

Zones forestières : l'arbre et la GCES

*Mohamed SABIR
Éric ROOSE*

Introduction : la forêt des forestiers et les arbres de la GCES

Traditionnellement, la plantation des arbres par les forestiers est destinée à la production de bois pour différents usages : bois énergie (charbon de bois ou fagots), cellulose pour la pâte à papier, bois d'œuvre et fûts pour le déroulage (industrie des meubles), poteaux pour les constructions, le téléphone et les mines, etc. Pour les reboisements sont choisies des essences à croissance rapide, soumises à une sylviculture intensive qui exclut le pâturage. Ce modèle réussit relativement bien sur les terrains propriétés de l'État et dans une moindre mesure sur les terrains collectifs. Sur les terrains privés en pente, les reboisements en essences forestières sont rarement réussis. Seules des plantations d'eucalyptus et d'acacias sur les terrains privés sont réalisées par les paysans pour la production de perches et de bois de feu ou pour la fixation et la valorisation des espaces érodés et marginaux. Les paysans préfèrent planter des arbres fruitiers à usages multiples sur les bons sols : ils ont besoin de fourrage et supportent mal d'être privés de leurs droits de parcours dans les forêts et plantations forestières. Là où des plantations de pins suppriment toute possibilité de faire paître les troupeaux, l'agroforesterie offre un moyen de couvrir le terrain avec des arbres, donc de protéger l'environnement contre les risques d'érosion (en particulier l'érosion en masse) et de lessivage des nutriments. D'autre part, l'agroforesterie est un bon moyen d'intensifier et de diversifier la production annuelle sans augmenter les surfaces cultivées.

L'agroforesterie consiste à associer volontairement des arbres ou des arbustes à des cultures et (ou) des parcours sur la même parcelle. Elle 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. Les parcelles cultivées portant des cultures agricoles intercalaires et des arbres fruitiers ou forestiers correspondent à des systèmes agroforestiers (agrisylviculture). Les parcelles boisées avec de l'herbe et un sous-bois pâturés correspondent à des systèmes de sylvopastoralisme. Les parcelles cultivées, plantées avec des arbres/arbustes et pâturées, correspondent à des systèmes agro-sylvo-pastoraux. Ce sont des systèmes intégrés de gestion des ressources du territoire rural qui reposent sur l'association intentionnelle d'arbres ou d'arbustes avec des cultures ou avec l'élevage et dont l'interaction permet de générer des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux : la réduction de la transpiration des cultures fragiles par l'ombrage de la canopée, l'augmentation de la MO du sol par le dépôt des litières et les activités de la mésofaune, le recyclage des éléments biogéochimiques lessivés par les racines profondes des arbres, la protection de la surface du sol par le feuillage et la litière, l'amélioration de la capacité d'infiltration et la réduction de l'érosion améliorent le bilan d'eau et la fertilité du sol. La production de biomasse est améliorée quantitativement et qualitativement. Les rendements augmentent, les risques de maladies diminuent et la production est diversifiée et échelonnée sur toute l'année. La caisse du paysan est alimentée plus régulièrement et plus sûrement plusieurs fois dans l'année.

Dans les montagnes marocaines (Rif, Moyen et Haut Atlas), on note un rythme élevé de transformation des paysages forestiers. Les versants sont surpâturés, défrichés, mis en culture et plantés en arbres fruitiers et agroforestiers. Les forêts naturelles, productrices de cellulose, ont cédé la place à des forêts artificielles, productrices de biens et services utiles pour les paysans. Ces nouveaux paysages sont organisés pour restaurer la fertilité des sols et assurer leur durabilité. Si la forêt primitive assure la plus forte accumulation de carbone dans le sol (stock C = 100 t C/ha sur 30 cm dans le Rif), son défrichement et sa mise en culture, du fait de la disparition des litières, entraîne une réduction de 50 % du carbone sous culture céréalière (SABIR et ROOSE, 2004). La plantation de pins a restauré le niveau de stock de carbone à 95 % du niveau primitif... mais elle n'est pas acceptée par les paysans qui ont besoin de fourrage. Par contre, les systèmes agroforestiers restaurent le stock de carbone du sol à hauteur de 75 % tout en maintenant une production alimentaire ou fourragère intéressante.

Diversité des systèmes agroforestiers

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.

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 agrisylviculturaux et agrosylvopastoraux correspondent essentiellement à des parcelles agricoles, cultivées et plantées avec des arbres fruitiers (olivier, amandier, figuier, vigne, etc.) ou forestiers (eucalyptus, acacia, peuplier, caroubier, etc.). Certaines parcelles, issues d'empiétements sur des espaces forestiers, comportent des arbres forestiers (chênes verts 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 ou du frêne et du peuplier dans les fonds humides des vallées. On y trouve un système agroforestier particulier, qui associe cultures vivrières et jachère forestière. Les espaces forestiers proches des villages sont mis en culture (céréales). Après une période de 3 à 4 ans, la fertilité du sol diminue à cause de la minéralisation des matières organiques du sol, de l'exportation des nutriments par les récoltes et de l'érosion hydrique (en nappe et ravinante). Le travail du paysan n'est plus rentable. La parcelle est abandonnée à la jachère longue (une dizaine d'années). Les souches des arbustes et arbres forestiers à enracinements profonds rejettent et donnent lieu à un matorral qui peut couvrir entièrement la parcelle. En 10 à 15 ans, la terre récupère une grande partie de sa fertilité. La parcelle sera de nouveau défrichée et cultivée. Dans les zones où les forêts ne sont pas encore délimitées, le défrichage de ces parcelles est interdit par les services forestiers. L'expansion démographique et le surcroît de pression sur les terres qui l'accompagne menacent la stabilité de ce système. Au fur et à mesure que les superficies cultivées annuellement s'accroissent, la période de jachère forestière se raccourcit, et les espèces ligneuses sont éliminées ou n'ont plus le temps de jouer leur rôle de restauration du sol.

Dans le Rif Central et l'Oriental, plus secs, les espèces dominantes sont l'amandier, puis l'olivier et le figuier. La vigne est utilisée sur certaines parcelles comme sous-étage 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 appartenant à des investisseurs venant des villes voisines. Les plantations paysannes sont constituées essentiellement d'oliviers. Le caroubier commence à devenir une espèce à grand usage, notamment dans le *dir* entre Beni Mellal et Khénifra.

Dans le Haut Atlas, on note une dominance de l'amandier sur les versants semi-arides et arides, de l'olivier sur les versants sub-humides. 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 séguias. Le caroubier com-

mence 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 de 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 en amandier. Les arbres sont vieux et abandonnés. Sur les versants non aménagés, l'arganier épars est associé à des cultures extensives de céréales (orge, blé dur). Le cactus raquette (*Opuntia*) prend une extension importante sur les versants abandonnés par les paysans partis à Casablanca et Agadir pour travailler dans le commerce.

Gestion des systèmes agroforestiers

L'association des arbres aux cultures est bénéfique à la parcelle, d'une part, par la conservation de la fertilité de la terre et, d'autre part, par l'amélioration de la production. Ces effets positifs dépendent de la structure des arbres à l'intérieur de la parcelle (densité et disposition). Cependant, la quasi-totalité des espaces agroforestiers paysans comportent des densités très élevées d'arbres et d'arbustes et des dispositions anarchiques. Sur les terrasses fertiles des Atlas et du Rif, on rencontre des vergers avec des espacements trop serrés : l'olivier est parfois planté à 1 x 1 m ! L'arbre est en même temps un moyen de production et un moyen d'occupation du territoire et donc indicateur de propriété privée. Les cultures intercalaires se trouvent fortement concurrencées pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs.

Trop souvent, les arbres fruitiers ne sont ni taillés, ni traités contre les maladies et les parasites : ils produisent plus de bois que de fruits. Les plants utilisés par les paysans proviennent essentiellement des vergers locaux : gourmands, dragons, boutures, etc. Rares sont les paysans qui se procurent des variétés améliorées produites dans des pépinières spécialisées. Un effort d'encadrement est indispensable pour valoriser les vergers actuels et donc valoriser leur travail. Avec l'amélioration de la production – donc des revenus –, et des conditions de travail dans les vergers, les jeunes s'investiront plus volontiers dans l'entretien et le suivi des vergers bâtis par les anciens.

Atouts de l'agroforesterie pour la GCES

Les parcelles agroforestières représentent un mode de mise en valeur distinct des parcelles agricoles et forestières traditionnelles. Elles tirent parti de la complémentarité des arbres (forte biomasse pérenne et enracinement profond) et des cultures (durée limitée à quelques mois et enracinement superficiel) pour mieux

valoriser les ressources du milieu. Il s'agit de pratiques respectueuses de l'environnement, et ayant un intérêt paysager évident. Les pratiques agroforestières ont de nombreux avantages :

- diversification des activités des exploitants agricoles, avec constitution d'un patrimoine d'arbres de valeur (biodiversité) ;
- rôle protecteur des arbres pour les cultures intercalaires ou pour les animaux : brise-vent, ombre, fixation des sols, stimulation de la microfaune et de la microflore des sols ;
- récupération par les racines profondes des arbres d'une partie des éléments fertilisants lessivés du sol ou libérés par l'altération des roches ;
- enrichissement du sol en matière organique ;
- protection des sols contre l'érosion hydrique en améliorant la couverture de la surface des sols, en stabilisant les berges des ravins et en renforçant les structures antiérosives (talus, murettes, murs des terrasses, etc.) ;
- pour les parcelles sylvopastorales, disponibilité d'unités fourragères pour le bétail, en particulier en période de grande sécheresse ;
- par les plantations agroforestières sur terres agricoles, mise en place d'une ressource en bois de qualité allégeant la pression sur la forêt avoisinante (bois de feu, bois de service) ;
- amélioration de la valorisation des ressources naturelles : la somme de la production de bois et de la production agricole d'une parcelle agroforestière est supérieure à la production séparée obtenue par un assolement agriculture forêt sur la même surface ;
- création de paysages bocagers originaux, attractifs, ouverts, favorables aux activités récréatives. Les parcelles agroforestières représentent un potentiel paysager réellement novateur, porteur de symboles forts et favorable à l'image de marque des agriculteurs dans la société ;
- lutte contre l'effet de serre : constitution de systèmes efficaces pour la séquestration du carbone, par combinaison du maintien du stock organique des sols et superposition d'une strate arborée fixatrice nette ;
- protection des sols (en particulier contre l'érosion en nappe par la litière et l'érosion en masse par les racines et l'assèchement des couches profondes du sol). Les arbres réduisent le ruissellement, mais augmentent beaucoup l'ETR, surtout si le feuillage est pérenne. C'est ainsi qu'en zone semi-aride on observe après défrichage une remontée de la nappe phréatique, car les arbres dessèchent le sol au-delà de 250 cm tandis que les cultures n'exploitent que les 50 premiers centimètres.

L'agroforesterie et la fertilité des sols

Le rôle des arbres dans le recyclage des éléments nutritifs, la formation de la matière organique du sol, la prévention de l'érosion et la production de bois (de

feu et de service) ont été reconnus par les agriculteurs depuis plusieurs siècles. Les apports d'éléments fertilisants provenant de la fixation biologique de l'azote et de la désagrégation des minéraux du sol compensent les pertes d'éléments fertilisants dues au lessivage, à la dénitrification, au ruissellement et à l'érosion. L'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le soufre (S) et les oligoéléments sont absorbés par les racines profondes des arbres et restitués aux horizons superficiels du sol par la décomposition de la litière et des racines superficielles.

Les forêts des bioclimats humides accumulent d'énormes quantités d'éléments nutritifs au fur et à mesure de leur croissance et pourraient atteindre à leur maturité des valeurs de 700 à 2 000 kg de N, 30 à 150 kg de P et 400 à 3 000 kg/ha de K. Le recyclage efficace des éléments nutritifs du sol vers la biomasse, puis de celle-ci vers le sol permet aux arbres et aux cultures de se développer durablement, tant qu'il n'y a pas d'exportation majeure de biomasse du système. Le Houerou (comm. pers., juin 2008) a montré que la forêt de chêne vert de Puechabon, près de Montpellier, a une biomasse épigée de 163 t/ha de MS et une production primaire de 2,5 t MS/ha/an, soit environ 1,3 t de C/ha/an.

La principale différence entre les systèmes agricoles et les systèmes agroforestiers est qu'il y a une exportation nette d'éléments nutritifs du site au moment de la récolte. Cette exportation par les cultures peut entraîner un déficit net si les éléments nutritifs ne sont pas restitués. Les arbres peuvent donc favoriser la fertilité des sols ; cependant, il faut aussi tenir compte de l'importance relative d'autres facteurs – tels que la structure des sols, la matière organique de ces derniers et la concurrence pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs – avant d'attendre un effet positif sur la productivité des sols dans un système donné. Le problème de base en agroforesterie est de savoir comment gérer la concurrence pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs entre les arbres et les cultures et l'élevage au mieux des intérêts de l'agriculteur. En particulier, les alignements d'arbres devraient suivre la ligne isohypse pour réduire l'érosion hydrique et la ligne est-ouest pour réduire les effets d'ombrage. De même, pour réduire la concurrence hydrique, il est possible de « tailler les racines superficielles des jeunes arbres » par un passage de charrue ou d'une dent à 50 cm des arbres, ce qui réduit temporairement leur croissance mais les encourage à développer un système racinaire profond qui concurrence moins les cultures.

Les arbres peuvent fournir des apports d'azote dans les systèmes agroforestiers de deux manières : la fixation biologique de l'azote et l'absorption d'éléments nutritifs en profondeur, sous le réseau racinaire des cultures. Bien que la quantification de la fixation biologique de l'azote soit difficile, les estimations annuelles globales sont de l'ordre de 150 kg/ha de N (GILLER et WILSON, 1991).

Le prélèvement des éléments nutritifs par les racines des arbres à des profondeurs auxquelles ne peuvent arriver les racines des plantes cultivées peut être considéré comme un apport supplémentaire d'éléments nutritifs dans les systèmes agroforestiers lors de la décomposition de la litière.

Tableau 8
Les effets des arbres et arbustes sur le sol

Processus	Effets sur le sol
Production de biomasse	<ul style="list-style-type: none"> – addition de C et MO (humus, augmentation du C/N), – litière : protection contre l'effet splash, amélioration de l'infiltration et de l'activité biologique des sols ;
Fixation d'azote	<ul style="list-style-type: none"> – enrichissement en N, – amélioration de la productivité ;
Pluie	<ul style="list-style-type: none"> – interception et redistribution (amélioration de l'infiltration), – réduction de l'agressivité des pluies (érosivité) ;
Protection contre l'érosion (hydrique, éolienne)	<ul style="list-style-type: none"> – augmente la couverture du sol (litière, branchage), – permet l'évolution des versants vers des terrasses progressives, – enrichissement par sédimentation devant les haies, – oriente le travail du sol et l'érosion aratoire, – augmente la résistance du sol par la MO, – stabilise les versants par le réseau racinaire, – réduit les pertes en sol et en nutriments, – améliore le bilan d'eau (brise-vent et réduction du ruissellement, mais augmentation de l'ETR) ;
Augmentation de l'ET	<ul style="list-style-type: none"> – réduction du ruissellement, – drainage biologique des sols et des versants ;
Recyclage des nutriments	<ul style="list-style-type: none"> – prélèvements dans les couches profondes, – réduction de la lixiviation des nutriments solubles, – augmente la période de disponibilité des nutriments ;
Caractéristiques physiques du sol	<ul style="list-style-type: none"> – amélioration de la structure, stabilité des agrégats, porosité, perméabilité, stock d'eau utile, drainage ;
Variation du microclimat (ombrage)	<ul style="list-style-type: none"> – réduction des températures et de l'évapotranspiration, – amélioration du bilan d'eau, – assèchement des horizons profonds du sol.

Le prélèvement en profondeur du phosphore est probablement négligeable, en raison des très faibles concentrations de phosphore disponibles dans le sous-sol. Les deux principaux modes de perte de phosphore sont les exportations provoquées par les récoltes et l'érosion.

La nature des arbres, leur gestion et leur traitement dans les parcelles agroforestières déterminent l'effet du système sur la durabilité de la fertilité du sol. Certaines espèces produisent beaucoup de feuillage donnant lieu à la formation d'une litière abondante. Les espèces les plus intéressantes sont à feuillage caduc (mûrier, acacia, olivier). Les paysans peuvent procéder à la coupe et à l'épilage de branchages sur la surface des parcelles cultivées. Cet apport en matière organique est incorporé au sol au moment des labours. On peut aussi penser que la mésofaune qui enfouit la litière forestière et forme les horizons humifères sous forêt joue ce rôle dans des systèmes culturaux de semis direct sous la litière (no-tillage ou reduced-tillage systems) (MRABET *et al.*, 2004).

Quelques espèces agroforestières du Maroc

L'eucalyptus

Les espèces les plus utilisées sont l'*Eucalyptus camaldulensis* et *E. gomphocephala*. Les arbres peuvent être plantés le long des berges des ravins, en bordure des parcelles cultivées, le long des limites de propriété et autour des habitations.

Pour la production de perches de construction ou de manches d'outil agricoles, les densités de plantation peuvent être élevées (2 x 5 m). Sur les berges des ravins, 2 à 3 rangées peuvent être installées, espacées de 2 m. Les plants sont disposés en quinconce. Plus le milieu est aride et plus l'espacement doit être grand. Les eucalyptus peuvent être utilisés aussi pour l'ombrage et l'agrément des habitations paysannes et de leurs dépendances (hangars, écuries). Dans les zones arides et semi-arides, très ensoleillées durant une grande partie de l'année (mars à octobre), *E. gomphocephala* et *E. torquata* peuvent être utilisés à des densités relativement faibles. Ces deux espèces résistent au froid et à l'aridité de ces zones.

Ces espèces à croissance rapide sont utilisées aussi pour la stabilisation des versants où les glissements de terrain sont importants (Rif occidental marneux, schisteux), pour la stabilisation des pistes et le dessèchement des zones humides marécageuses, sources de parasites et de moustiques (Rharb). Pour réduire les risques de mouvement en masse, il faut exploiter les eucalyptus dès le stade de perches (période de 7 à 10 ans où l'arbre développe la plus forte ETR) sans quoi le poids du tronc et de la canopée peut engendrer les glissements de terrain.

Les plantations d'eucalyptus ont permis le développement d'une apiculture importante dans certaines zones du Maroc. Le coût de la plantation est relativement faible. Depuis plusieurs années, les services forestiers fournissent gratuitement les plants aux paysans qui les demandent. Le transport et la plantation sont à leur charge. Un arbre planté reviendrait de 2 à 5 Dm.

L'Acacia cyanophylla

Parmi les nombreux acacias utilisés au Maroc, l'espèce la plus utilisée est *Acacia cyanophylla*. C'est un arbuste fourrager de moins de 5 m de haut. L'enracinement de cette légumineuse originaire d'Australie occidentale présente d'importantes nodosités fixatrices d'azote. Il produit annuellement beaucoup de branchage, feuillage, gousses et graines. C'est une espèce à longévité réduite (moins de 10 ans), qui préfère les sols sablonneux et qui prospère en climat semi-aride à humide (plus de 250 mm/an). Le feuillage et les jeunes rameaux de cette espèce constituent un aliment bien apprécié par les petits ruminants. Ce type de fourrage est riche en protéine mais relativement pauvre en énergie. Un kilo de matière sèche de la phytomasse disponible fournit en moyenne 0,4 UF (unité fourragère). En plus, cette espèce améliore le sol, protège le milieu contre l'érosion et produit du bois multi-usages. Les plantations

Tableau 9
Analyses chimiques des parties vertes de l'Acacia cyanophylla

	Matière sèche %	Matières minérales (g/kg MS)	Matières organiques (g/kg MS)	Matière azotée totale (g/kg MS)	Cellulose brute (g/kg MS)
Feuilles et brindilles tendres	41	106	894	123	179

Tableau 10
Production de l'Acacia cyanophylla

Bioclimat	Densité moyenne (plants/ha)	Production matière sèche (kg MS/ha/an)	Valeur énergétique (UF/kg MS)	Production fourragère (UF/ha/an)
Sub-humide (nord)	1 000	2 000	0,4	800
Semi-aride (centre)	800	1 500	0,4	600

d'acacias sont utilisées comme réserve fourragère sur pied (feuillage et gousse) principalement pour la sauvegarde du cheptel pendant les périodes de soudure hivernale et pendant les années de sécheresse où l'herbe est rare.

Généralement, les plants d'acacia sont élevés en pépinière et plantés sur le terrain à l'âge de 7 à 8 mois. La période favorable de mise en place des plants s'étend du 15 novembre jusqu'au 30 mars. La densité de plantation de l'acacia varie de 700 à 1 100 plants/ha selon la pluviosité et les conditions édaphiques. Les trous de plantation sont des cubes de 50 cm de côté.

Le coût de la plantation de l'acacia est relativement faible (2 à 5 Dm par plant).

Le caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est un arbre pouvant atteindre 7 à 20 m de hauteur et des circonférences à la base du tronc de 2 à 3 m selon les stations. Son feuillage est dense et persistant. C'est un arbre xérophytique à longévité considérable, jusqu'à 200 ans. Les racines sont fortes et pénètrent dans le sol jusqu'à une profondeur de 18 m. Sa croissance est très lente, surtout à son jeune âge. Le caroubier marocain est unisexué. La forme hermaphrodite reste rare.

Le caroubier est une espèce agro-sylvo-pastorale avec des intérêts socio-économiques et écologiques importants. Il s'installe favorablement dans les zones arides et semi-arides (< 200 à > 800 mm/an). Il présente un intérêt de plus en plus grand en raison, non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet d'un commerce dont la valeur dépasse celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et de l'Amérique. La demande mondiale pour la gomme correspond à environ 35 000 t de graines.

Le caroubier occupe au Maroc une surface d'environ 30 000 ha. Il s'étend sur les plaines et les moyennes montagnes du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas. Souvent en association avec l'oléastre, le lentisque, le thuya ou l'arganier, il se développe dans les bioclimats humide, sub-humide, semi-aride et aride côtier à variantes chaudes et tempérées. C'est une espèce plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm) mais pas au froid. Elle tolère les sols pauvres, sablonneux, limoneux lourds, rocaillieux et calcaires, des pH de 6,2 jusqu'à 8,6 mais craint les sols acides et humides. La tranche altitudinale optimale à son développement est de 600 à 1 000 m.

Sa production annuelle dépend du bilan hydrique dans le sol, notamment des précipitations. Elle varie de 10 000 à 16 000 t en gousses (4 800 t en graines). Elle n'a pas cessé d'augmenter depuis une vingtaine d'années. Selon les plantations, elle est passée de presque 1 t/ha/an à plus de 6 t/ha/an.

Dans les peuplements naturels, et selon leur gestion antérieure, les densités varient de 5 à 25 pieds/ha. Les arbres sont hétérogènes du point de vue âge, forme et vigueur. Du fait de leur importance croissante dans le revenu de l'exploitation et dans le bilan fourrager des troupeaux, les paysans prennent de plus en plus soin de ces arbres, aussi bien en forêt que dans les parcelles cultivées. Les rejets et gourmands sont coupés, les arbres sont taillés et les mâles sont greffés par des greffes femelles de bonne souche (qualité et production).

Dans les vergers récents (peu nombreux), le caroubier est planté à 100-200 pieds à l'ha. Il est conduit comme un arbre exclusivement fruitier (gousses et graines). Les arbres sont taillés, irrigués, fertilisés et traités contre les maladies.

Le caroubier est cultivé pour divers usages. La gousse, fruit du caroubier, se compose d'une pulpe enveloppant une graine. Les sous-produits, la farine de pulpe, la farine de graines et la protéine de germe de caroube sont utilisés en alimentation humaine et animale :

- la farine obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses dégrainées est utilisée en agro-alimentaire et pour la production d'alcool ;
- la gomme extraite de la graine rentre dans la composition de produits agro-alimentaires, pharmaceutiques (contre les diarrhées), textiles et cosmétiques. Une quantité de 100 kg de graines donnent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche ;
- lors de la préparation de la gomme de caroube, la graine génère un sous-produit très riche en protéines, le germe ; il contient 35 % à 50 % de protéines utilisées dans l'alimentation des poulets ;
- la pulpe contient une grande proportion de sucre (glucose, saccharose, fructose), 35 à 50 %, dont on tire une mélasse. Après un processus de torréfaction, elle est aussi utilisée comme un substitut au cacao. La pulpe de caroube ne renferme ni théobromine, ni caféine, mais elle contient une quantité élevée de polyphénols, qui donne un « chocolat » de qualité. La pulpe contient aussi un galactomanane utilisé dans l'agro-alimentaire comme épaississant pour les glaces ;
- le caroubier est une excellente plante mellifère et pastorale : les feuilles et la pulpe des gousses ont des valeurs fourragères, respectivement, de 0,3 et 0,6 à 0,9 UF/kg de matière sèche.

On se sert aussi du caroubier pour lutter contre l'érosion des sols sur les versants en pente, comme brise-vent et comme arbre ornemental. Son bois est apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon. L'écorce et les racines sont employées dans le tannage. Le prix de vente des caroubes varie de 3 à 5 Dm/kg d'août à septembre, et jusqu'à 9 Dm d'avril à juillet. Les graines décortiquées sont vendues entre 22 et 32 Dm/kg dans trois régions commerciales : Fès, Marrakech et Agadir.

En peuplement naturel, le caroubier fructifie à l'âge de 10 ans. Conduit en verger intensif, il peut produire dès 5 ans. Avec des densités de 45 à 100 pieds/ha, la production moyenne est de 2 à 3,5 t/ha. Des arbres adultes isolés peuvent fournir plusieurs quintaux de gousses, 300 kg ne sont pas rares. Un verger de 50 arbres par hectare, produisant en moyenne à l'âge adulte 70 kg/arbre, fournit 3,5 t/ha.

Le caroubier est une espèce dioïque et les peuplements spontanés ont une diversité génétique importante, mais sa fructification est très irrégulière à cause généralement d'une mauvaise pollinisation et d'une déficience en soins culturaux. Ses qualités de rusticité ont fait de lui un arbre multiplié depuis longtemps par les forestiers.

Au Maroc, la méthode la plus utilisée pour multiplier le caroubier est le semis. Cette technique, par voie sexuée, présente un certain nombre d'inconvénients :

- les semis donnent 50 % de mâles improductifs ;
- la production est très tardive : plus de 8 ans.

Le bouturage est une technique limitée. Les résultats varient en fonction des arbres et de la nature de la bouture. Le greffage en fente apicale est une technique efficace et maîtrisée par les paysans.

Exigeant en lumière, le caroubier ne supporte pas des densités élevées (100 à 200 arbres/ha) en fonction de l'eau disponible et de la forme de l'arbre. Pour assurer la pollinisation, il est nécessaire d'avoir un pollinisateur pour 10 pieds femelles.

Les trous de plantation (1 m³) doivent permettre un développement vigoureux du système racinaire et une meilleure résistance à la sécheresse. Le trou doit être irrigué juste après la plantation. Un paillage (mulching) aide à protéger les plants du gel et à limiter l'évaporation. La meilleure période de plantation serait vers le début du printemps. Les rejets des souches doivent être limités pour maintenir un seul tronc.

Tableau 11
Coût d'installation d'un verger de caroubiers

Nature des opérations	Coût (Dm/ha)
Achat des plants (150)	1 500
Transport des plants	1 500
Ouverture des trous (150) et plantation (rebouchage)	7 500
Fumure (organique et minérale)	750
Paillage après plantation	750
Irrigation (première et deuxième saison estivale)	3 000
Total	15 000

Le figuier

Le figuier (*Ficus carica*) appartient au genre *Ficus* qui comprend 700 espèces. Cette espèce a une importante capacité de régénération végétative et de production de fruits. C'est un arbre de hauteur très variable. Dans le bassin méditerranéen, il atteint douze mètres de haut. Le figuier craint le froid et il est déconseillé d'installer des plantations commerciales dans les régions où la température descend en dessous de 5 °C.

La superficie totale occupée par le figuier au Maroc est de 42 000 ha. Il existe cinq grandes zones de production de figues : Taounate (22 230 ha), Chefchaouen (7 050 ha), Al Hoceima (5 000 ha), Ouezzane (3 150 ha) et Tétouan (2 000 ha). D'autres plantations sont réparties entre Taza, Nador, Essaouira, El Jadida et Safi. Le rendement moyen est de 2,5 t/ha, ce qui est très bas comparé aux 5 à 8 t/ha des plantations industrielles. Le figuier est productif à compter de la quatrième année et atteint son maximum de production vers 12 ans. On trouve les variétés Ounk H'Man, El Homran, Mebdar qui sont à peau violette et El Mansour, Nabort, El Koto, Beida, Ferzaoui, à peau verte.

Le figuier joue également un rôle important dans la conservation des sols et l'embellissement des paysages. Arbre rustique et facile à conduire, cette espèce mériterait d'être développée, bien que les fruits soient fragiles à transporter.

La période de fructification des figuiers est très différente selon les variétés. Certaines variétés n'ont qu'une seule fructification, d'autres fournissent deux récoltes par an, l'une de gros fruits, ou figues fleurs (Bakor), formés sur les rameaux de l'année précédente, qui mûrissent en juillet-août, et l'autre de fruits standard, formés sur les rameaux de l'année, qui mûrissent en septembre-octobre (Karmousse).

La production du figuier commence au bout de 12 ans, se poursuit jusqu'à 50 ans et fournit de 15 à 80 kilos de fruits par arbre. La production diffère selon le mode de culture et la qualité de la terre. L'échelonnement de la maturité des fruits peut s'étendre sur plusieurs mois et va nécessiter une récolte tous les deux jours, et par conséquent une main-d'œuvre très importante. Par exemple, la figue d'automne demande 90 à 100 jours de passages.

La figue est très énergétique, riche en vitamines et en éléments minéraux. Ce fruit qui a aussi des propriétés laxatives et diurétiques peut être séché et transformé. Le figuier s'adapte à tous les types de sol mais il préfère des sols sableux profonds, fertiles et bien drainés. Ses racines sont généralement traçantes et les travaux du sol doivent être limités à la couche superficielle du sol. Avec le développement de la frondaison (4^e année), le couvert végétal réduit la concurrence des adventices.

Le figuier se multiplie principalement par boutures. La période la plus favorable est début mars. Le plus simple est de couper une branche en tronçons de 15 à 25 cm et de les planter dans une terre riche en humus en laissant dépasser 1 ou 2 yeux. Il faut le protéger des gelées printanières et du soleil en cas de forte chaleur. La plantation d'un figuier mâle suffit pour 20 arbres femelles. Le figuier a besoin de soleil et de chaleur ; le planter de préférence en situation abritée, le long d'un mur orienté au sud. Les espacements de plantations varient selon la

Tableau 12
Coût d'installation d'un verger de figuiers

Nature des opérations	Coût (Dm/ha)
Achat des plants (300)	3 000
Transport des plants	1 500
Ouverture des trous (300) et plantation (rebouchage)	6 000
Fumure (organique et minérale)	750
Paillage après plantation	750
Irrigation (première et deuxième saison estivale)	3 000
Total	15 000

richesse du sol, de la pluviosité annuelle et des possibilités d'irrigation : 3 à 6 m sur le rang et 5 à 7 mètres entre les lignes (250 à 400 plants/ha).

Bien que le figuier soit tolérant à la sécheresse, des arrosages copieux améliorent la production en quantité et en qualité. Ses besoins réels annuels sont de l'ordre de 600 mm, surtout au printemps et en début de l'été. Les arrosages doivent être espacés et copieux. Mais des pluies abondantes en période de maturité fragilisent l'épiderme et provoquent l'éclatement des fruits.

Le figuier pousse naturellement en cépée, mais il peut être conduit en gobelet sur un tronc de 1 à 2 m, ce qui permet une rotation des charpentières grâce aux rejets de souche.

Il n'y a pas de taille de fructification proprement dite, mais il faut équilibrer les charpentières et remplacer les branches dépérissantes. En raison de son bois tendre et creux et de sa faible aptitude à cicatriser, les coupes doivent être effectuées au printemps à la montée de sève.

Le figuier ne requiert pas de fortes doses de fumure azotée. En sol irrigué et riche, on peut préconiser une fumure riche en potasse de type 1-2-2,5 (NPK). En sol pauvre, l'apport du fumier additionné à la potasse (200 unités) est préférable. La fumure doit être apportée loin du tronc et à l'aplomb du feuillage. Bien que ses ennemis soient nombreux (cochenille, mouche de la figue, teigne, chancre, mosaïque), le figuier est un arbre rustique ne demandant pas de traitements particuliers. Un traitement d'hiver préventif au cuivre peut être suffisant.

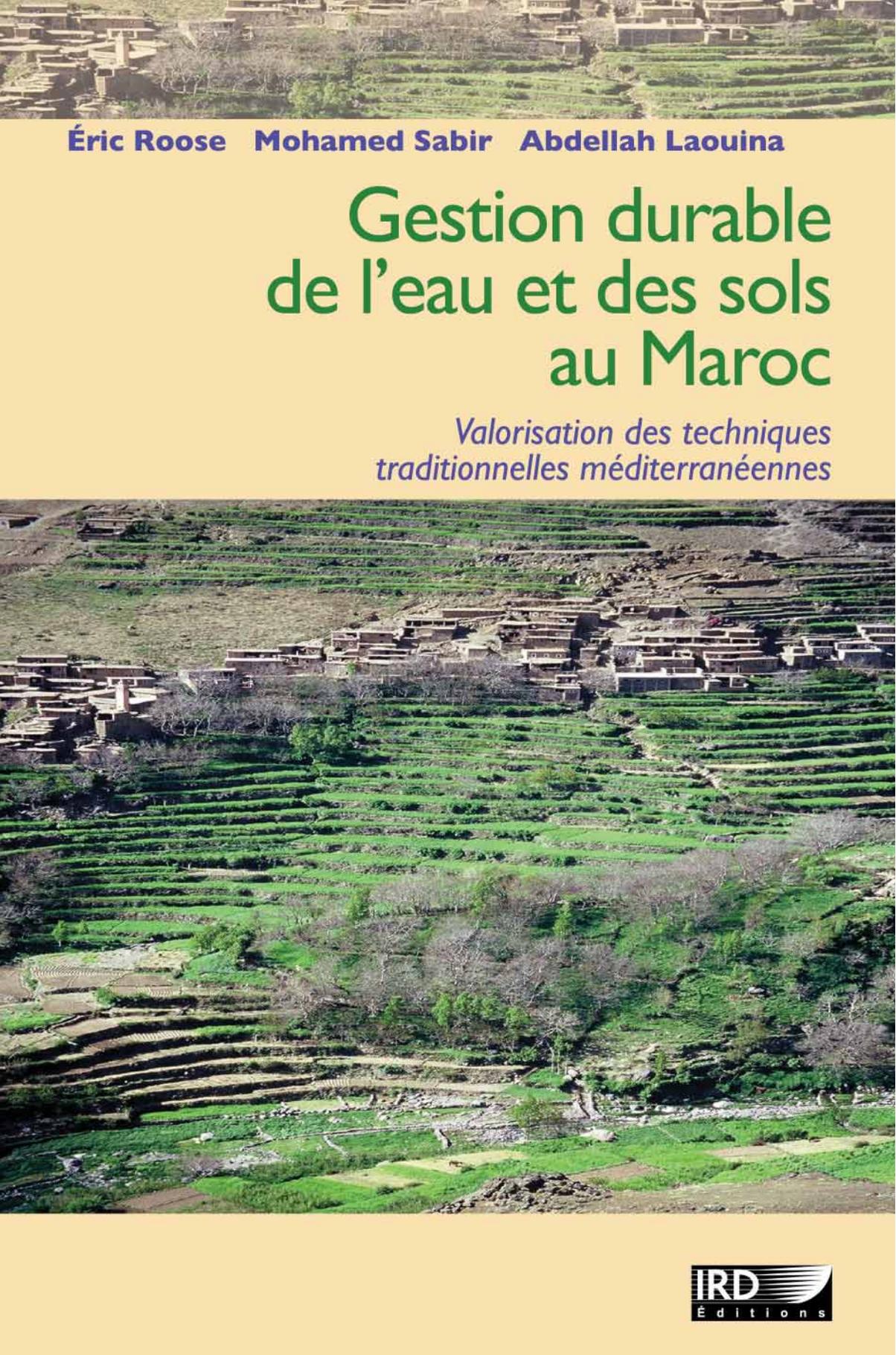
La mise à fruit débute à partir de la 3^e année, mais le rendement maximal (de 5 t/ha en terrain sec à plus de 20 t/ha/an en culture irriguée) est atteint à l'âge de 6 ans.

Conclusion

L'arbre occupe une place importante dans l'équilibre des écosystèmes marocains. Cependant, on constate que les forêts naturelles sont en net recul devant la pression foncière, alors que les cultures arborées fruitières envahissent les

fonds de vallée. Le rôle des fruitiers n'est pas identique à celui des arbres des forêts, mais ils apportent à la fois des revenus plus importants aux populations rurales montagnardes et de nombreux services écologiques (énergie, fourrages, séquestration du carbone, recyclage des nutriments lessivés sous les racines des plantes annuelles, augmentation de l'évapotranspiration réelle et stabilisation des versants susceptibles de migrer par érosion en masse). Enfin, le bois des arbres fruitiers en fin de vie a une grande valeur pour l'ébénisterie (déroulage et marqueterie). Il est clair que les paysans préfèrent la plantation de fruitiers à la plantation d'arbres forestiers qui inhibent la croissance des herbes fourragères exploitées par le bétail.

Reste le problème des soins sanitaires et de la taille des arbres fruitiers qui, souvent plantés trop serrés, produisent plus de bois et de fourrage que de fruits commercialisables.

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

Éric Roose Mohamed Sabir Abdellah Laouina

Gestion durable de l'eau et des sols au Maroc

*Valorisation des techniques
traditionnelles méditerranéennes*

Gestion durable des eaux et des sols au Maroc

Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes

Éric ROOSE

Mohamed SABIR

Abdellah LAQUINA

avec la participation de

Faiçal BENCHAKROUN, Jamal AL KARKOURI,

Pascal LAURI, Mohamed QARRO

IRD Éditions

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2010

Préparation éditoriale
Marie-Odile Charvet Richter

Mise en page
Bill Production

Maquette de couverture
Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure
Pierre Lopez

Coordination, fabrication
Marie-Odile Charvet Richter

Photo de couverture

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

La loi du 1^{er} 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^{er} 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