur les rendements des cultures reste localisée et temporaire, peu détectables sur les bourrelets de plus de 5 ans.

*La zone de l'impluvium (70% de la surface).* On espère que le paysan va labourer son champs en courbe de niveau, réduire de ce fait le taux d'érosion en nappe de 50% et capter une partie du ruissellement (inchangé) sous ses arbres fruitiers. Mais dans la majorité des cas observés, la gestion de sa terre reste extensive : faible densité des arbres mal entretenus, trop peu de fumier et d'engrais, pâturage extensif, faible utilisation des acacias, mais pâturage direct et destruction des cactus inermes qui devaient consolider les bourrelets.

En résumé dans les zones visitées , nous n'avons pas observé de banquette mécanique en situation catastrophique, mais certains écarts par rapport aux normes et une tendance à étendre cette technique en dehors des situations recommandées. A voir leur évolution lente (sur 5 à 18 ans) vers des terrasses progressives de plus en plus stables, la durée de vie de la majorité pourrait bien dépasser 25 ans en espérant des progrès dans la valorisation des différentes parties et surtout de l'impluvium. Les résultats des observations de l'équipe d'Albergel, Nasri et Lamachère (2002) sur l'impact de l'aménagement en banquettes d'un petit bassin versant sont rassurants sur l'efficacité antiérosive, mais inquiétants sur l'avenir du lac collinaire en aval qui ne reçoit de ruissellement que lors des averses de fréquence rare. Il pourrait être utile de réduire la taille des digues ou les surfaces traitées en banquettes d'absorption pour maintenir une bonne distribution des eaux de surface entre les paysans de l'amont et de l'aval. L'équipe de Bourges, Dridi, Collinet et al., a montré sur le bassin du Haffouz (670 km<sup>2</sup>) que la présence de banquettes couvrant 17% de la surface du bassin a réduit le ruissellement à l'exutoire de 17% (la retenue collinaire de 13% !) et les transports solides de 40%. Les banquettes sont plus efficaces que les barrages pour augmenter l'infiltration des eaux : elles peuvent stocker sur place des lames de 85 mm de pluie et réduisent dès lors l'agressivité du ravinement en aval. Elles sont souhaitables sur pentes moyennes (5 à 15%) et en situation d'habitat dispersé alors que les lacs collinaires sont mieux adaptés aux pentes fortes avec des terres fertiles irrigables en aval.

### **2.3. Fonctionnement des banquettes : bilan hydrique et effets sur le rendement des oliviers**

La mise en place d'obstacles à l'écoulement naturel du ruissellement crée des situations écologiques très variées qu'on pourrait mieux valoriser en étendant la zone humide, en intensifiant la valorisation des eaux disponibles, en associant des arbres fruitiers avec des cultures annuelles plus rentables que les céréales classiques (légumineuses, fourrages, etc.). Pour y voir clair, nous allons tenter de schématiser le bilan hydrique (très grossièrement) pour une situation courante : il sera possible ultérieurement de peaufiner l'analyse pour en découvrir toutes les nuances.

*L'impluvium* reçoit 400 mm de pluie, mais en perd 25% par ruissellement (soit 100mm), sans plus rien recevoir de l'amont puisqu'il est protégé par un bourrelet imperméable. Le stock d'eau maximal a diminué (300 mm), ce qui limite sa production (10-25 q/ha de céréale selon l'abondance des pluies), à part au contact direct du bourrelet d'où des arbres pourraient recevoir du drainage hypodermique dans certains cas.

*Le fossé* par contre reçoit aussi 400 mm de pluie, mais il stocke en plus la lame de ruissellement provenant de l'impluvium (100mm x 23m/concentrés sur 6m=383 mm).

\*Si l'absorption est totale, le fossé recevra  $400 + 383 \text{ mm} = 783 \text{ mm}$  ce qui rend possible des productions plus rentables que le blé (ex. légumineuses associées aux oliviers à forte densité)

\*Si le stockage est partiel, le fossé ne pourra valoriser par ex. que  
 $400 \text{ mm} + (383 - 100) = 683 \text{ mm}$

\*Si le sol est perméable jusqu'à un horizon peu perméable, on pourrait observer du drainage hypodermique qui va nourrir la zone aval du bourrelet.

\*Enfin si la banquette a été construite pour assurer la diversion de la majorité du ruissellement, le bilan du fossé sera  $P = 400 + (383 - 283)$  soit 500 mm disponibles sur place et 283 mm pour le barrage en aval. En Algérie ce genre de banquette n'a pas amélioré le rendement des céréales sur les impluvium (Monjengue, comm. orale, 1993).

*Le bourrelet* reçoit également 400 mm de pluie et probablement du drainage oblique venant du canal. C'est aussi une zone de haute potentialité de production car il accumule les horizons humifères du canal voisin (en réalité pas très riches en général) et pas mal d'eau. On ignore la quantité perdue par ruissellement sur ses versants raides.

**En conclusion, ce bourrelet crée un « oasis linéaire »,**

**\*où la sécurité de la production est assurée même pour les années les plus sèches ;**

**\*où la valorisation de l'eau disponible appelle la diversification des cultures en bandes et permet la culture de plantes plus exigeantes et plus rentables (ex : cultures fourragères, légumes secs, vigne), la densification de l'arboriculture à enracinement profond sur les zones humides combinée avec des cultures intercalaires (oignons, poivrons, etc) ;**

**\*où l'intensification de la production pour être optimisée exige des fumures organiques et minérales raisonnées en compensation des exportations ;**

\*zone favorisée sur 30% de la parcelle et que l'on est tenté d'étendre à l'amont (cuvettes sous les arbres, labour grossier (ou billonnage) en courbe de niveau pour les céréales) et à l'aval du bourrelet (deuxième fossé ou cuvettes pour les arbres), mais en perdant alors la sécurité d'une production minimale en année très sèche.

On comprend mieux pourquoi cette technique doit être réservée aux terres riches et profondes, si on veut tirer le meilleur parti des eaux de ruissellement piégées.

#### **2.4. Fertilisation raisonnée pour valoriser les apports d'eau de ruissellement**

L'amélioration des conditions hydriques, par irrigation ou complément de ruissellement, augmente généralement la production de biomasse, mais dans la limite étroite du potentiel génétique des végétaux cultivés et de la disponibilité en nutriments des sols. Or beaucoup de sols méditerranéens sont carencés en phosphore assimilable, en azote et en certains micro-éléments.

La valorisation des apports d'eau, variables selon les années, doit donc s'accompagner de l'ajustement des apports en nutriments minéraux, de leur fractionnement en fonction des pluies saisonnières et de l'optimisation des apports organiques (amélioration des fumiers, cultures fourragères, jachère cultivées en légumineuses plutôt que jachère nue, agroforesterie, compostage des déchets familiaux et urbains). Il est important de rechercher une meilleure association entre la culture et l'élevage. Un effort devrait être fait pour mieux valoriser les compost de litière des étables et les résidus des ménages, cendres, etc... qui actuellement sont exposées au soleil (pertes d'azote), aux pluies (lessivage des bases) et à l'érosion.

### **3. Aménagements traditionnels selon le mode de gestion des eaux de surface**

En Tunisie, « le génie créateur de dizaines de générations n'a cessé d'inventer et d'affiner une panoplie de techniques permettant de survivre en milieux semi-arides »

(Ennabli, 1993). Dans le cadre de cette courte mission, il nous a aussi été demandé d'introduire des éléments de discussion en vue d'une évolution progressive ou d'une diversification des techniques de CES faisant appel à des moyens mécaniques lourds que seul l'Etat peut organiser, vers des techniques simples, peu coûteuses et plus faciles à mettre en place par les paysans. C'est pourquoi nous avons posés quelques questions à nos interlocuteurs sur les techniques traditionnelles de gestion de la fertilité des sols et sur la gestion traditionnelle des eaux de ruissellement connues avant que s'organisent les projets des ingénieurs de l'Administration. La liste jointe n'est certainement pas exhaustive, mais nous la livrons comme un point de départ d'une discussion sur les possibilités de s'inspirer des techniques traditionnelles pour aménager l'eau des versants (et les nutriments qu'elle mobilise) au bénéfice de la communauté rurale qui l'exploite, de les améliorer avec nos technologies modernes et de s'en inspirer pour réfléchir à l'utilisation des terres dans un milieu socio-agro-écologique semi-aride régional.

### **3.1. Les stratégies de gestion de la fertilité des sols du versant.**

#### **311. Les parcours au sommet des collines caillouteuses**

Ces terres étant difficilement cultivables et peu profondes étaient initialement sous une végétation arbustive, forêt sèche méditerranéenne qui s'est dégradée en matorral d'autant plus profondément que les autres parcours ont été progressivement mis en culture. Par ailleurs leur régénération est très lente du fait du climat semi-aride mais aussi de la roche calcaire qui, lors de l'altération laisse très peu de résidus terrigènes. Sous le piétinement des animaux (pression aux pattes de 2,5 à 6 kg/cm<sup>2</sup>) le sol résiduel s'est tassé. Le (sur)pâturage a réduit progressivement le couvert végétal qui protège de la battance des pluies et la litière qui nourrit l'humus du sol et accélère l'altération des roches. Au bout d'un siècle ces zones fonctionnent dorénavant comme un impluvium où ne survivent que quelques plantes pérennes profondément enracinées dans des poches de terre ou dans les fissures entre cailloux .

Vouloir y restaurer une forêt pour produire de la cellulose est une gageure: tout au plus pourrait-on profiter d'une mise en défens temporaire (3-5 ans) pour enrichir le parcours d'arbustes fourragers bien adaptés plantés dans des cuvettes (éléments de gradin) captant localement le ruissellement et les nutriments apportés par les pluies et le bétail.

Une autre orientation consiste à considérer ce milieu comme un impluvium et à valoriser le ruissellement en aval sur des sols à potentiel plus élevé, ou encore à capter ces eaux de surface dans des citernes: le « surpâturage des terres ingrates des sommets des collines devient alors un mode efficace de gestion des eaux ».

#### **312. Les jachères pâturées ou nues après céréales**

Pour ne pas épuiser trop rapidement le stock du sol de nutriments assimilables par les cultures (en particulier le phosphore et l'azote), les paysans ne disposant pas de fumier en suffisance , ni d'engrais minéraux complémentaires, n'ont qu'une possibilité de « régénérer la fertilité de la terre » c'est de la mettre au repos pour qu'elle restaure d'elle même son stock en eau et en nutriments. La pluie apporte quelques kg d'azote et de bases: le vent peut aussi jouer un rôle favorable (dépôt de loess) ou au contraire accélérer l'érosion des particules légères (MO, argile et limons). Le passage des troupeaux peut laisser quelques kg de MO riche en N et bases, mais il appauvrit la terre de centaines de kg de chaumes et d'adventices résiduelles.

Cette méthode traditionnelle extensive n'est plus applicable en culture intensive où les exportations intensives des grains et des pailles doivent être compensées par des apports minéraux calculés en fonction des potentialités de production locale (profondeur exploitable du sol et carences en P et N) et des pluies saisonnières (fractionnement des apports d'engrais en fonction des eaux disponibles).

La rotation avec des légumineuses (sulla, trèfle méditerranéen, lentilles, fèves, etc) peut être intéressante pour apporter de l'azote au système, mais il lui faut impérativement un apport de phosphore pour permettre un développement satisfaisant.

La jachère nue mise au point aux USA sur des terres bien structurées, ne permet que très rarement d'accumuler de l'eau dans le profil des terres semi-arides du Maghreb, trop sensibles à la battance et donc au ruissellement.

### **313. Le fumier, le compost et les cendres du foyer**

Toute ferme dispose d'un petit troupeau de moutons, chèvres ou plus rarement de vaches, ânes ou chevaux. Ces animaux sont menés au parcours où ils prélèvent une biomasse peu abondante, mais très variée. Le complément est assuré par les pailles (raison de l'extension des cultures céréalières) et par la vaine pâture des terres libérées des récoltes. Les animaux à l'engrais bénéficient d'un complément de verdure (herbes du bord des chemins ou adventices arrachées aux champs par les femmes), de branchages verts ou secs (ramenés des «forêts» par les femmes) et plus rarement de concentrés achetés au marché.

Les animaux parcourant les champs durant la journée y dispersent leurs fèces qui, exposées au soleil, perdent une bonne partie de l'azote sous forme gazeuse. Mais la nuit, les animaux sont rassemblés dans un parc ou une étable où il est possible de produire du fumier. Généralement, comme il manque de litière, une partie de l'azote est perdue sous forme gazeuse  $\text{NH}_4\text{OH}$  ou  $\text{N}_2\text{O}$ . De plus ce fumier non décomposé est exposé au soleil pour qu'il perde «son brûlant»: en réalité il perd encore de l'azote, à moins qu'on y mélange des matières carbonées et les cendres du foyer (source de potasse et d'oligo-éléments). Le plus souvent il est accumulé en plein soleil, au bord de ravines et rapporté au champs (6 kg de MS par olivier) dès le printemps, avant qu'il soit décomposé. De gros progrès sont possibles pour mieux gérer cette source d'humus et de nutriments ( $\text{N} = 1 \text{ à } 3\%$  selon les animaux et leur gestion,  $\text{K} + \text{Ca} + \text{Mg} = 1 \text{ à } 5\%$ ,  $\text{P} \sim 0,1\%$ ), mais il est clair que les sols carencés en phosphore vont limiter la production de grains et de paille, donc la possibilité de disposer d'un bon fumier, lequel est lui aussi carencé en P car les animaux en ont prélevé une partie: on ne peut donc échapper à une fumure complémentaire en phosphore si on veut valoriser au mieux les eaux disponibles pour la production végétale.

Nombreux sont les paysans tunisiens qui utilisent le gaz pour se chauffer et pour la cuisine, à l'exception du four à pain préchauffé au feu de sarments. La production de cendres est donc limitée mais ces cendres reflètent la composition minérale des plantes: même si le feu entraîne la perte de carbone et d'azote, les cendres sont une source d'appoint minéral non négligeable que l'on peut recycler en le mélangeant au fumier en voie de compostage.

## **3.2. Les techniques traditionnelles de gestion des eaux sur les versants**

### **A. Capture du ruissellement et agriculture sous impluvium**

**32.1. Les CUVETTES ou DEMI-LUNES** . sont des «micro-catchment» qui peuvent stocker de 40 à 4000 litres par arbres soit 0.8 à 80 mm de pluie (si 200 arbres/ha). Les cuvettes peuvent avoir des dimensions très variables (1 à 7m de rayon et 10 à 50 cm de profondeur) en fonction du développement du couvert et de l'aridité du terroir. A la limite, sur les sols caillouteux les banquettes mécaniques peuvent être remplacées par un réseau de cuvettes si les arbres sont suffisamment rapprochés et le piégeage de l'eau continu sur toute la surface: nous en avons vu un exemple à Kairouan (photo). Le talus en terre est fragile et peut être renforcé d'un manteau de pierres. La demi-lune peut être modifiée pour s'adapter à la mécanisation: il suffit de monter des ados de terre à l'espacement choisi pour les arbres à l'aide d'une charrue à soc (1 à 3 passages) et de cloisonner ensuite l'espace attribué à chaque

arbre (photo). Ce dispositif a l'avantage de ramener à chaque arbre l'eau de ruissellement de l'impluvium calculé pour optimiser la production, au lieu de concentrer ce ruissellement dans le fossé des banquettes (=16% de la surface aménagée en banquette mécanisée sur une pente de 10%). Plus la zone est aride plus l'impluvium doit être grand, plus la densité des arbres diminue : à Kairouan on trouve des espaces entre oliviers variant de 7 à 25 m. selon la pluviosité.

**32.2. Les MESKAT** sont des champs sur versants organisés en impluvium nu et tassé (pâturé) au bas duquel une « tabia », gros bourrelet de terre, recueille le ruissellement et l'oriente par des canaux vers les cuvettes où poussent des oliviers. Le ruissellement déborde de cuvettes en cuvettes et donne un complément d'irrigation à chaque arbre. La zone d'impluvium a évolué de 2/3 de la surface du champs à l'origine, à 1/3 actuellement sous la pression de la population (voir photo dans l'article de Boufaroua).

**32.3. Les ELEMENTS DE BANQUETTE.** Une technique de plantation des oliviers très répandue dans cette région semi-aride est de creuser une fosse de 1m<sup>3</sup>, d'y mélanger 10 kg de fumier avec la terre du fond, et de reboucher la moitié du trou avec la terre humifère de surface, le restant étant répandu à l'aval en demi-lune. Le jeune plant (2 ans de pépinière) est alors planté au fond d'une fosse de 0.5 m<sup>3</sup> qui capte les eaux de ruissellement et maintient une ambiance humide favorable. A la longue, cette fosse évolue en cuvette qui s'élargit avec le couvert de la canopée. La méthode des éléments de banquettes est très voisine mais s'applique dans les sols caillouteux où on creuse une fosse allongée et aussi profonde que la roche le permet pour y planter 2 arbustes fourragers ou forestiers.

**32.4. Les CITERNES, « MAGEL ou MAGDEN ».** Une autre technique très développée dans la zone de Kairouan est le creusement de citernes de quelques dizaines ou centaines de m<sup>3</sup> dans une cuvette argileuse (dans les marnes), soit dans des abris sous roche calcaire, soit dans le sol avec revêtement des faces avec du mortier ou des pierres imperméabilisées à la chaux. L'eau captée provient de la pluie ruisselant sur une dalle rocheuse, du ruissellement sur une zone imperméable comme une piste ou des toitures. Ces eaux servent à abreuver les troupeaux et irriguer des petits jardins.

## **B. La dissipation de l'énergie du ruissellement**

**32.5. Les CORDONS DE PIERRES et MURETTES.** Sur des versants assez raides et caillouteux, on monte une murette (avec des pierres allongées en moellons) ou on accumule un cordon de pierres quelconques (sans travail de construction) sur un petit gradin en courbe de niveau. Derrière cet obstacle perméable, les eaux de ruissellement, le vent et les travaux du sol accumulent progressivement des sédiments où vont se développer des arbres (oliviers, amandiers ou arbres forestiers) et des arbustes fourragers. C'est une version intéressante de techniques qui ralentissent le ruissellement et dissipent son énergie et qui aboutit à l'étalement des crues des oueds, à la réduction du débit de pointe et des transports solides (Bergaoui, Camus, Albergel, etc). Là où les pierres sont peu abondantes ou fragiles (marne), les paysans ont souvent planté des **HAIES VIVES** de cactus (en raquettes ou chandelles), d'agaves ou autres épineux comme les *Acacias*, *Pyracanthas*, *Aubépines*, *Amandiers*, etc.

**32.6. Les HAIES VIVES SUR ADOS en bordure des parcelles.** Le long des drailles (chemins qui relient le village aux parcours), toutes les parcelles sont clôturées de haies vives d'épineux pour les protéger du bétail et autres maraudeurs. Mais il arrive que ces haies soient

situées perpendiculairement à la pente principale. On note alors la présence d'un talus formé par l'érosion aratoire (essentiellement) et par érosion hydrique ou éolienne. Ces talus enherbés et stabilisés par les racines des arbustes et les cailloux peuvent atteindre 1mètre de dénivelée en 5 à 10 ans avant de se stabiliser : ils participent à la consolidation du versant en rompant l'énergie du ruissellement, en transformant de longues pentes en une succession de secteurs moins inclinés concaves et de talus raides mais protégés.

Ces obstacles perméables ne retiennent pas beaucoup d'eau (fonction de la hauteur de l'ados imperméable), contrairement aux banquettes, mais ralentissent le ruissellement, et comme les cordons pierreux étalent les crues, réduisent les débits de pointe et les transports solides.

**32.7. Les GRADINS à talus enherbés ou empierreés.** Localement des gradins horizontaux ont été taillés dans le sol épais et consolidés par des herbes, des arbustes et renforcés localement par des revêtements de pierres. Comme dans les cas précédents, ces talus ont permis de cultiver des pentes fortes, d'accumuler des sols épais et d'irriguer. Cette technique coûteuse en heures de travail et d'entretien ne se justifie qu'en cas d'irrigation et de productions particulièrement rentables (jardins potagers/fruitiers/vigne). Elle permet l'enrichissement du sol en MO et nutriments.

**32.8. Les RAVINES AMENAGEE.** Les ravines sont des zones particulières à écologie très contrastées (versants exposés ou non au soleil et aux vents, fond très humide à certaines saisons). Elles ont fait l'objet de plantations une fois leur impétuosité maîtrisée en y aménageant des cuvettes pour des arbres (oliviers, acacia cyanophilla, autres), des seuils en pierres sèches ou des barrages végétaux en touffes (canne de Provence, bambous, lauriers roses, etc). En Algérie, une équipe de l'INRF et de l'ORSTOM a étudié les arbres et végétaux se développant dans ces différentes niches écologiques (peupliers, eucalyptus, frênes et saules sont les meilleurs). Ces ravines, une fois stabilisées par de petits seuils en grillage pourraient créer des « oasis linéaires jardinées ».

**32.9. Les JESSOURS** sont des aménagements de bas fonds en zone aride formés d'une tabia (grosse digue en terre et cailloux) qui recueille le ruissellement et sa charge solide pour y développer progressivement un champs valorisé par quelques arbres (oliviers, palmiers et figuiers) et des cultures fourragères, des céréales, des légumes secs en années favorables; les exutoires sont traditionnellement situés en bordure de la tabia sur la colline (Bonvallot, 1986). On peut les observer dans les Matmata, à quelques dizaines de km au sud de la zone du projet en milieux encore plus arides que ceux qu'on a traversés.

**32.10. Les DIGUES d'étalement des crues des oueds.** Dans la vallée, une digue de terre (hauteur = 2m) avec fusible est construite pour barrer l'oued et étaler les eaux sur la terrasse récente. Ce système permet une irrigation des terres peu pentues voisines de l'oued en même temps qu'un limonage enrichissant en MO. A quelques km de Kairouan, nous avons pu en observer : les oliviers sont productifs même en année sèche, mais seulement là où les arbres sont situés dans les zones inondées...

**En conclusion,** les aménagements actuels se sont déjà largement inspirés de ces méthodes traditionnelles, en particulier sur les terres caillouteuses de haut de versant.

Un effort pourrait encore être fait pour améliorer ces techniques, intensifier leur utilisation et adapter la fertilisation organique (très limitée par le manque de fourrages et perte d'éléments volatiles) et minérale (surtout P et N). La systématisation des grandes cuvettes permettrait de mieux valoriser les eaux de ruissellement sur toute l'étendue des oliveraies, d'augmenter

l'écartement entre bourrelets, ou même de les supprimer en faveur de cordons de pierres ou de haies de cactus sur ados.

Ces techniques étant connues depuis longtemps en milieu semi-aride pourraient s'étendre rapidement si elles étaient proposées et encouragées plus systématiquement à la place des banquettes mécaniques.

#### 4. Propositions

Suite aux observations et discussions sur une trentaine de sites choisis par les coordinateurs du projet sur les trois gouvernorats en fonction de la diversité des pluies, des toposéquences, de la dégradation et de l'usage des terres, et en fonction

- \*de la bonne tenue des banquettes mécaniques ces vingt dernières années,
- \*des demandes paysannes et de l'étendue des problèmes urgents d'érosion,
- \*de la disponibilité en matériel lourd et en personnel qualifié,
- \*de la volonté de l'Etat tunisien de se désengager en faveur des communautés rurales,
- \*de l'évolution des stratégies de CES vers plus de participation et plus d'intensification de l'agriculture, nous proposons les recommandations suivantes (voir figure 2) :

1. La réalisation des contrats de mise en place des banquettes mécaniques pour limiter les transferts de sédiments et réduire les risques d'inondations des plaines, mais

\*en respectant les normes : restriction aux seuls sols profonds perméables de 5 à 15% de pente (<20 à 30 % des surfaces des bassins), restriction des hauteurs des bourrelets à 120 cm à la réception, adaptation optimiste des écartements entre bourrelets de la formule de Bugeat en fonction de la résistance des sols bien structurés, des systèmes de culture couvrants, de la capture du ruissellement par les cuvettes des oliviers ;

\*en organisant l'intensification de la mise en valeur du fossé et du bourrelet, le renforcement de la fumure organique et minérale, la diversification des cultures en bandes tenant compte de la disponibilité supplémentaire en eau, la densification de l'arboriculture associée aux cultures intercalaires fourragères, le renforcement des exutoires et passages divers ;

\*en proposant des schémas de gestion des résidus organiques, de rotation, de cultures fourragères et des nouvelles cultures...

\*en proposant des cultures fourragères couvrantes et pluriannuelles pour protéger et valoriser les bourrelets.

2/ Quant aux sols caillouteux peu profonds à faible réserve hydrique sur fortes pentes, incapables de valoriser ces aménagements lourds, nous suggérons de s'inspirer des méthodes traditionnelles de capture du ruissellement pour restaurer la végétation (cuvettes de divers types) ou des méthodes de dissipation de l'énergie du ruissellement qui augmentent la rugosité de la surface du sol (mulch de cailloux, cordons ou murettes de pierres, haies vives de cactus/agaves).

3/ Les sols bruns calcaires sur croûte à faible profondeur méritent un sous-solage/rippage à 60 cm pour casser cette croûte, puis un épierrage en bandes avant plantation d'oliviers en amont d'ados protégé d'un manteau de pierres. Enfin les sols argileux ou vertiques sur marnes bénéficieront de techniques douces comme les ados végétalisés, des bandes enherbées et des haies vives en bout de parcelles.

4/ Une fois l'espace cloisonné en respectant les courbes de niveau, il reste à renforcer les exutoires, stabiliser les pistes et passages divers pour permettre aux gens de circuler et au ruissellement excédentaire de rejoindre calmement le drainage naturel. Toute canalisation des

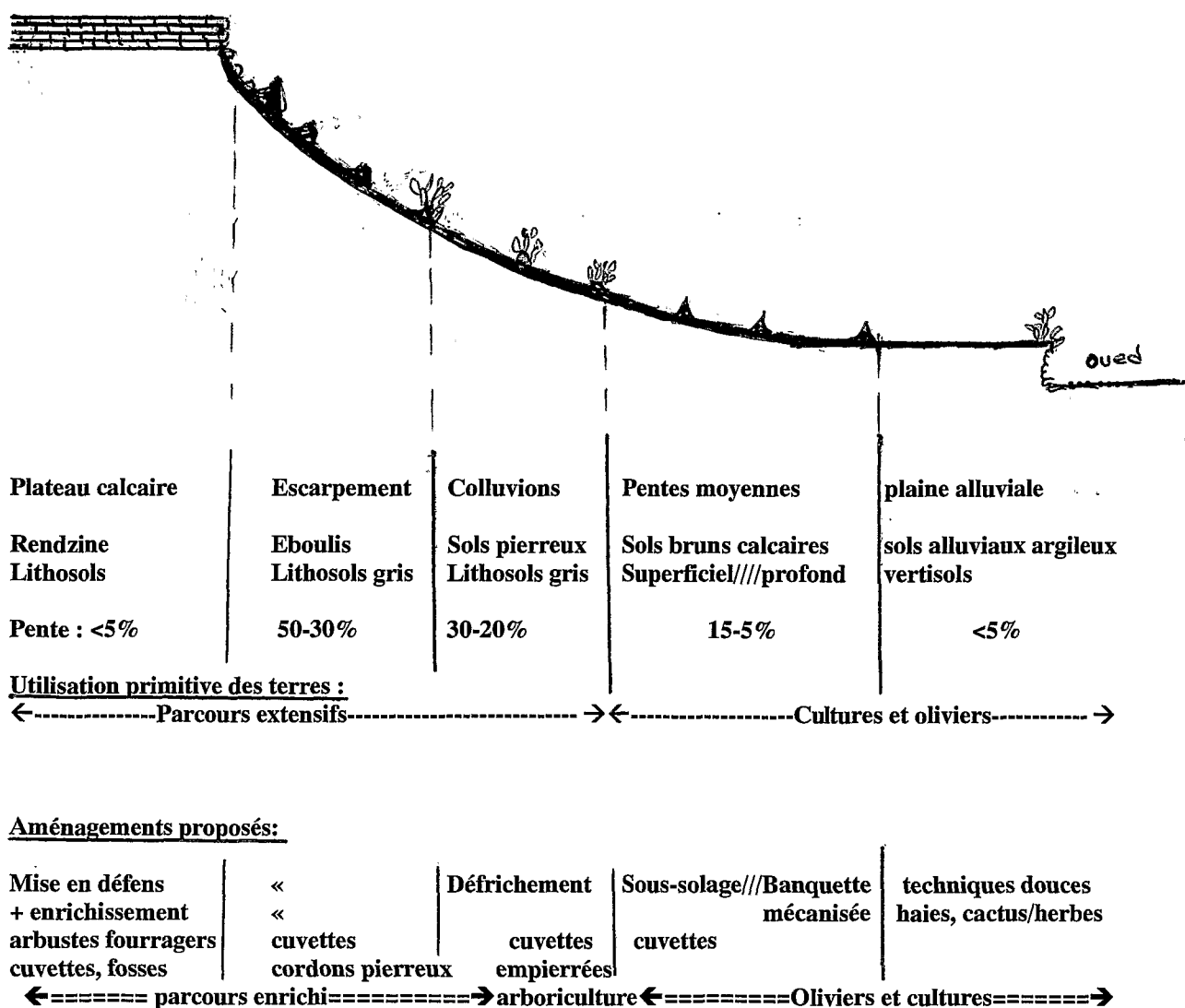


eaux raccourcit le temps de concentration, augmente le débit de pointe lequel gère les transports solides, déstabilise les berges, provoque les inondations et l'envasement accéléré des barrages.

5/. Mise en place d'un observatoire permettant de comparer en vraie grandeur les coûts, l'efficacité antiérosive (indicateurs), la faisabilité et l'acceptabilité par les bénéficiaires, les avantages et les inconvénients des différentes techniques, l'évolution du rendement des cultures et de la fertilité des sols sur les versants de ces trois gouvernorats. Le dialogue entre les techniciens CES, les paysans et les chercheurs peut être très enrichissant pour diversifier le choix des techniques de CES.

6/. Les actions de CES pourraient enrichir la biodiversité très réduite dans cette zone semi-aride dégradée, avant que des pestes déciment les plantations et mettent en danger la durabilité des projets de développement rural intégré.

Figure 2. Proposition d'aménagements sur les segments fonctionnels d'une toposéquence type en milieu semi-aride marno-calcaire méditerranéen tunisien.



## 5. Bibliographie

- Albergel J., Mansouri M., 2000.** Influence de l'aménagement en banquettes sur les crues d'un petit bassin versant en Tunisie Centrale. Bull. Réseau Erosion, 20 : 153-165.
- Albergel J., Mansouri T., Zante P., Ben Mamou A., Abdeljaoued S., 2002.** Matière organique dans les sédiments des barrages collinaires en zone méditerranéenne semi-aride Tunisienne. Bull. Réseau Erosion, Montpellier, 22, 11 p., sous presse.
- Aubert G., 1986.** Réflexions sur l'utilisation de certains types de banquettes de DRS en Algérie. Cah. ORSTOM Pédol. 22, 2 : 147-151.
- Bergaoui M., Camus H., 1995.** Impact des travaux antiérosifs sur les crues et les transports solides de 3 micro-bassins semi-arides tunisiens. Bull. Réseau Erosion 15 : 362-381.
- Bergaoui M., Camus H., Nouvelot J.F., 1996.** Quantification du transport solide sur les micro-bassins de Tebaba (Tunisie centrale). Bull. Réseau Erosion 16 : 257-275.
- Bergaoui M., Albergel J., 2000.** Effets des aménagements en pierres sèches sur la forme des crues de l'oued Zioud, Tunisie. Bull. Réseau Erosion 20 : 23-38.
- Bonvallet J., 1986.** Tabias et jessour du Sud Tunisien. Agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion. Cahier ORSTOM Pédol. 22, 2 : 163-172.
- Boufaroua M., 1996.** Conservation des eaux et des sols dans la zone du projet de développement de l'Agriculture au plateau de Sidi M'Haddeb (Tunisie). Bull. Réseau Erosion n° 16 : 169-180.
- Chaabi A., 1988.** Méthodes d'évaluation de l'érosion sur un versant traité en banquettes dans une zone semi-aride sous pluies naturelles ou simulées. Mémoire INA Tunis.
- Cherif B, Mizouri M., Aouina M., Khaldi R., Laribi M., 1995.** Guide de conservation des eaux et du sol. PNUD-FAO Projet TUN86/020, 273 p.
- Collinet J., Zante P., Attia R., Dridi B., Agrebaoui A., 2002.** Analyse expérimentale de l'érosion aréolaire sur le bassin versant du lac collinaire de Fidh Ali (Tunisie). Min. Agri. Tunis, Direction des Sols, IRD Tunis, 55 p.
- Delhoume JP., Barbery J., 1985.** Etude du milieu semi-aride du Djebel Semmama : ruissellement et érosion en zone montagneuse en Tunisie centrale : résultats des campagnes 1975-78. Min. Agri. Tunis, ORSTOM Tunis, 123 p.
- Ennabli N., 1993.** Les aménagements hydro-agricoles traditionnels en Tunisie. INRAT, Dept. GREF, Tunis, 255 p.
- Etude de création du lac collinaire de l'oued Ain SNOUBER. Version définitive, septembre 2000, CNEA Zaghuan, 150 p.
- Etude technique et socio-économique du lac collinaire El Brahmia, El Aloa, Kairouan. Rapport final, octobre 2000. Projet DRI/GRN/Progr. 1998. ACE Engineering,
- Fauck R, Makhlof E., Bachta M., Lamary M., Marouani A., 1991.** Evaluation sur les techniques de CES en Tunisie. PNUD, FAO, Dept. CES Tunis, 90 p.+ annexes.
- Heusch B., 1986.** Cinquante ans de banquette de DRS-CES en Afrique du Nord : un bilan. Cah. ORSTOM Pédol. 22, 2 : 153-162.
- Heusch B., 1995.** Pourquoi la banquette CES diminue les rendements et augmente l'érosion. Bull. Réseau Erosion 15 : 317-325.
- Klotchkoff J.C., 1995.** La Tunisie aujourd'hui. Edit. du Jaguar, Paris, 255 p.
- Kouri L., Vogt H., Gomer D., 1997.** Analyse des processus d'érosion linéaire en terrain marneux sur le bassin versant de l'oued Mina, Tell Oranais, Algérie. Bull. Réseau Erosion 17 : 64-73.
- Mando A., Kieppe & Stroosnijder, 1999.** Effets des bandes d'Andropogon sur le ruissellement et l'humidité du sol. Bull. Réseau Erosion 19 : 153-154.
- Nasri S., Hamza A., Sfar F., 1997.** Contribution à l'étude de la dynamique érosive dans le bassin versant de l'oued Ettieur (Haffouz, Tunisie). Bull. Réseau Erosion 17 : 314-332.

- Nasri S., 2002.** Hydrological effects of water harvesting techniques. A study of tabias, soil contour ridges and hill reservoirs in Tunisia. Lund University, Sweden, report n° 1030, 104 p.
- Nasri S., J. Albergel, R. Berntsson, J.M. Lamachère, 2002.** Impact of soil contour ridges on runoff and erosion in a small hillside catchment (El Gouazine, central Tunisia). Hydrological Processes, submitted.17-32.
- Programme de CES dans les gouvernorats de Kairouan, Siliana et Zaghuan, 1991 .**  
Plan d'opérations du programme. Coopération Italie-Tunisie, 64 p.
- Roose E., M. Arabi, K. Brahamia, M. Chebbani, M. Mazour, B. Morsli, 1993.**  
Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne.  
Cah.Orstom Pédol. 28, 2 : 289-308.
- Roose E., 1994.** Introduction à la Gestion Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols (GCES). Bull. FAO des SOLS, FAO ROME ,n° 70, 420 p.
- Roose E., Chebbani R., Bourougaa L., 1999.** Ravinement en Algérie : typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. Bull .Réseau Erosion ORSTOM n°19 ;122-138.
- Roose E. 2001.** Les méthodes traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen : une synthèse bibliographique. IRD , Montpellier, projet Hydromed , 35 p.
- Selmi S., 1997.** Intervention de l'Etat en milieu rural et réaction des collectivités locales face à la gestion d'une ressource rare (l'eau). Les lacs collinaires dans le semi-aride tunisien.  
Bull. Réseau Erosion 17 : 176-185.
- Snane M., Ennabli N., Mechergui M., Chaabi A., 1989.** Impact des banquettes à rétention totale sur la fertilité et l'érosion des sols à l'amont du barrage de l'oued SILIANA, zone semi-aride de Tunisie. Land & Water Use, Dodd & Brace eds., Balkema, Rotterdam, 779-784.
- Stratégie nationale de la conservation des eaux et du sol, 1990-2000.,**  
Min. Agriculture, Dir. CES, Tunis, 1993, 29 p.+ annexes
- Tunisie. Projet de développement agricole intégré de Siliana. Rapport de préévaluation, 1995.** FIDA, 36 p.
- Wischmeier W. & Smith D., 1965.** Predicting rainfall erosion losses from cropland.  
Agriculture handbook n° 282, 47 p., USDA-ARS, Washington DC.USA.

## Annexe 1. Schéma de valorisation d'une banquette mécanique

La banquette mécanique peut se partager en 4 zones du point de vue hydrique :

- 1/ le fossé : large de 6 mètres , reçoit les eaux de ruissellement de l'impluvium,
- 2/ le talus reçoit la pluie et un apport latéral des eaux du fossé,
- 3/ l'impluvium à l'amont du fossé, zone cultivée entre les bourrelets, qui ne reçoit plus que la pluie moins le ruissellement,
- 4/ la zone de l'impluvium à l'aval et proche du bourrelet qui pourrait recevoir un appoint d'eau par drainage à travers le bourrelet lors des grosses averses.

Les observations sur le terrain ont montré que seuls les arbres proches du bourrelet ou dans le fossé étaient en meilleur état et produisaient plus de fruits que ceux situés sur l'impluvium. On peut donc suggérer l'organisation de deux bandes de culture en fonction des apports probables d'un supplément d'eau (et de nutriments).

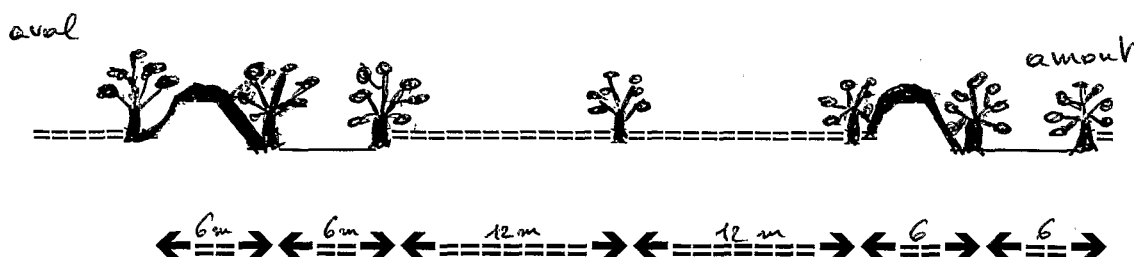
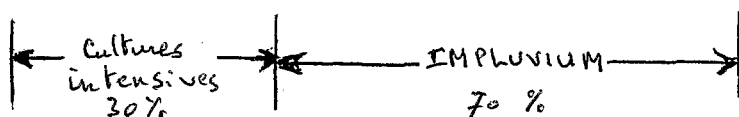
1/ Bande de culture intensive autour du bourrelet : oliviers à 6m en quinconce .

\* une ligne à l'aval du bourrelet à moins de 3 mètres du centre du bourrelet,

\* deux lignes à l'amont du bourrelet, profitant des eaux de ruissellement.

On peut imaginer que dans cette zone on profite des années où les pluies sont favorables pour y cultiver des légumineuses (pois, lentilles, fèves, etc) ou des fourrages. Il faut évidemment réajuster la fertilisation en fonction des rendements espérés.

2/ Bande de culture extensive constituée de deux lignes d'oliviers à 12 m (avec cuvette ou petit ados de terre) et de céréales ou de cultures fourragères peu exigeantes (Sulla, trèfle méditerranéen ?)



## **Annexe 2. Coût des diverses techniques de CES**

Dans le projet ITA, le financement des diverses actions est partagé entre l'ITA (50 à 100%), le CRDA (33 à 100%), le FOSDA (0 à 25%) et la population (0 à 50%).

Sur la fiche jointe provenant de Kairouan (mis à jour en 2001), les gros travaux mécanisés sont pris en charge par l'ITA ou le CRDA (correction des ravins). On peut craindre que la population ne soit pas très motivée par leur entretien puisque ces aménagements sont « l'affaire du projet ».

Par contre la population est payée pour le cloisonnement de l'espace (haies de cactus) (50%), les cordons en pierres sèches (50%), la consolidation des aménagements (50%), le terrassement des banquettes manuelles (50%), les plantations arboricoles (50%), les cuvettes individuelles (25%) et l'épierrage (20%). La main d'œuvre est familiale : le projet injecte donc de l'argent frais dans l'économie locale ce qui doit être apprécié dans ces zones déshéritées. Mais les bénéficiaires investissent aussi pour l'amélioration foncière de leur terre. Il semble donc que ces aménagements, très proches des techniques traditionnelles de gestion des eaux de surface et de lutte antiérosive, peuvent motiver les paysans qui connaissent déjà leur fonctionnement. Il est souhaitable d'étendre ces techniques sur toute la zone des sols caillouteux, peu aptes à être traitées mécaniquement.

Mais certaines de ces techniques pourraient, sans grandes difficultés remplacer partiellement (ex. cuvettes ou haies de cactus sur gros billon, permettant de capter une partie du ruissellement et donc d'augmenter l'espacement entre les bourrelets des banquettes mécaniques) ou totalement les banquettes mécaniques, à terme.

Dans la fiche synthétique qui nous a été remise, il n'est pas possible de comparer le coût des banquettes mécaniques (payés aux entreprises), des banquettes manuelles, des cordons de pierres, affichées au même prix (350 DT/ha) car il n'est pas précisé si le coût des consolidations et autres plantations nécessaires sont comprises ou non. Depuis octobre 2002, le coût de la main d'œuvre est passée à 4DT par jour de travail... Mais nous ignorons l'augmentation du coût des machines, pétrole et personnel qualifié.

Par contre, les cuvettes individuelles (empierrées ?)(175DT), cloisons biologiques (haies de cactus ?)(125 DT), défonçage et épierrage (180 DT) sont deux fois moins chères...

Voilà un argument intéressant en faveur de la limitation des banquettes mécaniques aux zones capables de supporter un tel investissement ... de l'Etat, sans contre partie des bénéficiaires...

**Il est évidemment bien plus facile de faire gérer par un entrepreneur un gros chantier mécanisé plutôt que de devoir suivre de près de très nombreux petits chantiers dispersés chez de multiples paysans.**

### Coût unitaires des aménagements sur le terrain

VERSION REVUE ET CORRIGEE 06/12/2001

	Activités	Unités	Coût Unitaire en US \$	Ref	Mode d'exécution	Encadrement	Contributaires financiers	Procédures de paiement
<b>B.2 Aménagements CES au niveau d'un ensemble d'exploitations</b>								
B2.1	Lacs collinaires	Unités	238,000	Prodoc	Entreprise	A/CES	Ita 100 %	Feuille d'attachement, décomptes et virement
B2.2	Epandage de crues	Unités	23,000	Prodoc	Entreprise	A/CES	Ita 100 %	Feuille d'attachement, décomptes et virement
B2.3	Terrassement Mécanique	ha	0,350	FOSDA	Entreprise	A/CES	Ita 100 %	Feuille d'attachement, décomptes et virement
B2.4	Protection des ouvrages	Unités	140,000	Prodoc	Entreprise	A/CES	Ita 100 %	Feuille d'attachement, décomptes et virement
B2.5	Correction des ravins	ha	0,370	DG/ACTA	Régie CRDA - A/CES	A/CES	CRDA 100 %	Feuille d'attachement et de paie
<b>B.3 Actions au niveau de l'exploitation</b>								
B3.1	Equipement Hydraulique	Unités	7,000	Prodoc	Fournisseur	A/PI A/GR	Ita 65 %, 10 auto financement et 25 % FOSDA	
B3.2	Citernes d'eau enterrées	Unités	5,600	FOSDA	Familial	A/PI A/GR	Ita 65 %, 10 auto financement et 25 % FOSDA	
B3.3	Cloisonnement de l'espace	ha	0,125	FOSDA	Familial	A/CES	Ita 50 %, Population 50 %	Feuille d'attachement et de paie
B3.4	Cuvettes individuelles	ha	0,175	DG/ACTA	Familial	A/CES	Ita 75 %, Population 25 %	Feuille d'attachement et de paie
B3.5	Cordons en pierres sèches	ha	0,350	FOSDA	Familial	A/CES	FOSDA 50 % Population 50%	Feuille d'attachement et de paie
B3.6	Consolidation des aménagements	ha	0,250	FOSDA	Familial	A/CES	FOSDA 50 % Population 50%	Feuille d'attachement et de paie
B3.7	Fixation par plantation	ha	0,800	DG/ACTA	Régie CRDA - A/CES et Familial	A/CES	Ita 67 %, CRDA 33 % *; Partage sur base territoriale	Feuille d'attachement et de paie
B3.8	Contrôle du jujubier	ha	0,280	Prodoc	Régie avec engins du CRDA	A/CES	CRDA 80 %, Population 20 %	Feuille d'attachement et de paie
B3.9	Défonçage et épierage	ha	0,180	FOSDA	Régie CRDA - A/CES et Entreprise	A/CES	Ita 80 %, Population 20 %	Feuille d'attachement et de paie
B3.10	Terrassement manuel	ha	0,350	FOSDA	Familial	A/CES	Ita 50 %, Population 50 %	Feuille d'attachement et de paie
<b>B.4 Actions de mise en valeur</b>								
B4.1	Plantations arboricoles	ha	0,900	DG/ACTA	Familial	A/PV A/CES	CRDA 50 % Population 50%	
B4.2	Amélioration pastorale		0,800	OEP	Familial ou en Régie	OEP A/F	Ita 100%	
B4.3	Assolement	ha	0,170	Prodoc	Familial	A/PV	Ita 100%	
B4.4	Acquisition de citernes et bêtes de trait	Unités	0,600	Prodoc	Fournisseur	A/PI A/GR	Ita 65 %, 10 auto financement et 25 % FOSDA	
<b>B.5 Soutien aux activités complémentaires</b>								
B5.1	Apiculture, petit élevage	Unités	0,140	Prodoc	Fournisseur	OEP	Ita 90 %, Population 10%	

Coût unitaire des aménagements sur le terrain  
(mis à jour à Kairouan, le 6/12/2001)

1. TD7 repoussant la terre de surface et les herbes pour construire le bourrelet : le sous-solage doit favoriser un bon contact entre la surface du sol et les matériaux du bourrelet. Noter que le matériaux constituant le bourrelet est hétérogène et que, de plus le bourrelet a été accumulé devant la zone sous-solée au lieu de sur cette zone : on comprend que dans certains cas les premières eaux s'infiltrent à travers le bourrelet.



2. Le TD7 tasse la partie amont du bourrelet lui donnant une pente plus faible qu'en aval , ce qui théoriquement peut entraîner un glissement du bourrelet sous la pression du ruissellement

3. Banquette manuelle en voie de destruction par suite d'un débordement. Noter que la topographie du canal avait déjà été corrigée. Un cloisonnement pourrait réduire les risques d'accumulation localisée du ruissellement dans le canal et une amélioration de la surface du sol permettrait de réduire ce ruissellement, mais pas celui de la piste .



4. Les ados construits manuellement sur lithosols caillouteux et renforcés par une double haie de cactus pourraient stabiliser les segments de pente couverts partiellement de cailloux .



5. Les bas de pente colluvionnaires caillouteux reçoivent beaucoup d'eau des versants raides et peuvent être valorisés par des plantations arborées sur grandes cuvettes renforcées d'un manteau de pierres . Noter l'apport de « fumier » ou plutôt poudrette (déjections sans litière).



6. Idem , mais ici combinaison de cuvettes (gros entretien) et de diguettes en terre (ados) qui renforcent la capture du ruissellement et facilitent l'entretien mécanique du dispositif.

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

**Pour citer cet article / How to cite this article**

Roose, E. - Banquettes mécaniques et techniques traditionnelles de GCES pour la zone méditerranéenne semi-aride de Tunisie, pp. 130-154, Bulletin du RESEAU EROSION n° 21, 2002.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)