

# Zones de cultures : amélioration des techniques culturales traditionnelles

*Éric ROOSE*

Bien qu'on manque au Maroc d'études fouillées quantifiant les effets des techniques traditionnelles de GCES sur le ruissellement, l'érosion et les rendements des cultures, on est amené à penser que beaucoup d'entre elles sont abandonnées non pas parce qu'elles ne sont plus efficaces, mais parce que l'environnement socio-économique de la société rurale a évolué et surtout parce qu'elles exigent beaucoup de travail d'entretien et ne sont pas suffisamment valorisées. Les jeunes ruraux quittent les champs car ils sont mieux payés en ville : par conséquent, il ne reste plus assez de main-d'œuvre adulte pour entretenir ces aménagements.

Dans cet ouvrage, il ne s'agit pas seulement de faire l'inventaire des techniques traditionnelles observées sur le terrain (chap. 6), mais de les situer dans l'environnement qui leur convient (chap. 7 et 12) et surtout de valoriser l'effort fourni, de choisir des techniques moins exigeantes en main-d'œuvre et en énergie, de rationaliser l'usage des eaux d'irrigation et des fertilisants, de privilégier des systèmes de production à haute valeur ajoutée, enfin de proposer des marchés pour valoriser les produits spécifiques de la montagne ainsi que des techniques phytosanitaires adaptées pour protéger les cultures contre les maladies et nuisibles divers.

## Amélioration de la gestion des eaux

En Afrique du Nord, la majorité des aménagements de GCES de montagne semi-aride ont été conçus comme un investissement foncier permettant l'intensification de la production par l'irrigation. En effet, même si les pluies suffisent en saison froide et pluvieuse, en saison chaude, l'eau provient du ruissellement des versants, d'une source ou de l'oued à travers une mare ou une citerne régulatrice et une séguia.

La séguia traditionnelle est un fossé en terre battue qui perd beaucoup d'eau par infiltration dans le fond, par débordement au passage des ravines et par évapotranspiration à ciel ouvert. Elle exige beaucoup d'entretien sur les zones d'éboulements des versants. Actuellement, pour économiser l'eau, on préconise donc de cimenter au moins les portions les plus fragiles sur les versants raides ou, mieux encore, on les remplace par des tuyaux souples permettant une irrigation sous pression par aspersion ou au goutte à goutte, beaucoup plus économique.

L'irrigation traditionnelle à la raie ou à la planche exige peu de matériel, mais beaucoup de main-d'œuvre : elle est peu précise sur la quantité d'eau infiltrée et son extension latérale. On la remplace souvent par l'irrigation au microgicleur sous basse pression, surtout si la parcelle n'est pas planée.

Le tour d'eau et la durée de l'irrigation sont définis par un conseil des sages en début de saison. La fréquence et la durée de l'irrigation dépendent du nombre d'ayants droit, de la surface à irriguer, de la demande des cultures et du climat. À Afkiren dans le Rif occidental, le tour d'eau est passé de 5 à 25 jours en 20 ans à mesure que la population du village a augmenté : l'eau a produit beaucoup de biomasse, mais assez peu de grains de maïs ! Le temps d'irrigation est resté de 6 heures, mais la fréquence du tour d'eau est trop réduite pour que la production de graines en profite ! Pour que cette eau soit utile à la production, il faut l'adapter aux besoins des plantes, qui peuvent résister à la sécheresse pendant 3 à 5 jours pour les cultures exigeantes en eau comme le maïs, 7 à 10 jours pour le sorgho, 10 à 12 jours pour les arbres fruitiers en fonction de la réserve en eau utile et de la profondeur du sol. Inutile de noyer le sol par des irrigations trop abondantes : le drainage risque d'entraîner les engrais très solubles comme l'azote et la potasse. L'évapotranspiration réelle des plantes varie de 1 mm par temps gris ou froid à plus de 10 mm par temps ensoleillé, fortes chaleurs et vents secs du désert.

L'aménagement de terrasses, cordons de pierres et autres obstacles à l'écoulement direct du ruissellement sur les versants doit permettre d'augmenter la densité des arbres : par exemple un olivier tous les 5 m le long des talus, même densité 5 m plus haut mais en quinconce, puis on écarte les lignes de plantation de 20 m pour permettre la croissance de cultures sarclées (céréales, légumineuses, fourrages) (ROOSE, 2002). L'installation de l'irrigation au goutte à goutte demande un peu d'investissement en matériel au départ (pression 1 bar, une citerne ou des fûts de 200 litres, des tuyaux en plastique, un gicleur par arbre et une eau de bonne qualité, sans suspension et pas trop chargée en calcaire sans

quoi les goutteurs se bouchent). C'est le moyen le plus économique en eau car il réduit l'évaporation et la concurrence des adventices, mais il faut pouvoir fournir de l'eau en continu. Le système combinant les cuvettes reliées par un tube plastique et un gicleur à débit réglable est plus rustique et moins fragile.

En zone semi-aride, le ruissellement capté le long des pistes, sur les toits ou sur des versants rocheux ou tassés permet de stocker dans le sol une réserve d'eau importante. Mais cette irrigation complémentaire a lieu durant l'averse sur un sol déjà gorgé d'eau par la pluie : l'efficacité de ce complément d'eau de surface localisé dépend de la capacité d'infiltration de la surface du sol (encroûtement de surface du sol), du volume de sol qui va pouvoir le stocker et de l'importance du réseau racinaire. Enfin, pour bien profiter de cet apport complémentaire très localisé, il faut adapter la densité de plantation : par exemple, planter des oliviers dans des cuvettes à la distance de 5 x 5 m près du talus ou du cordon de pierres alors que, plus haut dans le champ, l'écartement à 5 x 20 est nécessaire pour permettre au réseau racinaire de trouver assez d'eau pour produire du fruit.

Il faut aussi choisir le type de culture en fonction des besoins physiologiques des plantes, de leur résistance à la sécheresse et du volume d'eau stocké dans le sol : on plantera du maïs ou des pommiers dans le sol épais situé près du bourrelet ou du cordon pierreux, et des céréales moins exigeantes sur le restant du versant.

## Amélioration de la gestion de la biomasse : la fertilisation organique

La majorité des paysans sont trop pauvres pour acheter assez d'engrais minéraux pour intensifier la productivité de toutes leurs terres. Traditionnellement, pour maintenir la productivité des sols, ils ne disposent que de la biomasse produite sur leurs champs, sur les jachères, sur les bords des routes et les forêts que parcourent leurs troupeaux. La DRS et la CES ne sont d'aucun secours pour améliorer la fertilité des sols dégradés. Par contre, la GCES attache beaucoup d'importance à l'augmentation de la production de la biomasse et à la gestion judicieuse de toutes les matières organiques disponibles pour restituer rapidement au sol les nutriments indispensables à la production végétale (comme cela se passe sous forêt).

Dans la forêt méditerranéenne, 2 à 6 t/ha/an de litière sont restituées au sol chaque année. Dans les savanes ou les steppes, 1 à 3 t/ha/an de racines et de feuilles retournent au sol, à moins que le feu ou le bétail ne les détruisent. Après défrichage, brûlis de la végétation naturelle et mise en culture, le stock de matières organiques du sol diminue de 50 % en 5 à 10 ans en fonction du travail du sol et du mode de gestion des résidus organiques : enfouissement direct, paillage en surface, transformation en fumier ou compost.

## Sous culture

La biomasse disponible dans les champs cultivés n'est pas négligeable :

- la culture de céréales ou de tournesol peut laisser 1 à 4 t/ha de paille, mais celle-ci est plutôt utilisée pour nourrir le bétail ;
- les légumineuses (pois, pois chiches, lentilles, fèves, haricots, etc.) ne laissent au sol que peu de résidus (< 1 t/ha de racines et tiges), mais elles sont riches en N + P + Ca ;
- la canne à sucre peut laisser plus de 5 tonnes de feuilles et tiges ;
- les jachères courtes (quelques mois entre les cycles culturaux) et les adventices fournissent 0,5 à 2 t/ha de matière verte qui servent généralement au bétail ;
- les cultures fourragères (légumineuses et céréales mélangées) peuvent fournir de 15 à 30 t/ha/an de matière verte et laisser dans le sol 0,5 à 2 t/ha de racines.

## L'agroforesterie

Cette combinaison peut aussi augmenter très nettement la production de biomasse des champs cultivés. Traditionnellement, lors du défrichement des terres, certains arbres utiles sont préservés : par exemple des frênes fourragers, des olivettes qui seront greffées, des chênes verts fourragers, des palmiers et divers fruitiers ou arbres dont on tire des médicaments. Il est préconisé de planter des oliviers tous les 5 m sur la ligne et 20 m entre lignes pour produire du bois (de chauffe ou d'artisanat), des brindilles fourragères pour nourrir les caprins et des feuilles en quantité suffisante pour maintenir le stock de carbone du champ cultivé à 80 % de celui de la forêt primitive de chêne-liège (SABIR et ROOSE, 2004). Les haies vives de *Leucaena*, *Cassia*, *Mimosa* ou *Acacia* destinées à cloisonner les propriétés et protéger les jardins du bétail sont aussi susceptibles de fixer l'azote de l'air, remonter des nutriments perdus dans les eaux de drainage profond et de les disperser avec leurs feuilles (ou les fèces des animaux qui les broutent). Cependant, ces haies vives ou les arbres plantés ou laissés dans les champs peuvent créer des problèmes de compétition avec la culture pour la lumière, l'eau et les nutriments (MINAE *et al.*, 1998) : il faut prévoir les outils adaptés à leur taille régulière – au début de chaque culture et 2 à 4 fois l'an – et valoriser les jeunes rameaux comme fourrage ou comme paillage des parcelles mal couvertes. En Afrique, on manque encore d'expérience pour limiter cette compétition par le choix des espèces associées, par l'orientation des haies et par la taille des branches et des racines (labour profond ou passage d'un coutre à 50 cm des jeunes arbres).

## Le brûlis

Ce mode de gestion de la biomasse peut modifier considérablement la fertilité du sol mais aussi présenter des inconvénients.

Le brûlis est un système traditionnel de préparation des terres très répandu en Afrique pour améliorer la valeur des pâturages ou détruire la biomasse avant la mise en culture. Le feu provoque une minéralisation immédiate des nutriments

insérés dans la biomasse, augmente le pH de 1 à 2 unités (ce qui peut s'avérer indispensable sur les sols très acides à toxicité aluminique), mais gaspille le carbone et l'azote, rejetés brutalement à plus de 90 % dans l'atmosphère (gaz à effet de serre, donc double perte). À faible fréquence, le feu peut être utile pour réduire les pestes végétales et animales, mais, trop souvent répété, il entraîne l'appauvrissement du sol mal protégé contre l'énergie des pluies et réduit la biodiversité, en particulier le nombre de jeunes arbres (ROOSE, 1978). Les forestiers ont beaucoup insisté sur le rôle négatif du feu dans la dégradation de la couverture végétale et du sol, dans la destruction des litières et sur l'érosion des cendres et poussières après les feux de brousse. Mais récemment, des chercheurs ont découvert que le feu est probablement un facteur indispensable à l'évolution et la restauration des écosystèmes forestiers méditerranéens.

En Asie et en Afrique, le feu est une stratégie complexe permettant de transformer le milieu naturel en systèmes agropastoraux plus utiles (LEVANG, 1984). Sans les feux, une bonne partie des savanes africaines serait actuellement sous forêt sèche, sans herbe pour nourrir le bétail. Le brûlis est souvent le seul moyen à disposition des paysans pauvres pour défricher la forêt, réduire la pression des nuisibles, améliorer le phosphore assimilable, les cations, le pH et réduire la toxicité aluminique des sols très acides (JURION et HENRY, 1967 ; MOREAU, 1993 ; ROOSE et BARTHÈS, 2001). Sur les hautes terres de Madagascar, le feu sur les collines favorise le transfert du ruissellement et des cendres vers les plaines rizicoles, ce qui permet de planter le riz beaucoup plus tôt et de régénérer la qualité des herbes pour le bétail. Les stratégies utilisant le feu pour régénérer la fertilité des sols mériteraient d'être étudiées en tenant compte des situations locales de valorisation des terres. Mais, généralement, le feu doit être limité pour préserver la biomasse apte à nourrir l'humus du sol.

Par ailleurs, les cendres des foyers familiaux, incorporées dans le compost, seront une source appréciable de phosphore, de potassium et de bases pour les cultures.

## **L'élevage et la fumure organique**

Cette association est utilisée intensément quand la pression démographique est élevée sur les terres.

### *Le fumier*

Le troupeau sert de caisse d'épargne à toute la société rurale. Il produit le lait et la viande ainsi que le fumier. Au Maroc et en montagne méditerranéenne, on accorde peu de soin à la production d'un fumier de qualité : la litière et les déchets de l'exploitation sont généralement entassés près de l'étable, au bord d'un ravin ensoleillé. Comme ces fèces n'ont pas fermenté suffisamment tout en perdant 70 % de leur humidité, ce fumier est moins lourd à déplacer vers les champs de case ou de proximité, mais il aura aussi perdu une bonne partie de l'azote, du carbone et de la potasse. De plus, il véhicule des maladies, des graines d'adventices, des germes contaminant le sol. Les fumiers de bonne qualité sont rares en Afrique, mais leur influence favorable sur les rendements, leur restitution progressive

des nutriments, leur effet positif sur le pH et les autres caractéristiques physiques du sol sont bien connues (FAO, 1975 ; SHAXSON, 1999). Cependant, 40 à 60 % du carbone et des nutriments des végétaux pâturés sont piégés par les animaux (dans la viande et les os) ou évacués dans l'air sous forme gazeuse ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) et ne retournent donc pas dans le sol. En outre, la biomasse disponible pour fabriquer le fumier ne fournit que 10 à 30 % de la fumure organique qu'il serait nécessaire d'épandre pour maintenir le taux de carbone du sol.

Le transport du fumier de la ferme aux champs pose de gros problèmes car il s'agit de quantités importantes (1 à 20 t/ha) à déplacer sur des terrains de montagne en forte pente où le réseau routier n'est pas très dense. Le transport sur les sentiers muletiers restreint forcément l'usage de la fumure organique aux champs voisins des étables et aux petites parcelles maraîchères irriguées exploitées le plus intensément. Pour contourner ce problème, les paysans ont développé des « contrats de fumure » qui permettent aux éleveurs (nomades) d'installer leur famille et leur troupeau sur les champs après la récolte et de faire pâturer les résidus de culture (fanés et adventices) : en contrepartie, les éleveurs s'engagent à garder les troupeaux de nuit sur les champs à fumer. Selon les conditions de marché et les coutumes, soit l'éleveur paye une petite somme d'argent en fonction du nombre de bêtes et de l'abondance de la biomasse disponible, soit c'est l'agriculteur qui offre des pains de sucre ou de sel à l'éleveur pour obtenir que son troupeau reste assez longtemps de nuit pour fumer sa terre épuisée. L'intérêt de cette tradition, c'est que les animaux rapportent sur le champ cultivé les résidus de la biomasse collectée ailleurs sur des terres incultes, bords des chemins, forêts et autres parcours. C'est le bétail lui-même qui assure le transport et la concentration de la biomasse sous une forme enrichie en nutriments. Il reste à l'agriculteur à enfouir ces résidus organiques déjà bien enrichis en azote et faciles à décomposer.

### *Le compost*

Le compost est « le fumier du pauvre » qui n'a pas de bétail (FAO, 1980 et 1988). Certaines populations des montagnes maghrébines ajoutent les résidus de la maison (balayures, épiluchures, vêtements) sur le tas de fumier, mais il est très rare d'observer une vraie fosse compostière remplie des résidus de récolte, des cendres et d'autres déchets organiques. Avec les pluies abondantes en hiver (période froide), les nutriments solubles risquent d'être lessivés. Avec la sécheresse en été (trop chaud), la fermentation se fait difficilement si l'on n'apporte pas un complément d'eau déjà si rare à cette époque. Le taux de carbone des pailles est équivalent à près de 60 fois celui de l'azote tandis que celui de l'humus du sol est de l'ordre de 12. Pour faire un bon compost ( $\text{C/N} = 20$ ), les microbes vont donc devoir consommer toute la biomasse déposée dans la compostière en émettant les 2/3 transformés en gaz à effets de serre (émission de  $\text{CO}_2$ ). On peut améliorer ce mauvais rendement en ajoutant au compost de l'azote (apport des fanés de légumineuse, de purin, des fèces ou de l'urée). De plus, il faut arroser et aérer la masse végétale pour favoriser une bonne fermentation aérobie : il est bon de laisser quelques animaux sur le tas de compost pour le remuer et l'humecter, l'enrichir

de leurs urines. Alors que le fumier est un sous-produit naturel de l'élevage, qui peut être vendu dans les zones de maraîchage, le compost perd autant de C, N et bases que le fumier, mais il ne produit évidemment pas de viande tout en exigeant beaucoup de travail : double transport, collecte d'un gros volume de végétaux qu'il faut fragmenter (< 5 cm), aérer et humecter, enrichir en azote, phosphates, cendres, argile et fèces. Finalement, après 6 à 20 mois de fermentation aérobie, il ne donne qu'un produit peu abondant (< 30 % de la biomasse initiale) et souvent médiocre (gazéification du C et N, lixiviation des bases et azote), riche en graines d'adventices si la fermentation n'a pas été assez chaude (> 70 °C).

Certes, l'apport de quelques tonnes de fumier ou de compost par hectare ralentit l'appauvrissement des terres cultivées, mais il est très difficile d'en produire suffisamment et de compenser les exportations de nutriments par les récoltes (grains et pailles) : un complément d'engrais minéraux reste nécessaire si on souhaite intensifier la production.

### *Possibilité d'amélioration des composts*

Pour obtenir un compost de qualité, il faut le faire mûrir dans une ambiance forestière, dans une fosse à l'abri du vent, du soleil et des pluies excessives entre deux haies d'arbres fruitiers/fourragers. Pour augmenter la quantité (jusqu'à 10 t par petite ferme) et la qualité du compost, on recommande de creuser deux fosses près de l'étable à l'abri d'un bouquet d'arbres (fruitiers) et d'y accumuler tous les résidus du foyer familial, la litière des animaux, les résidus de culture, le purin et les eaux usées (riches en azote et potasse). Chaque année, lors de l'évacuation du compost bien décomposé vers les champs, on déplace les déchets trop frais dans la deuxième fosse. On y mélange tous les résidus organiques (sauf les plastiques) issus de l'étable et du foyer familial. Même les déjections humaines peuvent être recyclées avantageusement, soit dans le compost, soit dans des fosses qui, à moitié pleines, seront rebouchées de terre de surface et plantées d'arbres fruitiers pour éviter tout risque de contamination (méthode traditionnelle dans les hautes terres du Rwanda). Rappelons qu'en Chine et en Inde, les déjections humaines sont récoltées précieusement et mises en valeur pour produire du biogaz et fertiliser les cultures (FAO, 1988).

### **Les jachères**

La jachère longue traditionnelle est très efficace pour restaurer les propriétés chimiques, physiques et biologiques de la couche humifère du sol (GREENLAND et NYE, 1959 ; FLORET et SERPANTIÉ, 1991), mais généralement la pression démographique empêche d'attendre 10 à 50 ans entre deux cycles culturaux. L'extension des terres cultivées est dorénavant difficile en de nombreuses régions d'Afrique où moins de 30 % des terres sont cultivables.

Trois solutions semblent techniquement possibles pour améliorer l'efficacité des jachères : la jachère arborée (buissons de légumineuses) combinée avec les cultures intercalaires (HARMAND, 1998) ; des jachères courtes de mauvaises herbes naturelles gérées avec des herbicides pour produire un mulch indispensable

pour le système de semis direct. Enfin des jachères courtes de légumineuses qui sont au stade d'extension en Amérique latine et au stade expérimental en Afrique (AZONTONDE, 1993 ; SANCHEZ, 1998). Au Maghreb, les jachères sont broutées par les troupeaux et durent rarement plus de 2 à 5 ans, trop peu pour restaurer complètement les propriétés physiques du sol dégradé. Les jachères de légumineuses sont rares et remplacées par des cultures fourragères mixtes (trèfle ou luzerne plus orge ou avoine).

## Amélioration de la gestion des nutriments minéraux

Nous avons déjà abordé la gestion des nutriments dans le paragraphe précédent car la minéralisation des litières et racines contribue dans une large mesure à l'entretien et à la restauration de la fertilité chimique des sols (ex. : forêt, jachère, fumier, compost, enfouissement des résidus de culture et adventices). Mais le cycle des nutriments reste à compléter pour trois raisons :

1. on ne dispose jamais d'assez de biomasse à enfouir (10 à 30 % des besoins), surtout en zone semi-aride où elle est consommée par le bétail ;
2. si la roche mère est carencée en certains éléments (le phosphore et divers oligoéléments par exemple), le sol et la biomasse le seront aussi ;
3. même si les minéraux sont présents dans le sol, ils ne le sont pas toujours sous une forme chimique utilisable par les plantes ou assimilables à une vitesse suffisante par rapport aux besoins instantanés des plantes. Même si on craint les inconvénients des engrais chimiques (acidification du sol, dégradation de la structure, pollution des nappes par les eaux de drainage en cas de mauvaise utilisation), il faudra donc se résoudre à injecter dans le cycle des nutriments des compléments minéraux et des oligo-éléments assimilables par les plantes pour optimiser la productivité de l'eau, des sols et du travail.

Ces compléments minéraux devront être fractionnés durant la saison culturale en fonction des besoins physiologiques des plantes, de la solubilisation des formes d'engrais et des risques de drainage ou d'érosion : par exemple, 1/3 de l'azote à la levée, 1/3 à la montaison des céréales et 1/3 à la floraison. C'est ainsi que le paysan ne décidera d'ajouter les engrais que s'il est à peu près certain d'avoir assez de pluie pour arriver au bout du cycle. En année sèche, on ne mettra pas beaucoup d'engrais azoté, sous peine de produire beaucoup de feuillage et de n'avoir plus assez d'eau à opposer à l'évapotranspiration au stade de remplissage des grains. Généralement, on répand à la volée les engrais de fond (peu sensibles au drainage ou à l'érosion car bien fixés aux argiles, à la MO ou au  $\text{CaCO}_3$  ou  $\text{R}_2\text{O}_3$ ) juste avant le labour : même s'il pleut beaucoup, les phosphates de calcium ou d'alumine ne seront pas emportés par le drainage.



En outre, ces dernières années a été mise au point la méthode de l'agriculture de précision, par laquelle, pour valoriser au mieux le peu d'engrais dont on dispose, on distribue tous les engrais dans la ligne de plantation, à proximité immédiate des racines des plantes cultivées après une grosse averse (sinon on brûlerait les racines). Cela réduit la concurrence des mauvaises herbes. On utilise aussi des engrais solubles dans l'eau d'irrigation ou en pulvérisation directe sur les feuilles : on raccourcit ainsi le temps de transit des engrais par le sol et les racines jusqu'aux feuilles, véritables usines de transformation et de fixation du CO<sub>2</sub> de l'air.

Comment estimer la dose optimale de complément d'engrais minéraux ?

En principe, en dressant le bilan d'une rotation sur plusieurs années :

$D$  (stock de chaque nutriment) = Apports (engrais, biomasse, fumier, pluies)  
- Pertes (exportation par les récoltes, l'érosion, le drainage, la gazéification)  
ou, en simplifiant : Apport d'engrais = Exportations + Pertes ± variations de stock du sol.

En pratique, on compare l'évolution de la production végétale et des stocks du sol agricole sur les parcelles suivantes :

- témoin (T) : culture sur champs non fertilisés ;
- fertilisation optimale (FO) en vue d'une production optimale en fonction du climat et du type de culture ;
- fertilisation vulgarisée (FV) : fertilisation raisonnable (0,5 FO) en fonction des coûts et des risques ;
- témoin + MO = culture après épandage de MO (10 t/ha de fumier, compost, résidus de culture) ;
- MO + FV : épandage de MO disponible et d'une dose raisonnée d'engrais.

En fonction de la pluviosité, on compare l'évolution des stocks du sol et les rendements en fonction des pluies utiles. Si on n'a pas les moyens de disposer de parcelles, on peut évaluer la dose optimale à rajouter aux MO en fonction de l'évolution des rendements et du stock de minéraux dans des pots de 2 litres de terre (méthode des vases de végétation de CHAMINADE, 1972).

En réalité, il n'est pas rentable de corriger les carences minérales du sol (ROOSE, 1967), car la plupart des sols tropicaux à argile kaolinitique retiennent mal les engrais qui sont facilement lessivés dans les eaux de drainage et de ruissellement. Par contre, il faut s'efforcer de nourrir au mieux les plantes cultivées en fonction de leurs besoins physiologiques, des risques de perte par drainage et érosion. Il faut donc adapter la fumure complémentaire minérale aux apports par les MO, aux besoins des plantes et à la pluviosité saisonnière :

- si les pluies sont précoces ou normales, on épand au sol les MO + engrais de fond (P) et la fumure de démarrage (0,3 N + 0,5 K) avant le labour. Si les pluies se maintiennent, on ajoute au deuxième sarclage (45<sup>e</sup> jour) 0,3 N + 0,5 K et finalement à la floraison (0,3 N-urée) ;
- si les pluies sont tardives et insuffisantes, on n'enfouit que les fumures de fond et de démarrage, tant que les pluies ou l'irrigation n'auront pas mouillé plus de 30 à 50 cm de sol.

## Amélioration du choix des cultures

Tant que les terrasses ne produiront que des céréales pour assurer la survie et l'autonomie des paysans de montagne, on ne pourra pas valoriser le travail nécessaire pour leur mise en place et leur entretien : on ne peut rivaliser avec les cultures qui en plaine peuvent produire cinq à dix fois plus. Pour valoriser ces améliorations foncières, il faut choisir des cultures adaptées aux microclimats de montagne, aux besoins des marchés régionaux, aux talents et à la disponibilité de la main-d'œuvre locale.

Par ailleurs, l'apport d'eau et de nutriments permet la croissance accélérée d'un nombre plus élevé de plantes si l'ensoleillement est suffisant (ce qui n'est pas toujours le cas en montagne où l'on observe beaucoup de brumes). On peut donc envisager des cultures intercalaires d'arbustes fruitiers (oliviers, amandiers mais aussi pommiers, poiriers, cerisiers, noyers) et de légumes qui couvrent le sol à des hauteurs et des époques différentes (légumes secs, oignons, artichauts, choux, etc.) et dont la production se vend beaucoup plus cher que le blé. Lorsque les arbres sont grands, on peut les tailler ou planter un sous-étage de trèfles ou de luzernes fourragères qui tolèrent plus l'ombrage de la canopée. De plus, la combinaison de produits animaux (lait, fromages, viande fumée) et de fruits qui préfèrent les conditions des montagnes à celle des plaines (pommiers, cerisiers, pruniers, noyers et autres fruits de montagne) devrait permettre de rentabiliser les exploitations et de préserver ce fantastique patrimoine que constituent ces paysages de terrasses et murettes de pierres.

Le développement de produits de haute qualité transformés localement devrait donner lieu à la reconnaissance de crus et certifications de qualité (AOC), mieux rémunérés.

## L'arboriculture fruitière en montagne

(P.-E. Lauri)

L'arbre fruitier fait partie intégrante du paysage des montagnes marocaines, où il est souvent cultivé en terrasse. Associé à des cultures intercalaires plus basses occupant l'inter-rang, il permet d'optimiser l'occupation de l'espace et contribue alors à la mise au point de systèmes de productions pluri-espèces susceptibles de générer des revenus agricoles substantiels. Par ailleurs, les fortes différences de températures jour-nuit et la qualité du rayonnement lumineux propre aux zones de montagne sont des facteurs positifs pour l'élaboration de fruits de qualité. Nous précisons tout d'abord quelques éléments généraux de la gestion du verger fruitier en zone de montagne. Puis nous détaillerons les exemples de 4 espèces : pommier, cerisier, noyer et olivier.

## Éléments généraux sur la gestion d'un verger en zone de montagne

### *L'entretien de l'inter-rang*

La plantation d'arbres vigoureux avec un espacement supérieur à 5 m entre les rangs permet aussi la culture de légumes ou d'autres plantes annuelles qui apporteront un complément de revenus avant la récolte des fruits. Le choix d'un inter-rang planté ne devra se faire qu'à partir de la deuxième année afin de ne pas pénaliser la croissance des jeunes arbres. Par ailleurs, le choix de ces plantes annuelles pourra inclure des plantes légumineuses qui enrichissent le sol en azote, mais devra tenir compte de l'ombrage de l'inter-rang progressivement plus important à mesure que le verger vieillit.

### *L'irrigation*

Le besoin en eau de l'arbre peut être estimé visuellement (ex. flétrissement des feuilles). Cette méthode ne permet toutefois pas d'anticiper la réserve en eau du sol. On utilise pour cela le suivi tensiométrique qui donne la disponibilité en eau dans le sol (sondes de type Watermark™). Celle-ci est optimale pour des valeurs comprises entre -7 et -12 cbars. En dessous de -50 cbars, l'arbre marque un déficit important en eau (flétrissement marqué des feuilles). On dispose en général les sondes à 25 et 50 cm de profondeur afin de couvrir les horizons où se trouve le plus grand volume racinaire. Une méthode d'utilisation plus récente en verger est la chambre à pression qui détermine finement l'état hydrique d'un organe végétal, feuille ou tige. Ces méthodes permettent un pilotage de l'apport d'eau. Celui-ci peut se faire par goutte-à-goutte. Ce système est idéal pour une bonne économie de l'eau, mais demande un investissement important en matériel et ne convient pas en cas de plantations d'annuelles dans l'inter-rang, car il concentre l'apport d'eau uniquement sur la sphère racinaire de l'arbre. Une méthode plus classique et moins coûteuse consiste à irriguer par aspersion sous frondaison.

### *La fertilisation*

Celle-ci est bien entendu dépendante de la fertilité naturelle du sol et du tonnage récolté. Une bonne fertilisation ne peut donc se faire que basée sur une analyse pédologique préalable. Le tableau 3 donne à titre indicatif les besoins pour un verger de pommiers ayant un rendement de 60 t/ha. La règle générale veut que les apports de phosphore et de potassium soient égaux respectivement à 0,6 et 1,25 fois celui de l'azote.

Tableau 3  
Les besoins du pommier en NKP

	Pré-débourrement	Fin avril	Fin mai	Total annuel
N	20	30	30	80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		25	25	50
K <sub>2</sub> O		50	50	100

Source : d'après communication personnelle de Xavier Crété (CEHM, France)

### *Gestion raisonnée des maladies et des insectes nuisibles*

Celle-ci demande un contrôle régulier, par l'observation des feuilles et des fruits, de l'état d'infection (par les maladies) et d'infestation (par les insectes) du verger. On privilégiera les méthodes préventives et, en cas d'attaques déclarées, les méthodes de lutte biologique et biotechnique.

Les méthodes préventives consistent à enlever systématiquement les fruits tombés à terre (ex. : foyers de carpocapse, *Cydia pomonella*, pour le pommier et le noyer) ou les organes végétaux (feuilles et bois morts), foyers potentiels de maladies bactériennes (ex. : feu bactérien, *Erwinia amylovora*, pour le pommier). On veillera également à protéger les plaies de taille, par lesquelles peuvent pénétrer des bactéries (ex. : chancre bactérien, *Pseudomonas syringae*, pour le cerisier). Les traitements préventifs classiques et aisément accessibles sont les épandages de cuivre à l'automne, sous forme de bouillie bordelaise par exemple, essentiellement efficaces contre les bactéries (bactériostatiques).

Les méthodes curatives biologiques utilisent les ennemis naturels des bio-agresseurs appelés aussi auxiliaires, ou tout autre moyen non chimique.

L'importance relative des bio-agresseurs varie selon la zone géographique considérée, son climat et son altitude. Il y a donc lieu d'adapter les recommandations trouvées dans la littérature au contexte de l'Atlas marocain.

## **Le pommier**

### *Biologie du pommier et implications agronomiques*

Le pommier appartient à la famille des Rosacées, genre *Malus*. Ce genre comprend environ 25 espèces originaires d'Asie et d'Europe. Le nom latin est *Malus domestica*.

Les fleurs du pommier sont regroupées en inflorescences. Elles contiennent des organes mâles et femelles. Toutefois, l'espèce nécessite le plus souvent une fécondation croisée pour produire un fruit. On veillera donc à mélanger des variétés différentes dans une même parcelle ou à disposer des arbres pollinisateurs (ex. : *Malus floribonda*) en s'assurant de l'inter-fertilité entre variétés et pollinisateurs. La proportion d'arbres pollinisateurs dans le verger varie entre 5 et 10 %. L'espèce étant entomophile (pollinisation par des insectes, abeilles notamment), il est également nécessaire de vérifier la présence de ces insectes et de favoriser leur bonne circulation dans le verger.

On a montré, à partir des années 1950 à l'Inra de Bordeaux, que les variétés de pommier exprimaient une large variabilité de forme d'arbres et de comportement fruitier. Quatre types d'architecture d'arbre ont été décrits. Le type I comprend les variétés de type colonnaire, caractérisées par un tronc érigé et quelques rares branches charpentières portant des rameaux à fruits courts et nombreux (*spurs* en anglais ; 1 à 2 cm de croissance par an). On parle de variétés à fructification latérale. À l'opposé du type I, les variétés du type IV sont caractérisées par un port retombant et une fructification terminale : les fruits sont en majorité portés à l'extrémité de rameaux de longueur moyenne (10 à

30 cm). Les variétés commerciales appartiennent généralement aux types intermédiaires : II (ex. : Reine des Reinettes, Starkrimson ; Oregon Spur), III (ex. : Golden Delicious, Braeburn, Gala) et IV (ex. : Granny Smith, Rome Beauty, Red Winter). Ces architectures d'arbre sont liées à des comportements agronomiques contrastés : les variétés du type I alternent en production tandis que les variétés du type IV sont naturellement plus régulières. Les variétés des types II et III expriment des architectures d'arbre et des aptitudes à la régularité de production intermédiaires. La régularité de la fructification est corrélée avec la densité de ramification. En effet, les variétés de type I ont une forte densité de ramification latérale le long des branches principales ; ces ramifications restent courtes et ne permettent pas une organogenèse florale suffisante année après année. Les variétés de type IV sont caractérisées par une plus faible densité de ramification latérale qui résulte de 2 phénomènes : la latence des bourgeons (un bourgeon latent ne se développe qu'à la faveur d'une taille par exemple) et la mortalité des ramifications. Ce deuxième phénomène est appelé « extinction » et caractérise particulièrement les variétés de type IV.

On retiendra donc que, selon la variété, le comportement agronomique du pommier varie entre 2 grandes stratégies : des variétés avec des ramifications nombreuses et courtes et une tendance naturelle à l'alternance de production ou, à l'opposé, des variétés avec des ramifications peu nombreuses et plus longues. Ces dernières variétés ont un bon retour à fruit.

Ces caractères peuvent être modulés par différents facteurs dont le porte-greffe. Par exemple, les pommiers de type I et II ont en général une production plus régulière sur porte-greffe vigoureux stimulant la croissance que sur porte-greffe faible.

### *Conséquences pour le choix du matériel végétal et la conduite de l'arbre*

Ces caractéristiques biologiques de l'arbre indiquent trois règles générales pour optimiser la culture du pommier en zone de montagne.

*Règle 1 : le choix de la variété est primordial.*

Il est bien entendu conditionné, à la base, par les objectifs économiques liés aux circuits commerciaux envisagés (couleur et aspect du fruit, aptitude à la conservation). Il devra également privilégier les variétés naturellement rustiques c'est-à-dire intégrant au moins les deux caractéristiques suivantes : d'une part, la variété aura une résistance ou une tolérance naturelle aux principaux maladies (tavelure, *Venturia inaequalis* ; oïdium, *Podosphaera leucotricha*) et ravageurs (puceron cendré, *Dysaphis plantaginea*) du pommier, afin de réduire l'utilisation des pesticides ; d'autre part, la variété sera du type architectural III ou IV, afin d'offrir une plus grande facilité de conduite que les variétés de type I et II.

*Règle 2 : quelle que soit la variété, le choix du porte-greffe est fondamental.*

En effet, en verger haute densité (en moyenne 2 000 arbres/ha ; distances moyennes de plantation : 4 m x 1,25 m), le plus souvent en plaine ou en

coteaux, le porte-greffe usuel est du type M9 : Pajam® 1 et M9 NAKB ou, légèrement plus vigoureux, Pajam® 2 et M9 EMLA. Cette gamme de vigueur permet une entrée en production rapide mais demande un palissage (vertical ou en V) solide qui évite l'affaissement de l'arbre sous le poids des fruits et permet une meilleure résistance au vent. Ces porte-greffes sont peu adaptés à la culture en zone de montagne avec des sols généralement pauvres, des apports d'eau faibles et (ou) irréguliers et un palissage inexistant ou réduit à un piquet ne maintenant l'arbre que pendant les 2-3 premières années suivant la plantation.

Dans un contexte de pommier cultivé en montagne et en petites parcelles, le palissage des arbres est coûteux à mettre en place, ce qui rend nécessaire l'utilisation de porte-greffes vigoureux afin que l'arbre soit auto-portant. L'arbre est donc greffé sur Supporter® 4 PI 80, MM106 ou M7, ou peut même être planté sur ces propres racines. Ces arbres plus vigoureux demandent des distances de plantation plus importantes, en moyenne 5 m x 2 m. La densité de plantation est alors d'environ 1 000 arbres/ha. Dans tous les cas, le système racinaire puissant permet un ancrage de l'arbre plus profond exploitant un volume de sol important : l'alimentation en éléments nutritifs et en eau est donc plus efficace ce qui est intéressant en situation d'irrigation irrégulière et (ou) espacée. Par ailleurs, en comparaison avec les porte-greffes faibles, les systèmes racinaires vigoureux confèrent à l'arbre un développement végétatif plus rapide et plus volumineux, et un cumul de production par arbre plus élevé au bout de quelques années. Le rendement par hectare peut quant à lui être inférieur à un verger de haute densité. Un aspect négatif de l'utilisation du porte-greffe vigoureux reste le retard d'entrée en production. Il existe toutefois des interactions entre variété et porte-greffe et certaines variétés ont une entrée en production relativement rapide sur un système racinaire vigoureux.

*Règle 3 : le bon équilibre dans la conduite (taille, arcure) de l'arbre.*

On veillera à accélérer l'entrée en production de l'arbre jeune puis à maintenir un bon équilibre entre croissance végétative et fructification. Les tailles classiques consistent en un rajeunissement régulier des branches. On parle de tailles de raccourcissement ou de renouvellement. Ce faisant, ces tailles peuvent stimuler inutilement la croissance végétative, notamment sur système racinaire vigoureux, et retardent la mise à fleur. La rapidité d'entrée en production et la régularité de production peuvent être améliorées en laissant l'arbre occuper le plus rapidement l'espace, en privilégiant selon le volume disponible un seul tronc (type « axe ») ou une forme en volume (type « gobelet ») et en veillant à une bonne répartition des futures branches fruitières autour du tronc ou des axes charpentiers. Sur arbre jeune, les seules opérations à réaliser sont la suppression des branches trop basses ou qui se croisent. À partir de la 3<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup> année, les rameaux à fruit sont enlevés le long du tronc et des charpentières (s'il y en a) et à la base des branches fruitières, de manière à former un « puits de lumière », et dans toutes les zones de l'arbre recevant peu de lumière, c'est-à-dire sous les branches et dans les zones de croisement des branches. On améliore ainsi la qualité de tous les fruits dans l'arbre. Cette « opération d'extinction artificielle » se fait par arrachage avant le débourrement printanier et au plus tard au stade bou-

ton rose (permettant alors de voir l'état de la floraison pour l'année à venir). L'arrachage à la main est préconisé, car il permet une meilleure cicatrisation et limite ainsi les problèmes de maladies occasionnés par les tailles au sécateur. Le sécateur ou la scie ne sont utilisés que pour la suppression de branches de gros diamètre. Cette conduite de l'arbre est appelée « conduite centrifuge » car elle s'opère du centre de l'arbre vers la périphérie. La pratique de l'extinction artificielle, en enlevant une partie des rameaux fructifères, diminue également le nombre d'inflorescences à éclaircir manuellement ou chimiquement. Elle facilite donc le travail d'ajustement de la charge indispensable à une fructification de qualité et régulière.

### **Principaux ravageurs et maladies du pommier**

Les principales maladies sont la tavelure (*Venturia inaequalis*) et l'oïdium (*Podosphaera leucotricha*), contre lesquelles les méthodes préventives (enlèvement de la litière hivernale au sol, et des feuilles et fruits touchés dès les premiers symptômes) sont partiellement efficaces. Les principaux ravageurs du pommier sont la carpocapse (*Cydia pomonella*) sur fruit, l'araignée rouge (*Panonychus ulmi*), le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) et le puceron vert (*Aphis pomi*).

## **Le cerisier**

### **Biologie du cerisier et implications agronomiques**

Le cerisier appartient à la famille des Rosacées et au genre *Prunus*, qui comprend plus de 200 espèces. Le cerisier doux correspond à une espèce particulière, *Prunus avium*, qui est composée à 95 % de bigarreaux à fruits sucrés et à chair ferme. Cette espèce est originaire d'Asie, plus particulièrement d'une région comprise entre la mer Noire et la mer Caspienne. Nous ne détaillerons ici que le cas des bigarreaux.

La précocité de production est habituellement estimée en référence à Burlat (maturité vers mi-mai dans le sud de la France). Certaines variétés sont plus précoces (ex. Primulat, environ -5 à -7 jours), d'autres sont plus tardives comme les variétés canadiennes (par ex. Lapins, + 25 à + 28 jours).

Le cerisier est caractérisé par un tronc puissant autour duquel s'organisent des étages de branches bien marqués. Le tronc ainsi que les branches sont érigés. Ils portent latéralement des rameaux courts appelés « bouquets de mai » car leur développement est en général achevé à la fin du mois de mai. Les fleurs apparaissent dans tous les cas à la base des pousses annuelles de l'année précédente, que ce soit des pousses longues du tronc et des branches ou des bouquets de mai. Sur un cerisier âgé de quelques années, l'essentiel de la floraison et donc de la production de fruits est porté par les bouquets de mai. Le bon développement de ces bouquets de mai est donc très important pour maintenir une production de cerises de qualité.

Comme pour le pommier, les fleurs du cerisier contiennent les organes mâles et femelles mais à cause de l'auto-incompatibilité (le pollen d'une fleur ne peut

pas féconder l'ovule de cette même fleur) importante de la quasi-totalité des variétés existantes, il est nécessaire de planter dans la même parcelle différentes variétés en s'assurant qu'elles sont inter-fertiles. L'espèce étant entomophile (pollinisation par des insectes, abeilles notamment), il est également nécessaire de vérifier la présence de ces insectes et de favoriser leur bonne circulation dans le verger.

On classe habituellement le cerisier en trois grandes classes de port d'arbre : port dressé et angles des branches fermés (ex. : Lapins), port semi-dressé et angles des branches semi-ouverts (ex. : Van), port étalé et angles des branches ouverts (ex. : Stark Hardy Giant). Cette classification est indépendante de la précocité de la variété.

Le choix du porte-greffe est très important car il détermine la taille de l'arbre à maturité, la nécessité ou non d'un palissage et la précocité d'entrée en production.

Les porte-greffes appartiennent à différents types :

– *Prunus avium* (obtention par multiplication végétative : F12.1 ou par semis de merisiers) confère une vigueur importante, est bien adapté aux sols pauvres et n'a pas besoin de palissage, mais il retarde l'entrée en production ;

– *Prunus mahaleb* (on choisit le clone Inra SL 64 à multiplication végétative afin de garantir une bonne homogénéité) est également bien adapté aux sols pauvres et calcaires, mais il est très sensible aux sols trop humides qui provoquent une asphyxie rapide de son système racinaire. Il permet également une culture sans palissage, mais retarde l'entrée en production ;

– Pour l'agriculture de montagne, on préfère donc les porte-greffes vigoureux qui sont plus résistants au manque d'eau et ne nécessitent pas de palissage, excepté durant les 2-3 premières années de croissance de l'arbre. L'espacement entre arbres sera d'au moins 2 m sur le rang et 5 m entre les rangs.

La conduite de l'arbre dépend du choix du porte-greffe. Dans le cas d'un porte-greffe faible, une conduite en axe avec arcure des branches peut convenir car elle permet une densité de plantation élevée et une entrée en production précoce. Dans le cas d'un porte-greffe vigoureux, on adopte une conduite en gobelet. 3 à 5 charpentières sont sélectionnées en 1<sup>re</sup> ou 2<sup>e</sup> année de croissance. Sur chacune d'entre elles, on établit des branches fruitières porteuses des bouquets de mai. Selon les variétés, les bouquets de mai peuvent avoir une densité trop importante sur les branches porteuses. C'est le cas de la variété Lapins, par exemple. Dans ce cas, on enlèvera 1 bouquet de mai sur 2, ou même 2 sur 3. Cette suppression des bouquets de mai correspond à l'extinction artificielle telle qu'elle a été développée sur le pommier. Cela permet, d'une part, la bonne croissance des bouquets de mai restant, donc la bonne qualité des fruits, et, d'autre part, de limiter les maladies de type monilioses favorisées par l'humidité et la proximité entre les fruits.

### *Principales maladies et ravageurs du cerisier*

Il n'existe pas réellement de méthodes curatives contre les maladies à virus souvent responsables des maladies de dépérissement chez le cerisier. On veill-



lera donc à ne planter que du matériel végétal certifié indemne de maladies à virus ou à mycoplasme. Les maladies bactériennes principales sont le chancre bactérien (*Pseudomonas syringae*), contre lequel la protection des plaies de taille est efficace, et le *crown gall* (*Agrobacterium tumefaciens*), contre lequel il n'existe pas de moyens de lutte directe. Il est donc indispensable de planter un matériel végétal sain. Les maladies cryptogamiques principales sont les monilioses (*Monilia laxa* et *Monilia fructigena*) provoquant le brunissement puis la chute des bouquets floraux et, pour le second, la pourriture des fruits. Les mesures prophylactiques consistent à diminuer la densité des bouquets de mai sur les branches et, si la maladie se déclare, à enlever les branches atteintes. Les ravageurs, du type mouche de la cerise (*Phagoletis cerasi*) ou puceron noir (*Myzus cerasi*), peuvent être contrôlés par des méthodes de piégeage sexuel, des auxiliaires ou des traitements curatifs à base de produits de synthèse.

## Le noyer

### *Biologie du noyer et implications agronomiques*

Le noyer commun appartient à la famille des Juglandacées et au genre *Juglans* qui comprend une vingtaine d'espèces. L'espèce cultivée est le noyer commun ou *Juglans regia* originaire de l'ouest de l'Himalaya. Toutes les variétés actuelles ont un cycle de développement décalé par rapport à la plupart des autres espèces fruitières : débourrement en avril, floraison en mai, maturation des fruits en septembre-octobre.

La floraison du noyer se distingue des 2 espèces précédentes car elle englobe 2 types de fleurs. Les fleurs femelles (donnant les fruits après fécondation) sont groupées en grappes ne contenant que quelques fleurs et sont situées en position terminale sur les pousses de l'année précédente. Après fécondation, la fleur femelle donne la noix comprenant une partie pulpeuse (le brou), la coque formée de 2 valves symétriques et le cerneau qui constitue la partie comestible. Les fleurs mâles sont groupées en chatons situés à l'aisselle des feuilles le long de la pousse annuelle précédente. Le noyer commun est auto-fertile (les fleurs mâles d'un arbre peuvent féconder les fleurs femelles de ce même arbre). Toutefois, l'autofécondation est rare et cela pour trois raisons principales : décalage de floraison entre fleurs mâles et femelles d'un même arbre (floraison femelle avant la floraison mâle ou inversement selon la variété), faible longévité du pollen et courte période de réceptivité du stigmate. De plus, la pollinisation étant faite par le vent (espèce anémophile), il est particulièrement important de bien répartir dans le verger des variétés compatibles entre elles.

De façon générale, le noyer est un arbre vigoureux. La densité de ramification ainsi que la position de la floraison en position terminale sur les pousses longues ou courtes permet de distinguer 3 grands types de fructification. Les variétés à fructification terminale (ex. : Franquette) sont les plus nombreuses. Elles sont caractérisées par une faible densité de ramification : celle-ci n'apparaît qu'en position subterminale sous l'arrêt de croissance hivernal. La floraison est

terminale sur ces pousses et se maintient donc essentiellement à la périphérie de l'arbre. La mise à fruit est lente et le potentiel de production est faible. Les variétés à fructification latérale (ex. : Lara, Fernor) sont caractérisées par des ramifications latérales nombreuses et courtes portant la floraison. Celle-ci se répartit donc en « manchon » le long des branches principales. La fructification peut se maintenir plusieurs années sur ces ramifications si l'intérieur de l'arbre est bien éclairé. Les arbres ont une entrée en production plus précoce que le type précédent. Il existe enfin un type de fructification intermédiaire (ex. : Hartley) conjuguant des caractères morphologiques des 2 types précédents.

Comme la plupart des autres espèces fruitières, le noyer se greffe. On préfère les semis de noyer commun, *Juglans regia*, qui ne pose aucun problème de compatibilité et confère par ailleurs une bonne tolérance à la chlorose ferrique. Il est toutefois sensible à l'asphyxie racinaire et au pourridié (dépérissement de l'arbre dû à des champignons pathogènes présents dans le sol du type *Armillaria mellea* et *Rosellinia necatrix*). Des sélections en cours à partir de croisements de *J. regia* et *J. nigra* devraient permettre d'avoir des porte-greffes plus vigoureux et tolérants au virus du *Cherry leaf roll* qui se manifeste par des nécroses au point de greffe et peut provoquer des dégâts importants.

Quelle que soit la variété, l'arbre se prête naturellement bien à une forme en axe. Les distances de plantation varient en fonction du type de fructification, avec des distances plus importantes pour les arbres à fructification terminale : 5 à 7 m entre arbres sur le rang, 7 à 10 m entre les rangs. Les branches fruitières réparties le long du tronc ont souvent un angle fermé et devront donc être arquées ou inclinées afin de limiter leur croissance en longueur et accélérer l'entrée en production. Sur les variétés à fructification latérale, la suppression d'une ramification sur 2 ou de 2 ramifications sur 3 (extinction artificielle) donne de bons résultats agronomiques. Dans ce cas on veille à supprimer tous les rameaux de petite taille qui sont potentiellement porteurs de petits fruits par ailleurs plus sensibles à la bactériose. Cette taille permet une meilleure croissance des pousses restantes et augmente le calibre des fruits.

### Principaux maladies et ravageurs du noyer

Les principales maladies sont la maladie de l'encre (*Phytophthora cambivora*, *P. cinnamomi*) et surtout le pourridié (*Armillaria mellea* et *Rosellinia necatrix*) auxquelles le noyer commun utilisé comme porte-greffes est particulièrement sensible. La bactériose (*Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*) est susceptible de provoquer des chutes importantes de fruits et entraîner ainsi une baisse très importante de la production dans les vergers denses et vigoureux. Pour éviter cette maladie, on veille à ne pas mouiller le feuillage et à favoriser la pénétration de la lumière et l'aération à l'intérieur de l'arbre (intérêt de l'extinction artificielle). Par ailleurs, on évite des apports azotés tardifs qui, en allongeant la période de croissance, favorisent les attaques de la bactérie. Les principaux ravageurs sont la carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella*) et la cochenille rouge du poirier (*Epidiaspis leperii*).

## L'olivier

### *Biologie de l'olivier et implications agronomiques*

L'olivier cultivé appartient à la famille des Oléacées et au genre *Olea* qui comprend environ 35 espèces. Seul l'olivier cultivé, *Olea europea*, se trouve autour de la Méditerranée. Il comprend quelque 2 500 variétés que l'on classe essentiellement en fonction de l'utilisation de l'olive : variétés à huile, variétés de table, variétés à double fin.

La floraison est essentiellement latérale : les inflorescences apparaissent à l'aisselle des feuilles émises sur la pousse de l'année précédente. Bien que les fleurs contiennent des organes mâles et femelles, la pollinisation croisée entre variétés compatibles est indispensable afin d'assurer la fécondation et ainsi une production de qualité. De plus, la pollinisation étant faite par le vent (espèce anémophile), il est particulièrement important de bien répartir dans le verger des variétés compatibles entre elles. L'arbre est habituellement cultivé sur ses propres racines, à partir de plants issus de boutures semi-herbacées. Dans ces conditions, l'arbre adulte atteint 5 à 10 m de hauteur. Des travaux sont en cours pour valider l'intérêt de porte-greffes conférant une vigueur plus faible permettant à la fois un volume d'arbre plus petit et une entrée en production plus précoce.

Quel que soit le port de l'arbre, le fonctionnement des branches fruitières est relativement similaire : la branche a toujours un port dressé à son origine, puis s'affaisse progressivement au cours des années suivantes sous son propre poids, notamment avec la fructification. Dans le même temps, des renouvellements apparaissent sur la partie arquée ou inclinée de la branche initiale. En l'absence de taille, on observe ainsi très facilement sur l'arbre âgé une succession de branches arquées portant des renouvellements qui eux-mêmes s'arquent. On remarque alors un affaiblissement très rapide de la portion de branche pointée vers le bas : la croissance annuelle devient faible et le nombre de fruits étant fonction du nombre de nœuds mis en place l'année précédente, le potentiel de fructification diminue fortement (moins de fruits et de taille plus petite).

Ce mode de fructification par renouvellement régulier des unités de fructification nous conduit aux préconisations suivantes :

– La conduite en gobelet convient bien à un verger extensif (4 à 5 m sur le rang, 5 m entre rangs). Dans ce cas, on établit dès l'année de plantation un tronc sur lequel on sélectionne au cours des 2 années suivantes les charpentières.

– La taille de fructification est basée sur un principe essentiel, général aux arbres fruitiers mais tout particulièrement vrai pour l'olivier, le maintien d'une frondaison poreuse à la lumière. On supprime donc les renouvellements à l'intérieur de l'arbre, qui très vite risquent de bloquer la pénétration de la lumière, ainsi que les portions de branches devenues trop faibles dans la partie basse de l'arbre. Toutefois, cette taille risque d'entraîner au bout de quelques années un éloignement trop important du centre de l'arbre. On pratique alors une taille du « tout ou rien » consistant à enlever des branches entières, voire des charpentières, devenues trop basses et non productives. Cette taille favorise les branches situées plus haut dans l'arbre et qui sont en pleine production.

– Par ailleurs, l'olivier est particulièrement sensible à l'alternance de production. On veille donc à ce que l'année de forte production il y ait une croissance végétative permettant une production suffisante l'année suivante : la taille doit être forte l'année de forte production pour stimuler la croissance végétative et moins forte l'année de faible production.

### **Principales maladies et ravageurs de l'olivier**

Les principales maladies cryptogamiques de l'olivier sont la fumagine ou noir de l'olivier (*Capnodium oleaginum* ou *Fumago salicina*), qui se développe sur le miellat sécrété par les insectes piqueurs (aleurodes, pucerons, *Metcalfa*) et forme très vite un enduit noir sur les feuilles, et la maladie de l'œil de paon (*Spilocaea oleagina*), qui peut occasionner beaucoup de dégâts car il s'attaque aux feuilles mais également aux fruits où il forme des taches circulaires brunes ou jaunes. Dans les deux cas, les traitements préventifs au printemps consistent en des pulvérisations à base de cuivre ou de sulfates. Parmi les ravageurs, on retient la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*), qui vit uniquement sur l'olive dans laquelle elle pond ses œufs. Le traitement préventif est fait à base de produits de synthèse appliqués dès la chute des pétales.

### **Une arboriculture adaptée à l'Atlas marocain**

La conduite du verger dans l'Atlas marocain mérite une réflexion particulière afin d'adapter au mieux les préconisations développées pour les arbres fruitiers cultivés en plaine. Ces adaptations sont à réaliser tant au niveau de la gestion de l'irrigation et de la fertilisation qu'au niveau de la conduite de l'arbre lui-même. Mais, à plus long terme, la base d'une arboriculture économiquement viable dans les conditions de l'Atlas marocain nécessite sûrement le choix de variétés bien adaptées aux conditions pédo-climatiques des zones de montagne mais également répondant au marché marocain. Le choix de variétés rustiques et naturellement résistantes ou tolérantes aux principales maladies et ravageurs présents dans ces régions est très sûrement une des clés du succès de la culture des arbres fruitiers. Cette stratégie mériterait de définir plus précisément pour chaque espèce un « idéotype » d'arbre adapté aux conditions de l'Atlas marocain. Différents critères pourraient être retenus : entrée en production rapide sur porte-greffe vigoureux ou sur propres racines, fructification régulière, fruits aptes à la conservation, les pommiers notamment (la chambre froide n'est alors plus indispensable), tolérance et résistance aux principaux bio-agresseurs.

## **Le travail du sol**

L'enfouissement à la charrue des résidus de culture ou le labour minimal avec préservation des litières à la surface du sol sont des solutions débattues depuis 40 ans sous les tropiques (CHARREAU et NICOU, 1971 ; LAL, 1974).

En Afrique, plusieurs obstacles ont retardé l'adoption du labour à la charrue : les résidus de culture sont broutés par le bétail, utilisés pour l'habitat ou l'artisanat, le crédit manque pour l'achat des bœufs ou du tracteur et du matériel indispensable (charrue, charrette). De plus, les bœufs manquent d'énergie à la fin de la saison sèche quand il faut labourer : ils ne disposent plus de nourriture saine pour fournir l'effort de traction. Enfin, quand la paille sèche est enfouie dans le sol, sa décomposition fixe une bonne quantité d'azote, induisant une carence en azote dans le sol laquelle réduit la croissance des cultures. Comme les paysans peuvent rarement se payer un complément d'engrais minéral, ils souffrent d'une baisse de rendement directement liée à l'enfouissement des pailles.

La solution d'un labour réduit ou d'un semis direct sous la litière assure une bonne protection de la surface du sol contre l'impact des gouttes de pluie ; la litière limite la compétition avec les adventices, augmente l'activité de la mésofaune, l'infiltration et le stockage d'eau dans le sol. La litière restitue progressivement les nutriments en surface dans l'horizon très riche en racines absorbantes. Les sols dégradés compacts exigent d'abord un décompactage et un enrichissement en MO, par exemple par une jachère cultivée de légumineuses.

Des expérimentations récentes de travail du sol réduit à la ligne de plantation (moins de 10 % de la surface cultivée), combinées avec les résidus maintenus en surface ou des plantes de couverture (légumineuses) ont montré que les risques de ruissellement et d'érosion ont beaucoup baissé, que le taux de MO et d'agrégation du sol s'est maintenu, entraînant progressivement une amélioration de la productivité de la terre et du travail (LAL, 1974 ; BOLI *et al.*, 1993 ; MRABET *et al.*, 2004 ; NOUIRA, 2007 ; DIALLO *et al.*, 2008 ; DUCHEMIN *et al.*, 2008). La solution du labour réduit avec un mulch de paille ou d'herbes herbicides juste avant le semis semble mieux adaptée aux conditions subtropicales et tropicales, mais encore faut-il garder suffisamment de biomasse couvrant le sol et réduire les traditions de pâturage et de nettoyage des champs et parcours par le feu (DIALLO, BOLI et ROOSE, 2008).

## Simplification et amélioration des aménagements

Tous les dispositifs mis en place pour retenir la terre et gérer l'eau sur des pentes trop fortes pour être directement cultivées ne sont pas aussi coûteux en main-d'œuvre et en matériaux. Par exemple la construction soignée de murettes exige entre 1 000 et 1 500 jours de travail d'ouvriers spécialisés pour choisir les pierres adaptées, les transporter, les tailler et les disposer pour construire un mur à la fois solide et perméable. La construction progressive de cordons de pierres issues du champ lui-même demande beaucoup moins de travail, de pierres de qualité et peut s'étaler sur plusieurs années. De plus, l'espace du cordon peut

être valorisé par la plantation d'arbres fruitiers ou fourragers sur lesquels vont s'appuyer les pierres, ou par des plantes rampantes (comme la vigne) ou grim-pantes qui vont couvrir le cordon et valoriser cet espace particulier. La construction de ces murets et cordons de pierres peut aussi se justifier du fait d'une présence en excès de pierres et cailloux dont il faut libérer le sol pour augmen-ter la surface cultivable avec les outils classiques de travail du sol : les cordons et murets servent de « rangement » à ces pierres gênantes. Mais on peut aussi envisager des méthodes biologiques pour stabiliser des talus sur de fortes pen-tes. En plantant une ligne d'arbres (fruitiers, fourragers, haies vives) ou en res-pectant simplement une bande d'herbes et de buissons, et en labourant le sol suivant les courbes de niveau, on peut aboutir en 5 à 10 ans à des talus de un mètre (à 1,5 m) qui, couverts d'herbes, seront à la fois efficaces pour retenir la terre et pour produire des fourrages et divers matériaux artisanaux (feuilles de palmier doum, saules, etc.). Ces talus pourront par la suite être recouverts des pierres exhumées du sol : la surface des talus ne sera pas perdue, mais attribuée à une autre production qui participera au maintien d'une certaine biodiversité et de la rugosité du versant par rapport aux vents et au drainage des eaux de sur-face (dissipation d'énergie).

La position des arbres par rapport au talus a été longtemps discutée. Si on plante des arbustes en amont du talus, ceux-ci vont profiter d'un sol profond et enrichi d'une épaisse couche de l'horizon humifère, tandis que la culture ne dis-posera que d'un sol appauvri et aminci par le travail du sol : il faudra alors beau-coup de fumier et de travail pour restaurer une bonne productivité de la culture. Dans ces propositions, on a insisté sur l'intérêt des arbres, à condition qu'ils développent une production rentable (bois, fruits ou fourrages). Par contre, on risque de déstabiliser le talus par la croissance et l'épaississement des racines qui longent sa surface.

On peut aussi planter les arbres au pied du talus. Dans ce cas, leur installation est moins aisée si le sol est peu épais, mais les arbres vont développer un enracinement profond sous le talus qui va le stabiliser en assurant son drainage et en l'ancrant profondément dans la roche sous-jacente. Ce mode d'implantation protège aussi la base du talus en empêchant le propriétaire du champ aval de labourer trop près du talus et de le miner progressivement. Dans cet aménage-ment, la croissance des arbres sera peut-être moins vive (ce qui convient aux arbres fruitiers), mais la partie la plus fertile de la terrasse amont sera disponi-ble pour une culture plus exigeante (maïs, par exemple).

La capture des eaux de sources ou du ruissellement et le transfert des eaux vers les champs peuvent aussi être facilités et améliorés : canaux bétonnés, tuyau et irrigation par gicleur sous la canopée ou au ras du sol.

Les jachères et parcours peuvent aussi être améliorés pendant le temps de mise en défens. En particulier dans les plages dénudées et tassées, on peut introduire dans des cuvettes des arbustes fourragers, des légumineuses fixant l'azote de l'air, des arbres à croissance rapide profitant de l'abondance de la lumière et de la faible concurrence (eucalyptus, divers acacias, fruitiers peu exigeants).

## Restauration rapide de la productivité des sols

Généralement, les pédologues prétendent que le sol est une ressource naturelle non renouvelable. Il est vrai que si on vient à décaper la mince couche de terre qui recouvre une roche dure comme un granite ou un calcaire, il faut plus de 100 000 ans pour reconstituer une couche d'un mètre de roche altérée. C'est donc non faisable à l'échelle humaine. Par contre, il existe des roches qui s'altèrent beaucoup plus rapidement, comme les argilites, les marnes et les schistes tendres, les basaltes : en milieu méditerranéen, il faut environ un an pour produire 1 cm de terre minérale, donc moins de 50 ans pour reconstituer un sol exploitable. Ainsi sur les marnes de la région de Draix, près de Digne (sud de la France), on a observé la production de 12 à 15 mm/an de terre fine et le développement d'un sol de plus d'un mètre sous un peuplement de pins noirs d'Autriche de 80 ans. En Algérie, les mesures d'altération de marnes sont du même ordre de grandeur.

Traditionnellement, lorsqu'un sol est épuisé ou dégradé, on l'abandonne à la friche ou jachère longue (10 à 20 ans) au cours de laquelle la végétation naturelle va se développer, accumuler des poussières et des sédiments, capter de l'eau et des nutriments, stocker des matières organiques qui en minéralisant lentement vont libérer les nutriments nécessaires à la croissance des plantes : d'abord des lichens et des mousses, puis des herbes et des buissons, enfin des arbres (PONTANIER *et al.*, 1995).

Dans les vallées de l'oued Rhéraya du Haut Atlas, on peut observer une technique très élaborée pour construire de nouvelles parcelles cultivées dans le lit majeur de l'oued (voir fiche 29, chap. 6). Dans une zone où la vallée s'élargit, les paysans construisent des cordons de grosses pierres ( $H = 1$  m) qui isolent une parcelle rectangulaire capable de capter les eaux chargées de sables, de limons, d'argile et de MO. L'excès d'eau ressort très clair du côté aval. Après chaque crue, la surface caillouteuse de l'oued est masquée par une couche grandissante de graviers, sables et (ou) de limons argileux et de délaissés de crues (MO flottantes en voie de putréfaction). Très vite, des herbes poussent entre les caillasses, ce qui améliore encore l'efficacité du filtre des eaux de crues. Après quelques années, la couche de terre est suffisante pour qu'on y sème des céréales (orge puis blé) qui prélèvent une partie de l'eau nécessaire dans la nappe phréatique. Une décennie plus tard, lorsque la couche de terre atteint 50 cm, on y plante des arbres fruitiers (noyers, cerisiers, pruniers, pommiers) et fourragers (frênes, peupliers, saules, etc.).

L'exemple le plus complet de restauration rapide de sols dégradés a été décrit en zone soudano-sahélienne du Mali, Burkina, Niger. Il s'agit du *zai* décrit à la figure 24 (ROOSE, KABORÉ et GUÉNAT, 1993).

Le terme *zai* vient de *zaïgre*, jeu des adolescents mossi qui consiste à montrer leur courage en creusant des cuvettes dans le sol sec, tassé et encroûté.

Saison sèche	Début des pluies	Saison des pluies	Récoltes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creusement tous les 80 cm d'une cuvette Ø = 40 cm, H = 20 cm, terre posée en aval.</li> <li>• Les vents apportent sables + limons + matières organiques.</li> <li>• Les termites creusent des galeries et transforment les cuvettes en entonnoirs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apport de 2 poignées de poudrette (= 3 t de fumier par ha).</li> <li>• Les termites creusent des galeries enrobées d'excréments. Eau infiltrée et stockée en profondeur à l'abri de l'évaporation.</li> <li>• Semis en poquet de 12 graines de sorgho ou de mil, capables de soulever la croûte du sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levée précoce du mil et germination des graines (forestières/légumineuses).</li> <li>• Sarclage limité aux poquets, car les sols du champ restent encroûtés</li> <li>• Enracinement profond dans la zone humide et enrichie en nutriments</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Récolte grains et fourrages</li> <li>• Coupe des tiges vers 1-1,5 m : pour cacher les tiges des arbres de la vue des chèvres, ralentir le vent et piéger MO et limons.</li> </ul>

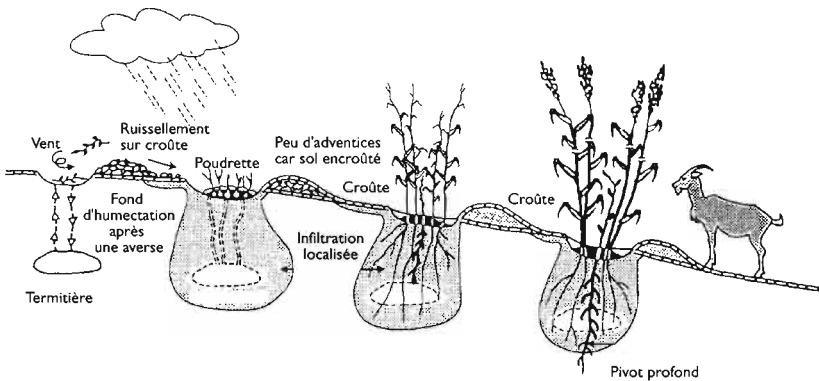


Fig. 24

Le zaï : méthode traditionnelle soudano-sahélienne de restauration des sols.

Cette technique complexe permet de restaurer la productivité des terres dégradées, encroûtées, abandonnées et de produire 6 à 10 quintaux de céréales dès la première année, ainsi que d'entretenir la fertilité du sol pendant plus de 30 ans. Elle consiste à concentrer le ruissellement et la fertilité au niveau des poquets afin de stabiliser la production dans ces zones semi-arides à pluies erratiques. Elle a l'avantage de pouvoir être diversifiée par les paysans qui lui associent le retour d'arbustes et de légumineuses fourragères. Même les termites ont un rôle important en collectant des MO en surface, en perforant le fond de la cuvette et en dispersant les MO dans leurs galeries profondes.

Cette technique culturale a aussi ses limites :

- le zaï exige 300 heures (= 50 jours) de travail pour creuser 10 000 cuvettes sur un hectare ;
- de plus, il faut y apporter 2 à 3 t/ha de poudrettes ou compost ou paillage de légumineuses ;
- en outre, il faut construire un cordon de pierres autour de la parcelle pour maîtriser le ruissellement, ce qui exige la location de charrettes et d'un camion (2 500 Dm) pour transporter les pierres ;



– enfin, il ne réussit à maintenir une production intéressante que si les pluies annuelles sont > 300 mm et < 850 mm, sinon les nutriments sont lessivés par le drainage.

Améliorations possibles :

- la mécanisation du travail aux bœufs (soussolage croisé) après la récolte permet de réduire le travail de 50 % ;
- un complément de fumure organique par des apports de NPK une fois la saison des pluies bien installée ;
- l'introduction d'autres essences forestières élevées en pépinière (3 mois de gagné).

L'intérêt du *zai* se résume aux six règles suivantes.

#### 1. Entourer la parcelle d'une structure de gestion du ruissellement

Les zones dégradées sont généralement dénudées, tassées et encroûtées, donc sujettes à un ruissellement violent. Il faut donc encadrer la parcelle d'une structure perméable capable de régulariser la vitesse du ruissellement et de le redistribuer sur l'ensemble de la parcelle à cultiver (cordons de pierres, haies vives, cactus *Opuntia*, haies mortes, etc.). Dans la technique du *zai*, l'eau de ruissellement est piégée dans des cuvettes de 40 cm de diamètre et 10 à 20 cm de profondeur permettant de mouiller le sol sur 1 m et de stocker assez d'eau pour que les jeunes plants de sorgho ou mils tiennent 3 semaines en attendant la pluie suivante. On peut imaginer des cuvettes un peu plus grandes pour les plantations d'oliviers ou de noyers. Ces cuvettes (1 m de diamètre et 30 cm de profondeur) sont à aligner en quinconce tous les 5 à 8 mètres sur la ligne de plantation et les lignes sont à espacer de 10 à 20 m selon la pente et les cultures intercalaires prévues durant les premières années.

#### 2. Décompacter le sol des cuvettes

Un sol dégradé est pauvre en MO, tassé et peu perméable. La végétation naturelle met plusieurs années à percer ces horizons tassés pour y reconstituer la macroporosité indispensable à la circulation rapide de l'air et de l'eau. Pour gagner du temps, on peut travailler la zone cultivée sur 30 à 50 cm selon la culture pour permettre le développement rapide d'un réseau racinaire équilibré.

#### 3. Stabiliser la structure du sol

Les sols dégradés sont généralement instables. Si on souhaite que le travail du sol produise des mottes et des macropores stables, il faut enfouir des MO (paillis, résidus de cultures, litière forestière ou, mieux, du fumier), sans quoi il faudra recommencer après chaque averse pour maintenir une bonne infiltration des eaux de ruissellement. Un apport de chaux ou de gypse peut être utile si le milieu est acide, mais il risque d'accélérer la minéralisation des MO.

#### 4. Revitaliser l'horizon superficiel

L'érosion décape généralement en priorité l'horizon humifère des sols cultivés et expose l'horizon B minéral et instable. Or, l'horizon humifère d'un sol sain comprend des millions de microbes par litre : ces microbes sont très importants pour faire évoluer les MO et rendre assimilable le stock de nutriments minéraux. Or, il y en a très peu dans les horizons minéraux profonds. Il faut donc apporter, en plus des résidus organiques, du fumier ou du compost bien fermenté dans la zone cultivée de la cuvette (une poignée par cuvette au minimum = 1,5 t/ha).

### 5. Rééquilibrer le pH entre 5 et 7

Les sols dégradés ont généralement perdu quantité de nutriments et en particulier des bases : le pH est donc acide. Si l'acidité est inférieure à pH 4,5, l'aluminium du réseau argileux passe en position échangeable et devient toxique : il bloque la croissance des cultures.

Pour corriger la toxicité aluminique, il faut donc restituer des bases (chaulage, paillage, fumier, cendres, phosphates de chaux).

Si, par contre, le décapage de l'horizon humifère expose un sol trop basique ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaCO}_3$ ) ou trop calcaire (croûte calcaire, ou roche marneuse), pour éviter de bloquer le phosphore et divers oligoéléments (fer, bore, etc.), il faut apporter des acidifiants naturels (acides humiques ou citriques) ou des résidus acides industriels ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ).

### 6. Nourrir la culture à la demande

Les sols sains ont généralement un grand stock de nutriments minéraux : cependant, les nutriments ne sont pas tous disponibles avec une vitesse suffisante aux moments cruciaux où les cultures en ont besoin. Jadis, on tentait de corriger les carences naturelles du sol, mais cela s'est avéré non rentable car les argiles kaoliniques des sols tropicaux stockent mal certains nutriments qui sont perdus par lessivage (ROOSE et GODEFROY, 1968). Dorénavant, on cherche à maintenir un bon milieu physique et à nourrir les plantes cultivées selon leurs besoins propres, en tenant compte de la fertilité du sol, des adventices et des risques de lixiviation par érosion et drainage. On est donc amené à répartir les divers nutriments à proximité immédiate des plants en plusieurs fractions selon les besoins des cultures : les engrais de fond au labour ou avant le semis, N, P, K à la montaison, floraison et (ou) épiaison. On évite ainsi de fertiliser les mauvaises herbes qui peuvent étouffer les jeunes plantes cultivées. Par contre, on garde les adventices tant qu'elles ne gênent pas, puis on les arrache et on les dépose entre les rangs pour jouer les divers rôles du paillage.

## Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre qu'il existe de nombreuses possibilités pour améliorer et valoriser les structures antiérosives, les unes concernent les techniques culturales (réduction du travail), les autres la gestion raisonnée des eaux de surface, de la biomasse et de la fumure organique et minérales des sols cultivés.

Le choix parmi ces pratiques agronomiques va dépendre des conditions culturelles, sociales, démographiques et économiques des populations concernées.

Cependant, l'État a un rôle à jouer : améliorer la formation des paysans, fournir les engrais, organiser les marchés pour faire circuler les excédents de production.



Éric Roose Mohamed Sabir Abdellah Laouina

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

*Valorisation des techniques  
traditionnelles méditerranéennes*



# Gestion durable des eaux et des sols au Maroc

## Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes

Éric ROOSE

Mohamed SABIR

Abdellah LAQUINA

avec la participation de

Faiçal BENCHAKROUN, Jamal AL KARKOURI,

Pascal LAURI, Mohamed QARRO

**IRD Éditions**

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2010

Préparation éditoriale  
Marie-Odile Charvet Richter

Mise en page  
Bill Production

Maquette de couverture  
Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure  
Pierre Lopez

Coordination, fabrication  
Marie-Odile Charvet Richter

**Photo de couverture**

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

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

© **IRD, 2010**

ISBN : 978-2-7099-1683-7