



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
INISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : *Biotechnologie et Génomique Végétale*

Intitulé :

Le caroubier : utilisations et intérêt économique.

Présenté et soutenu par : *CHIAL Noudjoud*

Le : 07/07/2020

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mr. *DJEKOUN A.* (Pr - UFM Constantine).

Encadrant : Mr. *TEMAGOULT M.* (MAA- UFM Constantine).

Examineur : Mr. *KELLOU K.* (MAA - UFM Constantine).

*Année universitaire
2019 - 2020*

Dédicaces

*Je dédie ce Modest travail : A ma chère et tendre
mère Meriem, source d'affection de courage et
d'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir
atteindre ce jour.*

*A mon père Ibrahim source de respect, en
témoignage de ma profonde reconnaissance pour
tout l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours
apporté.*

*A mon soutien moral, l'homme de ma vie mon mari
Faïçal*

A mes Jolies sœurs Raounak et Nada

A mon très cher frère Dhirar

*A tous mes camarades de la promotion
biotechnologie végétale.*

Remerciement

*Je remercie Dieu le tout puissant et Miséricordieux d'avoir guidé nos pas
et éclairé nos*

*Pensés de nous avoir offert la source d'inspiration qui nous a permis
d'arriver à faire ce travail ;*

*Je tiens à remercier mon encadreur Mr. TEMAGOULT Mahmoud pour ses
orientations, ses conseils, sa disponibilité et son aide ;*

*Mes vifs remerciements s'adressent également aux membres de jury qui
ont accepté de juger ce travail :*

Mr. DJAKOUN Abdelhamid pour le grand honneur de présider le jury.

Mr. KELLOU Kamel d'avoir bien voulu d'examiner ce travail

*Merci à tous mes enseignants en particulier Mr. BENBELKACEM
Abdelkader. ; Mme. HAMMOUDA Dounia. ; Mme. YKHLEF Nadia.*

Et sans oublier de remercier les membres du laboratoire de GBBV.

Résumé

Le caroubier (*ceratonia siliqua*) c'est une espèce de la famille des fabaceae, arbre ou arbuste cultivé pour ses gousses riches en sucres à maturité dont la pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de cette gousse, représentent respectivement 90% et 10% de son poids total . Il est originaire des pays méditerranéens et est domestiqué depuis 4000 ans avant J.C. Le caroubier a une grande importance écologique grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques de plus il est utilisé dans le reboisement des zones arides et dégradées, comme étant une ressource précieuse de reforestation ; ainsi qu'une grande importance économique à cause de l'industrialisation de ses produits en raison des multiples utilisations agro-alimentaire, médicale, cosmétique et chimique. En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien, dont la superficie cultivée totale est estimée de 927 ha en 2009. L'amélioration du caroubier nécessite l'appui de la biotechnologie, dont l'utilité est devenue indispensable pour la mise en place de tous les programmes modernes d'amélioration génétique. Le caroubier n'a pas eu encore la place qu'il mérite malgré les retombées socio-économiques que cette plante peut avoir à l'échelle nationale, donc il faut tirer le maximum de profil pour améliorer son industrialisation.

Mots clés : caroubier, *Ceratonia siliqua*, biotechnologie, agroalimentaire.

Abstract

The carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) is a species of the fabaceae family, tree or shrub cultivated for its pods rich in mature sugar whose pulp and seeds are the two main constituents of this pod, respectively represent 90% and 10 % of its total weight. It is native to the Mediterranean countries and has been domesticated for 4000 years before J.C. It has great ecological importance thanks to his ability to develop different strategies of adaptation to hydric constraints, moreover it is used in the reforestation of arid and degraded zones, as being a precious resource of reforestation as well as a great economic importance because the industrialization of his products due to the multiple uses of the food, medical, cosmetic and chemical industries. In Algeria, the carob tree is frequently cultivated in the Saharian Atlas, whose total cultivated area is estimated at 927 ha in 2009. Improving the carob tree requires support from biotechnology, whose usefulness has become essential for the implementation of all modern genetic improvement programs. The carob tree has not yet had the place that it deserves despite the socio-economic benefits that this plant can have on a national scale, so you have to shoot the most of profile for his industrialisation.

Keywords : carob tree, *Ceratonia siliqua*, biotechnology, agrifood.

ملخص

شجرة الخروب هي نوع من العائلة البقولية شجرة أو الشجيرة المزروعة لقرونها الغنية بالسكر عند النضج الذي يمثل اللب والبذور المكونين الرئيسيين لهذه القرنة ، يمثلان على التوالي 90% و 10% من وزنها الإجمالي.

موطنها الأصلي دول البحر الأبيض المتوسط وتم تدجينها منذ 4000 عام قبل الميلاد

إنها ذات أهمية بيئية كبيرة بفضل قدرتها على تطوير استراتيجيات مختلفة للتكيف مع القيود المائية ، علاوة على أنها تستخدم في إعادة تشجير المناطق القاحلة والمندھورة ، كمورد ثمين لإعادة التشجير وكذلك ذات أهمية اقتصادية كبيرة بسبب تصنيع منتجاتها من أجل الاستخدامات المتعددة الغذائية والطبية والكيميائية ومستحضرات التجميل.

في الجزائر ، تزرع شجرة الخروب غالبا في الأطلس الصحراوي ، حيث تقدر مساحتها المزروعة الإجمالية بـ 927 هكتار في عام 2009.

يتطلب تحسين شجرة الخروب دعم البيوتكنولوجيا التي أصبحت فائدتها ضرورية لتنفيذ جميع برامج التحسين الوراثي الحديثة.

شجرة الخروب لم تحصل حتى الآن على المكان الذي تستحقه على الرغم من الفوائد الاقتصادية التي يمكن أن يتمتع بها هذا النبات على المستوى الوطني لذا يجب رسم ملف التعريف لتحسين التصنيع.

الكلمات المفتاحية الخروب، سيرتونيا سيليك، التكنولوجيا الحيوية، الزراعة الغذائية.

Liste des abréviations

FAO : Food and Agriculture Organisation

FAOSTAT: Food and Agriculture Organisation Corporate Statistical Database

LBG : Locust Bean Gum ou galactomannanes de graines de caroube

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

MAPA : Ambulatoire de la Pression Artérielle

NAS : Network Attached Storage (serveur de stockage en réseau)

Liste des figures

Figure 01 :	Le caroubier <i>Ceratonia siliqua</i>	3
Figure 02 :	L'arbre du caroubier.....	4
Figure 03 :	Système racinaire chez le caroubier.....	4
Figure 04 :	Les feuilles du caroubier.....	6
Figure 05 :	Inflorescence mâle du caroubier.....	7
Figure 06 :	Inflorescence femelle du caroubier.....	7
Figure 07 :	Fleur hermaphrodite du caroubier.....	7
Figure 08 :	Inflorescence mâle de couleur rouge.....	8
Figure 09 :	Inflorescence mâle de couleur jaune.....	8
Figure 10 :	Fruit du caroubier.....	9
Figure 11 :	Graines du caroubier.....	10
Figure 12 :	Aire de répartition du caroubier dans le monde.....	13
Figure 13 :	Larve de <i>Myelois ceratoniae</i>	20
Figure 14 :	Zeuzère au stade larvaire (Chenille).....	20
Figure 15 :	<i>Asphondylia</i> au stade adulte.....	21
Figure 16 :	<i>Pitymys</i>	21
Figure 17 :	<i>Rattus</i>	21
Figure 18 :	La désaileuse.....	22
Figure 19 :	La trieuse.....	22
Figure 20 :	Poudre de caroube.....	23
Figure 21 :	Gomme de caroube.....	24
Figure 22 :	Processus de transformation des caroubes.....	24
Figure 23 :	Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques.....	30

Liste des tableaux

Tableau 01 :	Classification systématique de l'espèce <i>Ceratonia siliqua</i> L.....	3
Tableau 02 :	Valeurs moyennes de la teneur en minéraux de la poudre de caroube.....	16
Tableau 03 :	Valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube.....	17
Tableau 04 :	Production mondiale de caroube.....	18
Tableau 05 :	Proportion d'usage de la gomme de caroube.....	25
Tableau 06 :	Utilisations de la gomme de caroube et ses applications techniques.....	28
Tableau 07 :	Estimation de la surface cultivée, la production et le rendement du caroube dans le monde, année 201.....	31
Tableau 08 :	Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, année 2009.....	32

Sommaire

Introduction.....	1
1.1. Taxonomie et terminologie commune.....	2
1.2. Classification systématique.....	3
1.3. Biologie des caroubes.....	4
1.4. Reproduction biologique.....	10
1.5. Mode de culture ou multiplication... ;;;.....	10
1.5.1. Le semis.....	10
1.5.2. Le bouturage.....	11
1.5.3. Le greffage.....	11
1.5.4. La micro propagation ou la culture <i>in vitro</i>	11
1.6. Origine et distribution géographique.....	12
1.6.1. Origine du caroubier.....	12
1.6.2. Distribution géographique.....	12
1.7. Exigences ecologique.....	13
1.8. Exigences édaphoclimatiques.....	13
1.9. Les variétés.....	15
1.10. Composition des caroubes.....	16
2.1. Production du caroubier dans le monde.....	18
2.2. Rendement.....	19
2.3. Ravageurs et maladies du caroubier ;;;;;;;;;.....	19
3.1. Récolte et extraction des semences.....	22
3.2. Méthode de transformation.....	22
3.3. Utilisation Agroalimentaire.....	25
3.4. Utilisation médicale.....	26
3.5. Utilisation cosmétique.....	27
3.6. Utilisation chimique.....	27
3.7. Effets indésirables.....	28

4.1.	Distribution géographique.....	30
4.2.	Production du caroubier.....	31
4.3.	<i>Application de biotechnologie à l'amélioration du caroubier</i>	32
4.3.1.	La culture <i>in vitro</i>	32
4.3.2	Les marqueurs moléculaire.....	32
4..3.3	La mutagénèse.....	33
4..3.4	La fusion des protoplastes.....	33
	Conclusion.....	34
	Références bibliographiques.....	35



INTRODUCTION

Introduction

Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) appartient à la famille des *Fabacées* de l'ordre des *Fabales*. C'est une espèce sclérophylle, xérophile, thermophile, héliophile et calcicole, originaire des zones arides et semi-arides de la méditerranée et de la péninsule arabique. C'est un arbre qui sur le plan socio-économique et écologique peut jouer un rôle plus intéressants particulièrement dans les contrées sèches et dans les zones où les processus de désertification prennent des ampleurs de plus en plus alarmantes, notamment dans le bassin méditerranéen.

Le caroubier présente un intérêt de plus en plus grandissant en raison non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse (Ait Chitt et al., 2007).

La caroube est l'une des cultures fruitières les plus importées des pays méditerranéens. Leurs productions et consommations a considérablement augmenté ces dernières années. Elles sont largement utilisées dans la fabrication des jus cuits « pekmez » et de boissons en poudre. L'utilisation du fruit entier dans la consommation humaine est limitée cependant, en raison du niveau élevé de tanins qui en résulte l'astringence (Bate-Smith, 1973 ; Karkacier et Artik, 1995). La caroube en possédant des propriétés technologiques cruciales pourra solutionner plusieurs dilemmes liés à des contraintes économiques et technologiques dans le secteur agro-alimentaire.

La caroube suscite actuellement beaucoup d'intérêt en Algérie, où les industriels se disputent le marché international, en vue de son exportation sous forme de farine tirée de la pulpe et des graines pour leur culture agricole.

Par ailleurs, cet arbre est d'une importance économique considérable ; ses gousses, plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière, sont utilisées en industrie agroalimentaire et pharmacologique, notamment comme antidiarrhéique, leur richesse en fibres leur confère des vertus hypocholestérolémiantes et hypoglycémiantes ; les composés phénoliques qu'elles contiennent sont à l'origine de leur propriété antioxydante (Hariri et al. 2009).

L'objectif majeur de ce travail est de présenter les utilisations et l'intérêt économique du caroubier.



Chapitre 01

Présentation de l'espèce
(ceratonia siliqua)

1.1. Taxonomie et terminologie commune

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua*, proposé par Linné est dérivé du mot grec “Keras” = corne et du latin “siliqua” (gousse), en allusion à la dureté et la forme de la gousse. La dénomination de l'espèce *C. siliqua* L. dans différents pays et langues découle d'une forme générale du nom arabe *Al kharroub* ou *kharroub*, comme c'est le cas *del algarrobo* ou *garrofero* en espagnol (Albanell, 1990). Par ailleurs, Batlle et Tous (1997) mentionnent que son nom commun vient de l'hébreu *kharuv* donnant lieu à plusieurs dérivés tels que, *kharrub* en arabe, *algarrobo* en espagnol, *carrubo* en italien, *caroubier* en français, *garrofer* ou *garrover* en catalan...etc.

Dans certains cas, le caroubier prend une terminologie commune selon la croyance que Saint Jean-Baptiste s'alimenta du fruit de cet arbre durant son séjour dans le désert, lequel a donné origine à la dénomination “pain de Saint Jean-Baptiste” (Albanell, 1990).

En raison de leur uniformité, les graines du caroubier sont appelées “carats” et ont pendant longtemps servi aux joailliers comme unité de poids pour la pesée des diamants, des perles et d'autres pierres précieuses (1 carat = 205,3 mg) (Rejeb, 1995). On attribue aux arabes l'utilisation des graines entières du caroubier comme unité de poids dans le commerce de substances et matériels précieux. Il apparait donc que “el kilate” en espagnol ou “carat” en français (0,2 g) vient du nom arabe (Al-karat ou qirât) donné à la graine, laquelle est caractérisée par sa relative constance de poids (Albanell, 1990).

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des *Légumineuses* de l'ordre des *Rosales*, sous-famille des *Cesalpinoïdæ*, tribu des *Cassieæ*. Toutefois, cette position taxonomique demeure controversée. En effet, Tucker (1992 a) suggère que *C. siliqua* peut avoir un lien avec la sous-famille des *Mimosoïdæ*. Par ailleurs, certains auteurs ont pu prouver que le genre *Ceratonia* est isolé morphologiquement des autres genres de *Cassieæ* (Hillcoat et al., 1980 ; Tucker, 1992) et que de ce fait, il doit être exclu de la tribu des *Cassieæ* (Irwin et Barneby, 1981 ; Tucker, 1992 b). De plus, des études cytologiques ont révélé que le genre *Ceratonia* avec un nombre total de chromosome $2n = 24$ (Frahm-Leliveld, 1957 ; Goldblatt, 1981 ; Arista et Talavera, 1990) est éloigné des autres membres des *Cassieæ* dont le nombre de chromosome est de $2n = 28$ (Goldblatt, 1981).



Figure 01 : Le caroubier (*ceratonia siliqua* L.)

1.2. Classification systématique

L'espèce *Ceratonia siliqua* L. est classée dans la famille des Fabacées selon (Quezel et Santa., 1963) comme suit :

Tableau 01 : Classification systématique de l'espèce *Ceratonia siliqua* L.

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheobionta
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous-famille	Césalpinoïdae
Genre	<i>Ceratonia</i>
Espèce	<i>Ceratonia siliqua</i> L.

1.3. Biologie des caroubes

1.3.1. 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 3m. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune ; et brune et rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (Ait Chitt et *al.*, 2007).



Figure 02 : L'arbre du caroubier

1.3.2. Le système racinaire

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



Figure 03 : Système racinaire chez le caroubier

1.3.3. Les organes aériens

a. Le tronc

Le tronc du caroubier est épais, robuste avec de clairs canaux de circulation de la sève associés aux racines les plus épaisses, ce qui leur donne un aspect tortueux, particulièrement marqué chez certaines variétés (Melgarejo et Salazar, 2003). L'écorce est rugueuse à la base de couleur grise à rougeâtre (Melgarejo et Salazar, 2003), tandis que l'écorce est lisse sur la partie supérieure du tronc et à la base des branches.

Le tronc chez les arbres épais et vieux est tortueux et sinusoïdal, le diamètre moyen est de 50 centimètres en fonction de l'âge de l'arbre (Albanell, 1990), sa circonférence à sa base est comprise entre 2 et 3 mètres (Ait Chitt et al., 2007).

b. Branches

Selon leur âge, les branches présentent les différentes caractéristiques suivantes (Albanell, 1990) :

- Les branches principales d'âge avancé sont généralement épaisses, tortueuses et avec une tendance à l'horizontalité due à leur poids et aux tailles de formation.

Leur rôle principal est celui de servir comme élément support à d'autres branches, même si elles peuvent occasionnellement être productives.

- Les branches secondaires sont de taille moyenne avec une tendance à être plus au moins érigées selon leur âge en particulier dans la partie supérieure de la couronne. Elles constituent les principales branches de production.
- Les jeunes branches ou rameaux, de taille plus petite, sont situées dans la partie externe de la couronne ou zone de croissance. Elles sont flexibles et ont une écorce lisse recouverte de lenticelles qui permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère. Elles présentent généralement et selon les variétés des tons jaune-verdâtres ou rougeâtres dans la zone de bourgeonnement.

c. 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).



Figure 04 : Les feuilles du caroubier

d. 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 fleurs mâles, femelles et hermaphrodites poussent sur des pieds différents.

On distingue trois formes de fleurs (fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites) 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 05 : Inflorescence mâle du caroubier



Figure 06 : Inflorescence femelle du caroubier



Figure 07 : Fleur hermaphrodite du caroubier

Traditionnellement, le caroubier a été classé en fonction de la couleur de ses fleurs, distinguant ainsi entre arbres à "fleurs jaunes et rouges", mais ce critère semble être insuffisant et indépendant des autres caractéristiques florales (Haselberg, 1988).

Il existe au sein des caroubiers à inflorescences mâles des variétés à fleurs jaunes et d'autres à fleurs rouges. Ces dernières sont plus intéressantes à cultiver car elles produisent une plus grande quantité de pollen, mais en revanche, elles sont plus sensibles au froid (Battle et tous, 1997).



Figure 08 : Inflorescence mâle de couleur rouge



Figure 09 : Inflorescence mâle de couleur jaune

e. 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 :

1. Epicarpe ou peau, de nature fibreuse et coloré ;
2. Mésocarpe ou pulpe, de nature charnue, riche en sucres. Il représente environ 70 à 95% du fruit entier ;
3. Endocarpe, de nature fibreuse ; il recouvre l'intérieur du fruit en le divisant en segments ou loges carpellaires où se situent les graines dites, garrofines en Espagnol (Caja, 1985).



Figure 10 : Fruit du caroubier

Le nombre de fruits résultant de chaque inflorescence est variable selon la variété et il est généralement compris entre 1 et 6 fruits (Melgarejo et Salazar, 2003).

f. La graine

Les graines du caroubier sont petites et aplaties, d'une forme presque ovale, avec un pôle basal tronqué et écrasé en zone apicale. Son tégument est normalement lisse, dur, de couleur brun rougeâtre et brillant (Albanell, 1990). Elles présentent des dimensions de 8 à 10 mm de long sur 6 à 8 mm de largeur avec 3 à 5 mm d'épaisseur. Les graines sont très dures et présentent une grande résistance.

La graine du caroubier est composée de trois parties (Melgarejo et Salazar, 2003) :

1. Episperme ou tégument, il recouvre la graine et est constitué principalement de cellulose, de lignine et de tanin. Il se compose de deux enveloppes distinguées, l'une externe appelée *testa*, colorée et dure et l'autre interne nommée *tegmen* qui est plus blanche et moue. Le tégument représente 30 à 33 % de la graine.

2. Endosperme ou albumen, il se situe sous l'épisperme et constitue le tissu de réserve pour la germination de l'embryon.

Economiquement, c'est la partie la plus intéressante de la graine grâce à sa teneur élevée en galactomannane ou gomme de caroube. L'endosperme représente 42 à 46 % de la graine.

3. Germe ou embryon, représente 23 à 25 % de la graine.



Figure 11 : Graines du caroubier

1.4. Reproduction biologique

Le caroubier est dioïque, parfois hermaphrodite. Les pieds mâles sont stériles et improductifs.

Cet aspect a été bien étudié par (Schroeder, 1959) ; il est considéré comme le seul arbre méditerranéen qui fleurisse en été : d'août à octobre (Aafi, 1996) ou en automne : de septembre à novembre (Fournier, 1977). Cependant, le temps et la durée de la période de floraison dépendent des conditions climatiques, ce qui est le cas pour la plupart des arbres fruitiers (Batlle et Tous, 1997).

La pollinisation des fleurs du caroubier est, en grande partie, assurée par les insectes mais aussi par le vent. Les fleurs sécrètent des substances nectarifères dont la quantité et la teneur en sucre sont élevées dans la fleur femelle par rapport à son homologue mâle (Ortiz *et al.*, 1996).

1.5. Multiplication du caroubier

Elle peut se faire par semis, bouturage, greffage, ou par micro propagation.

1.5.1. 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).

Chapitre 01 : présentation de l'espèce (*ceratonia siliqua*)

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 (H₂SO₄) ou l'acide gibberelline (AG3) peut améliorer considérablement le taux de germination (Batlle et Tous, 1997). Avec l'acide germination est spectaculaire, mais la durée de scarification est variable en fonction des cultivars et des provenances des graines.

Le caroubier est une espèce dioïque, et par conséquent le semis donne des plants avec un ratio de 50% de femelles et 50% de mâles improductifs.

1.5.2. Le bouturage

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 (Batlle et Tous, 1997).

1.5.3. 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 1ers rameaux apparaissent au bout de la 3ème 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 Chitt et *al.*, 2007).

1.5.4. La micro propagation 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 : noeuds prélevés des plantules issues de germination (Belaizi et *al.*, 1994), bourgeons axillaires (Saidi et *al.*, 2007).

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.

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).

1.6. Origine et distribution géographique

1.6.1. Origine du caroubier

Il existe plusieurs hypothèses éminentes d'un désaccord entre différents auteurs sur l'origine du caroubier. (Vavilov, 1951), situe l'origine du caroubier dans la région est de la méditerranée (Turquie, Syrie et Palestine), alors que d'autres études archéobotaniques basées sur des restes carbonisés de bois et de fruits ont révélé la présence du caroubier dans la méditerranée orientale au néolithique (4000 ans av. J.-C.), période initiale de la domestication des espèces ligneuses (Estrada et al., 2006).

1.6.2. Distribution géographique

Originaire du Moyen-Orient, le caroubier est un arbre essentiellement méditerranéen d'importance écologique, industrielle et ornementale indiscutable (Hariri et al., 2009). On le rencontre à l'état naturel principalement en Espagne, Portugal, Maroc, Grèce, Italie, Turquie, Algérie, Tunisie, Égypte, et Chypre. Il a été introduit aussi en Australie, en Afrique du Sud, aux États-Unis et en Amérique du Sud, (Sbay et Abourouh, 2006).



Figure 12 : Aire de répartition du caroubier dans le monde (Batlle et Tous,1997)

1.7. Exigence écologique

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 (Albanell, 1990).

1.8. Exigences édaphoclimatiques

1.8.1. Climat

Les zones propices à la culture du caroubier doivent être caractérisées par un climat méditerranéen subtropical, avec des hivers doux, des printemps suaves à chauds et des étés chauds à très chauds et secs (Batlle et Tous, 1997).

Chapitre 01 : présentation de l'espèce (*ceratonia siliqua*)

Les arbres adultes ne nécessitent pas de froid hivernal, car ils peuvent être endommagés lorsque les températures chutent en deçà de - 2° C ou - 4° C selon les variétés. Le caroubier ne peut supporter des températures hivernales inférieures à - 7° C (Batlle et Tous, 1997) ; il est considéré comme une des espèces méditerranéennes les plus vulnérables aux dommages causés par les basses températures (Albanell, 1990).

Le caroubier est une espèce très sensible aux gelées, capables de détruire des plantations toutes entières comme en témoignent les importantes gelées de février 1956 et celles de janvier 1985, qui ont entraîné la mort de plusieurs arbres dans de nombreuses régions d'Espagne. Cependant, les arbres peuvent supporter en été des vents chauds et secs et des températures élevées allant de 40 à 45 ° C, voire jusqu'à 50° C, mais dans des conditions d'humidité suffisante (Albanell, 1990).

De 5000 à 6000 heures au-dessus de 9° C sont requises pour la maturité des fruits. Le caroubier est sensible aux vents forts, aux pluies d'automne qui coïncident avec la période de floraison et aux humidités élevées au printemps (Batlle et Tous, 1997).

1.8.2. Sol

Le caroubier est un arbre peu exigeant quant au type de sol qu'il nécessite. Ainsi, il a été traditionnellement cultivé sur des terres marginales et cela grâce à sa capacité à produire dans des circonstances très défavorables et dans des endroits où il n'est pas possible de cultiver d'autres espèces faute de rentabilité (Albanell, 1990).

En général, le caroubier végète convenablement sur des sols pauvres, rocheux, sablonneux, limoneux lourds, argileux tout en préférant les terrains calcaires avec une texture équilibrée accompagnés toujours d'un bon drainage ; il ne supporte ni les sols acides, ni les sols hydromorphes (risque d'asphyxie et de putréfaction du système racinaire) (Albanell, 1990 ; Sbay et Abourouh, 2006) et a tendance à affectionner les sols superficiels (Aafi, 1996). Melgarejo et Salazar (2003) ont pu localiser (la zone du Levant Espagnol) des plantations du caroubier dans des zones où le carbonate de calcium a atteint les 60% avec des teneurs en calcaire actif pouvant dépasser les 22%, tout en observant que le caroubier de ces régions végète sans montrer d'évidents symptômes de chlorose ferrique qui serait normal chez d'autres espèces. À Chypre, une grande plantation de caroubier a été développée avec succès sur un sol calcaire avec un pH = 9 (Morton, 1987).

1.8.3. Eau

Le caroubier est un arbre xérophile, pouvant survivre sous des climats secs et sans irrigations ; il peut très bien s'adapter à des milieux présentant des pluviométries moyennes

comprises entre 250 et 500 mm par an (Batlle et Tous, 1997). Bien qu'ils soient résistants à la sécheresse, les arbres ont besoin d'un minimum de précipitations moyennant les 550 mm afin de garantir une production rentable (NAS, 1979). Toutefois, de nombreux auteurs considèrent que des précipitations annuelles allant de 300 à 350 mm sont suffisantes pour une production acceptable (Albanell, 1990 ; Batlle et Tous, 1997).

1.9. 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 sélections 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'autofertile. La gousse brun clair, légèrement incurvé, 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 sélections remplacé certains cultivars anciens, y compris les « Bolser ',' Conejo ',' Gabriel ','

Horne » et « Molino ».

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 (Batlle et Tous, 1997).

1.10. 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 dans les variétés sauvages, que les variétés cultivées. Alors que les taux des sucres individuels par rapport aux sucres totaux étaient semblables dans les deux cas (Biner et al, 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 (Aafi, 1996).

Tableau 02 : Valeurs moyennes de la teneur en minéraux de la poudre de caroube (mg/kg) (M. Kamal E. Youssef et al., 2013)

Minéral	Mg/Kg
Mn	10,24
Zn	24,71
Fe	381,80
Cu	4,84
Se	9,79
Ca	2123
Na	505,97
K	8637,64
P	2255,21
S	17 577,80

Chapitre 01 : présentation de l'espèce (*ceratonia siliqua*)

Tableau 03 : Valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube

(M. Kamal E. Youssef et *al.*, 2013)

Vitamines Unités	Unités
Vitamine liposoluble	µg/100 g
A	1 407
E	5377
D	4,9
Vitamine hydrosoluble	mg/100 g
C	830,08
B2	0,38
Niacin	185.68
B6	23,80
Acide folique	41,97
B12	1,30



Chapitre 02

Production du caroubier

2.1. Production du caroubier dans le monde

Selon les données du FAOSTAT (2010), l'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 102 939ha. La plus grande superficie, 83 574ha, est celle de l'Europe, contre une superficie estimée à 1000ha pour l'Algérie et 13 460ha pour les pays d'Afrique du Nord. Le caroubier présente une irrégularité de production très marquée dont on attribue généralement la cause à une mauvaise pollinisation, à des déficiences en soins culturaux et aux conditions climatiques (FAO, 2003).

La production mondiale annuelle de caroube est estimée à 310 000 tonnes dont les principaux producteurs sont l'Espagne (42%), l'Italie (16%), le Portugal (10%), le Maroc (8%), la Grèce (6,5%), la Chypre (5,5%) et la Turquie (4,8%) (FAOSTAT, 2010). Ainsi, L'Espagne étant le plus grand pays producteur et exportateur des gousses de caroube avec une production d'environ 150.000 t/an, couvre 57,5% de la superficie cultivée, et 47,6% de la production mondiale (Petit & Pinilla, 1995 ; Matthausa & Ozcan, 2011).

Tableau 04 : Production mondiale de caroube (FAOSTAT 2010)

Pays	Production en tonnes (2004)	Production en tonnes (2008)
Espagne	67000	76000
Italie	24000	31224
Maroc	40000	25000
Portugal	20000	23000
Grèce	19000	15000
Turquie	14000	12100
Chypre	7000	3915
Algérie	4600	3600
Liban	3200	2800
Tunisie	1000	1000
Monde	182680	191167

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 310.000t en 1997. La grande perte a été enregistrée en Espagne où la production a chuté de 400.000t en 1930 à 150.000t en 1990 (MAPA, 1994).

2.2. Rendement

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, de la récolte, et la région. Ainsi, La grande variabilité phénotypique au sein et entre les cultivars à d'importantes implications pour la sélection, la création de nouvelles plantations et l'optimisation de la productivité de cette culture (Battle et Tous, 1997).

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.

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 (Battle & Tous, 1997).

2.3. Ravageurs et maladies du caroubier

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 oeufs 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.



Figure 13 : 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.



Figure 14 : Zeuzère au stade larvaire (Chenille)

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* Gennadi, causent le rabougrissement des gousses. Certains des meilleurs cultivars sont résistants à ces ravageurs.



Figure 15 : *Asphondylia* au stade adulte

Les maladies sont rares. La déformation des jeunes gousses peut être causée 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).

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.



Figure 16 : *Pitymys*



Figure17 : *Rattus*



Chapitre 03

Utilisations du caroubier

3.1. 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 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 où elles sont cassées en petits morceaux.
- Le produit est ensuite trié 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 (Santos et al, 2005).

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%.



Figure 18 : La désaileuse



Figure 19 : La trieuse

3.2. Méthode de transformation

Pour séparer les deux composants principaux : pulpe et graines :

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 (Biner et al., 2007).



Figure 20 : Poudre de caroube

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.

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 (Kumazawa et *al.*, 2002 ; Biner et *al.*, 2007 ; Ayaz et *al.*, 2009 ; Durazzo et *al.*, 2014).



Figure 21 : Gomme de caroube

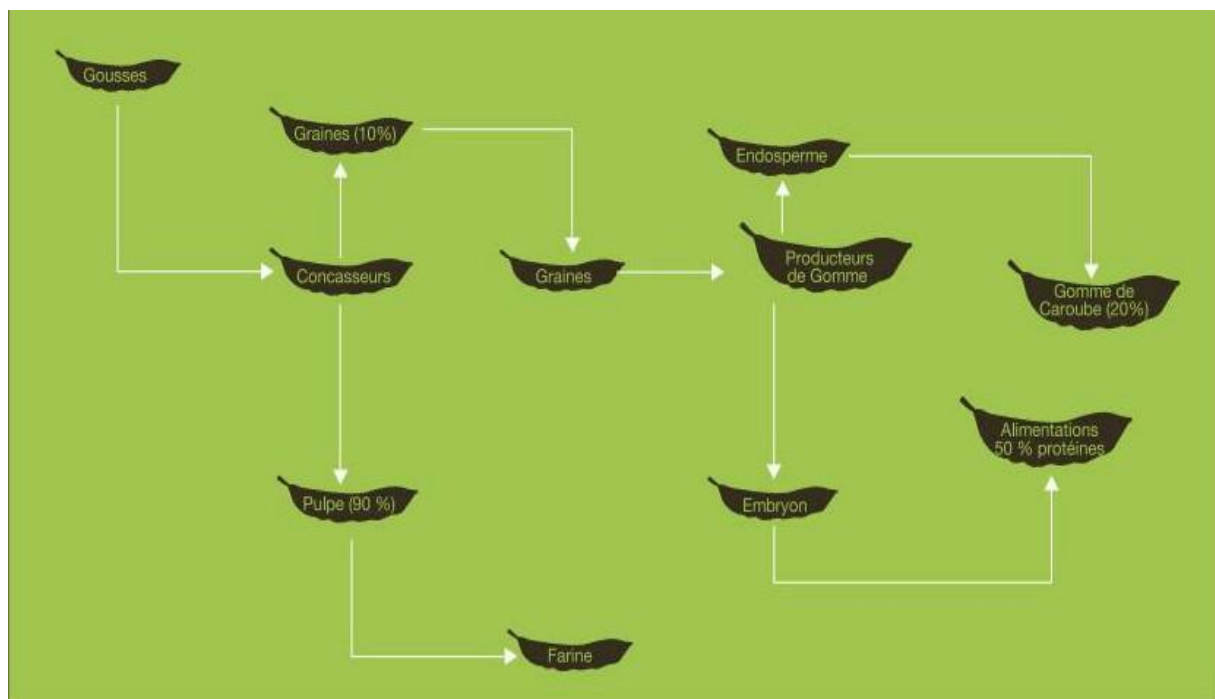


Figure 22 : Processus de transformation des caroubes

La gousse de caroube, est un fruit à usage multiple. Toutes les composantes de l'arbre (feuillage, fleur, fruit, bois, écorce, racine) sont utiles et ont de la valeur. Une gamme de produits est dérivée de la caroube à partir des graines et des gousses (Santos et al, 2005).

3.3. Utilisation agroalimentaire

Les gousses de caroube sont utilisées depuis longtemps comme matière première production d'additifs alimentaires (Biner et *al.*, 2007). La gomme du caroubier connue sous le code E-410 est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire comme épaississant, stabilisant, liant et gélifiant ou comme agent dispersant. Elle est aussi utilisée dans le domaine de l'impression, la photographie, le textile, la pharmacie et la cosmétique (Batlle et Tous, 1997).

En raison de sa douceur et sa saveur semblable au chocolat, ainsi que son bas prix, les gousses moulues en farine sont largement utilisées en Méditerranée substituant du cacao dans les confiseries, les biscuits et les produits transformés, production de boissons (Ayaz et *al.*, 2009). De plus, l'avantage d'utiliser de la poudre de caroube comme substituant du cacao c'est qu'il ne contient ni caféine ni théobromine (Bengoechea et *al.*, 2008).

C'est un épaississant, stabilisant et aromatisant naturel, qui est couramment ajouté à une grande variété de produits, par exemple : crèmes glacées, des bonbons et des soupes (Biner et *al.*, 2007).

Tableau 05 : Proportion d'usage de la gomme de caroube (Kawamura., 2008)

Catégories d'aliments	Usage maximal (%)
Produits de boulangerie et mélanges à pâtisserie	0,15
Boissons sans alcool et bases de boisson	0,25
Les fromages	0,8
Gélatine, puddings et fourrages	0,75
Jams and jellies	0,75
Autres aliments	0,50

La farine de caroube est traditionnellement utilisée comme additif protéique dans les aliments pour animaux et les aliments destinés à la consommation humaine en raison de sa teneur en acides aminés bien équilibrée (Feillet et Rolland 1998 ; Wang et *al.*, 2001).

La farine de germe de caroube a été identifiée comme possédant des propriétés similaires au gluten dans un brevet de 1935. Lorsqu'il était utilisé dans un système de pain levé à la levure contenant environ 30 % de farine de germe de caroube et environ 70 % farine sans gluten, un pain présentant des qualités similaires à celles d'un pain de seigle européen (Bienenstock et *al.*, 1935).

Chapitre 03 : Utilisations du caroubier

Depuis lors, peu de travaux ont été menés pour caractériser ses propriétés fonctionnelles par rapport au blé. Jusqu'à la découverte de la maladie coeliaque, très peu de données ont été publiées sur les propriétés fonctionnelles des protéines de germe de caroube par rapport à celles du blé. Avant la découverte de la maladie coeliaque, les pains composites à haute teneur en protéines et en germe de caroube de blé destinés aux diabétiques étaient étudiés. Ces pains étaient de moins bonne qualité que les pains de blé purs, mais ont été considérés comme acceptables (Plaut et al, 1953).

De nombreuses publications ont indiqué que la protéine de germe de caroube présente un potentiel important dans les aliments sans gluten en raison de sa nature viscoélastique et de son acceptation sans danger pour les patients souffrant de maladie coeliaque. (Brevet de 1935).

La gomme de caroube issue de l'endosperme constitue le 1/3 du poids total de la graine. Cent kilogrammes de graines de caroube produisent en moyenne 20 kilogrammes de gomme sèche pure (Jones, 1953).

Cette dernière est utilisée dans plusieurs produits commerciaux comme agent stabilisateur, épaississant, agglomérant et gélifiant. Elle substitue de la pectine, de la gélatine, est aussi utilisée comme stabilisateur alimentaire, agent dispersant, fixateur dans différents domaines (fromage, sauce, mayonnaise, nappages, glaces, les aliments pour bébés, les produits laitiers fermentés, salades...), une source de bon marché d'hydrates de carbone actuellement explorés comme matériaux pour la production de bioéthanol, avec plusieurs avantages par rapport à d'autres cultures agricoles riches en sucre.

3.4. Utilisation médicale

Le caroubier est un remède naturel et particulièrement conseillé en cas de troubles digestifs, de reflux gastriques fréquents, d'irritation du côlon, de vomissements persistants, d'acidité gastrique, de stéatorrhée (terme médical utilisé pour désigner l'excès de graisses dans les selles), d'hémorroïdes, d'anémie et de carences nutritionnelles. (Ayaz et al., 2009).

Actuellement, la caroube est considérée comme une plante d'investigation de nouveaux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe de la graine et la pulpe du fruit. Cette activité antioxydante est attribuée à la présence de composés phénoliques et fibres. Le caroubier est également un excellent allié dans les régimes amincissants.

Des études scientifiques ont démontré que cette plante officinale permet de traiter les problèmes associés au surpoids et à l'obésité en inhibant certaines enzymes digestives grâce à

Chapitre 03 : Utilisations du caroubier

une teneur élevée en tannins, et en créant une sensation de satiété (Kawamura., 2008). Il est utilisé notamment dans les préparations des aliments diététiques humains ou comme ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales pour les personnes coeliaques.

Les fibres et la farine de cette plante sont utilisées dans la régulation des niveaux de glucose dans le sang et dans la réduction du niveau de cholestérol total. Des études biologiques ont montré les capacités bactéricides de la pulpe de caroube vis-à-vis de *staphylococcus aureus*.

La caroube adsorberait aussi les entéro-toxines produites par certaines souches d'*Escherichia coli* et de *staphylocoques* ainsi que par le *vibrioncholérique*, ce mécanisme d'adsorption pourrait être expliqué par la présence des tanins dans la caroube (Batlle et Tous, 1997).

3.5. Utilisation cosmétique

Dans l'une des applications industrielles, la gomme de caroube est utilisée en cosmétique (savons, crèmes, dentifrices...) pour sa capacité à former une solution très visqueuse, à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (Roukas, 1998; Roukas, 1993).

3.6. Utilisation chimique

Certains travaux ont déjà montré l'application de la farine de caroube (gousses broyées) pour l'extraction du sucre, la fermentation de l'éthanol (Roukas, 1993; Roukas, 1996), et la production d'acide citrique (Roukas1998 ; Roukas1999). De même, le bois du caroubier est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon et l'écorce et les racines sont employées dans le tannage.

Chapitre 03 : Utilisations du caroubier

Tableau 06 : Utilisations de la gomme de caroube et ses applications techniques

Droste (1993) mentionné dans (Batlle et Tous, 1997)

Utilisations industrielles	Applications
Pharmaceutiques	Produits anti coeliaques, pommades, comprimés, dentifrice
Cosmétiques	Emulsions et mousses, mousse à raser
Textiles	Epaississant de coloration
Papier	Produit de flottation pour matériel de couverture épaisissant pour traitement de surface
Chimiques	Colles, coloriage, polissage, teinture, allumettes, pesticides
Pétrole	Adjuvant de floculation pour augmenter la stabilité
Mines	Produit de flottation
Béton	Renforcement de la solidification
Explosifs	Liant d'eau pour les explosifs

3.7. Effets indésirables

Les fibres de caroube (LBG) utilisées pour épaissir les préparations des nourrissons peuvent réduire la disponibilité des minéraux tels que le calcium et le fer (Bosscher, 2001). En ce qui concerne le germe de graine de caroube, certains chercheurs affirment que des extraits de germe de graine de caroube ont été trouvés pour diminuer l'activité trypsique (Filioglou & Alexis, 1987) et la digestibilité des protéines (Filioglou & Alexis, 1989). Toutefois, les substances antinutritives, comme les inhibiteurs de la trypsine, généralement contenue dans les graines des légumineuses peuvent être désactivée par chauffage.

Un traitement à 121°C pendant 25 minutes de la farine du germe de caroube est adaptés aux denrées et aux produits alimentaires des animaux. De même l'utilisation de la caroube entière dans la consommation humaine est limitée en raison du niveau élevé de tanins provoquant son astringence limitée (Bate-Smith, 1973; Karkacier et Artik, 1995).

Chapitre 03 : Utilisations du caroubier

Le germe de graine de caroube contient également des tanins qui pourraient créer des problèmes de palatabilité en raison de leur goût astringent, et pourrait également réduire la digestibilité des aliments. Il a été suggéré que la digestibilité des protéines est réduite par des tanins, soit par liaison directe à certaines parties de la molécule ou par l'inhibition non compétitive des enzymes digestives (Filiglou & Alexis, 1989).



Chapitre 04

Le caroubier en Algérie

4.1. Distribution géographique

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.

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) (Zitouni, 2010).

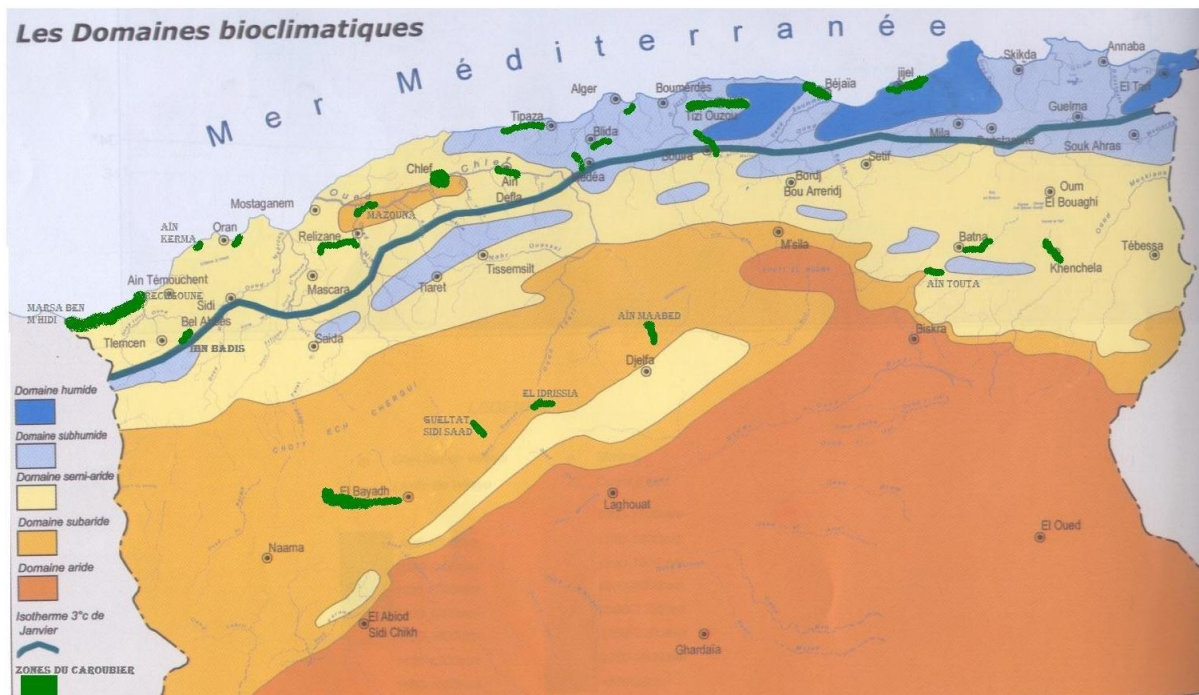


Figure 23 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques

(A.N.R.H, 2004)

4.2. Production de caroubier

La superficie cultivée totale du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAOSTAT). En 2009, cette superficie était de 927 ha dont 645 ha, soit 69,58 % de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaia. La production nationale de la caroube est estimée à 33841 Qx et se concentre principalement dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18.417 Qx, ce qui représente 54,42 % de la production nationale, suivie par la wilaya de Blida (23,79%) et Tipaza (16,55%).

La superficie cultivée du caroubier dans le Nord-ouest de l'Algérie (comprenant la wilaya de Tlemcen et Mascara) ne représente que 6 ha, soit 0,65 % de la superficie nationale, tandis que la production de la caroube est de seulement 0,39 %.

Tableau 07 : Estimation de la surface cultivée, la production et le rendement de la caroube dans le monde, année 2011 (*tableau établi par l'auteur à partir des données de la FAOSTAT*)

Pays	Surface cultivée (ha)	Production (tonnes)	Rendement (t/ha)
Espagne	47000	55754	1,19
Maroc	9717	20489	2,11
Italie	9183	44749	4,87
Portugal	8274	31067	3,75
Grèce	5284	20901	3,96
Turquie	2910	13972	4,80
Chypre	1353	10560	7,80
Algérie	1000	4000	4,00
Croatie	550	553	1,01
Tunisie	414	858	2,07
Liban	250	2300	9,20
Ukraine	100	100	1,00
Mexique	76	76	1,00
Total	87458	205589	2,35

- Les pays ont été classés par ordre décroissant selon la surface cultivée (ha).

Chapitre 04 : le Caroubier en Algérie

Tableau 08 : Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, année 2009
(Tableau établi par l'auteur à partir des données fournies par la DSA de Tlemcen)

Wilaya	Surface cultivée (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Bejaia	645	18417	28,6
Tipaza	105	5600	53,3
Blida	100	8050	80,5
Boumerdes	32	1080	40,0
Bouira	22	144	6,9
Mila	10	80	8,0
Tlemcen	5	100	20,0
B.B. Arreridj	4	20	5,0
Aïn-Defla	2	300	150
Mascara	1	30	30,0
Tizi-Ouzou	1	20	20,0
Total	927	33841	36,5

- Les wilayas ont été classées par ordre décroissant selon la surface cultivée (ha).

4.3. Application de biotechnologie à l'amélioration du caroubier

L'amélioration du caroubier nécessite l'appui de la biotechnologie, dont l'utilité est devenue indispensable pour la mise en place de tous programmes modernes d'amélioration génétique. Ainsi, il est possible par le biais de :

4.3.1. La culture in vitro multiplier conformément et en un temps réduit un très grand nombre de clones sélectionnés.

4.3.2. Le développement des marqueurs moléculaires sera d'une grande utilité, puisqu'il contribuera à ouvrir une nouvelle perspective pour la sélection chez le caroubier ; les priorités seront données aux marqueurs moléculaires liés au déterminisme du sexe, à la quantité et qualité de la gousse et des graines et à la précocité d'entrée en production.

4.3.3. La technique de mutagénèse qui consiste à exploiter des mutations induites artificiellement par radiations ionisantes ou par des agents chimiques dans le but de développer des variantes génétiques présentant une meilleure qualité fruitière ou rendement agricole.

4.3.4. La technique de fusion des protoplastes chez le caroubier, peut contribuer à l'obtention d'hybrides somatiques regroupant les caractéristiques de qualité et de résistance aux stress abiotiques.

Enfin et en dépit des controverses qu'elle suscite au sein de la communauté scientifique ainsi qu'au sein du pouvoir politique, la transformation génétique reste l'une des techniques les plus prometteuses pour l'obtention de cultivars de caroubier résistants au froid (Lavallée, 1962 ; Zitouni, 2010).



Conclusion

Conclusion

Conclusion

En Algérie, le caroubier reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement et ce, malgré les différentes études et résultats qui ont montré que cette espèce est très intéressante. Les utilisations de *Ceratonia siliqua* sont nombreuses et sa valeur fourragère peut contribuer à l'amélioration des potentialités pastorales du pays.

Le sujet abordé dans ce mémoire s'inscrit sur l'intérêt économique et les utilisations industrielles du caroubier. En outre que cette essence assure la subsistance et la stabilisation de la population rurale et permet ainsi de limiter le phénomène de l'exode rural. Le Caroubier pourrait constituer des plantations de choix dans les programmes de reboisement pour garantir un développement durable des zones rurales et pour contribuer à la protection des sols et à la lutte contre la désertification.

Toutefois, il est nécessaire d'intensifier les recherches et de développer les filières de production et d'industrialisation des différents produits de cette essence. Sa valorisation sur tous les plans : médicinal, agroalimentaire et industriel, jouera sans doute un rôle majeur dans l'amélioration de son exploitation, ainsi que dans la réévaluation des procédés de son implantation.

En conclusion, le caroubier a démontré dans le passé et continu, à travers ces multiples usages de prouver son importance économique, sociale et environnementale notamment dans le bassin méditerranéen. Cependant, la méconnaissance dont il fait l'objet freine son éventuelle amélioration et la possibilité de recouvrer et d'étendre son aire de répartition. Néanmoins, cette tendance peut très bien changer, puisque la sécheresse qui sévit dans la région méditerranéenne et qui à en croire les récentes études, va d'ici la fin du siècle prendre des dimensions alarmantes laisse présager un futur meilleur pour la culture du caroubier.



Références

Bibliographique

Références bibliographique

1. Aafi A., 1996. Le caroubier : Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. Centre national de la recherche forestière. Maroc, pp 1-7.
2. Ait Chitt M., Belmir H. & Lazrak A., 2007. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N° 153: 1-4.
3. Albanell E., 1990. Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua L.*) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.
4. Ayaz F. A., Torum H., R. H. Glew, Bak Z. D., Chuang L.T., Presley J. M. & Andrews R.(2009). Nutrient Content of Carob Pod (*Ceratonia siliqua L.*) Flour Prepared Commercially and Domestically. *Plant Foods Hum Nutr* 64, 286–292.
5. Bate-Smith E.C., (1973), Ahaemanalysis of tannin: The concept of relative orstingency, *Phytochemistry* N°12, pp. 907-212.
6. Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Milla´ n, F., Guerrero, A., Puppo, M.C., (2008). Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua L.*) germ proteins. *Food Chemistry* 107, 675–683.
7. Bienenstock, M., Csaski, L., Pless, J., Sagi, A., and Sagi, E. (1935). Manufacture of Mill Products for alimentary purposes and of paste foods and bake products from such milled products. U.S. patent 2,025,705.
8. Biner B, Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M., (2007), Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua L.*) in Turkey, *Food Chemistry* N°100, pp.1453-1455.
9. Blaizi M., Bolein M. R. et 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, pp : 227-232.
10. Bosscher, D., Van Caillie-Bertrand, M., & Deelstra, H. (2001). Effect of thickening agents, based on soluble dietary fiber, on the availability of calcium, iron, and zinc from infant formulas. *Nutrition*, 17(7-8), 614-618.
11. Caja G., 1985. La Garrofa: Composición, procesado y usos agroindustriales. Jornadas de la Garrofa. LLiria, Valencia - Espagne.

Références Bibliographique

12. Estrada C., Vázquez M., Melis B. & Vadell J., (2006). Fruticultura de secano. El Algarrobo. In: Labrador. J, Porcuna. J.L & Bello. A (Cords), Manual de agricultura y ganadería ecológica. Eumedia. España, pp. 186-195.
13. Feillet, P., and Roulland, T. M. (1998). Caroubin: A gluten-like protein isolate from carob bean germ. *Cereal Chemistry*, 75, 488-492.
14. Filioglou, M. D., & Alexis, M. N. (1987). Use of the carob products in trout nutrition: the effects of growth inhibitors of the carob seed germ meal on digestion and studies on deactivation methods. *Proceedings of the Second Panhellenic Symposium of Oceanography and Fisheries* 618-624.
15. Filioglou, M. D., & Alexis, M. N. (1989). Protein digestibility and enzyme activity in the digestive tract of rainbow trout fed diets containing increasing levels of carob seed germ meal. In N. De Pauw, E. Jaspers, H. Ackefors, & N. Wilkins (Eds.), *Aquaculture. A biotechnology in progress* (pp. 839-843). Bredene, Belgium: European Aquaculture Society.
16. Fournier P. (1977), *Les quatre flores de la France (générale, alpine, méditerranéenne, littorale)* Le Chevalier, Paris.
17. Frahm-Leliveld J.A., 1957. Observations cytologiques sur quelques Légumineuses tropicales et subtropicales. *Rev. Cytol. Et Biol. Vég.* 18: 273-287.
18. Gharnit N., 2003. « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.
19. Goldblatt P., 1981. Cytology and phylogeny of the leguminosea. In: Polhill R.M & Raven P.H., (Eds). *Advances in Legume Systematic*. Vol. 2. Royal Botanic Gardens, Kew, England, pp. 237-464.
20. Goor A., R. J. Ticho and Y.G. Garmi., 1958. «The carob. Agric. Publications Section, Ministry of agriculture. Tel Aviv, Israel, 72 Pp. (in Jewish with 4 pages English Summary).
21. Hariri A, N.Ouis, Sahnouni F et D.Bouhadi (2009), Mise en oeuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux a base des extraits de caroube, *rev. microbiol. ind. san et environn.* pp. 37-55.
22. Haselberg C., 1988. A contribution to the classification and characterisation of female and male varieties of *Ceratonia siliqua* L. *Proceedings of the II International Carob Symposium*. Valencia, pp. 137-151.

Références Bibliographique

23. Hillcoat D., Lewis G. & Verdcourt B., 1980. A new species of *Ceratonia* (Leguminocea- Caesalpinoideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew bull.* 35 : 261-271.
24. Irwin H.S. & Barneby R.C., 1981. Cassieae. In: Polhill R.M & Raven P.H., (Eds). *Advances in Legume Systematic*. Vol. 1. Royal Botanic Gardens, Kew, England, pp. 97-106.
25. Jones D.K., 1953. Carob culture in Cyprus, FAO 53/2/1225. FOA. Rome.
26. Kawamura, Y. (2008). CAROB BEAN GUM, Chemical and Technical Assessment (CTA).
27. Linskens H. and Scholten W., 1980. « The fower of carob ». *Pptug. Acta. Bilo.* (A) XVI (1-4) : pp. 95-102.
28. Loreto F., H.H. Burdsall and A. Tirro., 1993. «Armillaria infection and water stress influence gasexchange properties of Mediterranean trees». *Hort Science* 28 (3):222-224.
29. Makris D. P. et P. Kefalas., 2004. « Carob pod as a source of polyphenolie Antioxidants, *Food Technol. Biotechnol* », vol. 42, N°2, pp. 105-108.
30. MAPA. (1994), Ministerio d'agriculture, Pesca Y Alimentación. *Anuario de Estadística Agraria*. Ed. Secretaría General Técnica, Madrid, Spain.
31. Martorell J.,1987. « Elalgarrobo, victim del llamado desarrollo agrario». Pp. 62-84 in *Congreso Int. De Techologia de Alimentos Naturales Y Biologicos*. Ministerio de Agricultura, Pescay Alimentacion (MAPA), Madrid.
32. Matthausa B., Ozcan M. M., (2011). Lipid evaluation of cultivated and wild carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed oil growing in Turkey. *Scientia Horticulturae* 130 181–184.
33. Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003. *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas*. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.
34. Morton, J. 1987: Carob. In: *Fruits of warm climates*. Julia F. Morton, Miami, FL. pp. 65–69.
35. Orphanos P. I. and Papaconstantinou J. (1969), *The carob varieties of Cyprus*, Tech. Bull. 5. Cyprus Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and Natural Resource, Nicosia.
36. Ortiz P.L., Arista M. & Talavera S., 1996. Producción de néctar y frecuencia de polinizadores en *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpiniaceae). *Anales del Jardin Botánico de Madrid* 54: 540-546.

Références Bibliographique

37. Passos de Carvalho J. (1988), Carob pollination aspects, in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain, pp. 281-291.
38. Plaut, M., Zelcbuch, B., and Guggenheim, K. (1953). Nutritive and Baking Properties of Carob Germ Flour. Bulletin of the Research Council of Isreal, 3, 129-131.
39. Quezel P. et Santa. S., 1963. « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (tome 1). Edition du centre national de la recherche scientifique, 557 p.
40. Rebour H. (1968), fruits Méditerranéen, la maison rustique Paris, 330pp.
41. Rejeb M. N., Laffray D. and Louguet P. (1991), Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie, in Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, Group d'Etude de l'Arbre, Paris, France, pp. 417-426.
42. Rejeb M.N., (1995). Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration. Dans : Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp 79-85.
43. Roukas T., (1993). Ethanol production from carob pods by *Saccharomyces cerevisiae*, Food Biotechnology 7,159–176.
44. Roukas T., (1998). Citric acid production from carob pod extract by cell recycle of *Aspergillus niger*, Food Biotechnology 12, 91–104.
45. Saidi R., Lamarti A., Badoe A., 2007. « Micropropagation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 146 : pp. 113-129.
46. Santos M., Rodrigues A, Teixeira J. A., (2005). Production of dextran and fructose from carob pod extract and cheese whey by *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512(f), Biochemical Engineering Journal 25, 1–6.
47. Sbay H. & Abourouh M. 2005 et 2006 : 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.
48. Sbay H. E et M. Abourouh., 2006. « Apport des espèces à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier », Centre de Recherche Forestière Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la désertification, Rabat, pp. 1-9.
49. Schroeder C.A. (1959), The floral situation of the Carob in California, Proc. Am. Soc. hort. Sci. N°74, pp. 248-251.

Références Bibliographique

50. Sebastian K. T. and Mc Comb J. A., 1986. « A micropropagation system for carob (*Ceratonia siliqua* L.) ». *Scientia Hort.* 28 :127-131.
51. Tucker S.C., 1992. The developmental basis for sexual expression in *Ceratonia siliqua* (Leguminosae: Ceasalpinoideae: Cassieae). *Am. J. Bot.* 79 : 367-327.
52. Vavilov, N.I., 1951. The Origin, Variation, Immunity, and Breeding of cultivated plants [translated from the Russian by K.S Chester]. The Ronald Press Co., New York.
53. Zitouni A., 2010. « Monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algerie. Th. Ing. Agrn., INA, El-Harrach, 201 p.

Le caroubier : utilisations et intérêt économique.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale

Résumé :

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) c'est une espèce de la famille des fabaceae, arbre ou arbuste cultivé pour ses gousses riches en sucre à maturité dont la pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de cette gousse, représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Il est originaire des pays méditerranéens et est domestiqué depuis 4000 ans avant J.C.

Il a une grande importance écologique grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques de plus il est utilisé dans le reboisement des zones arides et dégradées, comme étant une ressource précieuse de reforestation ; ainsi qu'une grande importance économique à cause de l'industrialisation de ses produits en raison des multiples utilisations agro-alimentaire, médicale, cosmétique et chimique.

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien, dont la superficie cultivée totale est estimée de 927 ha en 2009.

L'amélioration du caroubier nécessite l'appui de la biotechnologie, dont l'utilité est devenue indispensable pour la mise en place de tous programmes modernes d'amélioration génétique.

Le caroubier n'a pas eu encore la place qu'il mérite malgré les retombées socio-économiques que cette plante peut avoir à l'échelle nationale, donc il faut tirer le maximum de profil pour améliorer son industrialisation.

Mots clés : caroubier, *Ceratonia siliqua*, biotechnologie, agroalimentaire

Laboratoire de recherche : Génétique, Biochimie et Biotechnologie Végétale (GBBV)
Constantine 1

Jury d'évaluation :

Président : Mr. DJAKOUN A. (Pr - UFM Constantine),

Encadrant : Mr. TEMAGOULT M. (MAA - UFM Constantine),

Examineur : Mr. KELLOU K. (MAA - UFM Constantine).

Date de soutenance : 07 /07/2020