

Chapitre II

Généralité sur le caroubier

I. Origine et répartition géographique

I.1. Ses origines

Elles ne sont pas précises. Pour certains auteurs le caroubier dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestiqué depuis le néolithique 4000 ans avant J.C, et sa culture extensive date au moins de 200 ans avant J.C (**Battle et Tous, 1997 ; Gharnit, 2003 ; Berrougui, 2007**). Il était connu dans le proche Orient et les îles de la méditerranée. En Egypte les pharaons ont utilisé la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (XVII^e siècle avant J.C). Les Numides s'en servaient pour l'alimentation des bêtes de valeur et, selon Gsell, il entrait dans la préparation de la nourriture humaine (**Lavallée, 1962**).

Au Moyen-Âge, le caroubier, le caroubier donnait lieu à un commerce important entre les provinces du Midi et du Nord, les Etats Germaniques et la Grande-Bretagne. Son bois était employé dans l'ébénisterie de l'époque et son fruit servait à la préparation des confitures (**Lavallée, 1962**).

Dans les vestiges de la civilisation mégarique du temps où Médine et la Mecque étaient de grandes villes au cœur d'un pays plantureux, on remarque que le caroubier donnait lieu à important négoce, et son fruit entrait dans la préparation de nombreux plats (**Lavallée, 1962**).

I.2. Sa répartition géographique dans le monde

Selon Thillot et al., (1980), le caroubier est étendu, à l'état sauvage, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Israël, Sud de Jordanie, Egypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranéen (**Konate, 2007**).

Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal (**Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003**), ensuite il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols. Actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et en Inde (**Berrougui, 2007**) (**Fig. N°03**).



**Figure 03 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde
(Batlle et Tous, 1997)**

I.3. Distribution géographique en Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (**Quezel et santa, 1963**). On le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, *Olea Europea* et *Pistacia Atlantica* dans les états semi-aride chaud, subhumide, avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80 mm à 600 mm/an (**Rebour, 1968**).

Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (**fig. N°04**). Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grande-Kabylie et Petite-Kabylie, vallée de la Sommam (1074 ha) et de l'Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend jusqu'à Bou-Saâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha) (**Lavallée, 1962 ; Zitouni, 2010**).

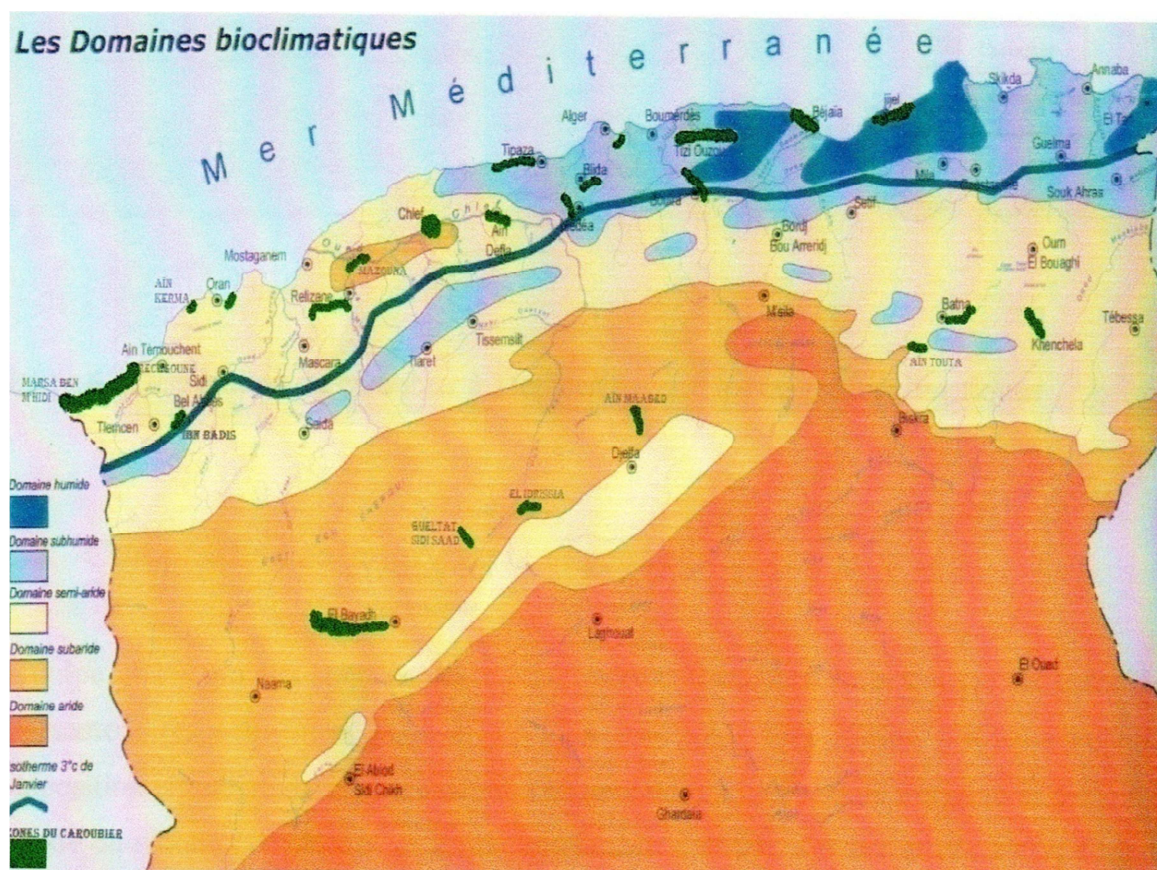


Figure 04 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004)

A Tlemcen, on trouve le caroubier dans les régions suivantes : Sidi M' djahed, Sabra, Henaya, Tlemcen, Aïn Tellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Youcef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M' hidi (**Fig. N°05**).

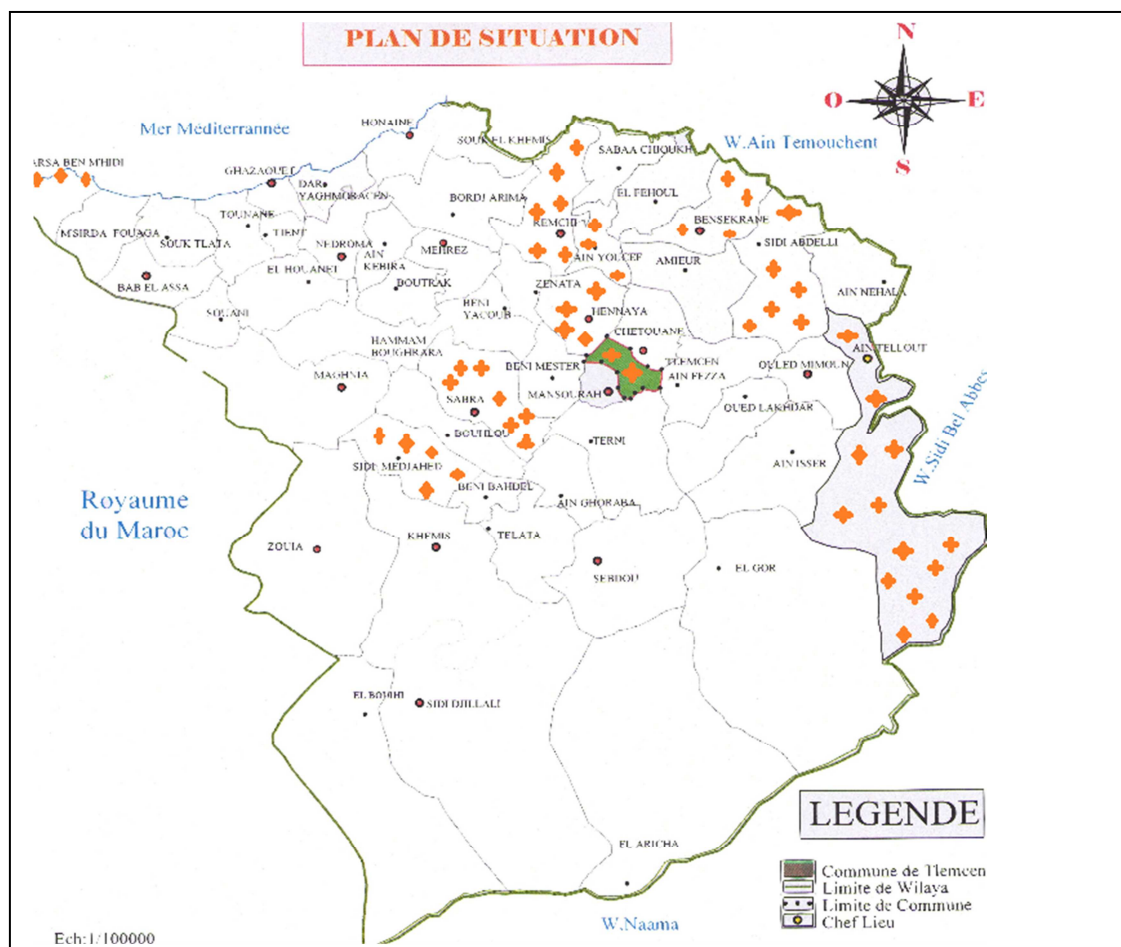


Figure N°05 : Distribution du caroubier à Tlemcen

II. Botanique, biologie et physiologie

II. 1. Systématique et classification botanique

Le mot "caroubier" venant de l'arabe *al kharroube*, est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* L. qui désigne en grec *keratia* (*Ceratonia*) signifiant petite corne et le nom d'espèce *siliqua*, désigne en latin une siliqua ou gousse. Il est aussi appelé Carouge, Pain de saint Jean-Baptiste, figuier d'Egypte, fève de Pythagore (**Batle et Tous, 1997**)...pendant longtemps aux joailliers comme unité de poids pour peser les diamants, les perles et d'autres pierres précieuses (1 carras = 205,3 mg) (**Rajeb, 1995**).

Cette espèce appartient au genre *Ceratonia* qui possède un nombre total du chromosome $2n = 24$ (Goldbalatt, 1981 ; Bures et al, 2004) de la sous-famille des *Caesalpinioideae*, de la famille des *Fabaceae* (Légumineuses), qui fait partie de l'ordre des *Fabales* (Rosales), Classe des *Magnoliopsida* (Boudy, 1950).

II.2. Morphologie et description des principales parties de l'arbre

a) Caractères généraux

Le caroubier est un arbre ou arbuste sclérophylle sempervirent, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. Il est mellifère, son miel est bon. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007) (Fig. N°06)



Figure N°06 : L'arbre du caroubier

a) Le système racinaire

Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18m de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003).

b) Les organes aériens**• Les feuilles**

Les feuilles de *Ceratonia* de 10 à 20 cm de longueur, sont persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, avec ou sans foliole terminale. Les folioles ont de 3 à 7 cm de longueur, de forme ovale ou elliptique, opposées, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007). Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet (Fig.N°07).



Figure N°07 : La feuille du caroubier

• La fleur

Le caroubier est un arbre dioïque, parfois hermaphrodite et rarement monoïque (Linskens and Scholten, 1980; Batlle et Tous, 1988). Les pieds mâles sont stériles et improductifs (Rejeb, 1995).

Les pieds mâles sont stériles et improductifs (Rejeb, 1995). Les fleurs mâles, femelles et hermaphrodites poussent sur des pieds différents.

On distingue trois formes de fleurs (fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites) (fig. N°08) qui sont portées sur différents pieds.

Les fleurs sont groupées en grappes pédonculées, de couleur pourpre et parfois rougeâtre, qui apparaissent sur le vieux bois et parfois sur le tronc. Les fleurs femelles sont constituées d'un pistil court et recourbé avec un petit ovaire (5 à 7 mm) bi-carpelle. Les stigmates sont bilobés et couvertes par des papilles. A la base, le disque nectarifère est entouré de 5 à 6 sépales rudimentaires, par contre, la corolle est absente, et les fleurs mâles portent 5 étamines, à filets allongé (Aafi, 1996).

La morphologie florale du caroubier est très complexe, selon la littérature cinq types d'inflorescences se distinguent:

Inflorescence polygame, composée de fleurs mâle, femelle et hermaphrodite. **Inflorescence hermaphrodite** : fleurs avec des étamines et un pistil bien développé.

Inflorescence mâle : fleurs avec des étamines courtes et un pistil non développé.

Inflorescence mâle : fleurs à étamines longues et à pistil non développé.

Inflorescence femelle avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires.

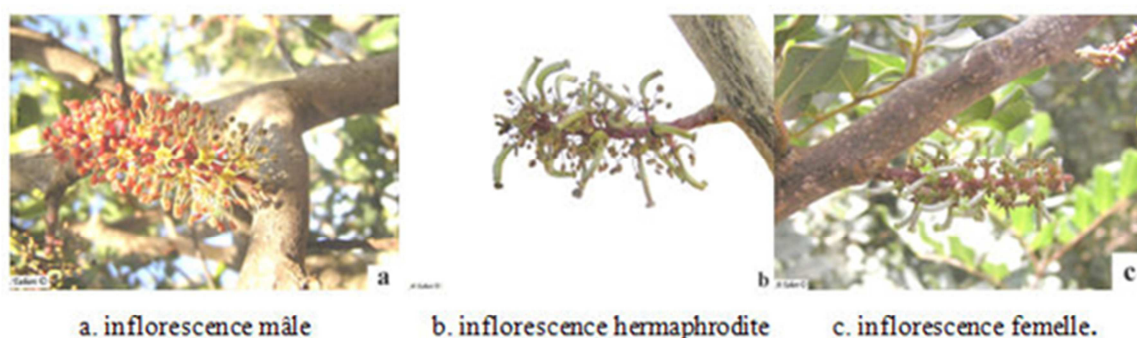


Figure N°08 : Inflorescences du caroubier

- **Le fruit**

Le fruit du caroubier, appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1,5 à 3 de largeur et de 1 à 2,5 cm d'épaisseur. La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines (Rejeb, 1995 ; Ait Chitt *et al.*, 2007) (Fig. N°09).

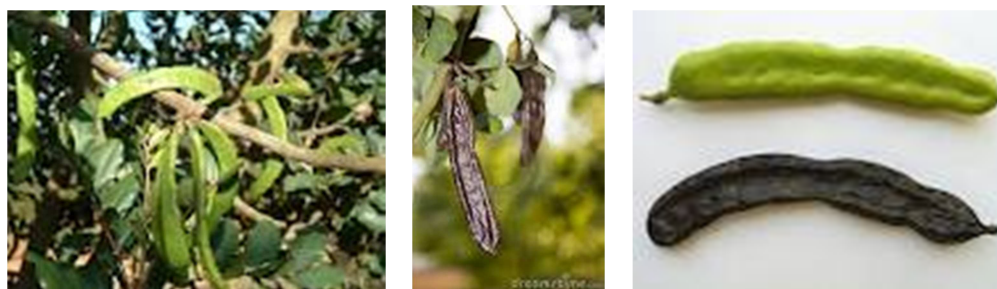


Figure N°09 : Le fruit du caroubier

- **La graine**

Les graines sont ovoïdes, rigides, d'une couleur qui dépend la variété, elle peut être marron, rougeâtre, ou noir dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm (**Battle et Tous, 1997**) (**Fig. N°10**).



Figure N°10 : Les graines du caroubier

II. 3. Biologie et physiologie du cycle de végétation

a) Cycle végétatif annuel

Floraison et fécondation

La floraison du caroubier apparaît en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Les fleurs mâles apparaissent d'août à septembre et la durée d'émission du pollen semble dépasser celle de la réceptivité des stigmates. Certains ont observé des anthères mûres de juillet à décembre. Cette période de floraison dépend surtout des conditions climatiques, car dans certaines régions chaudes, la floraison peut avoir lieu même au mois de juin.

La fleur femelle apparaît à partir de juillet et est adaptée à une pollinisation aussi bien anémophile qu'entomophile.

Fructification

Pour arriver à maturité, la caroube nécessite généralement entre 9 et 10 mois.

La chute des fleurs et des jeunes fruits a lieu en octobre, elle diminue en janvier et février, et devient presque nulle entre juin et août. Ainsi, 60 à 90 % des gousses tombent durant le premier stade de croissance au printemps.

La croissance de la caroube n'est pas rapide, elle passe par trois stades de développement suivant une courbe de croissance, comme la plupart des espèces fruitières (Source : Ilahi et Vardar, 1976) (**Fig. N°11**).



fruits du caroubier (a : fruits non mûres, b : fruits mûres).

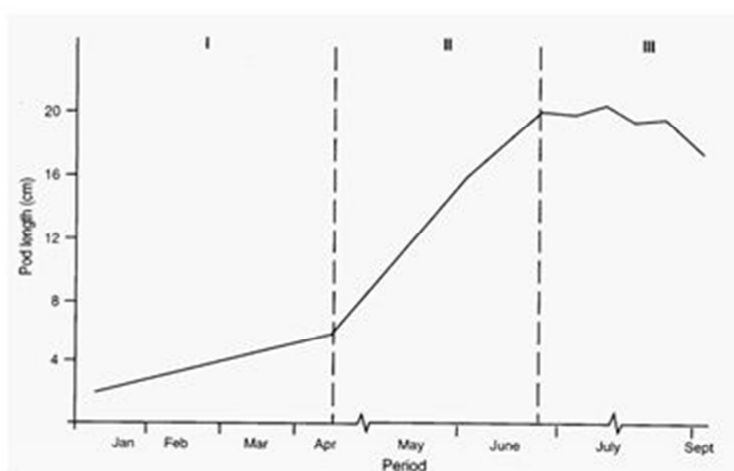


Figure N° 11 Stades de développement du fruit du caroubier (Ilahi et Vardar, 1976)

Ainsi ces stades sont bien distingués:

- Le **premier stade** correspond à une croissance lente en automne et en hiver durant lequel la gousse montre une légère augmentation du poids.
- Le **deuxième stade** correspond à une croissance rapide entre avril et août caractérisé par une période d'activité de la gousse en début printemps.
- Au **troisième stade** la gousse s'accroît lentement, mûrit et se durcit en juin, change de la couleur verte en brun. Ainsi, la gousse devient mûre après dix mois.

Le caroubier est un arbre alternant (Une année de forte production succède une année de récolte faible ou nulle, c'est un phénomène naturel mais il peut se produire à la suite d'accidents physiologiques). Cette alternance est contrôlée génétiquement, mais elle peut être accentuée par des facteurs climatiques et de stress ou des pratiques culturales inadéquates.

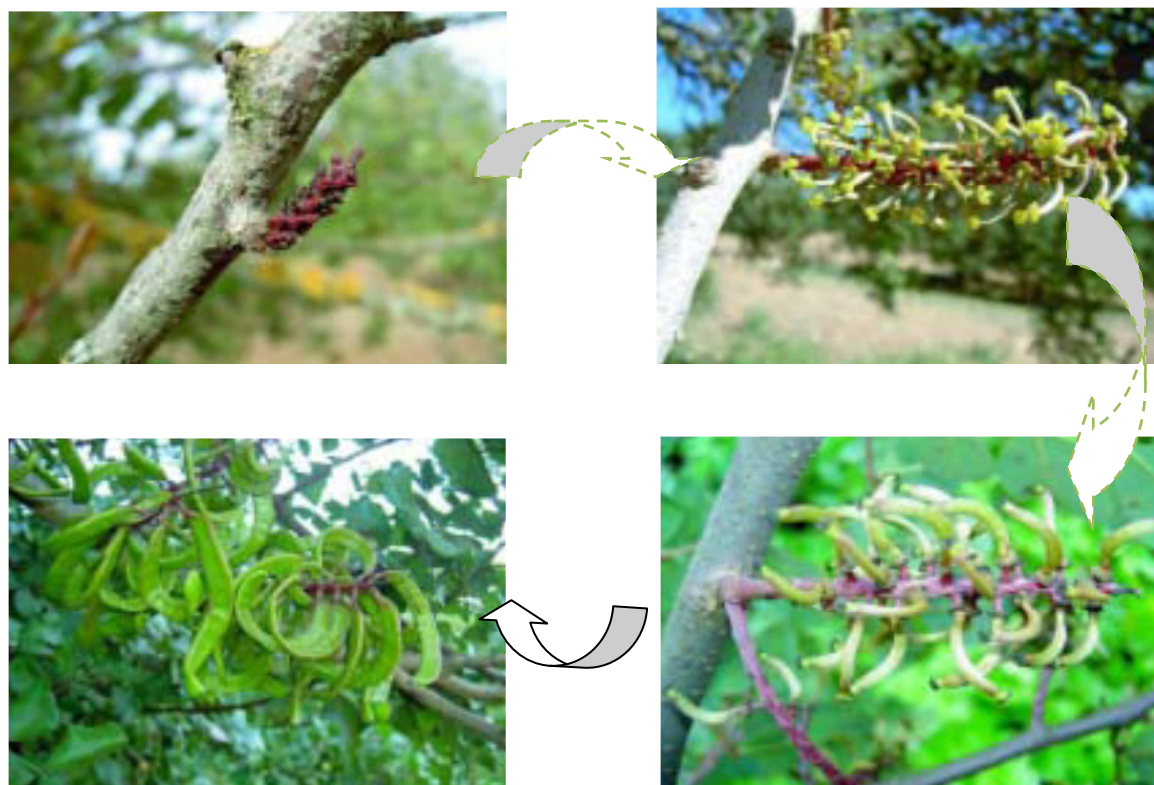


Figure 12 : Fleurs femelles

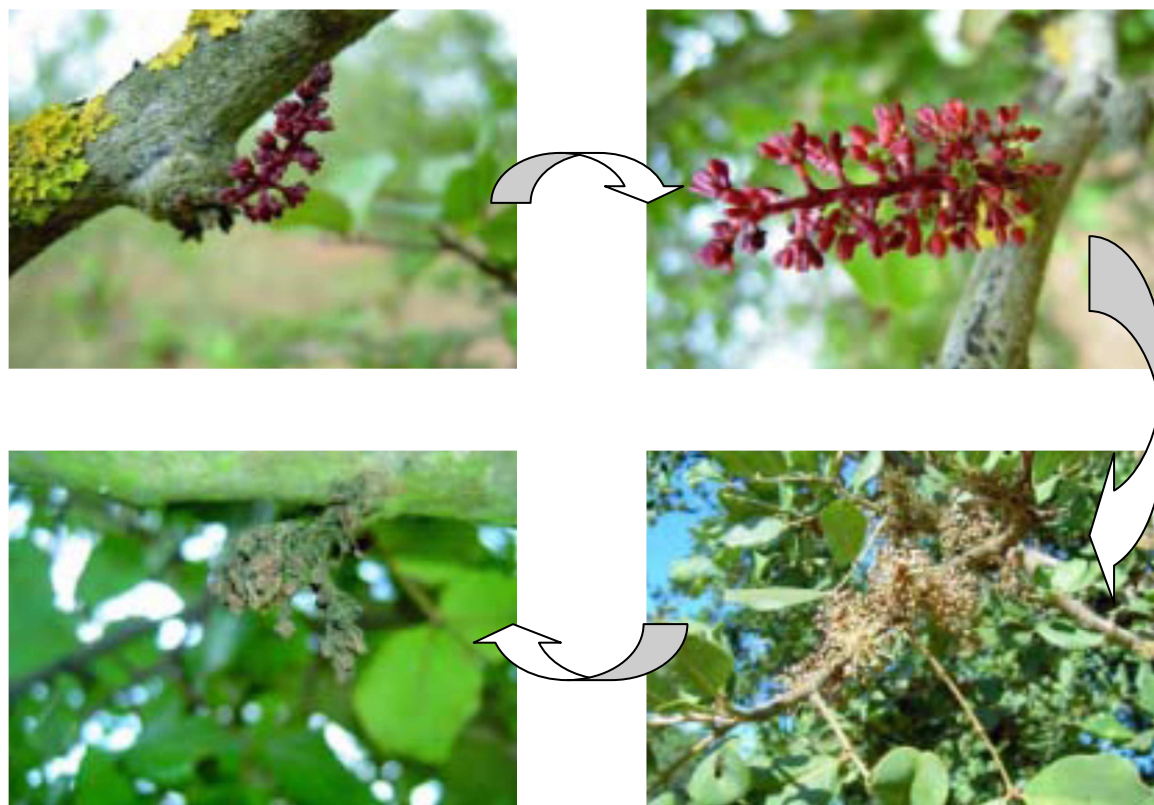


Figure N°13 : Fleurs mâles

III. Les variétés

De plus de 80 clones, 7 sélections faites par Coit ont été exposées au Centre Citrus Research de l'Université de Californie pour la conservation. Les 7 sont, brièvement:

«**Amele'**»-une ancienne variété commerciale de l'Italie. Les gousses de couleur marron clair, droites ou légèrement incurvées (14-16 cm) de long et (2-2.5 cm) de large; teneur en sucre de 53,8%. Bonne saveur.

«**Casuda'**»-un cultivar très ancien de l'Espagne. Les gousses de couleur brune, la plupart du temps sec; (12 cm) de long; (1,5 cm) de large, le sucre de 51,7%.

Arbre de la rue Clifford'- Arbre hermaphrodite. La gousse brun clair, légèrement incurvée, (13 cm) de long, (2 cm) de large; teneur en sucre de 52,9%.

«**Sfax'** de Menzel-bou Zelfa, Tunisie; la gousse rouge-brun, droites ou légèrement incurvées; (15 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre de 56,6%.

«**Santa Fe'**-semis de Santa Fe Springs, en Californie. Hermaphrodite, l'auto-fertile. La gousse brun clair, légèrement incurvée, souvent tordu, (18-20 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre de 47,5%. Excellente saveur.

Tantillo'-de Sicile;. Hermaphrodite. Gousse brun foncé, la plupart du temps sec; (13-15 cm) de long (2 cm) de largeur.

«**Tylliria'**-de Chypre; leur variété principal produit d'exportation; la gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, (15 cm) de long (2-2.5 cm) de large, le sucre de 47,4% à Vista; 50,9% à Indio, 48,8% à Chypre. Bonne saveur. La pulpe contient 51% de sucre et les graines 49% de gomme.

Ces 7 remplacé certains cultivars anciens, y compris les «**Bolser '**, **Conejo '**, **Gabriel '**,

Horne»et«**Molino**»; tous les hermaphrodites. D'autres cultivars communs à Chypre sont les suivants:

«**Koundourka'**-un arbre avec des branches pleureuses; gousses mûres généralement inférieure à (17 cm) de long; ils se séparent facilement; des graines de 14,7% avec une teneur en gomme (58%) de haut.

«**Koumbota'**-un grand arbre à croissance "noueux "gousses avec un contenu faible production de graines. Les gousses contiennent 53% de sucre, les graines, 53% de gomme.

Types greffés sont classées comme «**Imera**. «**Apostolika** Le nom est un terme général pour les semis de qualité acceptable. Les types sauvages en tant que groupe sont appelés '**Agria**'.

Les différents cultivars recensés actuellement dans le monde se distinguent entre eux par leur vigueur, leur taille, leur qualité de gousse, leurs graines, leur productivité et leur résistance aux maladies (**Batelle et Tous, 1997**).

IV. Ecologie du caroubier

Le caroubier, dont l'aire de répartition s'étend dans les secteurs des plateaux et en moyennes montagnes jusqu'à 1700 m d'altitude, est indifférent à la nature du substrat, Il tolère les sols pauvres, sableux, limoneux lourds, rocaillieux et calcaires, schisteux,

gréseux et des pH de 6,2 jusqu'à 8,6, mais il craint les sols acides et très humides (**Baum, 1989 ; Sbay et Abrouch, 2006 ; Zouhair, 1996**). Le caroubier est une espèce typique de la flore méditerranéenne, bien définie dans l'étage humide, subhumide et semi aride.

La sécheresse cyclique a révélé que le caroubier résiste mieux au manque d'eau que le chêne vert, le thuya et l'oléastre qui lui sont associés. C'est une essence, très plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm/an). Il joue un rôle important dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion et dans la lutte contre la désertification (**Zouhair, 1996**).

V. Multiplication du caroubier

Elle peut se faire par *semis*, *bouturage*, *greffage*, *marcottage*, ou par *micropropagation*.

V.1. Le semis

C'est une méthode classique la plus utilisée pour la multiplication du caroubier. En effet la germination par semis est facilement réalisable, mais elle est entravée par l'impossibilité de connaître le sexe de la plante avant la maturation et la production tardive, qui peut prendre plus de 8 ans (**Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003**).

Les graines sont dotées d'une enveloppe tégumentaire épaisse et dure, ce qui nécessite une scarification préalable pour faciliter la germination. Un prétraitement avec de l'eau bouillante, l'acide sulfurique (H_2SO_4) ou l'acide gibberelline (AG_3) peut améliorer considérablement le taux de germination (**Batle et Tous, 1997**). Avec l'acide gibberelline la germination est spectaculaire (**Frutos, 1988**), mais la durée de scarification est variable en fonction des cultivars et des provenances des graines (**Konaté, 2001**).

V.2. Le bouturage est moins utilisé, car il demande des soins très minutieux et une température édaphique élevée (**Rejeb, 1995**). Le bouturage consiste à prélever des portions de rameaux dans des conditions précises leur permettant de former un bourrelet cicatriciel et de pouvoir émettre des racines (**Baillière, 1975**).

Le bouturage est une espèce difficile à bouturer (**Lee et al., 1977 ; Hartmann et Kaster, 1983**).

V.3. Le greffage

Il consiste à greffer les pieds mâles par les femelles. En effet il s'agit de transférer les bourgeons prélevés sur les pieds femelles et de les greffer sur les pieds mâles. Les 1^{ers} rameaux apparaissent au bout de la 3^{ème} semaine. Cette méthode permet aux arbres mâles

de donner des fruits à partir de la troisième année, de produire des races garantissant la fructification et la préservation de la conformité des caractères sélectionnés chez la plante mère (**Gharnit, 2003 ; Ait Chill et al., 2007**).

a) Préparation du porte-greffe

Après la germination des graines, et au fur et à mesure de leur croissance, les jeunes plants sont ébourgeonnés pour les conduire en un seul axe (**Ait Chitt et al., 2007**).

b) Prélèvement du greffon

Les baguettes à greffons sont prélevées sur le plan sélectionné pour la multiplication.

Son choix est sérieux : il doit posséder au moins un œil susceptible de se développer, sinon plusieurs (cas des greffes par rameau détaché). Il se prélève sur les parties jeunes durant la période de repos ou au départ de la végétation. La bonne préparation fait apparaître le cambium, partie de la tige où se trouvent les vaisseaux ascendants de la sève et qui sont mis en contact obligatoire avec les mêmes vaisseaux du sujet (**Giordano, 2008**). Elles sont ensuite enveloppées dans un tissu humide et utilisées le plus rapidement possible pour le prélèvement de greffons. Les baguettes doivent être les plus jeunes possibles (**Ait Chitt et al., 2007**).

c) Greffage des plants

Greffage en fente simple

Le porte-greffe est étêté à 15 cm du collet et la tige fendue sur 4 mm en son centre. Un bourgeon est prélevé sur la baguette sélectionnée (2 à 3 cm) et son extrémité taillée en biseau sur 4 mm environ. Le greffon ainsi taillé est introduit dans la fente effectuée sur la tige du porte-greffe et le tout est ligaturé pour permettre un bon contact entre greffon et porte greffe et éviter la dessiccation de ce dernier. Une meilleure soudure sera assurée si le greffon et le porte greffe sont de même section (**Ait Chitt et al., 2007**).

Greffage des vieux arbres par couronne

Le greffage des vieux arbres qui ne portent pas de fruits ou des fruits de qualité inférieure, est appelé travail au sommet (top-working), (**Schwartzman, 1934**).

Pour greffer les vieux arbres, on emploie la greffe en couronne au mois de mai. Le plus grand soin doit être apporté dans le choix des greffons. Ils doivent être choisis sur des pieds hermaphrodites, quand on greffe des plants sauvages, on laisse en

place un greffon mâle. Mais il est préférable d'avoir quelques pieds mâles par plantation au lieu de conserver des greffons mâles sur chaque arbre (**Lavallée, 1962**).

Le greffage du caroubier est moins facile toute fois que celui de l'olivier mais avec quelques soins, la reprise est aisée.

Les conditions de la réussite

Elles sont au nombre d'une dizaine. Lorsqu'une greffe rate, la cause de l'échec réside dans le fait qu'une ou plusieurs de ces conditions n'ont pas été respectées. Il est important de s'efforcer de les suivre à lettre lors de l'exécution afin de mettre tous les atouts de la réussite dans son jeu (**Giordano, 2008**).

- ♣ **L'affinité** : Le greffon et le sujet doivent en principe appartenir à la même famille botanique.
- ♣ **La vigueur** : Il faut la rechercher sensiblement égale entre le sujet et le pied mère fournissant les greffons afin de ne pas provoquer un déséquilibre dans la circulation de la sève.
- ♣ **La propreté dans l'exécution** : La propreté concerne les mains, les outils, le porte-greffe et le greffon ; il est très important que les plaies pratiquées soient préservées de tout corps étranger et de la moindre poussière. En conséquence, il faut opérer avec des mains propres et veiller à la netteté des greffons et du porte-greffe.
- ♣ **L'utilisation de bons outils** : La qualité première, en dehors de la propreté, est leur tranchant. Il est important que le sécateur, la serpette et le greffoir fassent des coupes nettes, sans bavures qui pourraient s'introduire dans la plaie. Il faut utiliser des liens solides (raphia, laine, caoutchouc) non susceptibles de se briser durant l'opération.
- ♣ **L'époque d'entrée en végétation** : La végétation du greffon doit être en léger retard sur celle du sujet ; ainsi il est sûr d'être nourri sans attendre. Cela implique parfois la nécessité, dans les greffes par rameaux détachés, de prélever ceux-ci à l'avance pour retarder leur montée de sève, il est même conseillé de placer les greffons au réfrigérateur pour prolonger l'hiver.
- ♣ **Le contact des vaisseaux (transportant la sève)** : Le cambium du sujet et celui du porte-greffe doivent entrer en contact pour assurer le nourrissage.

- ♣ **La préservation de l'air et de l'eau :** L'air ainsi que l'eau ne doivent absolument pas pénétrer dans la plaie du sujet et surtout au niveau des deux cambiums, d'où la nécessité de ligatures suffisamment serrées et de l'engluement dans certaines greffes terminales avec du mastic spécial.
- ♣ **L'état sanitaire du greffon :** Le greffon doit provenir d'un arbre en bonne santé ; toute maladie véhiculée est inévitablement transmise au niveau sujet. Ses yeux doivent être bien formés et capables d'engendrer des tiges. Il faut veiller, par exemple, à ne pas greffer un bourgeon à fleur dans la greffe à l'écusson.

L'époque du greffage : Elle varie selon les espèces et les procédés de taille. On greffe en général au cours du printemps et de l'été. Il est possible de réussir certaines greffes à l'automne, mais avec un pourcentage.

V.4. La micropropagation ou la culture *in vitro* du caroubier

C'est une technique prometteuse, qui permet d'obtenir une plante conforme à la plante d'origine, elle a été réalisée à partir de plantules et de plantes adultes (**Sebastian et McComb, 1986 ; Batlle et Tous, 1997**), ainsi que de différents explants : nœuds prélevés des plantules issues de germination (**Belaizi et al., 1994**), **bourgeons axillaires...**(**Saidi et al., 2007**).

VI. Intérêt et utilisations du caroubier

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, socio-économique, industrielle et ornementale indiscutable. En terme de produits, l'arbre et toutes ses composantes (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racine) sont utiles et particulièrement le fruit.

Arbre

En raison de sa rusticité et de son adaptation aux contraintes de l'environnement, le caroubier est souvent utilisé, pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (**Boudy, 1950 ; Rejeb al., 1991 ; Biner et al., 2007**). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (**Batlle et Tous, 1997**), les pieds mâles, qui ne fournissent pas de gousses sont les plus préférés dans le domaine d'ornementation (**Batlle et Tous, 1997**). Il peut être également utilisé en verger comme plantation homogène destinée à la production commerciale.

Actuellement, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants puisque toutes ses parties sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (**Aafi, 1996**).

b) Fruit

Dans les pays producteurs, les gousses de caroube ont été, traditionnellement, utilisées non seulement en alimentation des animaux ruminants (**Louca et Papas, 1973**) ou non ruminants (**Sahle et al., 1992**), mais aussi en alimentation humaine. Après l'écrasement des gousses graines, les produits dérivés de ces deux éléments sont principalement utilisés dans plusieurs domaines

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employé depuis longtemps, comme nourriture de bétail à côté d'autres aliment comme la farine d'orge (**Ait Chitt et al., 2007**).

Elle est utilisée dans l'industrie alimentaire humaine, grâce à sa teneur élevée en sucres et en composés phénoliques. Elle est également employée pour la production d'alcool (éthanol), d'acide citrique et comme substituant du cacao pour la fabrication de chocolat, car elle ne contient ni caféine ni théobromine (alcaloïdes). La farine de la pulpe entre dans la composition de plusieurs aliments comme, les biscuits, les farines lactée. (**Rejeb al., 1991 ; Youssif et al., 2000 ; Makris et Kefalas, 2004 ; Dokia et al., 2007**).

En pharmacopée traditionnelle, la pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies comme la gastrite, l'entérite, les angines, les rhumes, le cancer (**Crosi et al., 2002 ; Gharnit, 2003 ; Ait Chitt et al., 2007**).

Tous les constituants de la graine du caroubier (tégument, endosperme et cotylédon), jouent un rôle industriel et médical important, mais la gomme (endosperme) reste la plus importante, puisqu'elle est utilisée, comme agent stabilisateur, gélifiant, fixateur dans différents domaines comme l'agroalimentaire (fromage, mayonnaise, salades...), la cosmétique (crèmes, dentifrices...), l'industrie pharmaceutique (médicaments, sirops...), la tannerie, le textile. (**Battle et Tous, 1997 ; Biner et al., 2007 ; Dokia et al., 2007**).

c) Les autres parties de l'arbre

Les autres parties de l'arbre sont aussi exploitées, en effet, la fleur est utilisée par les apiculteurs pour la production du miel de caroube ou miel d'automne, alors que les feuilles sont utiles pour l'alimentation des animaux. L'écorce et les racines sont utilisées en tannerie grâce à leur teneur en tanins. Le bois du caroubier, dur de couleur rouge, est estimé dans la charbonnerie et la menuiserie (**Rejeb al., 1991 ; Gharnit, 2003**).

Dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le

polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles (Priolo et al., 2000), ces derniers ont été utilisés en Turquie, dans la médecine 'traditionnelle' pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique (Baytop, 1984) ; ils ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxique et antimicrobiennes (Kivçak et Mart, 2002).

VII. Composition chimique du caroubier

La gousse est riche en carbohydrates et particulièrement en sucres hydrolysables (sucrose 34%, D-glucose 6,4% et D-fructose 6%) qui représentent 40 à 55% du poids de la gousse et en protéines (6%), par contre elle présente une faible proportion en lipides (3%). La gousse du caroubier présente une valeur énergétique important (17,5 KJ/g de M.S) (Avallone *al.*, 1997 ; Biner *al.*, 2007).

Le caroubier contient également des composées phénoliques (2 à 20% de M.S) qui lui confèrent différents rôles : antioxydant, facilité de la digestion, baisse du taux cholestérol..., différentes études ont montré que ces polyphénols sont essentiellement des tanins condensés (16 à 20%), des proanthocyanidines, des flavonoïdes, des ellagitanins... (Avallone *al.*, 1997 ; Owen *al.*, 2003 ; Makris et Kefalas, 2004).

La gousse du caroubier contient d'autres composées comme les éléments minéraux, les vitamines.

VIII. Production du caroubier

Selon les données du FAOSTAT (2010), l'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 95 864ha (Tab N°09). La plus grande superficie, 77 876ha, est celle de l'Europe, contre une superficie estimée à 921ha pour l'Algérie et 11 179ha pour les pays d'Afrique du Nord.

La production mondiale de caroube est estimée à 95 864 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, Italie, Maroc, Portugal, Grèce, Turquie, suivie de Chypre, Algérie, Liban, et en dernier la Tunisie (Tab. N°09).

Tableau N°08 : Superficie occupée par le caroubier (FAOSTAT 2010)

Pays	Superficie (ha) en 2004	Superficie (ha) en 2008	Superficie (ha) en 2009
Algérie	1 066	1 000	921
Afrique du Nord	13 526	13 460	11 179
Europe	92 218	83 574	77 876
Monde	112 711	10 2939	95 864

Pays	Production en tonne (2004)	Production en tonnes (2008)	Production en tonnes (2009)
Espagne	67 000	72 000	60 795
Italie	24 000	31 224	31 224
Maroc	40 000	25 000	19 472
Portugal	20 000	23 000	21 000
Grèce	19 000	15 000	15 822
Turquie	14 000	12 100	12 097
Chypre	7 000	3 915	6 519
Algérie	4 600	3 600	3 216
Liban	3 200	2 800	2 176
Tunisie	1 000	1 000	1 000
Monde	182 680	191 167	181 531

Tableau N°09 : Production mondial de caroube (FAOSTAT 2010)

Pays	Production en tonnes (2010)	Production en tonnes (2011)
Espagne	95 000	75 000
Italie	45 000	30 000
Maroc	75 000	40 000
Portugal	45 000	45 000
Grèce	12 000	10 000
Turquie	18 000	14 000
Algérie	18 000	7 000
Tunisie	5 000	35 000
Reste	5 000	5 000
Monde	318 000	229 500

Tableau N°10 : Production mondiale de caroube (2010-2011)

Durant le siècle dernier, la production mondiale de caroube a connu une chute dramatique, elle est passée de 650 000t en 1945 (**Orphanos et Papaconstantinou, 1969**) à 229 500 t en 2011. La grande perte a été enregistrée en Espagne où la production a chuté de 75 000 t en 1930 à 60 795t en 2011 (**MAPA, 1994**).

Selon Batlle (1997), la régression accusée dans la production du caroubier a été principalement liée à la baisse des prix et aux programmes du développement des zones côtières au dépend des plantations de caroubier.

On remarque qu'en Algérie la production de caroube ainsi que la surface cultivée ont baissé par rapport aux données enregistrées en 2004, car il n'est plus utilisé comme plante fourragère pour l'aliment de bétails au profit de l'orge et c'est dû à son coût élevé et son rendement lent (10 à 15 ans après sa plantation).

IX. Ravageurs et maladies

Dans la région méditerranéenne, le principal ravageur est la teigne de caroube, *Ceratoniae myelois*. Les gousses de beaucoup de cultivars deviennent parfois infestées avec la petite et polyphage larve de la mite de caroube (*Myelois ceratoniae* Z.). En Août-Septembre, Il pond ses œufs sur les fleurs ou les gousses nouvellement formé et les larves pénètrent dans les gousses et les ruiner. Elle attaque également les caroubes stockées où elle peut être éliminée par la fumigation.



Larve de *Myelois ceratoniae*

En Espagne, l'insecte le plus préjudiciable est la larve polyphage de la mite de léopard (*Zeuzera pyrina* L.) qui attaque le bois du tronc et des branches, endommageant considérablement de jeunes arbres. (**Martorell 1987 ; Tous and Batelle 1990**). Dans les caisses d'isolement, il peut être commandé en présentant un fil dans les galeries pour détruire les larves ou en remplissant trous de pâte de pesticide.



**Zeuzère au stade larvaire
(Chenille)**

**Zeuzère au stade adulte
(Papillon)**

**Galerie typique
de la chenille**

Dégât causé par l'insecte Zeuzère sur l'écorce d'arbre

Les charançons font des dégâts importants sur les gousses de caroubier lorsqu'elles sont stockées, ils peuvent être détruits avec des produits-organo phosphorés (fumigation).

En Chypre, les arbres ont subi à des attaques de moucheron de caroube (*Asphondylia spp.*) sur des gousses. L'humidité élevée favorise la prolifération de cet insecte. Les larves d'un moucheron, *Asphondylia Gennadii*, causer le rabougrissement des gousses.

Certains des meilleurs cultivars sont résistants à ces ravageurs.



Asphondylia au stade adulte

Les maladies sont rares. La déformation des jeunes gousses peuvent être causées par le champignon *ceratoniae*. La maladie de rouille (*Oidium ceratoniae C.*) peut affecter des gousses, des feuilles et des brindilles, elle attaque dans différentes périodes de l'année, principalement au printemps et en automne. Ce champignon déforme des jeunes gousses, il provoque des taches blanches sur les tissus infectés (Goor et al. 1958 ; Graniti 1959 ; Martorell 1987 ; Tous and Batelle 1990). Elle peut aussi détruire des branches dans de vieux arbres.

Les jeunes caroubiers s'élevant dans des états de serre chaude ont montré la résistance à la putréfaction de racine causée par *Armillaria* (*A. mellea* and *A. obscura*) (Loreto et al.1993).



Les gousses de caroubier et ses feuilles sont attaquées par *Oidium ceratoniae*

D'autres parasites qui endommagent considérablement de temps en temps des vergers de caroube sont de petits rongeurs comme des Gophers (*Pitymys spp.*) et les Gopher de rats (*Rattus spp*) peuvent sévèrement endommager le système de racine de jeunes arbres. Ils sont les parasites importants, ils grimpent dans les arbres, se cachent parmi les branches, ronger l'écorce des branches jusqu'à la mort.



Pitymys



Rattus

Les gaufres sont très friands des racines de caroube, et les lapins et les cerfs broutent les jeunes arbres.