



**Réduction des risques climatiques
pour un développement durable**
**Guides sur les techniques de gestion
des sols pour l'adaptation aux
changements climatiques au Maroc**

**Réduction des risques climatiques
pour un développement durable**

**Guides sur les techniques de gestion
des sols pour l'adaptation aux
changements climatiques au Maroc**

Auteurs :

Dr. Rachid Moussadek (PhD)

Dr. Rachid Mrabet (PhD)

Tous droits réservés à GIZ

Photographies

© Dr. Mrabet Rachid et Dr. Moussadek Rachid

**Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

GIZ Bureau à Rabat

2, Avenue Tour Hassan

B.P. 433 - 10 000 Rabat

Tel : +212 (0)5 37 20 45 17

Fax : +212 (0)5 37 20 45 19

E-Mail : giz-maroc@giz.de

www.giz.de/Maroc

SOMMAIRE

Contexte général	04
Objectifs et contenu des guides	04
PARTIE 1 :	
Les bonnes pratiques biologiques de gestion conservatoire des sols pour l'adaptation	05
1. Guide pratique sur les systèmes de semis direct	06
2. Guide sur l'agroforesterie	14
3. Guide de l'Alley cropping ou cultures en couloir	19
Conclusion sur les techniques biologiques de gestion des sols	22
PARTIE 2 :	
Les bonnes pratiques physiques de gestion conservatoire des eaux et des sols pour l'adaptation aux changements climatiques	23
1. Guide sur les terrasses traditionnelles en gradins et sur murettes en pierres	24
2. Guide sur les billons	25
3. Guide sur les banquettes	27
4. Guide sur les terrasses	28
5. Guide sur les cordons de pierres	32
6. Guide sur les murettes de pierres sèches	34
Conclusion sur les techniques physiques de gestion des sols	35

Contexte général

Le climat de la planète continue à changer à des rythmes qui sont projetés pour être sans précédent dans la récente histoire de l'humanité. Les rapports d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques (CC) suggèrent une augmentation globale de la température moyenne de la surface de la terre comprise entre 1,4 et 5,8 ° C entre 2000 et 2100.

Dans ce contexte, le Maroc est particulièrement vulnérable à ces changements climatiques comme le montrent la plupart des modèles climatiques. L'agriculture marocaine est particulièrement exposée aux CC à cause du peu de progrès technologique réalisé, du poids de l'agriculture comme source de revenus (15 à 20 % du PIB) et d'emplois (40 %), ainsi que du faible usage des mesures d'adaptation aux CC. En effet, la dégradation des sols peut aggraver ces changements climatiques, mais elle peut également être exacerbée par ces derniers.

La gestion du sol peut interagir sur le changement climatique. En effet, en fonction des types de sol, des pratiques culturales et du climat lui-même, le sol peut contribuer ou, au contraire, ralentir le changement climatique. Il est primordial de connaître les bonnes pratiques conventionnelles de gestion conservatoire des sols et de mettre l'accent sur d'autres pratiques culturales innovantes utilisées en agriculture de conservation ou en agroforesterie. Ceci afin d'utiliser au mieux les capacités régulatrices du sol, d'autant plus que le stockage du carbone dans les sols peut à terme intégrer la comptabilité carbone. D'un autre côté, les bonnes pratiques de gestion du sol peuvent être adoptées pour s'inscrire dans les nouvelles politiques des services écologiques et ainsi promouvoir une économie verte (Green economy) en appui à la nouvelle stratégie agricole du pays (Plan Maroc Vert) et au Plan National d'adaptation aux CC.

Objectifs et contenu des guides

Bien que des efforts très visibles aient été faits au cours des dernières années pour préserver et conserver les sols marocains, il est prioritaire de rendre mobilisables les connaissances acquises sur les pratiques et techniques durables de gestion des sols. Les brochures qui composent ce guide devront améliorer la qualité de l'échange d'informations et des connaissances sur ces pratiques et renforcer la capacité des acteurs.

Les brochures sont présentées en versions simples expliquant les concepts d'adaptation aux changements climatiques et décrivant les pratiques biologiques et physiques permettant de rendre l'agriculture plus résiliente et respectueuse de l'environnement. Une première partie mettra l'accent sur les bonnes pratiques biologiques (semis direct, agroforesterie et alley cropping) alors que la deuxième partie est consacrée aux pratiques physiques pour la conservation des sols contre les événements extrêmes (averses ou sécheresses) qui seront plus fréquents selon les modèles du CC pour le Maroc.

Le présent document se veut une synthèse non exhaustive des techniques de gestion des sols qui s'adaptent le mieux aux conditions écologiques et socio-économiques du Maroc en vue de mitiger l'impact des changements climatiques qui menacent la durabilité des écosystèmes agricoles.

PARTIE 1 :
**Les bonnes pratiques
biologiques de gestion
conservatoire des sols
pour l'adaptation aux
changements climatiques**

1. Guide pratique sur les systèmes de semis direct

Définitions et terminologies

Le semis direct est un système de régulation des cultures qui n'implique pratiquement pas de travail du sol. Effectivement, les producteurs agricoles qui adoptent ce système cultural ne labourent plus leurs champs et conservent les résidus de culture au sol pour le protéger contre l'érosion. Ce système exploite des phénomènes biologiques (travail des vers de terre, fixation de l'azote par les légumineuses, phénomènes d'allélopathie, structuration mécanique du sol par les racines) pour optimiser la production agricole.

Le semis direct est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures dans lequel la semence est placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Dans le système de semis direct, les opérations se limitent à l'ensemencement de la culture. Le remaniement mécanique du sol est confiné à la seule implantation de la semence. L'élimination des mauvaises herbes, avant et après le semis et pendant la culture, est faite avec les herbicides les moins polluants possibles pour le sol qui doit toujours rester couvert.

C'est l'une des options de l'agriculture de conservation ou l'agriculture écologiquement intensive. En effet, cette agriculture est un ensemble de techniques culturales destinées à maintenir et améliorer le potentiel agronomique des sols, tout en conservant une production régulière et performante au plan technique et économique.

Il ne faut pas confondre ces systèmes avec les techniques simplifiées sans labour (TCSL). Les TCSL sont définies par l'ensemble des pratiques culturales sans retournement du sol. Les itinéraires techniques peuvent être constitués d'opérations de travail profond du sol (pseudo-labour) et de travail superficiel (chisel).

Piliers du système de semis direct

Le système de semis direct se construit autour de la mise en œuvre de 3 grands principes de gestion des agrosystèmes :

- (1) Perturbation minimale du sol,
- (2) Protection du sol via le maintien d'une couverture végétale permanente en surface,
- (3) Diversification des rotations et associations de cultures.

Avantages du système de semis direct

La mise en œuvre des systèmes de semis direct modifie le fonctionnement de l'agrosystème et les services écologiques rendus :

- La restitution des résidus de récolte à la surface du sol permet de protéger le sol contre l'érosion par l'eau et par le vent.
- Le semis direct est une approche cohérente qui permet de réaliser des économies et de préserver l'environnement. Ainsi, il permet une meilleure rentabilité économique à long terme en réduisant le besoin en intrants (engrais, produits phytosanitaires, carburants) sans les interdire.
 - . Il permet d'atténuer la consommation d'énergie jusqu'à 70% et d'économiser sur les intrants.
 - . Du point de vue économique, la rentabilité des systèmes d'agriculture de conservation dépend des conditions de leur application. Elle est généralement assurée pour les agricultures mécanisées, lorsque la suppression du travail du sol entraîne une baisse des coûts de production et que les rendements se maintiennent ou augmentent.
- Le bilan effet de serre s'améliore en systèmes de semis direct.
- Le mérite principal des systèmes de semis direct est la résilience, c'est-à-dire leurs facultés d'amortissement vis-à-vis des agressions climatiques et érosives, et donc des processus de désertification, principales conséquences du réchauffement climatique.

- Le principal avantage de ces systèmes de semis direct est d'améliorer les caractéristiques des sols et d'utiliser de manière efficace les ressources naturelles disponibles.
 - . Le semis direct permet une restauration de la matière organique, ce qui contribue à restaurer la fonction de puits de carbone des sols.
 - . Le semis direct améliore la structure du sol, lui permettant ainsi de stocker plus d'eau et d'avoir une activité biologique plus intense. Le captage et la disponibilité de l'eau pour la culture s'améliorent car les résidus végétaux que l'on laisse en surface réduisent l'évaporation et augmentent l'infiltration.
 - . Le système de semis direct permet de préserver l'intégrité physique du sol, de conserver, enrichir et développer la fertilité chimique et biologique de la terre.

Les systèmes de semis direct permettent de créer, au niveau de l'interface sol-culture, un micro-environnement relativement stable et protégé, favorisant l'infiltration et le stockage de l'eau ainsi que le retour d'une biodiversité utile. Les caractéristiques physiques du sol favorables au développement des cultures sont obtenues uniquement par l'action du climat et de l'activité biologique du sol (racines, animaux, micro-organismes) et préservées par un couvert permanent.

Limites et inquiétudes

- Dans la pratique, les systèmes de semis direct se heurtent à certaines limites, les agriculteurs n'ayant pas toujours les moyens d'appliquer strictement l'ensemble des 3 principes.
- Si les agriculteurs peinent parfois à adopter les systèmes de semis direct, c'est aussi parce qu'ils sont très différents de ceux qu'ils connaissent et qu'ils requièrent des savoirs et une technicité qui leur font défaut.
 - . L'implantation d'un système de semis direct demande beaucoup d'implication et une certaine volonté de changement de la part du producteur agricole. En effet, une haute technicité est demandée dans la gestion des cultures en semis direct.
 - . Les systèmes de production mixtes (culture - élevage) doivent être mieux appréhendés vis-à-vis du semis direct. L'utilisation des résidus et de la paille pour l'alimentation animale concurrence leur utilisation pour couverture végétale.
- Des problèmes d'implantation accrus peuvent être dus à la mauvaise gestion des résidus en relation avec l'opération du semis.
- Comportement différent des cultures vis-à-vis de la fertilisation azotée qui peut induire un retard de végétation et une minéralisation de l'azote décalée.
- Le système de semis direct ne peut être durable que par la maîtrise de la propagation des mauvaises herbes.
- La pratique du semis direct requiert une technicité spécifique, nécessitant une période de transition à la fois pour le sol et pour l'agriculteur.

Transition

Il faut que l'agriculteur considère la transition. Il faut aller progressivement et profiter de la rotation des cultures pour corriger les reliquats du labour. Une transition entre labour et semis direct peut prendre une à cinq années, dépendamment du type du sol et de son histoire de gestion.

L'agriculteur doit profiter de cette phase de transition pour s'informer, confirmer les raisons d'adoption du semis direct et observer les changements opérés sur les équilibres pour apprivoiser le système de semis direct : mauvaises herbes et maladies, caractéristiques des sols, gestion des chaumes, élevage, économiques... Cette phase permet donc au sol d'évoluer et à l'agriculteur d'acquérir sa propre expérience et donc de sécuriser les résultats et les avantages.

Semis et semoirs

La diversité des conditions de production et des besoins des agriculteurs conduit à une forte diversification des pratiques résultant de l'adaptation locale de ces 3 principes. Les différentes plantes et semences exigent diverses techniques de semis ou de plantations. Ainsi, pour réaliser des semis sans travail du sol, des semoirs (planteuses) adaptés sont nécessaires. Il y a deux grands types de semoirs : les semoirs à distribution volumétrique pour les céréales à paille et les cultures à petites graines et les semoirs à distribution monograine pour les cultures en lignes (maïs, tournesol, soja, etc.).

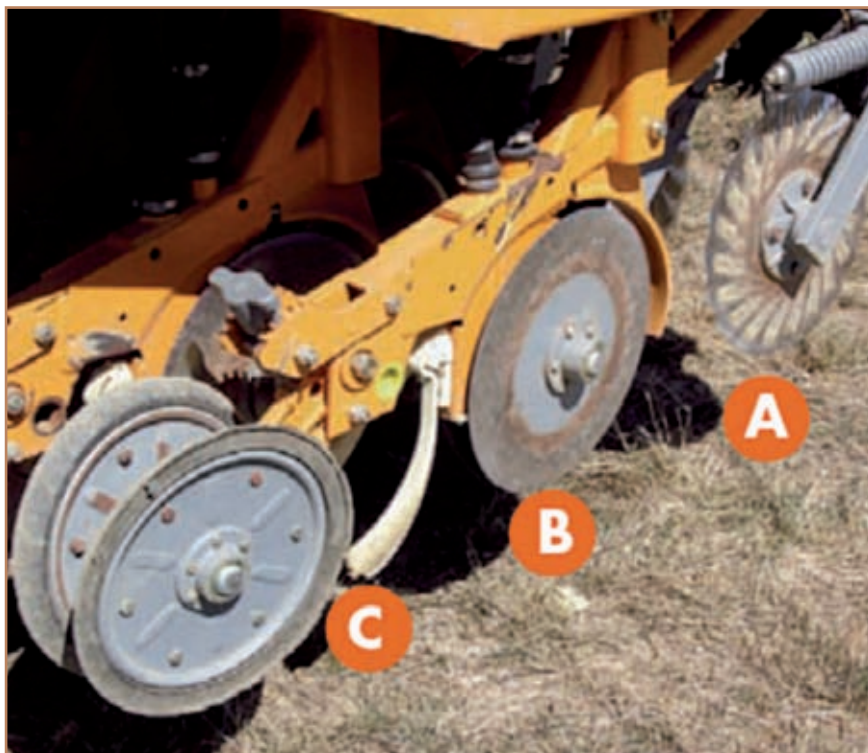
Les techniques de semis direct sont compatibles avec tous les types de mécanisation, du simple outil à main aux machines utilisant l'agriculture de précision.

Le succès d'un bon semis dépend de la capacité de l'équipement à opérer sous des conditions très variables. Les différents types de sols et leurs conditions, la rugosité du terrain, le pourcentage de couverture de résidus, le taux d'humidité lors du semis et la nature des sols sont des facteurs déterminants à considérer avant de planifier le semis.

Pour réussir la conduite du non-labour, il est essentiel de disposer de semoirs adaptés. Le semis est réalisé à l'aide d'un semoir spécial qui peut semer et déposer les engrais dans un sol non perturbé et couvert de résidus de récolte. Il est doté de coutres pour couper les résidus et préparer des bandes étroites de sol qui facilitent le contact semence-sol. Plusieurs types de semeurs existent ; celui à soc est conseillé pour des semis précoces sur sols secs.

Composantes du semoir direct

Un semoir semis direct est généralement composé de trois types d'organes : organes ouvreurs ou coutres (A), organes semeurs (B) et roues tasseuses (C).



Une grande variété de coutres (organes ouvreurs) est disponible. C'est un dispositif de préparation du lit de semences. Ils coupent, ouvrent le sol, dégagent les résidus et aident au travail des organes semeurs et au placement des engrais. Ils sont généralement de forme circulaire. Ce disque peut être lisse, denté (ondulé), gaufré, à bulles ou crénelé. Les caractéristiques des coutres et leurs conditions d'application sont explicitées dans le tableau 1.

Coutres ou organes ouvreurs

Les coutres tranchent les résidus et travaillent le sol en avant des ouvre-sillons et des injecteurs d'engrais. De tels coutres tranchent les résidus et peuvent aussi travailler une étroite bande de sol à l'avant des ouvre-sillons. La profondeur de travail de ces coutres ne devrait pas excéder la profondeur nécessaire au semis. Ces disques préparent le lit de semences.

Tableau 1 : Caractéristiques des coutres

Type de coudre	Actions sur la couverture de résidus	Remarques
Lisse	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe les résidus et le sol. - Limitée par la vitesse de traction. 	<ul style="list-style-type: none"> - Une seule action, coupe très bien. - Permet un sillon étroit et moins de manipulation de la ligne de semis. - Plus le diamètre est grand, mieux il travaille.
Crénelé	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe les résidus et le sol. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe très bien. - Rotation plus aisée.
Gaufré	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe les résidus et le sol. - Sert surtout au placement des fertilisants. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bande étroite. - Coupe mieux que le coudre lisse. - Rotation plus aisée. - Aiguisage non nécessaire.
A bulles	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe les résidus - très tranchant. - Ouvre légèrement le sol. 	<ul style="list-style-type: none"> - Excellent dans sols sableux et limoneux. - Coupe très bien, convient à des sols durs avec beaucoup de résidus. - La forme en bulle permet une plus grande perturbation du sol et dégage les résidus des deux côtés du sillon. - Compaction ou risque de lissage des sols argileux.
Ondulé (13 ondulations de 2,5 cm)	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe les résidus. - Ouvre le sol plus que le coudre à bulles. - Dégage légèrement les résidus. - Présente une certaine agressivité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Excellent dans sols limoneux, limono-sableux et loameux. - Coupe bien. - Pas de compaction dans sols argileux. - Ouvre plus le sol que le coudre à bulles.
Ondulé (8 ondulations de 5 cm)	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe les résidus et ouvre le sol. - Très agressif. - Dégage beaucoup les résidus. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune compaction. - Ecarte bien les résidus. - Peut projeter le sol à l'extérieur du sillon si placé vis-à-vis du semeur.
Ondulation recourbée	<ul style="list-style-type: none"> - Excellente pénétration. - Coupe les résidus. 	<ul style="list-style-type: none"> - Performant pour couper les résidus tout en travaillant bien le sol.

Dispositif de mise en terre ou organes semeurs

Le dispositif peut être constitué de :

1. Une rasette réglable en hauteur, accolée au disque semeur, qui accompagne et positionne la graine au fond du sillon,
2. Doubles disques en V munis d'une goulotte de descente. Plusieurs montages sont proposés par les constructeurs :
 - Disques de même diamètre ;
 - Disques de diamètres différents ;
 - Disques montés sur des axes décalés.

Les deux derniers montages ont pour objectifs de favoriser la pénétration, de limiter l'ouverture du sillon et de mieux trancher les débris végétaux.

3. Dents ou socs qui déposent la graine au fond de la ligne de semis.

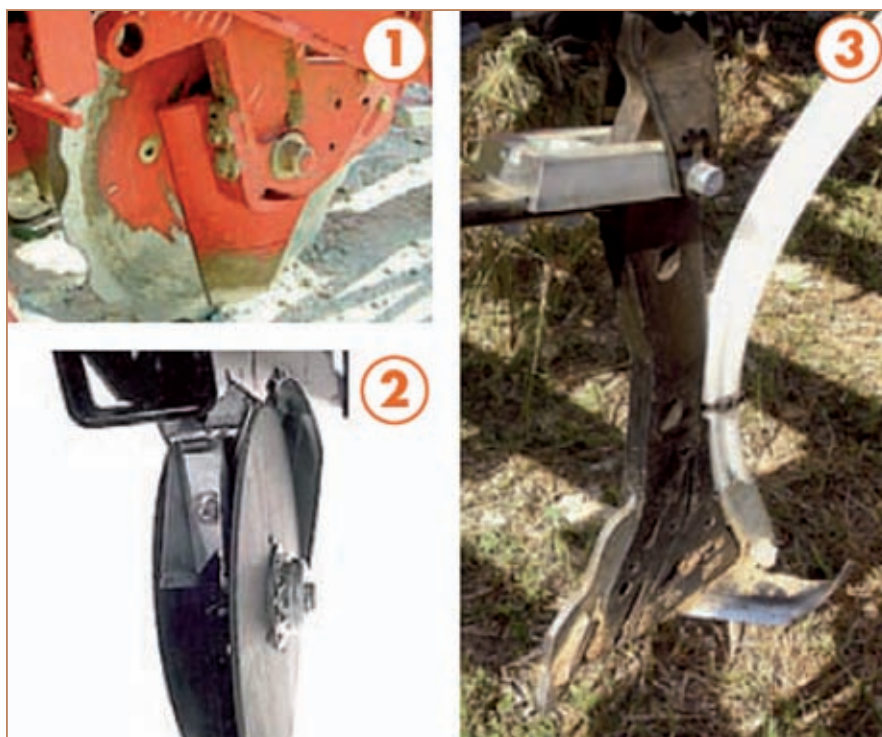


Tableau 2 : Avantages et inconvénients par type de dispositif de mise en terre

Semeurs à socs		Semeurs à disques (simple, double et triple ou cross-lot)	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle de la profondeur de semis. - Pénétration en conditions de sol sec et dur. - Bon contact sol-semence. - Bon tassement. - Meilleur emplacement des engrais. - Utilisation en conditions de terrains difficiles : sols caillouteux, rugueux, en pente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Besoin de force de traction élevé. - Poids élevé (transport). - Grande manipulation ou perturbation du sol (écartement faible). - Bourrage en sols couverts de grandes quantités de résidus. 	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement uniforme des semences si les résidus sont bien répartis en surface. - Moins de manipulation du sol. - Bon tassement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inopérant en conditions de fortes quantités de résidus en surface : mauvais contact sol-graine et semis superficiel. - Disques plus chers. - Ajout de masses alourdissantes pour pénétrer facilement le sol (surtout en sec).

Il est important d'assurer un contact intime entre la semence et le sol pour obtenir une germination et une levée uniformes. Les roues tasseuses ont pour rôles de couvrir (fermer) le sillon et limiter/varier la profondeur de semis.

Gestion des cultures

Le semis direct doit être considéré comme un système et non comme une simple méthode de semis. La monoculture dans un régime de semis direct est envisageable mais n'est pas recommandée car, tout comme en agriculture traditionnelle, elle favorise l'apparition des ravageurs et des maladies et ne constitue donc pas une pratique durable. Pour que ce système soit efficace, il faut introduire la rotation des cultures, c'est-à-dire l'utilisation dans le temps et dans l'espace d'une séquence de cultures. La rotation des cultures est fondamentale pour la durabilité des systèmes de semis direct.

La rotation des cultures est nécessaire dans les systèmes de semis direct afin d'éviter le développement des ravageurs, des adventices ou des maladies, et afin d'assurer une exploitation systématique du sol à différentes profondeurs par les systèmes racinaires. Elle conduit aussi à une extraction plus équilibrée des éléments nutritifs puisés dans le sol par la plante.

L'introduction des plantes fourragères dans la rotation des cultures aura pour effet d'allonger la rotation et de réduire les problèmes de ravageurs. Ceci aidera à une meilleure intégration élevage-culture sous semis direct (SD).

Désherbage

Le labour et la reprise de labour ne font plus partie du système. Le travail du sol n'éliminera plus les mauvaises herbes avant le semis. En général, l'émergence des mauvaises herbes n'est pas retardée en présence de résidus, à moins d'une présence en très grande quantité. La densité des adventices se trouve dans l'ensemble très réduite par l'abandon du travail du sol mais la composition d'adventices se modifie. Les mauvaises herbes vivaces sont influencées par le travail du sol. Elles réagissent différemment selon leurs modes de reproduction.

La régulation des mauvaises herbes peut se faire par la rotation, la gestion des résidus et le contrôle chimique. La connaissance des stocks de semences de mauvaises herbes dans le sol peut contribuer à une réduction plus maîtrisée des mauvaises herbes.

Le semis direct entraîne une diminution de la production de graines des graminées annuelles sans toutefois avoir d'impact sur la production de graines des feuilles larges annuelles. Les graines de graminées annuelles perdent plus rapidement leur viabilité que les graines de mauvaises herbes à feuilles larges lorsqu'elles sont concentrées dans les deux ou trois premiers centimètres du sol.

Établir une rotation équilibrée contribue plus que l'on ne pense à prévenir les infestations par les mauvaises herbes. L'effet positif des mesures préventives contre les mauvaises herbes augmente avec les 4 pratiques suivantes : (1) Éviter la monoculture du blé, diversifier la rotation, (2) Briser le cycle des mauvaises herbes, (3) Inclure des cultures plus compétitives envers les mauvaises herbes, (4) Améliorer la succession des cultures.

Gestion de la fertilisation des cultures

La minéralisation des engrais est différente sous semis direct, ce qui demande une adaptation des méthodes de fumures (en particulier l'enfouissement localisé de certains engrais). Durant les premières années d'installation du semis direct, la suppression de toute intervention mécanique réduit la quantité d'azote mise en jeu en limitant la minéralisation de la matière organique. La gestion de l'azote devient plus délicate et nécessite une anticipation des apports, voire une fertilisation légèrement supérieure. Dans ce contexte technique où l'azote risque d'être limitant, il est impératif de penser aux légumineuses. Avec le temps et l'accumulation de matières organiques facilement minéralisables et par conséquent d'azote, les cycles vont retrouver un équilibre. La situation va continuer à progresser pour se stabiliser voire s'inverser.

Sous semis direct, on observe logiquement une concentration plus élevée des teneurs du sol en phosphore et en potasse sur les premiers centimètres du sol. La concentration des éléments en surface s'accompagne d'une diminution relative en profondeur.

A long terme, l'énergie va se raréfier et devenir de plus en plus chère. L'avenir des grandes cultures passe par un recours minimal aux carburants et par la meilleure utilisation possible de l'énergie solaire «emmagasinée» par les plantes. Pour cela, il s'agit en particulier de réduire la fumure minérale azotée au profit de légumineuses fixatrices d'azote. Il faudra alterner les cultures à forte productivité avec celles peu exigeantes en engrais.

Gestion des résidus des récoltes

Une gestion adéquate des résidus de culture est un élément déterminant dans la réussite du système de semis direct. En effet, le semis est possible même en conditions météorologiques défavorables : (1) si l'humidité est excessive, le couvert permet le passage des engins agricoles en limitant le compactage, et (2) par temps sec, le couvert conserve une certaine humidité du sol par la limitation de l'évaporation.

La gestion des résidus est primordiale pour la réussite du semis direct. L'interaction entre la vigueur de la plante et la qualité de la gestion des résidus est la clé de la réussite de l'installation des cultures.

Un niveau élevé de résidus en surface peut causer des levées réduites et un début d'enracinement faible. La protection de la surface du sol contre les agents climatiques (pluie, vent, température et radiation) n'est assurée que par un niveau convenable de paillis en surface. Ainsi, on ne peut prétendre introduire le semis direct tout en exportant la totalité des résidus de récolte.

Contrôle des maladies et des ravageurs

Au cours de la phase de transition, certains ravageurs ou agents pathogènes du sol peuvent poser de nouveaux problèmes du fait de la modification de l'équilibre biologique. Le SD est compatible avec la lutte intégrée contre les ravageurs et fonctionne en fait sur les mêmes principes. Les résidus de récolte sont laissés à la surface du sol et ne sont ni brûlés, ni enterrés, et la chaîne infectieuse touchant la culture suivante ne peut être brisée qu'en laissant un temps suffisant entre des cultures identiques.

Le semis direct, comme la lutte intégrée, favorisent les processus biologiques. Sans mesures de protection intégrée, le développement des organismes vivants du sol et le travail biologique du sol qui en résulte seraient impossibles.

Expérience et applicabilité du système de semis direct au Maroc

A travers le monde, les systèmes de semis direct sont pratiqués sur une superficie de 125 millions d'hectares. Ceci permet de conclure que :

1. Les systèmes de semis direct sont en extension à travers le monde et dans des écologies diversifiées ;
2. Les systèmes de semis direct sont adaptés à la plupart des cultures et espèces végétales ;
3. La diversité des climats et des sols où sont développés les systèmes de semis direct montre qu'il ne semble pas y avoir de limite technique à une extension de ces systèmes au Maroc ;
4. Les systèmes de semis direct sont appréciés par les agriculteurs des pays à climat méditerranéen (Espagne, Chili, Australie, Portugal...).

En effet, au Maroc les recherches sur ces systèmes ont débuté en 1982 pour des situations très contrastées de climat, de sols, de rotations et de situations socio-économiques.

Différents programmes sont lancés pour la mise en place de plateformes de vulgarisation à grande échelle de ces systèmes comme pratiques d'adaptation aux changements climatiques, particulièrement dans les régions de Chaouia et des Zaërs.

2. Guide sur l'agroforesterie

Définitions et terminologies

L'agroforesterie (AF) est un terme générique servant à désigner les systèmes d'utilisation des terres et les pratiques dans lesquelles les plantes ligneuses vivaces sont délibérément intégrées aux cultures agricoles et/ou à l'élevage pour une variété de bénéfices et de services. On parle aussi de systèmes d'agroforesterie (SAF).

Elle consiste à associer *volontairement* des arbres ou des arbustes à des cultures et/ou des parcours sur la même parcelle. Le mot dérive d'un néologisme anglophone « agroforestry » apparu dans les années 1970. L'agroforesterie se distingue de la foresterie du fait qu'elle utilise des plantes annuelles en association avec les arbres.

Cette dernière trouve une vocation mixte de production agricole annuelle (culture, fourrage) et de production différée à long terme par les arbres (fruits, bois, services). Les arbres et les arbustes peuvent être naturels ou plantés.

1. Les parcelles cultivées portant des cultures agricoles intercalaires et des arbres fruitiers ou forestiers correspondent à des systèmes agroforestiers (agro-sylviculture).
2. Les parcelles boisées avec de l'herbe et un sous-bois pâturés correspondent à des systèmes de sylvopastoralisme.
3. Les parcelles cultivées, plantées avec des arbres/arbustes et pâturées correspondent à des systèmes agro-sylvopastoraux.

En termes simples, l'agroforesterie est la production d'arbres et de cultures non ligneuses ou d'animaux sur un même territoire. C'est un système d'aménagement autonome et écologique des terres. Il s'agit plus d'une approche que d'une technologie unique et achevée.



Graminées sous chêne

La clef de l'agroforesterie est un partage maîtrisé des ressources entre les arbres et les cultures associées. Quand deux espèces sont associées, elles modifient mutuellement leurs conditions de croissance. Pour trouver leur niche écologique, elles vont entrer en compétition et s'adapter.

Rôles de l'agroforesterie

On peut envisager l'agroforesterie sous quatre angles :

1. La production directe (cultures, bios, biomasse, produits animaux) ;
2. Le rôle des arbres dans les facteurs agro-écologiques de production (amélioration du capital de production et diminution des coûts, réduction des externalités environnementales) ;
3. Le rôle des arbres pour lutter contre les changements climatiques ;
4. La place des arbres dans le paysage rural et la valorisation de l'image de l'agriculteur.

L'agroforesterie est un placement pour l'avenir qui participe à la durabilité du système de production.

Enjeux et perspectives

Dans un contexte de diminution des terres disponibles, de pressions démographiques rurales, de crise alimentaire, de limites atteintes d'intensification conventionnelle de l'agriculture et de la forêt et de changement climatique, l'agroforesterie offre des perspectives intéressantes. Ainsi, l'amélioration de la gestion des SAF pour assurer leur durabilité représente un enjeu important pour les décideurs et les agents de développement.

Les SAF sont caractérisés par la création de leurs propres microclimats et par leur effet tampon dans les situations extrêmes. De plus, face au changement climatique, une des réponses sera d'offrir une diversité génétique. Les essences forestières locales peuvent être privilégiées sans toutefois nier le potentiel que pourraient offrir des espèces exotiques.

Les parcelles agroforestières représentent un mode de mise en valeur distinct des parcelles agricoles et forestières traditionnelles. Développer un projet en agroforesterie demande de se projeter à moyen et long termes et de repenser le système de production. Il faut appréhender les rôles agronomiques et écologiques des arbres.

L'agroforesterie est une pratique qui correspond à des logiques d'exploitation agricole favorisant la diversification des activités et une meilleure valorisation des ressources du milieu. De plus, elle permet la création de paysages originaux, attractifs, ouverts, favorables aux activités récréatives. Les parcelles agroforestières présentent un potentiel paysager réellement novateur, porteur de symboles forts et favorables à l'image de marque des agriculteurs dans la société.

Bénéfices et avantages

Les bénéfices de l'agroforesterie peuvent inclure des matériaux de construction, des aliments, des fourrages, des combustibles, des fibres et de l'ombre. Elle permet donc de diversifier les services et les sources de revenus sur l'exploitation. Les rendements augmentent, les risques de maladies diminuent et la production est diversifiée et échelonnée sur toute l'année.

Dans les systèmes agroforestiers, les arbres jouent également d'autres rôles importants comme la prévention de l'érosion et l'amélioration de la fertilité du sol (en fixant l'azote ou en déposant à la surface des minéraux provenant des couches profondes du sol au moyen de la chute des feuilles). Les racines profondes des arbres pompent et filtrent les éléments nutritifs et polluants drainés par la culture. Ces effets positifs dépendent de la structure des arbres à l'intérieur de la parcelle (densité et disposition).

Une parcelle agro-forestière est biodiverse aux niveaux végétal, animal, mycorhizien, génétique... La diversité des structures et des espèces de ligneux et d'herbacées fournit des habitats et de la nourriture pour un cortège floristique et faunistique important. Elle permet de réintroduire des auxiliaires de cultures, abeilles et autres pollinisateurs, gibier, prédateurs... et recrée une continuité écologique à l'échelle des territoires.

L'agroforesterie fait partie des actions recommandées par le protocole de Kyoto et par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pour atténuer le changement climatique en limitant l'augmentation de la teneur du CO₂ de l'atmosphère.

En cas de forte chaleur ou sécheresse, la protection des arbres peut réduire l'évaporation du sol et la transpiration de la culture. Les cultures se dessèchent moins rapidement et consomment moins d'eau qu'en situation de culture pure. Ceci affecte positivement la vie dans le sol pour une construction de la structure et une amélioration du bilan organique.

Gestion des systèmes agroforestiers

Les systèmes d'agroforesterie exploitent le sol au maximum. L'agroforesterie est particulièrement importante dans le cas de terrains accidentés où les activités agricoles peuvent rapidement entraîner une forte érosion du sol.

En agroforesterie, une attention particulière est portée aux arbres et aux arbustes pérennes polyvalents. Les plantes polyvalentes les plus importantes sont les légumineuses à cause de leur capacité à fixer l'azote et du même coup à mettre ce nutriment à la disposition d'autres plantes.

Pour bien planifier l'utilisation des arbres dans un système agroforestier, il faut bien connaître leurs caractéristiques. Il faut, entre autres, connaître les avantages, la capacité à s'adapter aux conditions locales (climat, sol et stress), la taille et la forme du couvert et du système racinaire de chaque essence envisagée et si elle convient à diverses pratiques agroforestières.

Conformément à l'approche de l'agroforesterie, n'importe quelle plante peut être cultivée et n'importe quel animal domestique peut être élevé. Toutefois, il faut baser la sélection des plantes sur une connaissance des cultures, des adaptations et de l'utilisation des produits ainsi que sur les besoins locaux et le marché. Dans le choix de l'élevage, l'agriculteur prendra en compte les bénéfices que procurent les animaux, y compris les revenus, l'alimentation, la force de travail, les produits non comestibles, l'utilisation des résidus de culture et le fumier.

Les systèmes agroforestiers produisent généralement autant ou plus qu'une culture pure, mais en contrepartie :

- Leur conduite exige moins de travail, de pesticides et d'engrais chimiques ;
- Les agriculteurs en tirent d'autres productions destinées à l'autoconsommation ou à la consommation ;
- Ils constituent des biens sociaux et culturels : patrimoine familial, national et international.

Systèmes agroforestiers au Maroc

Les SAF sont ancestraux et répandus dans le monde entier. Les systèmes agroforestiers au Maroc sont très divers selon les zones géographiques. Le climat, le substrat, la morphologie des terres et l'histoire de l'occupation des paysages par l'Homme déterminent leur nature et leur structure. Fondamentalement, le fonctionnement des SAF marocains s'apparentent aux systèmes forestiers.

Les systèmes sylvopastoraux correspondent essentiellement à des forêts ou matorrals de chênes verts, de chênes lièges, de cèdres, de thuyas et d'arganiers qui sont pâturés d'une manière extensive par les troupeaux des usagers de ces espaces. Ces systèmes occupent les espaces forestiers du Rif, Moyen Atlas, Haut Atlas et Anti-Atlas. Ils sont caractérisés par une surexploitation élevée induisant des transformations du couvert végétal et des sols, compromettant leur avenir.

Les systèmes agro-sylviculturaux correspondent à des parcelles agricoles cultivées et plantées avec arbres fruitiers (olivier, amandier, figuier, vigne, etc.) ou forestiers (eucalyptus, acacia, peuplier, caroubier, etc.). Certaines parcelles, issues d'empiétement sur des espaces forestiers, comportent des arbres forestiers (chênes vert et liège, frêne, peuplier, etc.) qui sont souvent gardés sur les bordures et sont traités en arbres fourragers (têtards) ou « clôtures vertes ».

Dans le Rif occidental, les arbres les plus utilisés sur les parcelles cultivées sont l'olivier, le figuier, le prunier, le poirier et l'abricotier. Dans quelques vallées, on retrouve sur certaines parcelles du chêne vert sur substrat calcaire, du chêne liège sur substrat gréseux et du frêne et du peuplier dans les fonds humides des vallées. On y trouve un système agroforestier particulier qui associe culture vivrière et jachère forestière. Les espaces forestiers proches des villages sont mis en culture (céréales).

Dans le Rif Central et Oriental, plus secs, les espèces dominantes sont l'amandier, puis l'olivier et le figuier. La vigne est utilisée sur certaines parcelles comme sous étages de l'amandier ou du figuier.

Dans le Moyen Atlas, on note une nette dominance des rosacées en altitude (cerisiers, pruniers, pommiers, cognacés, etc.). Ce sont souvent des plantations intensives. Les plantations paysannes sont constituées essentiellement d'oliviers. Le caroubier commence à devenir une espèce à usage répandu, notamment dans le Dir (piedmont) entre Beni Mellal et Khénifra.

Dans le Haut Atlas, on note une dominance de l'amandier sur les versants semi-arides et arides, l'olivier sur les versants subhumides. Ce dernier est limité par le froid en altitude (1 700 m). Dans les vallées encaissées et froides, on note une large expansion des rosacés, notamment le cerisier et le pommier, sur les terrasses agricoles. Le noyer occupe les berges des oueds et des seguias. Le caroubier commence à se répandre en tant qu'arbre fruitier et fourrager dans le Haut Atlas central calcaire. Sur les versants Sud du Haut Atlas donnant sur la vallée du Souss, l'arganier constitue l'élément de base d'un système agrosylvopastoral traditionnel.

Sur les versants Nord et Ouest de l'Anti-Atlas, des versants entiers sont aménagés en terrasses anciennes cultivées (céréales) et plantées d'amandiers. Sur les versants non aménagés, l'arganier épars est associé à des cultures extensives de céréales (orge, blé dur). Le cactus en raquette (*Opuntia*) connaît une extension importante sur les versants abandonnés.

Impacts des SAF

Les SAF ont des effets locaux et des impacts au niveau du bassin versant, du paysage, mais aussi des impacts au niveau national et international comme le montre le tableau 3.

Applicabilité des SAF

Conditions écologiques

Les SAF avec une faible densité d'arbres sont plus appropriés aux zones à faible pluviométrie et les systèmes à haute densité aux zones à forte pluviosité. L'AF dans toute sa diversité est adaptée à un large éventail de climats et de zones agro-écologiques.

L'AF convient à toutes les formes de reliefs et de pentes : plaines / plateaux ainsi que les pentes et les fonds de vallée. Ne convient pas à des altitudes élevées (plus de 2 000 à 2 500 m d'altitude) en raison des températures plus basses, des effets négatifs de l'ombre et d'une courte saison de croissance. L'AF est viable sur des terres en pente qui sont par ailleurs trop raides pour les cultures.

Il n'y a pas de limitations pédologiques importantes. Les SAF sont conçus pour une large gamme de sols. Le système agroforestier peut restaurer la fertilité du sol, là où d'autres systèmes d'utilisation des terres ont miné (épuisé) les éléments nutritifs du sol.

Conditions socio-économiques

Les SAF sont principalement appliqués sur les petites exploitations. Cependant, ils peuvent être appliqués à toutes les échelles agricoles et peuvent être conduits avec différents niveaux de mécanisation (où les arbres sont plantés à de faibles densités).

L'AF est principalement appliquée dans des zones avec des droits individuels d'utilisation des terres et quand les exploitants agricoles ont des droits sur les arbres qu'ils plantent. Les terres collectives ne présentent souvent pas la sécurité foncière nécessaire et les exploitants tendent donc à être réticents à y pratiquer l'AF et à y investir. Des réglementations locales pour l'utilisation des arbres et des cultures sont nécessaires.

Tableau 3 : Impacts des systèmes agroforestiers à différentes échelles

Impacts	Au niveau de l'exploitation et local	Bassin versant & paysage	National & mondial
Production	<ul style="list-style-type: none"> - Plus grande diversification des cultures. - Augmentation des rendements combinés (arbres, cultures agricoles et élevage). - Fourniture et disponibilités des produits sur l'année. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction des risques et des pertes de production. - Meilleur accès à l'eau potable. - Approvisionnement en bois combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la sécurité alimentaire et de la sécurité en eau.
Economiques	<ul style="list-style-type: none"> - Création de revenus. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction des dégâts sur l'infrastructure hors-site. - Création d'emplois. - Stimulation de la croissance économique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des moyens d'existence et du bien-être.
Ecologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la couverture du sol. - Réduction de l'érosion des sols (éolienne et hydrique). - Modifications favorables des conditions microclimatiques. - Amélioration de la fertilité des sols et de l'activité biologique. - Augmentation de la teneur en carbone organique et sa séquestration. - Amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau disponible. - Amélioration de la biodiversité et de la vie du sol. - Augmentation de la structure du sol. - Lutte biologique contre les ravageurs et les maladies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la dégradation et de la sédimentation des réservoirs. - Augmentation de la disponibilité de l'eau. - Amélioration de la qualité de l'eau. - Durabilité de l'écosystème. 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la résilience aux changements climatiques. - Amélioration de la biodiversité. - Arrêt et inversion de la spirale de dégradation des terres.
Socio-culturels	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration des connaissances sur la conservation et l'érosion. - Plus d'arbres à usage multiple, couvrant des besoins divers. - Réduction de la pression sur les forêts. - Renforcement des institutions communautaires et services sociaux. - Plus de valeur esthétique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la sensibilisation à la santé environnementale. - Réduction des conflits dus à la baisse des impacts négatifs hors-site. - Paysage attrayant. - Réduction de la déforestation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protection des ressources naturelles et nationales pour les générations futures (patrimoine).

3. Guide de l'Alley cropping ou cultures en couloir

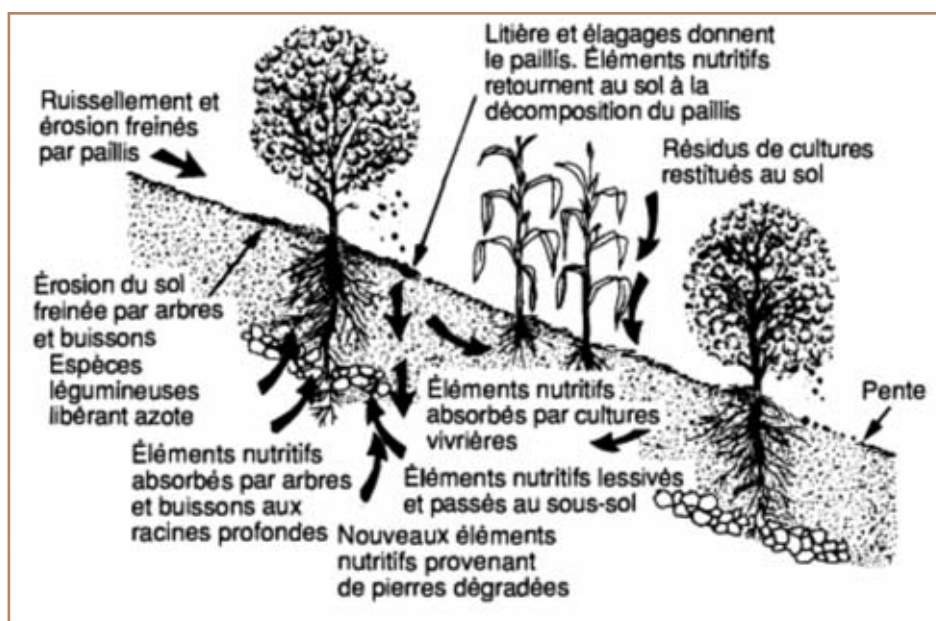
Définitions et terminologies

La culture en couloirs ou en allées est un système d'exploitation des terres où les cultures vivrières saisonnières sont cultivées dans les couloirs formés par des haies de végétaux. D'une manière générale, les légumineuses sont les espèces les plus indiquées pour les cultures en couloirs en raison de leur croissance rapide et de leur capacité de fixer l'azote atmosphérique. Ce système est aussi connu sous le nom de culture dérobée aux haies vives.

Les arbres sont utilisés comme une protection (brise-vent), mais surtout comme une source d'azote : il s'agit généralement de légumineuses fixatrices d'azote. Les produits de ces coupes (branches fines et feuilles) sont soit utilisés comme fourrage, soit épandus entre les lignes de cultures annuelles. Cette technique convient à diverses cultures annuelles.

Les plantes ligneuses sont plantées en lignes mais la distance entre les plantes est flexible. Elle est en général de 4-8 m et, à l'intérieur de la ligne, l'écartement est de 30 à 100 cm. Les arbres et arbustes doivent être taillés régulièrement pour prévenir l'effet de l'ombrage et améliorer la fertilité. Sur les terrains en pente, il faut planter les rangées le long des courbes de niveau, en travers de la pente. L'agriculture en couloirs est considérée un aménagement permettant la collecte de l'eau en amont des bassins versants (Figure 1).

Les haies peuvent être installées par le semis direct ou en plantant des boutures ou des petits plants. Il faut les protéger contre le broutement des animaux, le piétinement et des insectes nuisibles. Il faut traiter et entretenir les jeunes arbres comme des cultures et ils profiteront d'un sarclage, de l'application de fumier, etc.



La culture en couloirs

Les objectifs assignés à ce système de culture sont :

- Améliorer et conserver la fertilité des sols par l'enfouissement des feuilles comme engrais verts ;
- Protéger le sol contre l'érosion ;
- Réduire la dépendance vis-à-vis des engrais chimiques ;
- Production de bois de feu ;
- Production de fourrage.

Un tel système pourrait aussi encourager :

- L'extension de la production fourragère au niveau des exploitations agricoles des zones défavorables fragiles ;
- L'étalement de la production de la biomasse sur une large période de l'année ;
- La satisfaction en fourrage en périodes de soudure ;
- La réduction de la dépendance vis-à-vis du marché pour l'achat des aliments ;
- L'amélioration du bilan fourrager.

Choix d'essences

Les arbres ou arbustes potentiels doivent satisfaire différents critères :

- Facilité d'installation ;
- Croissance rapide, pour garantir une production élevée d'émondes ou de litière ;
- Une production intense de feuillage ;
- Un système racinaire qui s'étend plutôt en profondeur que latéralement ;
- Des légumineuses ou d'autres espèces en mesure de fixer d'azote ;
- Habilité à la taille (capacité de repousse) ;
- Usage multiple (fourrage, bois...) ;
- De la litière de feuilles qui se décompose vite afin de libérer des nutriments ou lentement afin de fournir un mulch plus persistant ;
- Adaptation à l'endroit (sol salin ou acide, inondation, vent, tolérance aux insectes nuisibles, etc.).

Avantages et exigences

La culture en couloirs est appropriée aux zones humides et subhumides. Dans les régions semi-arides, la production de biomasse est insuffisante pour améliorer la fertilité des sols. Dans ces milieux, l'objectif pourrait être la production de fourrage et de bois de feu.

Dans les régions arides et semi-arides, les arbustes fourragers sont dotés d'aptitudes remarquables de résistance et de tolérance aux contraintes du milieu. Les espèces d'arbustes les plus utilisées dans la végétation des parcours au Maroc incluent *Atriplex numularia*, *Acacia cyanophylla*, *Medicago arborera*. Ces espèces sont adaptées à une large gamme de sols et peuvent survivre dans des zones recevant moins de 150 à 450 mm de précipitations annuelles.

Cette technique permet de bénéficier de l'utilisation des sous-produits agricoles (grain et paille), de créer un microclimat qui aurait des effets bénéfiques sur la culture pratiquée et de disposer de fourrage vert durant la période de soudure. Cette technique est plutôt conseillée dans les zones où la complémentarité entre les productions animales et végétales est forte, et qui disposent de sols pauvres du point de vue qualité et structure.

Difficultés

La culture en couloir ne peut s'imposer comme système d'exploitation que si elle s'inscrit dans une démarche de développement durable et si elle participe pleinement à la viabilité économique de l'exploitation agricole.

- Concurrence pour l'eau. Les cultures en couloirs sont recommandées pour les zones en pente.
- Modification rigoureuse du système d'exploitation, qui demande un certain nombre d'années avant d'établir une « phase stabilisée » que l'agriculteur est à même de gérer de manière routinière.
 - . La mise en place d'un système alley cropping s'effectue sur le moyen ou le long terme.
 - . Il est ainsi plus difficile de revenir en arrière ou de changer les options initialement retenues.
- Le retour sur investissement peut être plus long que dans le cas de systèmes plus classiques, fondés sur des monocultures.
 - . Le système requiert un besoin important en main d'œuvre pour l'entretien des arbres.
 - . Le revenu tiré des arbres peut être insuffisant par rapport aux coûts de plantation et d'entretien.
 - . Il faut que l'agriculteur bénéficie d'avantages économiques directs et pas seulement d'une amélioration du sol.

Conclusion sur les techniques biologiques de gestion des sols

Au Maroc, la limitation des ressources en sols ainsi que la fragilité des écosystèmes imposent des stratégies de développement agricoles adaptées aux différents contextes économiques, sociaux, culturels et environnementaux.

Les trois techniques biologiques proposées dans ce guide, notamment le semis direct, l'agroforesterie et l'Alley cropping constituent des nouvelles pratiques capables d'assurer la durabilité des systèmes agricoles dans les zones vulnérables aux CC.

L'utilisation rationnelle de ces pratiques par les agriculteurs et leur intégration par les décideurs dans les nouveaux plans agricoles régionaux préconisés par le Ministère de l'Agriculture et Pêche Maritime (MAPM) permettra une amélioration de la productivité des terres agricoles ainsi que la conservation des ressources en sols souvent dégradées.

PARTIE 2 : **Les bonnes pratiques physiques de gestion conservatoire des eaux et des sols pour l'adaptation aux changements climatiques**

**Cette partie a été élaborée à partir de la compilation
des différents travaux de la FAO, de l'INRA,
de chercheurs nationaux (Dr. Zaher F. et Dr Sabir M.)
et internationaux (Dr. Roose E. et Dr. LeBissonais Y.)**

1. Guide sur les terrasses traditionnelles en gradins et sur murettes en pierres

Définition et terminologie

Elles se sont développées 2 000 ans avant J.-C., en Asie. Ces terrasses sont apparues là où la population est dense, les terres cultivables rares et le travail bon marché. Ce sont les aménagements les plus connus et les plus utilisés par les agriculteurs. Ce sont des constructions qui arrivent à casser la pente. Ces terrasses tirent leur nom de la forme qu'elles donnent au versant lorsque celui-ci est totalement aménagé. Les successions de terrasses prennent en effet la forme d'un escalier ou de gradins. Ces terrasses, accrochées au versant, doivent s'adapter à la pente de celui-ci : lorsque la pente augmente, les terrasses rétrécissent tandis que le mur (ou le talus) de soutènement prend de la hauteur.

Construction et entretien

Comme ces aménagements exigent un gros effort pour la construction des terrasses (700 à 1 200 jours-homme/ha), pour l'entretien des talus et la restauration de la fertilité des sols remués, il faut que la production soit rentable ou vitale. Ces améliorations foncières ne sont acceptées que là où les paysans n'ont plus d'autres choix pour subsister (pressions foncières, militaires, sociales ou économiques) ou pour produire des cultures particulièrement rentables.

Types de terrasses

Il existe plusieurs possibilités pour construire ce type de terrasses. Cela dépend de la profondeur du sol, de l'espace disponible et de la quantité de cailloux présents sur le terrain. On distingue, parmi ces terrasses, celles qui sont soutenues par un mur et celles qui sont soutenues par un talus.



Terrasses ou gradins méditerranéens construits au 14^{ème} siècle



Les terrasses en gradins soutenues par des murs

Avantages & inconvénients des terrasses traditionnelles en gradins et sur murettes en pierres

Avantages :

- Permettent de valoriser les terrains en pente ;
- Permettent de valoriser l'eau de pluie, lutter contre la sécheresse et réduire le risque d'érosion hydrique ;
- Ouvrages traditionnels permettant de conserver la fertilité des sols au profit de la population locale.

Inconvénients :

- Risque d'effondrement des ouvrages si l'entretien est absent ou mal réalisé ;
- Perte en superficie cultivable mais possibilité d'y planter des arbres ;
- La pente maintenue sur les terrasses doit être très faible.

2. Guide sur les billons

Définition et caractéristiques

Les billons sont des petits cordons en terre suivant souvent les courbes de niveau. Ils donnent une rugosité au sol, ce qui facilite l'infiltration et ralentit le ruissellement. En effet, ce type d'aménagement permet l'infiltration d'une quantité maximale d'eau et permet donc la culture de nombreuses espèces, notamment celles nécessitant un apport important en eau (la luzerne par exemple) qui sont cultivées dans les cuvettes. Les espèces les plus résistantes à la sécheresse (le maïs par exemple) sont semées sur les billons. Ils sont utilisés sur des pentes faibles et sont généralement construits avec une pente très légère (environ 3 %), ce qui permet l'écoulement d'une cuvette à l'autre. Leur hauteur est comprise entre 0,2 et 0,4 m et leur largeur à la base peut parfois atteindre 0,9 m.

Construction et entretien

La réalisation des billons se fait traditionnellement à la charrue ou à la main (utilisation de la houe) et peut aussi se faire de manière mécanique. Pour une réalisation à la main, il faut compter 10 à 15 jours-homme de travail d'ouvriers qualifiés, alors que pour une construction mécanisée, il suffira de 1 à 2 heures de travail par hectare suivant la pente.

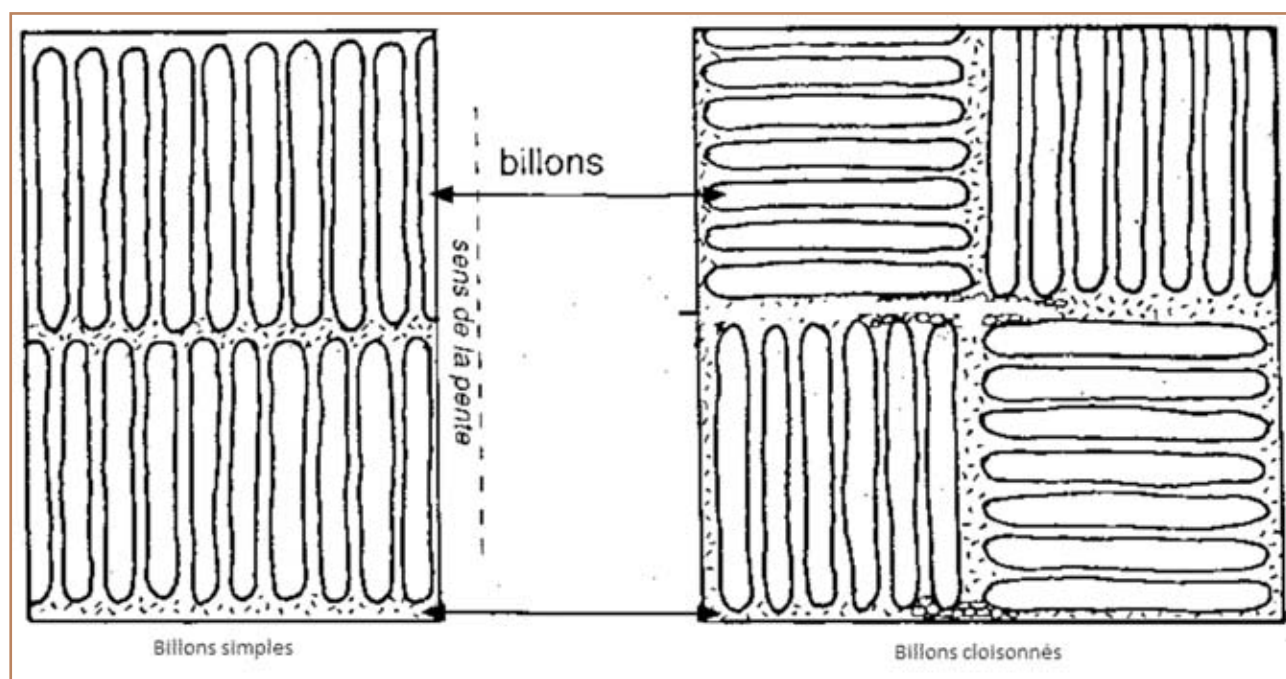
Pour leur entretien, les billons nécessitent un travail quasi-quotidien. En effet, étant composés uniquement du sol, les billons sont sensibles aux forts orages et aux crues (notamment dans le lit des oueds). Leur entretien consiste en la restructuration des billons les plus affaiblis.



Installation des cultures en billons

Types de billons

Il y a divers types de billons : des billons simples et des billons cloisonnés. Les billons cloisonnés sont des petites cuvettes de 2 à 10 m² entourées par des billons de terre. Les billons peuvent également être consolidés en pierres quand la parcelle se situe dans le lit d'un oued.



Les billons simples et les billons cloisonnés

Avantages & inconvénients des billons

Avantages :

- Améliorent le rendement des cultures ;
- Réduisent le ruissellement.

Inconvénients :

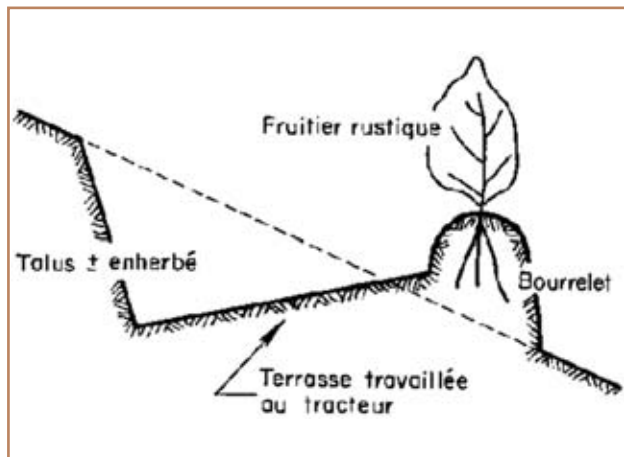
- Favorisent le ravinement si les billons sont mal réalisés ;
- Les billons sont vulnérables aux excès d'eau dus aux fortes averses ou crues.

3. Guide sur les banquettes

Définition et caractéristiques

Ce sont des levées de terre de faible hauteur (0,50 m) établies selon les courbes de niveau ; elles sont généralement plantées d'arbres permettant de valoriser les surfaces marginales, de fixer les ouvrages et d'améliorer l'infiltration. Elles sont utilisées en DRS (Défense et Restauration des sols).

Ce sont des petites terrasses horizontales, perpendiculaires à la ligne de la plus grande pente, dont le but est de remodeler une parcelle. Le talus à l'amont de la banquette dépasse rarement 1 mètre de haut. La largeur de la terrasse varie entre 0,5 et 2,5 mètres. S'il s'agit d'éléments de banquette, la longueur est comprise entre 4 et 10 mètres.



Coupe transversale d'une banquette associée à un fruitier



*Banquettes antiérosives au Maroc
(Source : vertigo.revues.org/9354)*

Construction et entretien

- Construire des petites terrasses horizontales, perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, dans le but de remodeler une parcelle.
- Ces ouvrages sont très souvent couplés avec la plantation d'arbres fruitiers (dominance de l'olivier, suivi du figuier, rosacées, grenadier, etc.).
- Cette technique s'applique sur les pentes faibles à moyennes (< 30 %) et sur des sols relativement profonds. Sur des pentes très fortes (60%), on les construit avec des espacements très courts (1 à 2 m). Le coût par mètre linéaire se situe généralement autour de 1 jour-homme, incluant la plantation d'un arbre fruitier (olivier, amandier, etc.).

Pour leur entretien, ces ouvrages doivent faire l'objet d'un suivi attentif et on doit veiller au maintien du bourrelet et du talus et s'occuper des arbres mis en place. De plus, un contrôle rigoureux est nécessaire après chaque averse.

4. Guide sur les terrasses

Définition et caractéristiques

Cette technique ancestrale consiste à modifier les versants à pente raide en une série de terrasses nivelées et irrigables à l'aval des sources ou des dérivations d'oueds. Les terrasses sont soutenues par des murs en pierres sèches d'une hauteur de 50 à 150 cm ; l'excès d'eau est conduit vers des ravins stabilisés.

On les trouve sur les versants et dans les fonds des vallées, entre les lits des oueds et le début des fortes pentes. La construction se fait sur les sols profonds afin d'éviter d'aller dans la roche mère. Il n'est pas recommandé de les construire sur les pentes faibles (10 %) du fait de leur coût prohibitif. Elles ont aussi pour but de créer une SAU supplémentaire utilisable pour les cultures vivrières qui sont souvent associées à des plantations d'arbres fruitiers.



Aménagement en terrasse d'un versant (région d'Azilal)

Types de terrasses

Deux types de terrasses sont à distinguer :

- Terrasses qui sont soutenues par des murs en pierres sèches, et
- Terrasses qui sont soutenues par le talus.

Terrasses soutenues par des murs en pierres sèches

CONCEPTION

- Cette technique s'applique aux pentes moyennes à fortes, où la charge caillouteuse est importante.
- Les murs sont alignés suivant les courbes de niveau et leur espacement augmente quand la pente diminue.
- Souvent, cette technique est couplée à un système d'irrigation.

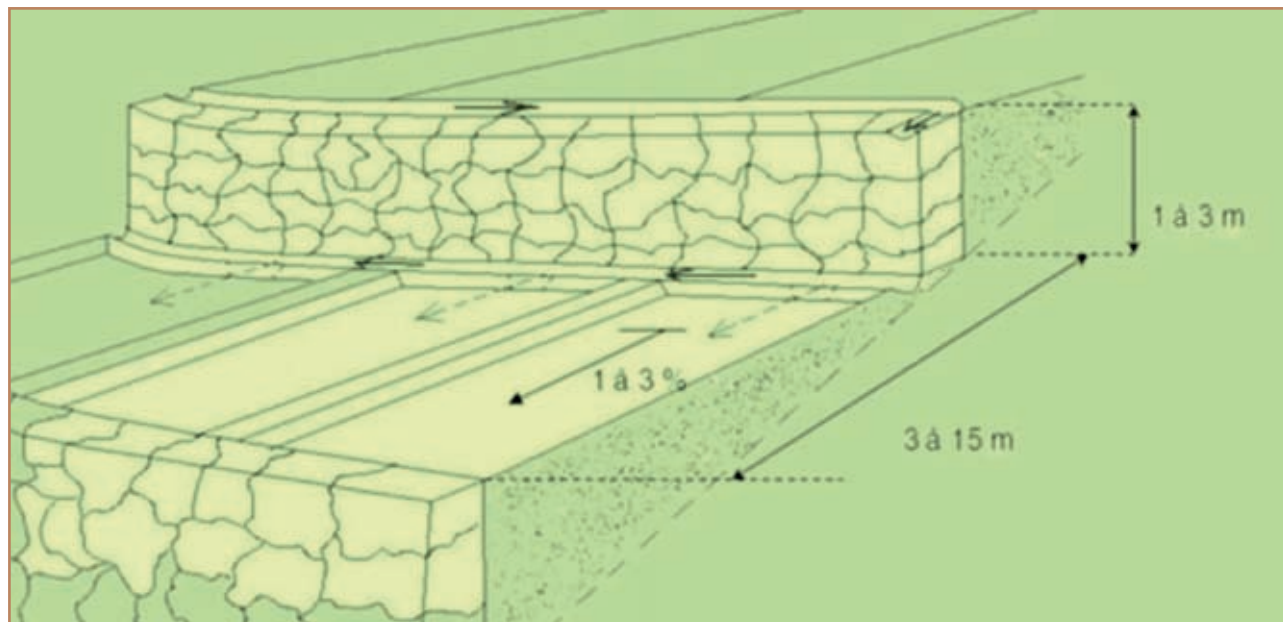


Schéma descriptif et photo d'une terrasse irriguée

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN

Il y a plusieurs manières d'aménager des terrasses selon les conditions de la zone considérée. La première méthode est de construire le mur et d'apporter le remblai et la terre, à l'aide de la traction animale, depuis les fonds de vallée. Cependant, si la profondeur du sol le permet, la pente peut être entaillée ; ceci permet de limiter les volumes de remblais et de disposer de terre.

La construction de ce type de terrasses, conçues pour les terrains à pentes fortes, dépend de la profondeur du sol, de l'espace disponible et la quantité de cailloux présents sur le terrain.

Selon les conditions de travail (disponibilité en pierres, difficultés du terrain) : un mur de 1,2 mètres de hauteur et d'une longueur moyenne de 3 m exige 1 homme-jour.

Pour l'entretien de ces terrasses lors des premières années, il faut porter une attention particulière aux points sensibles de la construction comme le sommet et les extérieurs. Après de fortes précipitations, il faut aussi surveiller les décrochements ou les éboulements provoqués par ruissellement.

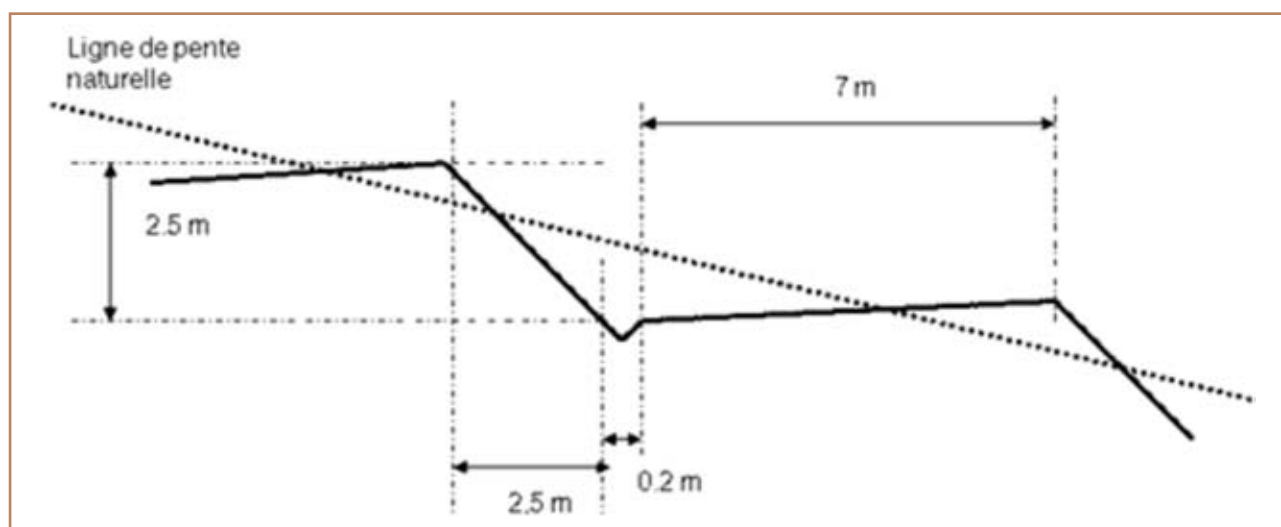


Terrasses construites sur berge et consolidées par des murs en pierres sèches

Terrasses soutenues par des talus

CONCEPTION

- Les terrasses sont confectionnées selon les courbes de niveau ;
- Les talus ont généralement une hauteur comprise entre 1 et 2,5 m suivant la pente du versant ;
- Les talus peuvent être laissés à nu sur les sols peu érodés et peu pentus ;
- Les talus sont plantés d'herbacées ou d'arbres fruitiers sur les versants pentus et sensibles à l'érosion.



Coupe transversale schématique des terrasses avec talus

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN

- La construction se fait sur des sols profonds afin d'éviter d'atteindre la roche-mère lors du terrassement ;
- Il n'est pas recommandé de les construire sur des pentes inférieures à 12 % en raison de leur coût prohibitif ;
- Sur des pentes > à 30 %, la surface cultivable perdue devient trop importante pour rentabiliser cette technique ;
- Le coût est assez important : pour réaliser entre 4 et 6 mètres de talus, il faut 1 homme-jour.

L'entretien de ces talus requiert en général peu de suivi, surtout s'ils sont plantés en herbe ou en arbres. Cependant, il est nécessaire d'entretenir le sillon au pied du talus, afin de permettre le drainage et l'évacuation des eaux excédentaires pendant les orages.

De plus, les paysans doivent laisser une marge d'au moins 50 centimètres entre le bord du talus et le dernier labour. Il faut aussi entretenir les billons ou billons cloisonnés si la parcelle en est pourvue.

Avantages & inconvénients des terrasses

Avantages des terrasses :

- Permettent de valoriser les terrains en pente ;
- Bonne infiltration et maintien des sols fertiles (terres arables) ;
- Ouvrages massifs résistants aux orages si le labour est bien réalisé ;
- Entretien peu important et faible nécessité de matériaux de construction.

Inconvénients des terrasses :

- Technique qui demande beaucoup d'investissement pour sa mise en place ;
- Perte en superficie cultivable mais possibilité d'y planter des arbres ;
- Doivent suivre les courbes de niveau ;
- La pente maintenue sur les terrasses doit être très faible ;
- Risque d'effondrement du talus si le labourage est mal réalisé ;
- Seules les pentes comprises entre 12 et 30 % assurent une rentabilité à l'ouvrage.



Vue sur des terrasses soutenues par des talus dans le Sud du Maroc

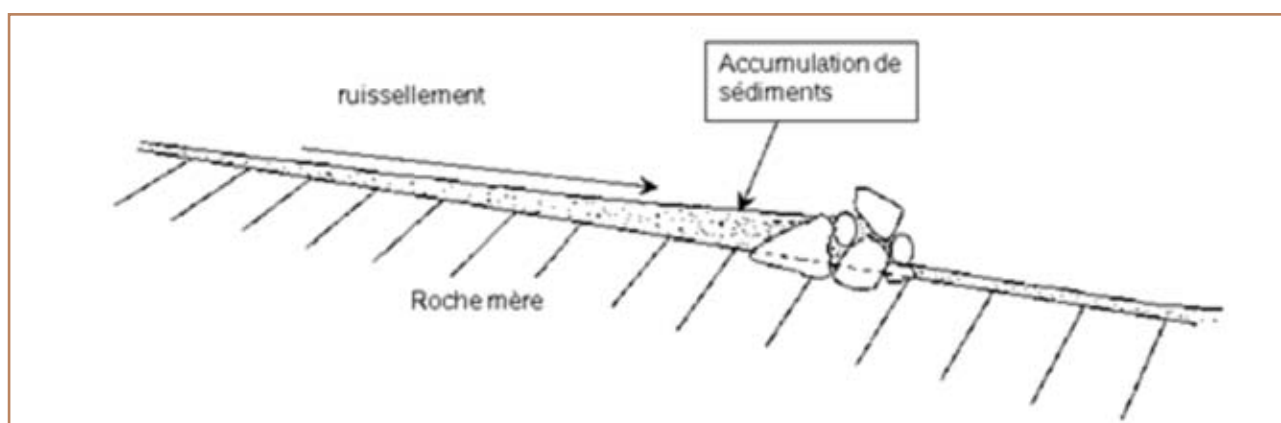
5. Guide sur les cordons de pierres

Définition et caractéristiques

Il s'agit de deux à trois niveaux de pierres rangées en courbes de niveau de façon à se renforcer l'une l'autre. Ces cordons de pierres ralentissent le ruissellement, l'étalent en nappes de telle sorte qu'il s'infilte en moins d'une heure, provoquant ainsi la sédimentation successive des sables, des agrégats puis des particules fines humifères, lesquelles vont former une croûte de sédimentation. Seul l'excédent des eaux passe au-dessus du premier niveau de pierres.

Conception

- Cette technique consiste à épierrer la parcelle et à regrouper les pierres de façon à obtenir une petite rangée (2 à 3 niveaux) alignée suivant les courbes de niveau.
- Les grès et les calcaires conviennent bien à ce type de construction.
- Les dimensions :
 - Base : variant entre 0,4 et 0,8 m,
 - Hauteur : 0,3 à 1 m,
 - Longueur : les plus longs peuvent dépasser 40 m.
- La construction d'une telle structure est progressive.
- Lorsque la terre est au sommet du cordon, le propriétaire l'élève à nouveau.



Évolution d'un cordon pierreux



Cordons de pierres

Construction et entretien

- Cette technique est favorisée par les versants pierreux, où la disponibilité et la proximité en matière première rendent son transport facile.
- Ils sont applicables sur des pentes assez moyennes et faibles (< 30 %), où les effets modérés de l'érosion garantissent la pérennité du système.
- Le rendement journalier est d'environ 16 mètres/homme, pour un cordon d'une hauteur de 0,7 m.

Pour les travaux d'entretien, ils dépendent du climat. En effet, les alignements pierreux sont sensibles aux forts épisodes orageux qui peuvent les déstructurer et provoquer leur effondrement.

Avantages & inconvénients des cordons

Avantages :

- Valorisation des produits de l'épierrage ;
- Maintien de la SAU et préservation de la productivité ;
- Facilité de mise en place ;
- Diminution du ruissellement et amélioration de l'infiltration ;
- Construction souple et progressive ;
- Technique ancestrale, largement répandue et intégrable par les populations locales ;
- Consolidation biologique naturelle.

Inconvénients :

- Infiltration insuffisante lorsqu'une pente est maintenue ;
- Doit suivre les courbes de niveau ;
- Doit couvrir la totalité de la pente ;
- Besoin de beaucoup de pierres à proximité pour étendre l'aménagement ;
- Construction sensible dans les zones orageuses.

6. Guide sur les murettes de pierres sèches

Définition et caractéristiques

Il s'agit d'un mur construit soigneusement en empilant des pierres plates calées par de petits fragments de roche. On en trouve fréquemment dans les massifs montagneux gréseux. Pour construire un muret de pierres sèches, il faut d'abord creuser une tranchée en courbe de niveau jusqu'à un horizon cohérent et mettre en place, au fond et sur la paroi de la tranchée, un filtre drainant constitué d'une couche de sable et de gravier.

Conception

- Les murettes sont des structures plus stables que les cordons et donc plus adaptées aux pentes faibles et moyennes (5 - 30%).
- Elles demandent une conception et une construction plus élaborée que les cordons.
- Elles sont plus pérennes que les cordons.
- Elles sont souvent continues là où les pierres sont abondantes.
- Les écartements entre les murettes sont très variables et sont plus étroits pour les fortes pentes.
- La longueur des murettes peut concerner la largeur de tout le versant.
- Les pierres sont empilées soigneusement, mais sans ordre particulier : les grosses doivent être mélangées aux petites pour assurer une bonne stabilité.
- Les dimensions de la murette sont :
 - Base : 50 à 60 cm
 - Largeur supérieure : 40 à 50 cm.
 - Hauteur : 40 à 50 cm.

Construction

Une murette est compliquée à construire, étant donné que ce n'est pas un simple empilement de matériaux. Pour une murette de 1 m de hauteur, un homme réalisera à peu près 1 ou 2 m par jour.



Murettes pour l'aménagement des sols

Conclusion sur les techniques physiques de gestion des sols

L'utilisation durable des sols en tenant compte des effets récurrents du climat changeant qui provoque plus d'événements extrêmes (sécheresse ou inondation) doit être basée sur des aménagements physiques antiérosifs et les pratiques des sols adaptées, afin de sauvegarder les ressources disponibles, de mieux utiliser les eaux pluviales et de réhabiliter les terres dégradées.

L'éventail de ces techniques concerne la gestion de l'eau en milieu aride et la conservation des sols en milieu humide. L'utilisation de ces bonnes pratiques permet de maintenir la qualité des ressources en sols, s'adapter au changement climatique et renverser la spirale de la désertification. La réussite de la gestion durable des sols passe par le bon choix de la pratique adaptée aux conditions locales, en utilisant une approche participative auprès de la population bénéficiaire de ces aménagements physiques pour garantir leur entretien et leur pérennité dans le temps.



**Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

GIZ Bureau à Rabat
2, Avenue Tour Hassan
B.P. 433 - 10 000 Rabat
Tel : +212 (0)5 37 20 45 17
Fax : +212 (0)5 37 20 45 19
E-Mail : giz-maroc@giz.de
Website : www.giz.de/Marokko