

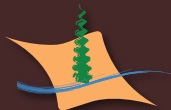
Centre de Recherche Forestière

Collection Maroc Nature

Le caroubier au Maroc

Un arbre d'avenir

Hassan SBAY



Haut Commissariat aux Eaux et Forêts
et à la Lutte Contre la Désertification

Le caroubier au Maroc

Un arbre d'avenir

La Collection Maroc Nature est éditée
par le Centre de Recherche Forestière

Directeur de la collection *Mohamed Benzyane*
Chargée d'édition *Ghizlane El Bayed*

Création graphique *L'Agence+*
Direction artistique & croquis *Latifa M'haoui*
Graphismes *Hind Cherkaoui et Said El Bouchikhi*
Correction *Virgine Tiberi*
Impression *Texte*

Dépôt légal : 2008 MO 2798

ISBN : 978-9981-824-22-4

ISSN :

Collection Maroc Nature

Sous la direction de Mohamed Benzyane

Le caroubier au Maroc

Un arbre d'avenir

Hassan SBAY

Centre de Recherche Forestière

Charia Omar Ibn Khattab, B.P. 763 Agdal • Rabat • Maroc

Tél.: +212 (0) 37 67 25 47 / +212 (0) 37 67 27 59

Fax : +212 (0) 37 67 11 51

e-mail : rechfor@iam.net.ma



Sommaire

Introduction	07
Chapitre I : Biologie et Écologie	08
01 Description	09
02 Aire de répartition	10
03 Ecologie	11
04 Floraison et fructification	11
05 Maladies du caroubier	12
Chapitre II : Propriétés et Utilisations	14
01 Composition des caroubes	15
02 Rendements	16
03 Transformation des caroubes	16
04 Utilisations	18
Chapitre III : Importance économique et commercialisation .	20
01 Importance économique	21
02 Commercialisation au Maroc	22
03 Production mondiale	23



Chapitre IV : Techniques culturales	24
01 Récolte et extraction des semences	25
02 Germination des graines	25
03 Préparation du sol	26
04 Plantation et irrigation	27
05 Densité	27
06 Fertilisation	28
07 Entretien du sol	30
08 La taille	30
09 Dépressage et éclaircie	31
10 Multiplication végétative	31
11 Bouturage	32
12 Culture in vitro	32
13 Greffage	33
14 Valorisation des peuplements spontanés	34
15 Pollinisation du caroubier	35
Chapitre V : Amélioration et conservation des ressources génétiques	36
01 Amélioration génétique	37
02 Conservation des ressources génétiques	38
Perspectives	42
Bibliographie	44

Introduction

Le caroubier est un arbre d'exception qui opère une véritable fascination. Sa silhouette d'une noble beauté évoque le soleil et la chaleur. Son feuillage vert persistant en fait, toute l'année, l'un des plus beaux arbres. Sans oublier ses fruits, aux vertus et utilisations diverses.

Le caroubier est une essence méditerranéenne, connue, acclimatée et cultivée sous nos latitudes depuis la plus haute antiquité. Son importance s'est considérablement accrue ces dernières années, de part le développement industriel de la caroube, devenue une matière première indispensable.

Le caroubier présente des atouts dignes d'intérêts aussi bien sur le plan écologique (adaptation à la sécheresse, se contente des sols pauvres et rocailleux, tolère des températures de -6 à 50°C), biologique (fixation d'azote, résiste au feu, aux mutilations et aux maladies), agronomique (rendement élevé dans les zones arides en comparaison avec l'olivier, l'amandier, le blé tendre et l'orge), génétique (présence d'une grande variabilité génétique) que socioéconomique (source de revenu stable pour la population locale, participe au développement de l'économie nationale et régionale).

C'est une espèce agro-sylvo-pastorale à usages multiples. Elle peut être utilisée pour la valorisation des terres marginales, comme barrière contre la désertification, pour la lutte contre l'érosion, comme pare-feu et comme brise vent ; elle est utilisée également comme espèce fourragère, ornementale, aromatique et médicinale.

Le caroubier est particulièrement abondant dans certaines zones (Marrakech, El ksiba, Khenifra, Beni Mellal, Meknès, Essaouira, Elhaouz, Kasba Tadla.....), il offre le moyen, aux agriculteurs de cette région, de mettre en

valeur des terrains inutilisables pour toutes autres cultures. Ces régions pourraient devenir des centres de production des caroubes au Maroc. Aucune raison ne s'oppose à la réussite du caroubier dans ces zones où l'on peut voir d'ailleurs quelques spécimens poussant sans soins et donnant des rendements intéressants.

L'identification et la multiplication des arbres dans les populations naturelles, basées principalement sur la performance de rendement, sont une bonne alternative pour notre pays où l'on trouve un grand nombre d'écotypes à l'état sauvage.

Disposant d'un milieu particulièrement favorable, égal sinon supérieur à ses concurrents, notre pays se doit de développer la ceratoniculture et devenir le premier producteur mondial.

Le présent ouvrage s'inscrit dans la politique de développement de la gestion forestière durable du Haut Commissariat Aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification. L'objectif est de mettre à la disposition de tous les gestionnaires forestiers, producteurs, industriels et investisseurs, des outils de conduite des plantations du caroubier et de mise en valeur des peuplements existants.

Ce guide est destiné en priorité aux sylviculteurs qui souhaitent mieux appréhender les potentialités de production de leurs carouberaies, choisir en connaissance de cause les scénarios adaptés dans le cas d'un projet de reboisement ou de mise en valeur de terrain incultes et improductifs. Il peut également être utilement consulté par toute personne désireuse de s'informer sur le caroubier et la ceratoniculture, (étudiant, chercheur, agriculteur, ONG...).



Chapitre I Biologie et écologie



01 Description

Ceratonia siliqua L.

Le mot «**caroubier**» vient de l'arabe marocain el kharroube, tasliroua ou tikida en berbère, caroubier en français et carob tree en anglais, algarrobo en espagnol, carrubo en italien, alfarrobeira en portugais, karubbaum en allemand, charaoupi en grec et charnup en turc. Il est aussi appelé pain de saint Jean-Baptiste, figuier d'Égypte ou fève de Pythagore.

Son nom latin *ceratonia* vient du grec *keratia* signifiant «petite corne» (en référence à ses caroubes, gousses en forme de cornes à maturité). Le nom d'espèce, *siliqua*, désigne en latin une siliqua ou gousse.

Le genre *Ceratonia* (**fig. n°1**), appartient à la famille des légumineuses, ordre des Rosales, sous famille des Caesalpinioideae.

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliosida
- Sous-classe : Rosidae
- Ordre : Rosales
- Famille : Legumineuses
- Sous-famille : Caesalpinioideae
- Sous-tribu : Ceratoniinae
- Genre : *Ceratonia*

Fig. 1 : Classification du genre *Ceratonia*



Le caroubier, arbre toujours vert (**Photo n°1**), à cime très étalée, peut atteindre 8 à 17 m de hauteur, 85 cm de diamètre et vivre jusqu'à 200 ans. Son écorce est brune, rugueuse. Ses feuilles sont persistantes et coriaces de couleur vert sombre, grandes de 10 à 20 cm, paripennées composées de 2 à 6 folioles ovales ou elliptiques. Leur épiderme est protégé par une épaisse couche de polyphénols, les stomates sont groupés dans la partie inférieure de l'épiderme. Le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne mais seulement en juillet tous les deux ans, ces dernières sont partiellement renouvelées au printemps (mars - avril).

Son bois dur et rougeâtre est très apprécié en ébénisterie. Sa croissance est très lente pendant les premières années. La racine pivotante est forte et peut atteindre 20 m de long.

Photo n°1 : Caroubier



02 Aire de répartition



Originaire du Moyen-Orient, le caroubier est aujourd'hui répandu dans tout le bassin méditerranéen. On le rencontre principalement en Espagne, Portugal, Maroc, Grèce, Italie, Turquie, Liban, Algérie, Tunisie, Égypte, et Chypre. Ces dernières années le caroubier a été également introduit en Australie, en Afrique du Sud, aux États-Unis, en Inde et en Amérique du Sud (Tous et al., 1996).

Au Maroc, il est localisé (fig. n°3), en association avec l'olivier, le lentisque, le thuya ou l'arganier, dans les plaines et les moyennes montagnes du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas, (Zouhair, 1996) en bioclimats humide, sub-humide, semi-aride et aride côtier à variantes chaude et tempérée. Sa densité à l'hectare varie de 5 à 25 pieds.

La distribution mondiale (fig. n°2) du caroubier est présentée ci-après.

Fig. 2 : Aire de répartition du caroubier (Batlle et Tous, 1997)

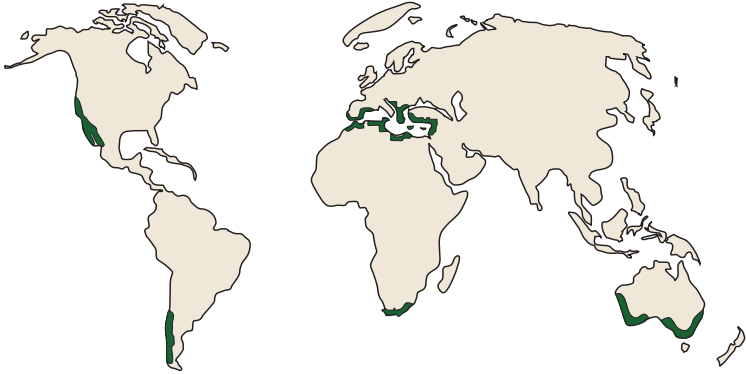


Fig. 3 : Peuplements naturels du caroubier au Maroc

03 Ecologie



Le caroubier est une essence, très plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm de pluie) mais pas au froid (Sbay & Abourouh, 2005).

Il n'a pas d'exigence particulière vis-à-vis de la nature du sol, il peut prospérer dans les terrains les plus divers (Morton, 1987), depuis les terres d'alluvion les plus riches jusque sur les rochers les plus arides. Il ne craint pas les sols légèrement salés. Il tolère les sols pauvres, sablonneux, limoneux lourds et rocailleux, des pH de 6,2 jusqu'à 8,6 mais craint les sols acides et humides. Le caroubier préfère les sols calcaires, bien drainés et aérés et pas trop argileux. Il redoute les gelées printanières dans certaines localités. Sa croissance est d'autant plus lente qu'il est placé dans de mauvaises conditions.

L'arbre fixe l'azote de l'air et résiste aux maladies et au feu.

04 Floraison et fructification



Le caroubier est trioïque (rapport mâle/femelle 50-50 incluant quelques hermaphrodites), le nombre de chromosomes est $2n = 24$. Il figure parmi les rares arbres qui fleurissent en automne (septembre à novembre) à partir de sa sixième année. L'inflorescence femelle consiste en un pistil cylindrique de 6 à 12 mm de long (photo n°2), sur lequel sont disposées en spirale 17 à 20 fleurs brunâtres, unisexuées.

L'ovaire est composé de deux carpelles de 5 à 7 mm de long contenant plusieurs ovules. L'inflorescence mâle (photo n°3), consiste en un disque nectarifère volumineux entouré de 5 étamines.

Les gousses ou caroubes (photo n°4), dont le développement est très long (10 à 11 mois), sont indéhiscentes, de 10 à 30 cm de longueur sur 1,5 à 3 cm de largeur, pendantes.



Photo n°2 : Inflorescence femelle



Photo n°3 : Inflorescence mâle



Photo n°4 : Gousses vertes

D'abord vertes en novembre-décembre, elles deviennent brun foncé en juillet de l'année suivante lorsqu'elles sont à maturité. Chaque caroube pèse une quinzaine de grammes, contient de la pulpe charnue (80 à 90 %) et 10 à 15 graines (10 à 20 %) dures, imperméables, d'un beau brun foncé, brillant et de poids régulier. Les différents constituants de la graine sont : les téguments (30 à 33 %), l'endosperme (42 à 46 %) et l'embryon (23 à 25%).

En général, dans des zones marginales, la période végétative est longue, de 6 à 8 ans, alors que dans de meilleures conditions la floraison commence à l'âge de 3 ou 4 ans. Les caroubiers commencent à fructifier à la 5^{ème} ou à la 6^{ème} année lorsque la plantation est réalisée avec des plants greffés et à la 7^{ème} ou 8^{ème} année lorsque les plants ne sont pas greffés.

05 Maladies du caroubier

Bien que le caroubier soit une espèce résistante aux maladies, il peut cependant dans certaines conditions faire l'objet d'attaques par le sphaerella du caroubier (*Sphaerella cuprea*) qui macule de noir, parfois abondamment, les folioles.

De même, le tronc peut être attaqué par la petite cochenille blanche (*Aspidiotus hederae* vallet) (**photo n°5**). Cette dernière constitue généralement pour le caroubier une menace plus apparente que réelle car souvent, une coccinelle (*Chilocorus bipustulatus* L.), se charge de réduire l'invasion avant qu'elle n'ait atteint de trop grandes proportions.

Photo n°5 : Rameau de caroubier contaminé par *Aspidiotus hederae* ; on aperçoit sur le bas des chrysalides groupées de *Chilocorus bipustulatus* (Delassus & Lepigre 1932)





Photo n°6 : Larve de *Zeuzera pyrina* L

En Espagne l'insecte polyphage le plus redoutable est *Zeuzera pyrina* L (photo n°6), en effet, sa larve attaque le bois du tronc et des branches et cause ainsi des dégâts importants. Un coléoptère, *Cerambyx velutinus*, peut également creuser des trous dans le tronc (Batlle et Tous, 1997).

Les gousses peuvent être infestées par un petit polyphage : la pyrale du caroubier (*Myelois ceratoniae* Z.). Elle pond des oeufs sur les fleurs ou les gousses récemment formées, les larves pénètrent par la suite, dans les gousses et les ruinent. Stockées dans des conditions humides elles peuvent

être également attaquées par la mite du caroubier (*Ectomyelois ceratoniae*), et par les larves d'un moucheron, *Asphondylia gennadii*.

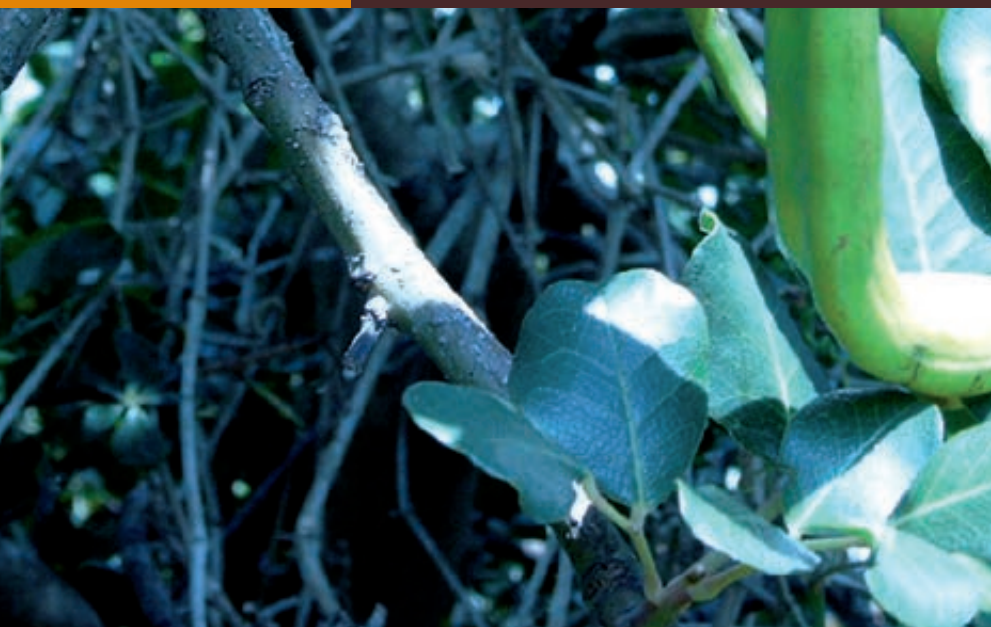
La déformation de jeunes gousses peut être provoquée par le champignon *Oidium ceratoniae* C. Ce dernier peut également causer des dégâts sur les feuilles (rouille surtout en atmosphère humide).

Les rongeurs, surtout les rats, peuvent dans certaines conditions, grimper aux arbres et ronger l'écorce jusqu'à ce que les branches meurent.





Chapitre II Propriétés et utilisations



01 Composition des caroubes



La composition chimique des différents constituants dépend du cultivar, de la zone de culture et de la date de récolte. En Turquie, une étude comparant les profils principaux de sucres des pulpes de caroubier des variétés cultivées et sauvages, a montré que le saccharose est le sucre le plus abondant avec de plus petites quantités de glucose et de fructose, que les variétés cultivées ont une plus grande concentration de saccharose par rapport aux variétés sauvages. Alors que les taux des sucres individuels par rapport

aux sucres totaux étaient semblables dans les deux cas (Biner, 2007).

La pulpe charnue est constituée d'environ 50 % de sucres (principalement saccharose, glucose, fructose et maltose), 18 % de cellulose et d'hémicellulose, 16 à 20 % de tanins et 1 à 2 % de protéines. La caroube, contrairement à son homologue le cacao, ne contient ni théobromine, ni caféine. Elle est riche en calcium, phosphore, potassium, magnésium, et pectine (**Tableau n°1**).

Tableau n°1 : composition de 100g de farine

100 grammes de graine		Vitamines		Éléments minéraux	
Matières grasses	31 g	Vitamine A	2 IU	Calcium	303 mg
Carbohydrates	56 g	Vitamine C	0.5 mg	Fer	1.29 mg
Protéines	8 g	Vitamine E	1.18 mg	Magnésium	36 mg
		Vitamine K	7.7 µg	Phosphore	126 mg
		Thiamine	0.1 mg	Potassium	633 mg
		Riboflavine	0.178 mg	Sodium	107 mg
		Niacine	1.04 mg	Zinc	3.53 mg
		Vitamine B6	0.13 mg	Cuivre	0.183 mg
		Vitamine B12	1 µg	Manganèse	0.14 mg
		Acide Pantothénique	0.75 µg	Sélénium	5.2 µg

La graine est composée essentiellement d'antioxydants et de polysaccharides (galactose et mannose dans une proportion de 1 pour 4). Son embryon est riche en protéines (52 %) et en carbohydrates (27 %). Aussi, l'analyse de la composition chimique de la farine du germe du caroubier a montré une haute quantité d'acides aminés comme l'acide glutamique, l'acide aspartique et l'arginine (Bengoechea, 2008).

02 Rendements



L'arbre commence à produire des gousses à partir de l'âge de 6 ans. La production croît progressivement avec l'âge et se stabilise à 40-50 ans. Elle est insignifiante jusqu'à l'âge de 7 ans, de 10 à 40 kg/arbre jusqu'à 20 ans, de 50 à 80 kg jusqu'à 30 ans, de 60 à 120 jusqu'à 40 ans et atteint 100 à 200 kg/arbre à partir de 50 ans. Le rendement dépend des conditions du milieu, des cultivars, de l'année et des soins culturaux. Dans des conditions favorables, certains sujets isolés peuvent produire jusqu'à 1000 kg/an ; les pieds femelles ont un rendement supérieur à celui des hermaphrodites.

En Catalogne, Espagne, (précipitation 500 mm/an) les arbres adultes avec le système de goutte-à-goutte reçoivent

approximativement 300 l d'eau additionnelle par arbre et par an plus de 9 irrigations durant les périodes sèches, les rendements moyens obtenus varient entre 6 et 7 t/ha à l'âge de 11 ans (Batlle & Tous, 1997).

Bien que les arbres produisent des rendements faibles dans les vieilles plantations (1 500-3 000 kg/ha), le potentiel de production dans les vergers modernes est très important (5 000-7 000 kg/ha).

Aussi, les capacités du caroubier à survivre dans des conditions marginales d'aridité et de sécheresse ne devraient pas servir de base dans le cas où l'objectif est la production commerciale.

03 Transformation des caroubes

Après la récolte, les caroubes ont un taux d'humidité élevé (10-20%) et variable en fonction des conditions de récolte et des précipitations d'automne. Pour éviter la décomposition, les gousses exigent davantage de séchage et sont stockées sous abri dans des endroits secs et aérés pour ramener l'humidité à environ 8%.

Pour séparer les deux composants principaux (fig. n°4) : pulpe (photo n°7) et graines (photo n°8), les caroubes sont écrasées

mécaniquement, puis sont débarrassées des graines. Ce premier broyage grossier peut être suivi de la torrification et du meulage fin des morceaux de pulpe pour obtenir une poudre qui est commercialisée sous le nom de farine ou poudre de caroube (photo n°9).

Le prix de la pulpe dépend directement ou indirectement du prix du maïs ou d'autres produits qui sont employés pour l'alimentation animale et pour l'extraction de bioéthanol.



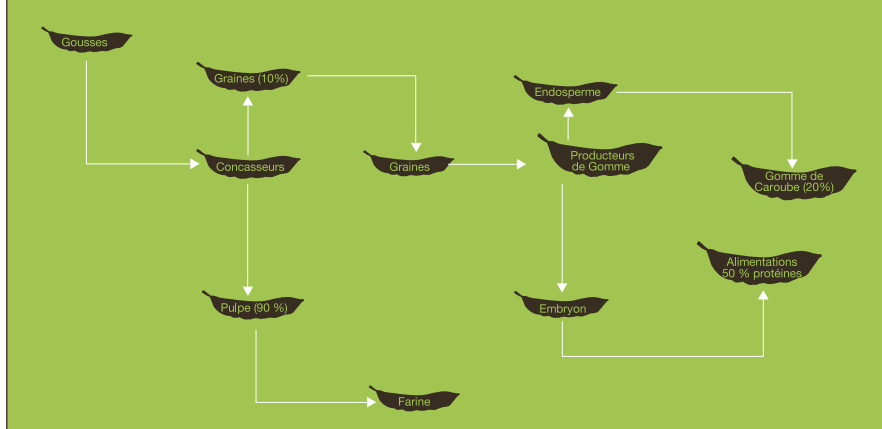


Fig. 4 : Processus de transformation des caroubes

Les graines de caroube sont transportées en vrac par camion aux usines de gomme. Il est difficile de traiter les graines puisque les téguments sont très durs. Les deux principales méthodes pour enlever les téguments sont :

- le trempage dans de l'acide sulfurique,
- la torréfaction (les graines rôtissent dans un four tournant)

Pendant le processus d'épluchage, l'endosperme peut être séparé des cotylédons en raison de leur différence de friabilité. En effet les embryons fragiles se transforment en poudre fine (repas de germe) et peuvent être séparés de l'endosperme par une opération de tamisage. Ensuite l'endosperme est moulu à la dimension désirée pour donner la gomme (photo n° 10).



Photo n°7 : pulpe du caroubier



Photo n°8 : graines du caroubier



Photo n°9 : farine du caroubier



Photo n°10 : gomme du caroubier



04 Utilisations



Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages. Ses fruits sont comestibles et sucrés. On tire de la caroube deux principaux produits. La farine, obtenue en séchant, torrifiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire comme antioxydant grâce à sa composition riche en polyphénols et pour la production industrielle de bioéthanol et d'acide citrique (Makris et Kefalas 2004).

La gomme extraite de l'endosperme, blanc et translucide, de la graine, est utilisée dans les industries agro-alimentaires, pharmaceutiques (principalement contre les diarrhées), cinématographiques, textiles et cosmétiques (**tableau n°2**).

Elle possède des caractéristiques très intéressantes en tant que multi additif (par

exemple pour le chocolat, la crème glacée, le yaourt, la mayonnaise, les confitures d'oranges, les bonbons, les potages, les sauces, le ketchup, la diététique etc.) (**Photo n°11**). Toutefois, cette substance en dépit de ses avantages fait face à une concurrence sérieuse des substances chimiques avec des propriétés semblables. 100 kg de graines donnent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche.

L'analyse de la gomme, brute et épurée, de sept populations issues du nord et du centre de la Tunisie (humidité, cendre, protéine, matière non soluble dans l'acide et le rapport de mannose/galactose) a montré que l'origine climatique et géographique de la caroube et le mode de culture ont une grande influence sur les propriétés chimiques et rhéologiques de la gomme (Bouzouita & al. 2007).

Tableau n°2 : utilisations de la gomme

Utilisations industrielles	Applications
Pharmaceutiques	Contre les diarrhées, dentifrice
Cosmétiques	Emulsions et mousse de rasage
Textiles	Coloration
Papier	Traitement de surface
Chimiques	Colle, colorant, polissage, allumettes, pesticides
Pétrole	Additif pour augmenter la stabilité
Exploitation minière	Produit de flottement
Absorbant	Absorbe l'humidité
Epaississant	Solidifiant, gélifiant
Explosifs	Capteur d'eau pour les explosifs



Par ailleurs, le caroubier est une plante mellifère et pastorale ; son miel est de bonne qualité et ses feuilles et la pulpe de ses fruits sont riches en unités fourragères (respectivement 0,29 et 0,6 à 0,9 UF/Kg de matière sèche). Il est également utilisé dans la lutte contre l'érosion des sols, comme brise-vent et comme arbre ornemental compte tenu de sa couronne sphérique,

et de son feuillage persistant, dense et brillant. Il est à ce titre largement planté en Californie et en Australie (Morton, 1987) comme arbre d'ombre et d'ornement le long des rues pour sa résistance à la sécheresse et sa tolérance à la pollution de l'air. Son bois est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon. L'écorce et les racines sont employées dans le tannage.

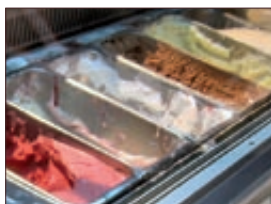


Photo n°11 : produits à base de caroubier





Chapitre III Importance économique
et commercialisation



01 Importance économique



Le caroubier présente un intérêt de plus en plus vif en raison non seulement de sa rusticité, son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, son système racinaire très développé, son bois de qualité, mais surtout de ses fruits qui font l'objet de transactions commerciales annuelles dont la valeur dépasse de loin celle de la production lignieuse.

Comparé aux céréales et à d'autres espèces fruitières, le caroubier est économiquement plus rentable dans les terrains bours (**tableau n°3**).

Il existe dans le pays une vingtaine d'unités concasseurs, de transformation et de production de la gomme dont la capacité dépasse les 80 000 tonnes. Les unités de transformations ont recours malgré le fort potentiel de production au niveau national à l'importation de certains dérivés

des caroubes pour faire face au déficit d'approvisionnement, l'Algérie est le principal fournisseur du Maroc. Tous ces produits sont par la suite, après transformation, exportés vers l'Espagne.

Les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe.

En 2006, la valeur des importations était de 46 074 millions de Dh. Les exportations pendant la même année s'élevaient à 500 765 millions de Dh.

La balance commerciale du secteur est de 454 691 millions de Dh en faveur des exportations (**fig. n°5**). Par ailleurs, le Maroc est le deuxième pays exportateur mondial de caroubes.

Tableau n°3 : Rentabilité économique de la culture du caroubier à l'hectare par rapport aux autres spéculations. Source : O.R.M.V.A.T (2005).

	Caroubier	Olivier	Amandier	Blé tendre	Orge
1- Dépenses :					
- location du terrain	500	500	500	500	500
- travaux mécaniques	500	500	500	300	300
- main d'œuvre	700	600	400	200	200
- autres	1 100	1 100	1 200	1 050	950
Total des dépenses (dh)	2 800	2 700	2 600	2 050	1 950
2- Recettes :					
- densité de plantations	100	100	200		
- nombre d'arbres fructifères	87	100	200		
- rendement (Kg)	5 000	1 500	600	1 000	1 500
- foin (botte)				50	75
- prix de vente (dh/unité)	3	3	10	2,5	2 et 4
Total des recettes (dh)	15 000	4 500	6 000	2 625	3 225
Bénéfice (dh)	12 200	1 800	3 400	575	1 275

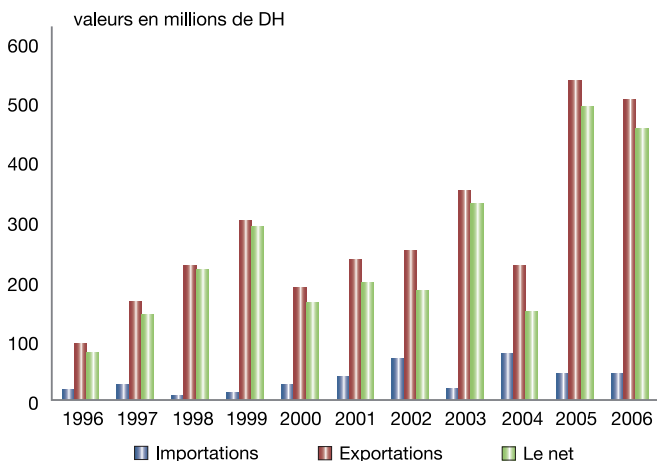


Fig. 5 : Evolution des valeurs des importations et des exportations des produits du caroubier entre 1996 et 2006

02 Commercialisation au Maroc

Le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification met en adjudication publique chaque année les caroubes produites dans les forêts. La récolte des gousses est faite par les usagers, pour le compte de l'adjudicataire, en domaine forestier, et par le propriétaire lorsqu'il s'agit du domaine privé.

La collecte est faite dans les souks et dépôts (**photo n° 12**) par les grossistes qui livrent la production aux différentes unités industrielles de transformation.

Les prix de vente des caroubes varient selon les mois (de 3 Dh/Kg au mois d'Août-Septembre jusqu'à 18Dh au mois d'Avril-Juillet) et selon les régions (3 à 12 Dh dans le Rif, 5 à 18 Dh ailleurs), la moyenne générale est de l'ordre de 8 Dh/Kg. Les graines seules sont vendues entre 22 et 45 Dh/kg.

Photo 12 : Dépôt de graines de caroubier





03 Production mondiale

La superficie mondiale réservée à la production des caroubes avoisine les 104 000 ha en 2006. Les pays européens (Espagne, Italie, Portugal, Grèce et Chypre) représentent 79,7%. Le Maroc occupe la deuxième place après l'Espagne avec 11,5% (**tableau n°4**).

En 2006, la production mondiale est estimée à 186 279 tonnes, produites dans environ 103 931 ha, soit 1,8 tonnes/ha. L'Espagne est le premier producteur avec 70 000 tonnes alors que le Maroc est à la 3ème place avec 26 000 tonnes (**Tableau n°5**).

L'évolution de la production de caroubes est variable selon les pays, en Espagne par exemple la production est passée de 550 000t en 1930 à 70 000t en 2006 soit 480 000t en moins. Les principales raisons sont l'augmentation du coût de la main-d'œuvre conjuguée au développement urbain dans les régions côtières.

La production marocaine a au contraire connu une augmentation durant les 30 dernières années et elle est estimée à 26 000t en 2006. Les régions les plus productives sont : Fès, Marrakech, Agadir, Essaouira, Taza, El Hoceima, Khenifra et Beni Mellal.

Tableau n°4 : Superficie (ha) du caroubier dans les pays producteurs, (FAOSTAT, 2008 modifié)

Pays	2006	%
Espagne	58000	55.8
Maroc	12000	11.5
Portugal	9100	8.8
Italie	8754	8.4
Grèce	4861	4.7
Chypre	2066	2.0
Turquie	3150	3.0
Autres*	6000	5.8
Total	103931	100

* = Algérie, Australie, Afrique du sud, USA...etc.

Tableau n°5 : Production mondiale de Caroubes (tonnes) (FAOSTAT 2008 modifié)

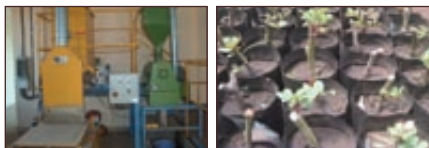
Pays	2006	%
Espagne	70000	37.6
Italie	26110	14
Maroc	26000	14
Portugal	20000	10.7
Grèce	14815	8
Turquie	12388	6.7
Chypre	5650	3
Algérie	3000	1.6
Liban	2500	1.3
Tunisie	1000	0.5
Autres pays	4800	2.6
Total	186279	100



Chapitre IV Techniques culturales



01 Récolte et extraction des semences



La récolte a lieu manuellement à partir du mois d'avril jusqu'au mois de septembre en fonction des conditions climatiques et de la région. Le processus d'extraction des graines porte sur différentes étapes. Les gousses sèches passent tout d'abord 2 à 3 fois dans la désaileuse (**photo n°13**) où elles sont cassées en petits morceaux.

Le produit est ensuite trié (**photo n°14**) pour séparer les graines des morceaux de la pulpe.

Les semences une fois séchées au soleil, pour réduire leur teneur en eau jusqu'à 8% , sont conservées dans la chambre froide à une température de 4°C.

02 Germination des graines

Les plants peuvent être obtenus à partir de graines ou de boutures. Les graines fraîches germent normalement bien sans traitement préalable, mais séchées, elles deviennent très dures et n'absorbent plus d'eau, ce qui empêche leur germination. Il faut alors les tremper soit dans des acides concentrés (sulfurique ou chlorhydrique) pendant 30 min ou dans de l'eau bouillante pendant

15 minutes. Même si ces prétraitements sont efficaces et permettent d'obtenir le maximum de germination pendant les trois premières semaines, le trempage dans de l'eau bouillante demeure le prétraitement le plus simple (**photo n°15**). La scarification nécessite quant à elle beaucoup plus de temps.

Photo 13 : désaileuse



Photo 14 : trieuse



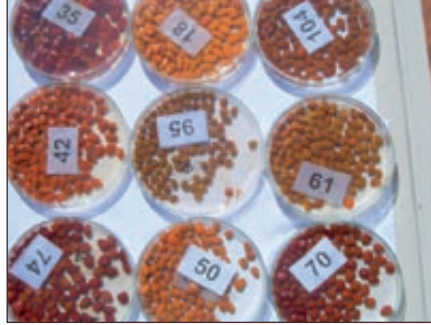


Photo n°15 : Test de germination des graines en laboratoire

Le semis doit être fait en mars-avril suivi d'un arrosage parcimonieux. La germination est obtenue dans un délai moyen de 1 à 2 mois.

Les plants (**photo n°16**) développent une racine pivotante avec quelques racines latérales de moins de 1 cm de longueur. La longue racine pivotante peut être cassée facilement, il est donc conseillé de semer les graines dans un substrat permettant de les extraire facilement (mélange léger de sable et de tourbe).

03 Préparation du sol

Une bonne préparation du sol est un facteur essentiel de la réussite de la plantation. Les trous de plantation doivent être ouverts bien avant la plantation, les dimensions doivent être de l'ordre de 60x60x60 cm. Dans les

zones arides il est recommandé de confectionner des cuvettes autour du pied et des rigoles en V au dessus de ces dernières pour y centraliser les eaux de pluies dont les arbres profiteront volontiers.



Photo n°16 : jeunes plants de caroubier élevés en pépinière

04 Plantation et irrigation



photo n°17 : Plantation du caroubier en mélange avec l'olivier

La plantation a lieu généralement en février-mars sur un terrain bien préparé. Les plants doivent être âgés d'au moins deux ans. Des apports d'eau, au moment de la transplantation et pendant les deux premiers étés (4 à 6 semaines d'intervalle), sont nécessaires de façon à assurer au moins les 360 litres/plant/an. **Le tableau n°6** donne la répartition mensuelle de cette quantité (Correia, 2007).

Mois	Quantité (l/arbre)
Avril	40
Mai	60
Juin	70
Juillet	80
Août	60
Septembre	50
Total	360

Tableau n°6 : Quantités d'eau à apporter par mois pour des jeunes plants de 2-3ans

Il est toujours avantageux de recouvrir le pourtour du plant avec un mulching en paille, des pierres ou du gravillon sur 1m ou plus de rayon et 5 à 10 cm d'épaisseur environ. Le mulching absorbe l'eau de pluie et ne la laisse pas repartir par évaporation. D'ailleurs, dans beaucoup de régions semi-arides et sur sols marginaux où le caroubier est bien adapté et cultivé, la quantité et la qualité de l'eau d'irrigation sont les limitations principales à la production.

05 Densité

Traditionnellement dans les pays méditerranéens les densités d'arbres dans les vergers de caroubier sont faibles et variables, dans la marge de 25-45 arbres/ha et l'espacement moyens de 20 x 20 m à 15 x 15 m (Rejeb,1995). Des cultures intercalaires avec des espèces comme l'olivier (**photo n°17**), la vigne ou l'amandier sont fréquemment rencontrées. Toutefois quand le caroubier est planté dans des sols fertiles, on plante à forte densité et on réalise par la suite des éclaircies.

En Espagne, on utilise 8 x 9 mètres dans les conditions arides. Au Portugal et en Australie on a généralement tendance à adopter des espacements de 6 x 8 mètres, 6 mètres entre les arbres et 8 mètres entre les lignes, ce qui donne approximativement 200 arbres à l'hectare (Fletcher, 1997; Curtis et al.,1998).

La densité dépend également de la disponibilité en eau et de la forme de l'arbre qui est très variable selon les clones (Ait chitt et al., 2007).



Quelle que soit la figure géométrique adoptée, il ne faut pas perdre de vue la nécessité d'incorporer à la plantation une proportion de 10% au moins de pieds males ou hermaphrodites, qui seront distribués de façon à assurer la plus large pollinisation des sujets femelles.

06 Fertilisation

La question de la fumure reste toujours la plus controversée. On est cependant d'accord sur l'efficacité générale des engrais organiques et notamment du fumier de ferme mais sa composition ne permet pas dans toutes les circonstances de combler toutes les carences. Il faut nécessairement suppléer à son insuffisance partielle par l'adjonction d'engrais chimiques complémentaires, composés ou simples, à action plus ou moins lente en fonction de la nature du sol et de l'âge de la plantation. Il appartient au propriétaire de suivre et d'observer attentivement le comportement des arbres et de la fructification et de renforcer, si besoin, l'apport des éléments fertilisants, en suivant les principes directeurs de leurs emplois et de leurs actions respectives. Dans tous les cas et pour éviter des tâtonnements ainsi qu'une perte de temps précieux, les propriétaires ne doivent pas se livrer à des essais de fertilisation sans connaître exactement le point faible de la constitution de leurs sols, que seule peut révéler clairement l'analyse chimique.

50, reparti dans le temps, une partie étant apportée en automne et l'autre au printemps. Des études récentes ont montré un effet positif de l'apport d'azote sur les rendements (les arbres forment rarement des nodules) (Correia, 2007).

Planelles et al. (2001) sur des jeunes plants de caroubier élevés en pépinière dans des conteneurs de 2.3 litres ont proposé d'ajouter dans l'eau d'irrigation, les concentrations

Au poids sec	valeur optimale
Macroéléments %	
N	2.20-2.70
P	0.10-0.15
K	0.90-1.30
Ca	1.50-2.50
Mg	0.15-0.35
Micro éléments (ppm)	
Fe	40-80
Mn	25-40
Zn	10-20
B	40-70
Cu	6-20

Tableau n°7 : composition optimale en macroéléments et micro-éléments par rapport au poids sec des feuilles du caroubier femelle

La formule utilisée dans les vergers traditionnels consiste en un NPK de 50, 20,



suivantes : 100-150 mg/l d'azote N, 70 mg/l de phosphore P_2O_5 , 100-150 mg/l de potassium K_2O . Une étude sur la concentration minérale des fleurs et la fluctuation saisonnière des macroéléments (azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium) et des micro-éléments (fer, manganèse, zinc, et cuivre) des feuilles de caroubiers a montré que ces dernières dépendent non seulement du stade phénologique, mais également du sexe des arbres.

Tableau n°8 : quantités (g) d'Azote, de Phosphate, et de Potassium proposées pour des caroubiers en fonction de l'âge

Age des arbres	N	P_2O_5	K_2O
1	10	10	10
2	20	10	10
3	40	20	20
4	80	30	30
5	100	50	80
6	200	30	150
7	300	40	200
8	400	60	300
9	500	80	350
10	600	100	500
12	650	200	550
15	800	200	700

Les feuilles des femelles sont plus riches en éléments que celles des arbres mâles. Les hermaphrodites maintiennent le développement des inflorescences et des fruits avec une variation saisonnière et une concentration nutritive dans les feuilles inférieure, par rapport aux autres sexes, ce qui indique une utilisation plus efficace des ressources.

Les fleurs ont eu, en général, une concentration plus élevée en N, P, et K, et une concentration inférieure en manganèse que les feuilles. Les fleurs des femelles ont eu une concentration nutritive inférieure comparée aux fleurs mâles et aux fleurs hermaphrodites. (Custodio et al. 2007)

D'une manière générale, la composition minérale des feuilles est en relation étroite avec le rendement, le **tableau n°7** donne les teneurs optimales en macroéléments et micro-éléments des feuilles. Ces valeurs ont été obtenues sous différentes conditions pédoclimatiques et différentes méthodes de culture. (Correia, 2007)

Pour les arbres adultes âgés de 15-20 ans la dose d'azote maximale ne doit pas dépasser 1kg/arbre/an. Pour les quatre premières années les concentrations de N, P_2O_5 , K_2O doivent avoir respectivement des proportions de 2, 1, 1.

Mais dès que les arbres rentrent en fructification il est conseillé de remplacer ces proportions par 2, 1, 2 et ce à cause des effets du potassium sur le développement du fruit et sur la résistance à la sécheresse.

Le **tableau n°8** donne les quantités (en gramme/arbre) de N, P_2O_5 , K_2O à appliquer en fonction de l'âge des arbres (Correia, 2007).

Par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue que l'application judicieuse des engrais a un effet positif sur la régularité de l'abondance dans la production et sur la constance dans la qualité des produits. Pour une plantation commerciale il est donc conseillé d'intégrer la fertilisation dans l'équation totale.



07 Entretien du sol

La préparation du sol en vue de la plantation favorise le développement de la végétation herbacée, surtout les premières années, alors que les jeunes plants sont encore mal armés pour faire face à cette concurrence. Le désherbage est donc le premier objectif des entretiens, il doit être exécuté avant la montée en graine de la végétation.

L'époque propice varie en fonction de la zone et des conditions climatiques de l'année. Elle se situe généralement en mars-avril.

Quant aux binages ils sont effectués dans la majorité des cas juste après la saison des pluies.

Les entretiens doivent être particulièrement soignés la première année de la plantation puisqu'elle représente pour le jeune plant la période généralement la plus critique d'installation. Les deux opérations peuvent être réunies en un seul passage d'entretien à exécuter entre fin avril et fin

mai. Deux campagnes d'entretien suffisent généralement.

Le labour peu profond 15 à 20 cm est efficace. Les fermiers en Espagne labourent habituellement trois fois par an, la première en automne avant la saison des pluies, la seconde au printemps et la troisième quand les gousses commencent à mûrir au début de l'été.

Pour le désherbage, l'emploi des herbicides est dans certaines conditions nécessaire, les produits chimiques les plus généralement utilisés étant le 2-4D et le glyphosate. Ces produits sont toxiques, il est donc recommandé de respecter scrupuleusement leur mode d'emploi.

La simazine (C₇H₁₂CIN₅), herbicide de synthèse de la famille chimique des triazines, a été couramment utilisée en Espagne et en France en arboriculture jusqu'à son interdiction en 2001.

08 La taille

La taille est nécessaire pour donner à l'arbre la forme la plus appropriée pour son équilibre végétatif. Elle constitue un moyen efficace de régulariser sa fructification et de se conformer à ses capacités productives.

Le caroubier abandonné à lui-même peut atteindre en bon terrain, 6 à 8 mètres de hauteur, il y a lieu de chercher à réduire les dimensions de l'arbre.





Une première taille pour donner une forme de vase à l'arbre, et une deuxième pour raccourcir les axes emportés ou les rameaux latéraux trop longs, enlever les gourmands ou les branches confuses sont nécessaires. La meilleure saison pour tailler est l'automne, après la récolte du fruit.

En Avril – Mai des pincements en vert sont effectués pour régulariser la végétation de l'arbre en général et hâter la mise en fructification des jeunes plantations, en particulier. La taille n'est à répéter que tous les trois ou quatre ans. Elle dépend essentiellement de la méthode de récolte manuelle ou mécanique.

09 Dépressage et éclaircie

Le caroubier est un arbre qui rejette vigoureusement de souche donnant de nombreux brins par cépée. La compétition qui se livre entre les nombreux brins retarde énormément leur croissance et par conséquent la fructification. Pour activer cette fructification, le dépressage du caroubier s'impose comme une opération

obligatoire permettant ainsi de conduire les sujets vers une fructification rapide (Zouhair, 1996).

Les éclaircies permettent de ramener la densité à des proportions adéquates en fonction des conditions stationnelles et des objectifs fixés.

10 Multiplication végétative

La multiplication végétative repose sur l'aptitude d'un végétal à pouvoir reconstituer un individu identique à lui-même, à partir d'un organe (tige,

racine, feuille, etc...), d'un tissu ou d'une cellule. Elle est depuis des siècles utilisée pour reproduire de nombreuses espèces en horticulture et arboriculture.

11 Bouturage



Photo n°18 : boutures en pépinière

Le bouturage (**photo n°18**), en mars ou avril, nécessite un substrat riche, un traitement hormonal, une brumisation et de grands sachets. Sa réussite dépend du génotype et de la partie de l'arbre utilisée. Les boutures doivent séjourner 2 à 3 ans en

pépinière. Cette approche est intéressante car la propagation en masse des seuls individus les plus performants, permet d'atteindre à la fois des gains très élevés et une grande homogénéité de production.

12 Culture in vitro

Les techniques de culture in vitro ou «micro propagation» consistent à placer un fragment de plante dans un milieu nutritif en conditions plus ou moins aseptiques et à multiplier ainsi la plante-mère en un an en plusieurs millions d'exemplaires et cela à l'infini. Elles permettent également de reconstituer des clones indemnes de maladies (fongiques, bactériennes, virales...) à partir de pieds-mères malades.

Une des limitations de l'application de cette méthode, hormis les problèmes techniques, est sans doute le coût du plant produit, qui est souvent nettement supérieur à celui obtenu par les techniques classiques de multiplication. Ainsi à l'heure actuelle, l'application commerciale est limitée à la propagation d'espèces très précieuses ou à celles pour lesquelles les techniques de multiplication classique sont difficiles.



photo n°19 : vitroplants



Photo n°20 : greffe en fente diamétrale en pépinière



Photo n°21 : greffage en écusson d'arbre adulte

Les tentatives de multiplication des arbres sélectionnés de caroubier à l'aide de culture *in vitro* ont eu un succès limité. (Belaizi et al. 1994 ; Alorda et al., 1996 ; Romano et al. 2002). Un protocole de multiplication *in vitro* à partir de bourgeons axillaires

a été développé toutefois, le brunissement, la contamination et la rhizogenèse restent les principales contraintes (Konaté et al.2001) (photo n°19).

13 Greffage

La reproduction du caroubier s'opère par la voie du semis mais pour obtenir une plantation de variétés parfaitement déterminées, il est nécessaire de greffer.

Le greffage permet de produire des variétés garantissant la fructification tant en quantité qu'en qualité et de raccourcir le temps nécessaire à l'entrée en floraison. Il peut être réalisé, soit :

- en pépinière sur des plants d'un an et demi lorsque la tige atteint 1 cm de diamètre à la base (photo n°20) ;
- au champ sur des pieds mâles adultes (photo n°21).

Les techniques les plus utilisées sont le greffage en fente terminale et le greffage en écusson.

Dans le cas de greffage en fente, le greffon taillé en forme de coin est inséré dans une fente pratiquée au sommet du porte greffe. Greffon et porte-greffage doivent avoir

approximativement le même diamètre. Les coupes doivent être faites avec un couteau à greffer ou un scalpel dont la lame doit être maintenue propre et bien affûtée afin d'avoir une coupe nette et qui ne soit pas un foyer d'infection. La coupe doit se faire d'un geste rapide et uniforme pour obtenir une surface propre et lisse. L'union entre greffon et porte greffe doit être consolidée par un lien fort mais suffisamment élastique pour ne pas étrangler la tige. On emploie généralement un ruban en plastique. Le porte greffe doit être vigoureux et sain. Afin d'obtenir une bonne soudure il est conseillé de choisir des plants avec des diamètres de 0,5 à 2 cm.

La greffe en écusson se pratique, soit en septembre, soit en avril-mai, lorsque la sève circule abondamment dans l'arbre et lorsque l'écorce peut être facilement soulevée sans la déchirer. Les pousses dont les bourgeons sont pris pour greffer (greffons) doivent être de la dernière saison de croissance. Il faut avoir soin de ne prendre le greffon



que sur des arbres sains, d'âge moyen, portant des fruits de la meilleure qualité. On ne doit employer que des bourgeons forts, bien développés de la partie médiane de la pousse.

Le bourgeon est enlevé avec un morceau d'écorce de la forme d'un écusson. Deux entailles sont faites le long du rameau et deux en travers, de façon à avoir un morceau d'écorce de 4 à 5 cm de long et de 1 à 1,5 cm de large avec un bourgeon au milieu. Le bourgeon est enlevé du rameau en appuyant avec le pouce et le doigt sur les deux côtés du bourgeon et en le détachant dans une direction latérale.

On doit maintenir à sa place le «germe» du bourgeon, que l'on peut voir sur le côté interne de l'écusson sous la forme d'une petite pièce ronde de bois. C'est le point de départ actuel de la pousse. L'écusson est inséré dans une fente en forme de croix, faite dans l'écorce du sujet. L'écorce est alors

solidement ligaturée de raphia ou de tout autre matériel d'attache doux, en laissant seulement le bourgeon exposé.

Une semaine environ après la greffe, si le bourgeon conserve sa couleur et sa rondeur, c'est qu'il a «pris» ; la ligature doit être alors légèrement relâchée. Lorsque la pousse repart nettement, la ligature est complètement enlevée. Dans le cas de greffe de printemps, le sujet est coupé à environ 5 cm au-dessus de la greffe et le chicot ainsi obtenu est utilisé comme support pour y attacher la jeune pousse. En cas de greffe d'automne, l'extrémité seulement du sujet est légèrement élaguée, et le bourgeon peut rester dormant jusqu'au printemps suivant.

Il convient de noter que les taux de réussite dépendent non seulement de la qualité physiologique du matériel végétal et de la technique utilisée, mais surtout de l'expérience du greffeur.

14 Valorisation des peuplements spontanés

Au Maroc, les carouberaies résultant de la plantation de plants de caroubier femelles et mâles issus de pépinières, ne représentent pas 1/10 de la totalité des arbres en production.

Dans la nature, le nombre de pieds mâles est 3 fois celui des pieds femelles. Les mâles ne sont pas fructifères, seuls les femelles le sont, c'est pourquoi il faut les greffer avec des bourgeons pris sur de bons sujets.



En général, la majorité des caroubiers sont massifs et poussent en franc pied avec des houppiers très volumineux. Le greffage de cette catégorie d'arbres ne peut se faire qu'après une coupe en têtard éliminant le houppier. Les sujets sont ensuite greffés au mois de mars, de préférence à 0,80m ou 1m du sol, soit en fente terminale soit en couronne soit en écussons.

Dès la reprise de la greffe, il faut protéger les jeunes scions et surtout éliminer, dès leur apparition, les pousses que le sujet émet généralement en grand nombre et qui ne manqueraient pas d'affamer le greffon. Ces pousses sauvages sont coupées graduellement, à mesure que croît le greffon et qu'il devient assez grand pour recevoir toute la sève de l'arbre.

15 Pollinisation du caroubier

L'opération culturale la plus importante est certainement la pollinisation artificielle. Elle est obligatoire, lorsqu'il y a absence de pieds mâles ou hermaphrodites dans le voisinage, ou bien par manque de coïncidence dans l'épanouissement des fleurs des deux sexes, car alors la pollinisation naturelle ne peut avoir lieu.

Cette pratique ressemble aux opérations effectuées dans le sud pour la fécondation des dattiers. Pour que le caroubier fructifie, il est indispensable que ses fleurs aient été fécondées par le pollen provenant du caroubier mâle ou hermaphrodite.

Ainsi, quand les sujets de sexes différents se trouvent à proximité l'un de l'autre, la fécondation peut avoir lieu naturellement soit par le vent soit à l'aide des insectes, surtout les abeilles.

Mais il arrive fréquemment que mâles et femelles soient très éloignés les uns des autres. Il faut alors assurer le rapprochement. A cet effet, dès l'épanouissement des inflorescences femelles, on cueille sur les pieds mâles ou hermaphrodites un certain nombre de rameaux portant des fleurs mâles prêtes à s'ouvrir. Ces rameaux sont ensuite suspendus dans la frondaison pour que le pollen se répande par simple gravitation à travers cette dernière (Martins-Loucao, 1996).

Toutes ces opérations sont évitées, lorsque la plantation comporte une proportion convenable de pieds mâles ou hermaphrodites greffés fleurissant au moment de l'épanouissement des fleurs femelles, et disposés par rapport aux vents dominants, de façon à assurer la meilleure dispersion du pollen.



**Chapitre V Amélioration et conservation
des ressources génétiques**



01 Amélioration génétique



Les principaux défis à surmonter pour l'amélioration génétique du caroubier sont : la réduction de la période végétative, l'adaptation et l'augmentation du rendement. Toutefois les autres critères tels que la vigueur, la taille des gousses, la qualité de la gomme et la pulpe restent aussi importants.

Le système de reproduction, en particulier les mécanismes de pollinisation et l'expression du sexe en réponse aux conditions environnementales, reste inconnu. (Von Haselberg, 1996).

L'utilisation des marqueurs moléculaires pour la détermination des sexes des plantes en pépinière serait d'une grande utilité pour la sélection précoce. La variabilité clonale dans les anciens vergers peut être exploitée pour la sélection des meilleurs clones ayant accumulés des traits adaptatifs.

L'objectif global dépend de l'utilisation envisagée des produits issus des variétés sélectionnées.

Les critères de sélection les plus importants (**tableau n°9**) sont : le rendement en fruit et surtout le pourcentage de graines par rapport au fruit, la quantité et la qualité de la gomme, l'alternance de fructification, la résistance aux maladies et le pouvoir d'abscission des fruits mûrs pour faciliter la récolte (Batlle et al., 2002).

Parmi les principales variétés utilisées on peut citer; «Negra» et «Matalafera» en Espagne, «Gibiliana» et «Racemosa» en Italie, «Mulata» et «Aida» au Portugal, «Hemere» et «Tylliria» en Grèce et à Chypre, «Sisam» en Turquie, «Sfax» en Tunisie, «Santa Fe» et «Bolser» en Californie, et «Bath» et «Princess» en Australie.

Tableau n°9 : nombre de variétés connues par pays et critères de sélection

Pays	Nombre de variétés connues	Caractéristiques
ESPAGNE	19	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptation • Sexe • Pourcentage de graines et de pulpes • Résistance aux maladies • Taux de sucre • Quantité et qualité de la gomme
PORTUGAL	13	
ITALIE	5	
CHYPRE	3	
TUNISIE	1	
USA	?	
MAROC	?	



Par ailleurs, toute culture d'une variété améliorée réduit la richesse génétique de la population sauvage dont elle est issue. L'action de l'améliorateur ne peut donc se limiter à la fourniture du matériel végétal performant et adapté, elle comprend aussi, de façon tout aussi importante, une activité de conservation.

L'amélioration génétique s'accompagne donc obligatoirement d'un travail de protection et de conservation pour éviter l'appauvrissement du capital génétique, l'abâtardissement d'écotypes et pour gérer la population d'amélioration indispensable à la pérennité d'un programme d'amélioration.

02 Conservation des ressources génétiques

A. DESCRIPTION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE

La diversité génétique est décrite à l'aide des marqueurs génétiques, biochimiques et moléculaires. Ces derniers apportent les connaissances nécessaires pour construire rapidement une typologie génétique des populations et permettent d'asseoir sur des bases plus objectives et plus rigoureuses les schémas de sélection et les programmes de conservation des ressources génétiques.

Très peu de travaux ont été menés et publiés sur le caroubier :

En Tunisie, une étude de la diversité génétique à l'aide des isozymes, chez 17 populations réparties dans quatre zones bioclimatiques, a révélé une grande

diversité génétique et un niveau substantiel d'endogamie chez ces populations. (Afif et al. 2006)

Au Portugal, la diversité génétique chez 15 cultivars âgés de 7 ans plantés dans une parcelle expérimentale, a été évaluée en utilisant 12 caractères phénotypiques de la gousse et de la graine. Les valeurs des traits morphologiques obtenus par cultivar ont été comparées à celles des cultivars d'autres pays du bassin méditerranéen. Des différences significatives ont été trouvées entre les cultivars pour tous les caractères étudiés, ce qui indique une diversité génétique élevée (Barracosa et al. 2007).

Au Maroc, des approches morphométriques et moléculaires (RAPD) ont permis de révéler une importante variabilité



Photo n°22 : variabilité morphologique des caroubes

génétique entre 10 accessions de caroubier (Konaté et al. 2007).

L'analyse des critères morphologiques des fruits (photo n°22) sur 104 provenances issues de différentes régions du Maroc a permis de révéler une grande variabilité génétique entre ces populations étudiées (Sbay et al.,2008). Les provenances de l'oriental ont eu les meilleures performances en terme de poids de graines.

Les dix meilleures provenances sont présentées sur le tableau n° 10. Le pourcentage du poids des graines par rapport au poids des gousses varie entre 11,81 My Driss et 27,88 pour Ourika.

Toutefois, les observations faites en plantations expérimentales, dans des conditions rigoureuses de comparaison des géotypes sont indispensables à la connaissance objective de la variabilité génétique

Tableau n°10 : Analyse des données relatives aux paramètres morphologiques des fruits

Ville	Provenance	Poids de 50 gousses	Pgraines	%
Elhoceima	Beni Boufrah	757,20	134,10	17,71
Taza	Ain Mediouna	538,30	125,40	23,30
Nador	Arkaman-Karia	615,20	123,10	20,01
Midar	Mouly Driss	1011,50	119,50	11,81
Tetouan	Talonkrmt	558,90	111,90	20,02
Chaouen	Laâchaiche	626,20	103,20	16,48
Sefrou	Besabisse	470,00	103,20	21,96
Agadir	Taznakht,	373,10	98,20	26,32
	Mesguina			
Marrakech	Ourika	326,80	91,10	27,88
Khémisset	Oued Beht	406,10	90,40	22,26



Photo n°23 : conservation des graines

B. CONSERVATION IN-SITU ET EX-SITU

Les objectifs de conservation peuvent concerner soit des populations ayant des caractéristiques particulières soit le maintien d'un échantillon de populations représentatives de l'aire naturelle du pays soit les deux à la fois.

Lorsque la régénération naturelle est possible et que les pressions d'origine anthropique sont maîtrisables, une priorité élevée doit être accordée à la conservation in-situ, des populations menacées. Dans le cas contraire, on s'oriente vers la conservation ex-situ. En fonction de l'état des peuplements et des connaissances acquises, une liste des populations prioritaires devra être établie de façon à assurer leur pérennité.

La conservation ex-situ est à réserver aux cas où les populations sont vouées à une disparition rapide. Elle peut être dynamique (plantations conservatoires, parcs à clones) ou dans les cas les plus urgents statique. Les collections des ressources génétiques conservées ex-situ sont couramment

appelées «banques de gènes », bien que l'on n'y conserve pas les gènes eux-mêmes, mais des génotypes (Photo n°23).

La mise à jour de l'inventaire des peuplements naturels permettra de déterminer les peuplements les plus menacés en raison de leur faible taille et/ou de leur mauvais état de végétation.

Des plantations conservatoires de ces peuplements constitueraient une assurance supplémentaire de sauvegarde du patrimoine génétique. Limitées en surface, ces plantations doivent être de préférence situées près des peuplements naturels correspondants.

Pour les sujets intéressants, des conservatoires de clones sont à envisager.

Il faut souligner la nécessité d'intégrer au maximum les préoccupations de la conservation des ressources génétiques dans les plans d'aménagements des forêts où le caroubier est présent.







Perspectives





Photo n° 24 : Verger de caroubier à Khemisset

Depuis le début des années 80 cette culture a connu un regain d'intérêt considérable en raison des prix généralement soutenus et de l'augmentation de la demande des gousses (pulpe et graines).

Bien que les arbres produisent des rendements faibles dans les vieilles plantations (1 500-3 000 kg/ha), le potentiel de production dans les vergers modernes est très important (5 000-7 000 kg/ha). En outre, en conditions optimales le caroubier exige un minimum d'entretien comparé à la plupart des autres arbres fruitiers.

Au vu de la demande internationale et de l'importation de certains dérivés de la caroube, les industriels ont investi dans des plantations intensives de caroubier dans les régions de Beni Mellal, Khemisset (**photo n° 24**) et Agadir.

La société civile convaincue du rôle que peut jouer le caroubier aussi bien au niveau écologique mais surtout socio-économique commence également à s'intéresser à cette espèce. Une ONG a initié, en 2005, un projet de plantation à Tiznit d'un million de plants sur une période de 5 ans.

La production marocaine va certainement augmenter dans les prochaines années pour satisfaire au moins l'industrie locale. Sa production actuelle reste compétitive par rapport aux autres pays de la rive nord de la méditerranée et ce grâce au coût de la main d'œuvre qui ne représente qu'un tiers du coût total de la production. Moyennant quelques encouragements de la part des pouvoirs publics (subventions, primes pour le greffage des arbres en forêts, distribution gratuite de plants greffés, organisation de la filière...), le Maroc est susceptible de devenir le premier producteur mondial de la caroube.

Enfin, un hectare de rocaille portant seulement cent arbres productif âgés d'une vingtaine d'années, donnant une récolte moyenne de 20 Kg par arbre de caroubes soit 2000 Kg au total, représente, au prix payé aujourd'hui pour cette denrée, un revenu de 16 000 à 20 000 dh par an au moins.

Souhaitons que ces chiffres décident quelques investisseurs à investir dans la ceratoniculture et des propriétaires de terrains marginaux (**photo n° 25**) à utiliser cet arbre d'avenir.



Photo n° 25 : Caroubiers sur terrain rocailleux





Bibliographie





Afif M., Ben Fadhel N., Khoudja Mohamed L. & Boussaïd M. 2006 : Genetic Diversity in Tunisian *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinioideae) Natural Populations Genetic resources and crop evolution. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers 2006 Nov., v. 53, no. 7. pp. 1501-1511.

Ait chitt M., Belmir H. & Lazrak A. 2007 : Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier in Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA MAPM/DERD, n° 153. pp. 1-4.

Alorda M. and Medrano H. 1996 : Micropropagation of *Ceratonia siliqua* L.: A method to clone mature carob trees selected from the field. In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon : Portugal.

Barracosa P., Almeida M.T. and Cenis J. 1996 : Characterization of cultivars of carob tree, Algarve, Portugal (*Ceratonia siliqua* L.). In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon: Portugal.

Barracosa P., Osório J. & Cravador A. 2007 : Evaluation of fruit and seed diversity and characterization of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cultivars in Algarve region Scientia Horticulturae, 114. pp. 250-257.

Battle I. 1997. Current situation and possibilities of development of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L) in the Mediterranean region. Nucis 6. pp. 33-38.

Battle I. and Tous J. 1997 : Carob tree (*Ceratonia Siliqua* L.). In "In promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17, IPGRI: 92 p.

Battle I., Tous J. & Rallo J. 2002 : Carob genetic resources in : West Australian Nut and Tree Crops Association • Vol. 26, pp. 13-18.

Belaizi M., Bolen M.R. & Boxus P. 1994 : Régénération in vitro et acclimatation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) in; Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris 0 1994, pp. 227-232.

Bengochea C. Romero A. Villanueva A. Moreno G., Alaiz M., Millan F, Guerrero A. & Puppo M.C. 2008 : Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins Food chemistry. 2008 Mar. 15, v. 107, issue 2. pp. 675-683.

Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. & Pekmezci M. 2007 : Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey [electronic resource]. Food chemistry, v. 100, issue 4. pp. 1453-1455.



Bouzouita N., Khaldi A., Zgoulli S., Chebil L., Chekki R., Chaabouni M.M. & Thonart P. 2007 : The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia [electronic resource]. Food chemistry. 2007, v. 101, issue 4 .pp. 1508-1515.

Catarino F. 1996 : Carob - an old and sustainable Mediterranean crop: Its potential for the future. In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon: Portugal.

Correia P.J. 2007 : irrigation and fertilization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) some guidelines FAO-CIHEAM –Nucis-newsletter, number 14 december 2007. pp 26-29.

Curtis A., Race D. & Booth B.1998 : Carob Agroforestry in the Low Rainfall Murray Valley ; A market & economic assessment ; A report for the Rural Industries Research and Development Corporation RIRDC Publication No 98/8.

Custodio L., Correia P.J., Martins-Loucao M.A. & Romano A. 2007 : Floral Analysis and Seasonal Dynamics of Mineral Levels in Carob Tree Leaves. Journal of plant nutrition. v. 30, no. 4-6. pp. 739-753.

Darley E. & Sarafis V. 1996 : Physiological plant anatomy of the phloem in seedlings of the carob. In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon: Portugal.

Delassus & Lepigre 1931 : Les lutes biologiques appliqués à l'arboriculture e Algerie in Comptes Rendus des journées de l'arbre fruitier. pp. 448-468.

Fletcher R. 1997 : Carob agroforestry in Portugal and Spain in the Australian New Crops Newsletter Issue No 7, 5p.

Konate I. 2001 : Amélioration de la culture du caroubier (*Ceratonia Siliqua* L.) via la multiplication in vitro et la fixation symbiotique de l'azote. DESA, Faculté des Sciences de Rabat : 51 p.

Konaté I., Filali-Maltouf A. & Berraho E. 2007 : Diversity analysis of Moroccan carob («*Ceratonia siliqua*» L.) accessions using phenotypic traits and RAPD markers in : Acta botánica malacitana, ISSN 0210-9506, N° 32, 2007. pp. 79-90.

Makris P. & Kefalas P. 2004 : Carob Pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a Source of Polyphenolic Antioxidants; Food Technol. Biotechnol. 42 (2) 105–108.

Martins-Loucao M.A., Cabrita R. & Silva J.M. 1996 : Pollination studies in Portuguese carob landraces. In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon: Portugal.



- Morton, J. 1987** : Carob.. In: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, FL. pp. 65–69.
- Murphy T. 2001** : General overview of carobs in Australia in: The Australasian Conferences On Tree And Nut Crops.
- Panelles R., Oliet J.M., Artero F. & Lopez-Arias M., 2001** : Efecto de distintas dosis de fertirrigación N-P-K en vireo sobre la calidad de planta forestal de repoblación de *Ceratonía siliqua*. IV Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las plantas. Murcia. Spain, pp: 369-379.
- Ramon-Laca L. & Mabberley D.J. 2004** : The ecological status of the carob-tree (*Ceratonía siliqua*, Leguminosae) in the Mediterranean. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 114. pp. 431-436.
- Rejeb M. J. 1995** : Le caroubier en Tunisie : situation et perspectives d'amélioration. In «Quel avenir pour l'amélioration des plantes ?». (AUPELF-UREF Ed.). John Libbey Eurotext. Paris: 79-85.
- Romano A., Barros S. & Martins-Loução M.A. 2002** : Micropropagation of the Mediterranean tree *Ceratonía siliqua*. In "Plant cell, tissue and organ culture". Springer Science-, 68(1). pp. 35-41.
- Sbay H. & Abourouh M. 2005** : Apport des espèces à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier; Atelier FAO- Plan Bleu sur le développement durable, Rabat, 9p.
- Sbay H., Attaoui A. & Ghafour M. 2008** : Projet caroubier, bilan des réalisations 2007 ; Centre de Recherche Forestière, Rapport interne. 8p.
- Tous, J., Romero A., Plana J. & Batlle I. 1996** : Current situation of carob plant material. In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon: Portugal.
- Von Haselberg C. 1996** : Factors influencing flower and fruit development in carob (*Ceratonía siliqua* L.). In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon: Portugal.
- Zouhair O. 1996** : Le caroubier: situation actuelle et perspectives d'avenir. Document interne : 22 p.
- Zografakis N. & Dasenakis D. 2002** : Studies on the exploitation of carob for bioethanol production" commission of the European communities. Directorate general for energy and transport. Project No 238.

Centre de Recherche Forestière

Charia Omar Ibn Khattab, B.P.763 Agdal • Rabat • Maroc

Tél.: +212 (0) 37 67 25 47 / +212 (0) 37 67 27 59

Fax : +212 (0) 37 67 11 51

e-mail : secrcrf@gmail.com