



REPULIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département des Biotechnologies



**LA MULTIPLICATION ASEXUEE DU CAROUBIER (*Ceratonia siliqua*)
PAR DEUX MODE : BOUTURAGE ET GREFFAGE**

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention
Du diplôme de Master 2

Spécialité : biotechnologie végétales

GHRIBI Nawel

Devant le jury composé de :

| | | | |
|---------------------------|------------|-------------|---------------------|
| Mr. BOUTAHRAOUI A. | MAA | USDB | Président |
| Mme. CHAOUCH F.Z. | MCA | USDB | Promotrice |
| Mme. CHAOUIA CH. | MCA | USDB | Examinatrice |

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----------|
| INTRODUCTION..... | 1 |
| PARTIE 1 : Revue Bibliographique | |
| Chapitre I : Généralités sur le caroubier | |
| I. Origine et répartition géographique..... | 5 |
| I.1. Ses origines..... | 5 |
| I.2. Sa répartition géographique dans le monde..... | 5 |
| I.3. Distribution géographique en Algérie..... | 6 |
| II. Botanique, biologie et physiologie..... | 7 |
| II.1. Systématique et classification botanique | 7 |
| II.2. Morphologie et description des principales parties de l'arbre..... | 8 |
| II.2.1 Caractères généraux..... | 8 |
| II.2.2 Le système racinaire..... | 9 |
| II.2.3 Les organes aériens..... | 9 |
| ➤ Les feuilles..... | 9 |
| ➤ La fleur..... | 9 |
| ➤ Le fruit..... | 11 |
| ➤ La graine..... | 11 |
| II.3. Biologie et physiologie du cycle de végétation..... | 12 |
| a) Cycle végétatif annuel..... | 12 |
| ✚ Floraison et fécondation..... | 12 |
| ✚ Fructification..... | 12 |
| III. Les variétés..... | 15 |
| IV. Intérêt et utilisations du caroubier..... | 17 |
| ✚ L'arbre..... | 17 |
| ✚ Le fruit..... | 17 |
| ✚ Les autres parties de l'arbre..... | 18 |
| VI. Composition chimique du caroubier..... | 19 |
| VII. Production du caroubier..... | 20 |
| VIII. Ecologie du caroubier..... | 22 |
| Chapitre II : Multiplication du caroubier | |
| II.1 Multiplication sexuée du caroubier..... | 24 |

| | |
|--|----|
| II.2 Multiplication asexuée du caroubier | 24 |
| II.2.1 Bouturage..... | 24 |
| II.2.2 Greffage | 24 |
| II.2.2.1 Préparation du porte-greffe..... | 25 |
| II.2.2.2 Technique de greffage | 25 |
| II.2.2.3 Greffage des plants | 25 |
| ✚ Greffage en fente simple..... | 25 |
| ✚ Greffe des vieux arbres par couronne..... | 25 |
| ✚ Les conditions de la réussite | 26 |
| ✚ L'époque du greffage..... | 27 |
| II.4 La micro-propagation ou la culture <i>in vitro</i> du caroubier | 28 |

PARTIE II : EXPERIMENTATION

Chapitre I : Matériel et méthode

| | |
|--|----|
| I. Matériel végétal..... | 31 |
| II.1.1 Préparation des boutures..... | 31 |
| II.1.2 Le substrat de culture..... | 34 |
| II.1.3 L'application de traitement (l'hormone de bouturage)..... | 34 |
| II.1.4 Le matériel utilisé..... | 34 |
| II.1.5 Les paramètres étudiés pour le bouturage concernent | 34 |
| II.2.1 Greffage en fente double..... | 38 |
| II.2.2 Greffage en placage d'écusson..... | 41 |
| III. Mensuration..... | 45 |
| III.1 Le taux d'enracinement des boutures..... | 45 |
| III.2 Le taux de greffe réussie en fente double et en placage d'écusson..... | 45 |

Chapitre II : Résultat et discussion

| | |
|--------------------------------------|----|
| II.1 Résultat pour le bouturage..... | 47 |
| II.2 Résultat pour le greffage..... | 51 |

| | |
|-------------------------|----|
| Conclusion | 54 |
|-------------------------|----|

Référence bibliographiques

Remerciements

Il me sera très difficile de remercier tout le monde, car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener ce mémoire à son terme.

Je remercie en premier lieu Dieu, le tout puissant de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

Je remercie Madame CHAOUECH F.Z pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses conseils avisés, ses encouragements et son soutien, je lui exprime, ici ma profonde gratitude.

J'exprime mes profonds remerciements à Monsieur BOUTAHRAOUI .A d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury de mon mémoire de MASTER.

Mes vifs remerciements vont à Madame CHAOUIA CH. Pour avoir accepté d'examiner ce travail.

En fin, je remercie toute personne ayant contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

NAWEL

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

- ★ *Ma très chère mère qui vraiment souffert durant mes études .*
- ★ *Mon très cher père qui ma encouragé tout au long de ma formation .*
- ★ *Ma très chère sœur Asma, à qui je souhaite tout le bonheur du monde .*
- ★ *Mes chers frères : Lotfi, Yazid et Redouane.*
 - ★ *A toute ma famille.*
 - ★ *A tous mes professeurs.*
 - ★ *A tous mes amis (es).*

Nawal

Liste des abréviations :

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'Agriculture

INRA : Institut national de la recherche agronomique

P.H.E.A : Printemps, hiver, été et automne.

FAOSTAT : Food and agriculture organization corporate statistical database.

A.N.R.H : Agence national des ressources hydrauliques.

Liste des tableaux :

Tableau N°01 : Superficie occupée par le caroubier (FAOSTAT 2010).....20

Tableau N°02 : production mondiale de caroube (FAOSTAT 2010).....21

Tableau N°03 : Production mondiale de caroube (2010-2011).....21

Tableau N°04 : Différents substrats utilisés.....34

Liste des figures :

| | |
|--|----|
| Figure N°01 : L'aire de répartition du caroubier dans le monde (Batlle et Tous, 1997) | 6 |
| Figure N°02 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004)..... | 7 |
| Figure N°03 : L'arbre du caroubier | 8 |
| Figure N°04 : La feuille du caroubier | 9 |
| Figure N°05 : Inflorescence du caroubier (Batll et Tous, 1997 ; Gharnit, 2003)..... | 10 |
| Figure N°06 : Le fruit du caroubier..... | 11 |
| Figure N°07 : Les graines du caroubier | 11 |
| Figure N°08 : Stade de développement du fruit du caroubier (Ilahi et Vardar, 1976) | 13 |
| Figure N°09 : Fleurs femelles (Ait Chitt et al., 2007)..... | 14 |
| Figure N°10 : Fleurs males (Ait Chitt et al., 2007) | 14 |
| Figure N°11 : Branches de caroubiers prélevées sur des arbres âgés, moins âgés et sur de jeunes pieds..... | 32 |
| Figure N°12 (A et B) : Préparation des boutures..... | 33 |
| Figure N° 13 : les différents milieux de culture..... | 35 |
| Figures N°14 : Traiter les boutures avec l'hormone d'enracinement | 36 |
| Figure N°15 : La mise en culture des boutures traitées avec l'hormone de bouturage dans les différents substrats..... | 37 |
| Figures N°16 : Préparation du greffon..... | 39 |
| Figure N°17 : Préparation de la porte greffe..... | 39 |
| Figure N°18 : pose des 2 greffons (fente double), ligature et masticage de la greffe..... | 40 |
| Figure N°19 : Préparation du greffon (a) et du porte greffe (b)..... | 42 |
| Figure N°20 : Insertion du carré de prélève de greffon dans l'entaille carré du porte-greffe ensuite ligaturer..... | 43 |
| Figure N° 21 : Période de greffage de <i>Ceratonia Siliqua</i> | 44 |
| Figure N°22 : Boutures après trois mois de culture (sans hormone)..... | 46 |
| Figure N° 23 : Boutures après trois mois de culture (avec hormone)..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Figure N°24 : Taux de réussite du greffage en fente | 50 |
| Figure N°25 : Taux de réussite de greffage en placage..... | 50 |
| Figure N°26 : Greffage en fente..... | 51 |
| Figure N°27 : Greffage en placage..... | 51 |

Résumé

Dans notre travail, nous nous sommes intéressées à la multiplication du caroubier par deux méthodes : la multiplication par bouturage à l'aide d'hormone de bouturage et la multiplication par greffage (fente double et le placage d'écusson), dans le but de conserver la variété.

Les résultats obtenus pour le bouturage, dans les différents substrats, soit à l'aide d'hormone CHRYZOTOP VERT, ou sans hormone, n'ont donné aucun enracinement.

La deuxième opération est consacrée à différentes techniques de greffage appliqué au caroubier, dont la greffe en fente double et le placage. Le taux de réussite a été de 20% pour la greffe en fente double, alors que pour le greffage en placage d'écusson le pourcentage était nettement plus élevé autour de 90%. Pour cela, on encourage la multiplication du caroubier par placage en écusson pour un meilleur résultat.

Mots clés : Caroube, multiplication, bouturage, greffage.

Summary

The carob tree (*Ceratonia Siliqua L.*) is native to the Mediterranean. It is sturdy and rustic; it is cultivated for several interests.

In our work, we are interested in multiplication of the carob tree by two methods: propagation through cuttings with the aid of rooting hormone and multiplication by the grafting (double slot and plating escutcheon) , for the purpose of conserve the variety.

The results obtained for cuttings in different substrates, or using hormone CHRYZOTOP GREEN or without hormone, gave no rooting.

The second operation is devoted to different grafting techniques applied to the carob tree, the graft double slit and plating. The success rate was 20% for the double slit grafting, whereas grafting veneered shield the percentage was much higher at around 90%. For this, we encourage the multiplication of the carob tree by plating shield for best results.

Key- words: Carob, multiplication, cuttings, grafting.

ملخص

في عملنا. قمنا بدراسة تكاثر الخروب بطريقتين : التكاثر عن طريق زراعة فروع من اغصان الشجرة باستخدام هرمون التجذير . و التكاثر عن طريق التطعيم [المشقوق مزدوجة و تطعيم القشرة]. بهدف الحفاظ على النوع .

النتائج التي تم الحصول عليها عن طريق التكاثر بزراعة الاغصان في الاوساط المختلفة، سواء باستخدام الهرمون او بدونه كانت سلبية و لم نتحصل على اية جذور.

و كرسنا الخطوة الثانية للعثور على افضل تقنية تطعيم تم تطبيقها على شجرة الخروب . و كان معدل النجاح 20% للتطعيم المشقوق مزدوجة.. في حين ان نسبة تطعيم القشرة كان اعلى بكثير في حوالي 90% . لهذا فإننا نشجع باستعمال طريقة تطعيم القشرة للحصول على افضل النتائج .

المفتاح : الخروب ، التكاثر، الاغصان، التطعيم.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le caroubier ; *Ceratonia Siliqua* L., Fabaceae Césalpinoidae. Dont l'origine semble être l'est de la méditerranée, est domestiqué depuis 4000 ans avant J.C., sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C, sa longévité est considérable (jusqu'à 200 ans). Il peut atteindre jusqu'à quinze mètres de hauteur (**Ait Chitt et al., 2007**). le caroubier est une espèce agro-sylvo-pastorale ayant d'énormes intérêts socio-économiques et écologiques.

Grace à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques, cet arbre s'installe favorablement dans les zones arides et semi-arides. Les écosystèmes méditerranéens sont caractérisés par des précipitations rares, irrégulières et par de longues périodes estivales sèches. Ces contraintes climatiques combinées à une pression anthropique, conduisent généralement à une dégradation du couvert végétal et à une érosion rapide des sols. Pour contrecarrer ce fléau, sauvegarder la fertilité des sols et améliorer le niveau de vie de la population rural, l'utilisation des espèces arborescentes pionnières à usage multiple comme le caroubier, adaptées aux aléas climatiques et pouvant s'installer sur des terrains marginaux, dans les programmes de reboisement et de restauration des sols dégradés reste une bonne stratégie (**Rajeb, 1995**).

Le caroubier fait partie de ces espèces à grand potentiel, mais très peu utilisée dans les efforts de reboisement entrepris dans notre pays. Il présente un intérêt de 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 et 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. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (**Biner et al., 2007**). Par ailleurs, cet arbre est d'une importance économique considérable ; ces gousses, plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière, sont utilisées en industrie agro-alimentaire et pharmacologique, notamment comme anti-diarrhéique (**Hariri et al., 2009**).

La production mondiale annuelle, essentiellement méditerranéenne est estimée à 229 500 tonnes, dont une bonne partie est fournie par l'Espagne suivie de l'Italie, du Portugal du Maroc et de l'Algérie.

Le caroubier a été, depuis des siècles, propagé en culture par semis et plus tard par bouturage et greffage. Ainsi, les plantes choisies au hasard, dans les populations locales, ont été à la base de la sélection des cultivars et l'établissement des vergers commerciaux (**Batlle et Tous 1997**). De ce fait, le caroubier cultivé ne diverge pas beaucoup de son ancêtre sauvage (**Zohary, 1973**). Toutefois, les différents cultivars recensés actuellement dans le monde, se distinguent entre eux par leur vigueur, leurs qualité de gousses, leur graines, leur productivité et leur résistance aux maladies (**Batlle et Tous, 1997**).

Les modes de multiplication du caroubier peuvent être regroupés en deux catégories principales : la reproduction sexuée, basée sur le développement des plantes à partir de graines, elle a l'avantage de produire des graines, lesquelles peuvent se disséminer et attendre, pour germer, que les conditions soient favorables (**Campbell et Reece, 2004**).

Bien que déconseillé pour la fidele reproduction de nos variétés fruitières, il permet par contre l'obtention des « Franc », porte-greffes vigoureux, à enracinement profond, résistants à la sécheresse, généralement indemnes de virus (**Bailliére, 1975**). La reproduction ou multiplication asexuée, quant à elle, présente l'avantage, pour une adaptée à un milieu, de lui permettre de produire des copies d'elle –même (**Campbell et Reece, 2004**).

Ce travail consiste a étudier la multiplication asexuée par deux modes :

- ✚ Le premier mode concerne la multiplication par bouturage, ou on a étudié l'effet des différents substrats sur l'enracinement des boutures, ainsi que l'effet de CHRYZOTOP VERT en tant qu'hormone de bouturage.
- ✚ Quant au deuxième mode, il concerne le greffage en fente double et en placage d'écusson, où on a étudié le taux de réussite.

PARTIE I
BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE I
GENERALITES 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 le néolithique ; 4000 ans avant J.C et sa culture extensive date d'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 (XVIIe 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**).

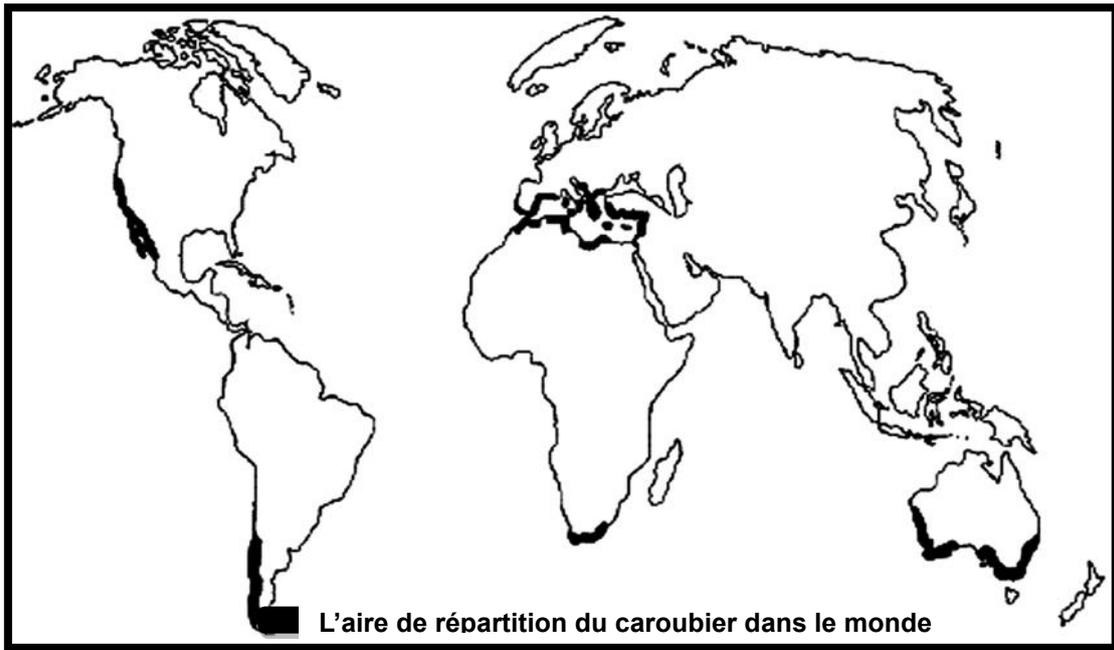
Au Moyen-âge, le caroubier donnait lieu à un commerce important entre les provinces du Midi et du Nord, les Etats germaniques et la Grande-Bretagne. Son bois était employé dans l'ébénisterie de l'époque et son fruit servait à la préparation des confitures (**Lavallée, 1962**).

Dans les vestiges de la civilisation du temps où Médine et la Mecque étaient de grandes villes au cœur d'un pays fertile, on remarque que le caroubier donnait lieu à un 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, à Chypre, en Syrie, au Liban, en Palestine occupée, au Sud de la Jordanie, en Egypte, en Arabie, en Tunisie et en Libye avant d'atteindre l'ouest de la méditerranée (**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, 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 (**Fig. N°1**). Actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et en Inde (**Berrougui, 2007**).



**Figure 01 : L'aire de répartition du caroubier dans le monde
(Batlle et Tous, 1997)**

I.3. Distribution géographique en Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé sans 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 étages semi-aride chaud, subhumide, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m dans les vallons frais, qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5° C jusqu'à 20° C et une pluviométrie de 80mm à 600 mm/an (Rebour, 1968).

Suivant ces critères climatiques ; l'aire de répartition du caroubier a été établie en Algérie (**fig. N°02**). ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittoral : Sahel algérois, Dahra, Grande –Kabyle et Petite-Kabylie, vallée de la Soummam (1074 ha) et de l'Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux de Mostaganem à Etage semi –aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend jusqu'à Bou-Saada, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen avec 276 ha [**Lavallée, (1962) ; Zitouni, (2010)**].

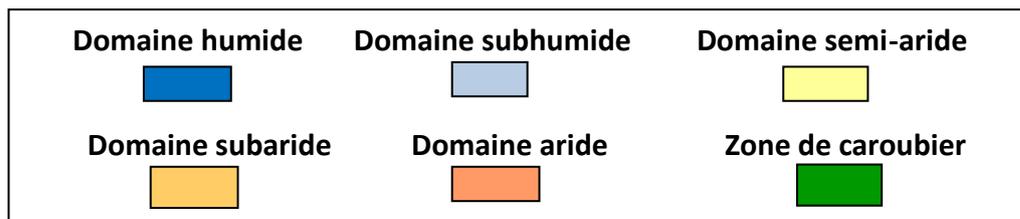
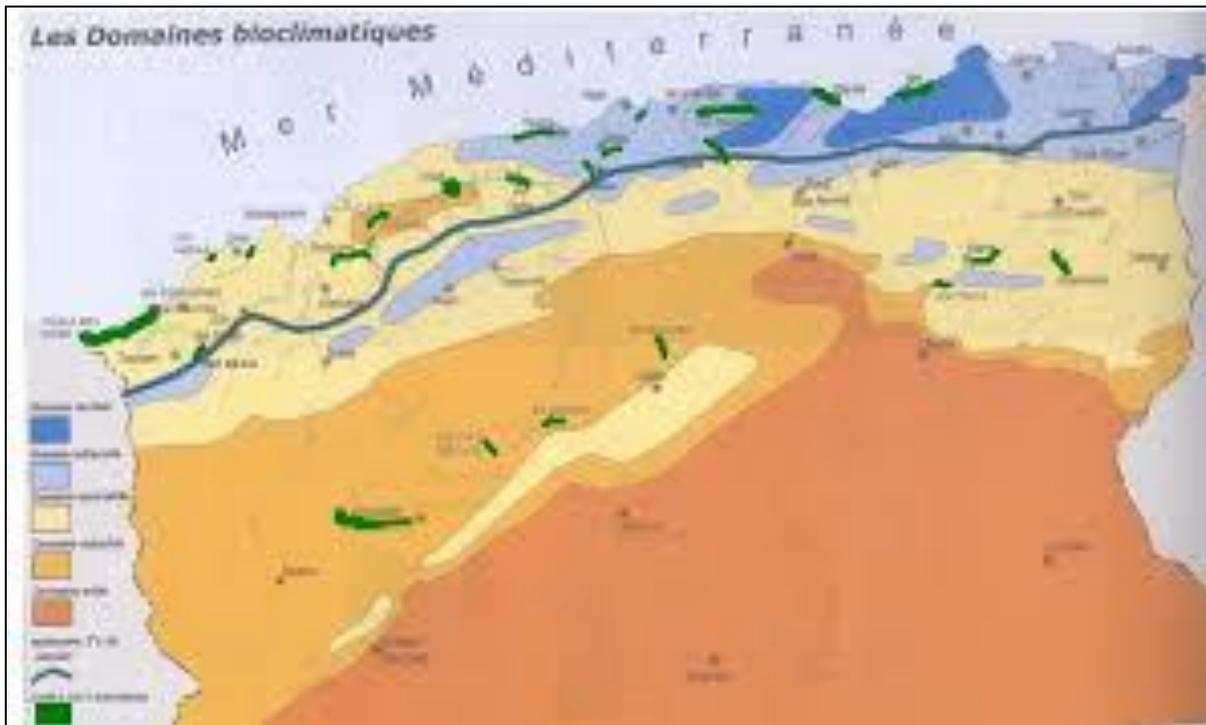


Figure 02 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques
(A.N.R.H, 2004)

II.Botanique, biologie

II.1. Systématique et classification botanique

Le mot « caroubier » venant de l'arbre al kharroub, est connu sous le nom scientifique de ***Ceratonia siliqua* L**, qui désigne en grec *Keratia* (*Ceratonia*) signifiant petite corne et le nom des espèces *siliqua* désigne en latin une siliqua ou gousse. Il est aussi appelé Carouge, Pain de saint Jean-Baptiste, figuier d'Égypte, fève de Pythagore (**Batlle et Tous, 1997**). Pendant longtemps les graines de caroube sont appelés « carat », elles sont utilisées 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 total de 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

II.2.1 Caractères généraux

Le caroubier est un arbre, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur (Fig.N°03) et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. il est mellifère, son miel est de qualité. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune, brune et 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 ; Batlles et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007).



Figure N°03 : L'arbre du caroubier

II.2.2 Le système racinaire

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

II.2.3 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 (Fig.N°04).

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-pale 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.



Figure N°04 : 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 males sont stériles et improductifs (Rajeb, 1995). Les fleurs males, femelles et hermaphrodites poussent sur des pieds différents.

On distingue trois formes de **fleurs** ; fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites (**Fig. N°05**), portées par différents pieds. **Les fleurs** sont groupées en grappes pédonculées, de couleur pourpre et parfois rougeâtre, elles apparaissent sur les 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 portant 5 étamines, à filet allongé (**Aafi, 1996**).

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

- ✓ **Inflorescence polygame** : composée de fleurs mâles, femelles et hermaphrodites.
- ✓ **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.

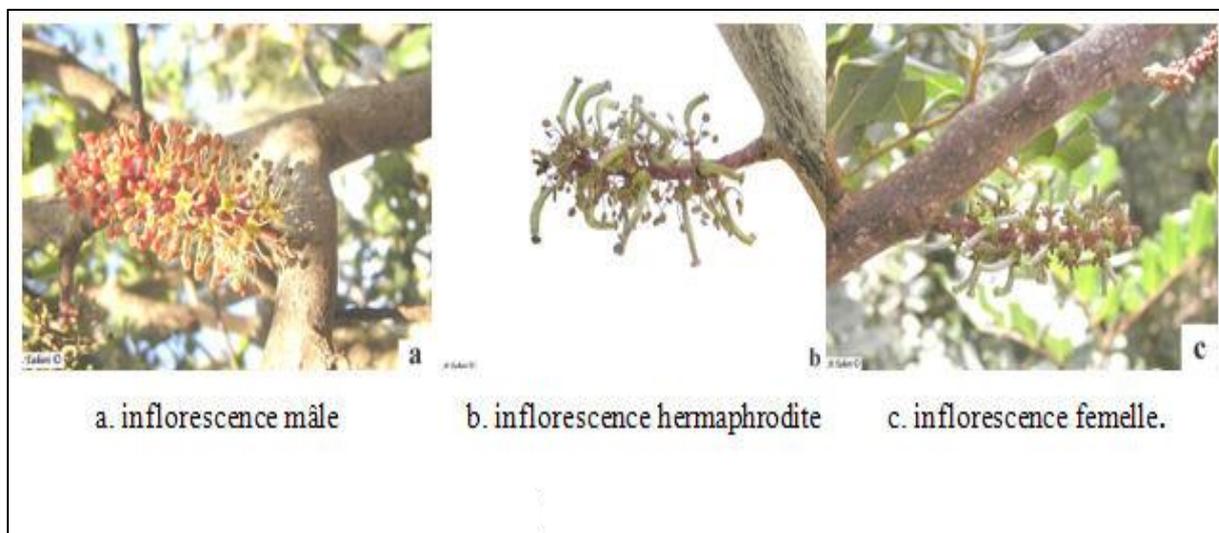


Figure N°05 : Inflorescence du caroubier
[Batlle et Tous, (1997) ; Gharnit, (2003)]

➤ **Le fruit**

Le fruit du caroubier, appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée (Fig. N°06), de 10 à 20 cm de longueur, 1.5 à 3 cm 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 graine [**Rejeb, (1995) ; Ait Chitt et al., (2007)**].

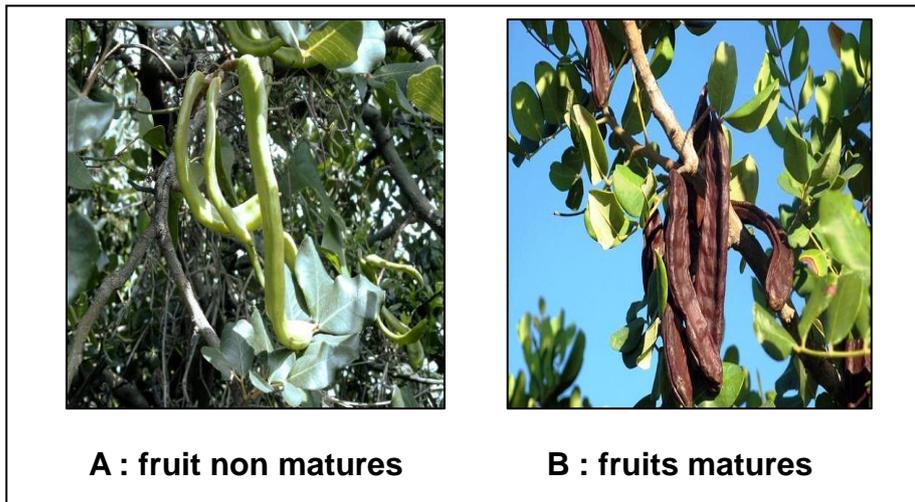


Figure N°06 : Le fruit du caroubier

➤ **La graine**

Les graines sont ovoïdes, rigides, d'une couleur qui dépend de la variété, elle peut être marron, rougeâtre (Fig. N°07) ou noir, dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm (**Batlle et Tous, 1997**).



Figure N°07 : Les graines du caroubier

II.3. Biologie et physiologie du cycle de végétation

a) Cycle végétatif annuel

Floraison et fécondation

La floraison du caroubier apparait en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Les fleurs males apparaissent d'Aout à Septembre, et la durée d'émission du pollen semble dépasser celle de la réceptivité des stigmates. Certains ont observé des anthères mures 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 apparait 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 à 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 Aout. 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 (**Fig. N°08**), comme la plupart des espèces fruitiers.

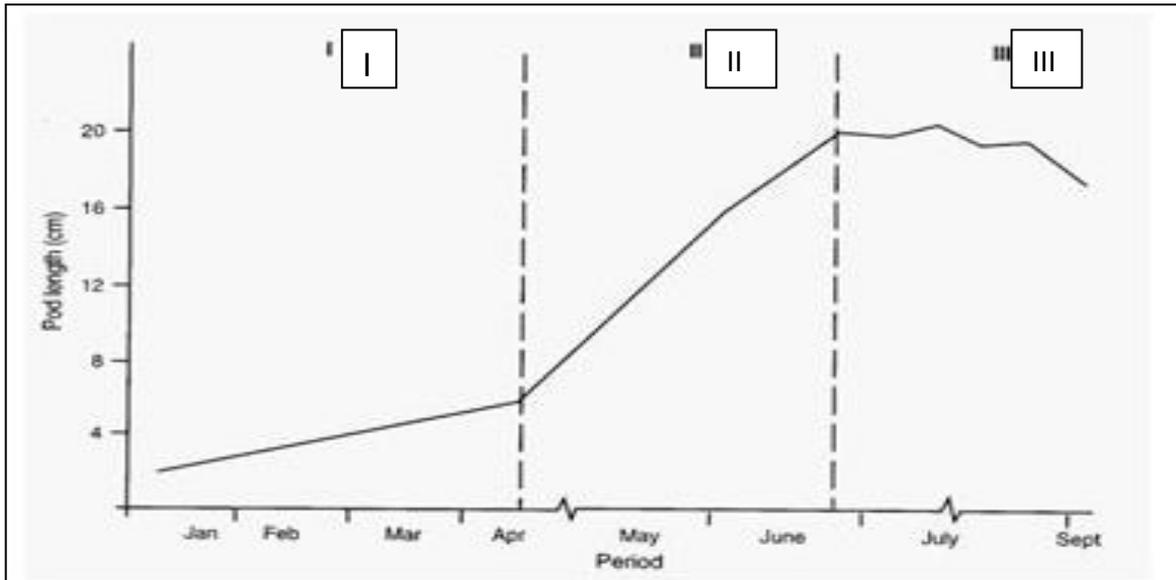


Figure 08 : stade de développement du fruit du caroubier
(Ilahi et Vardare ,1976)

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, murit et se durcit en Juin, change de la couleur verte en brun (**Fig N°06, a et b**). ainsi la gousse devient mure après dix mois.

le caroubier est arbre alternant (à 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 .(**Ait Chitt et al.,2007**)

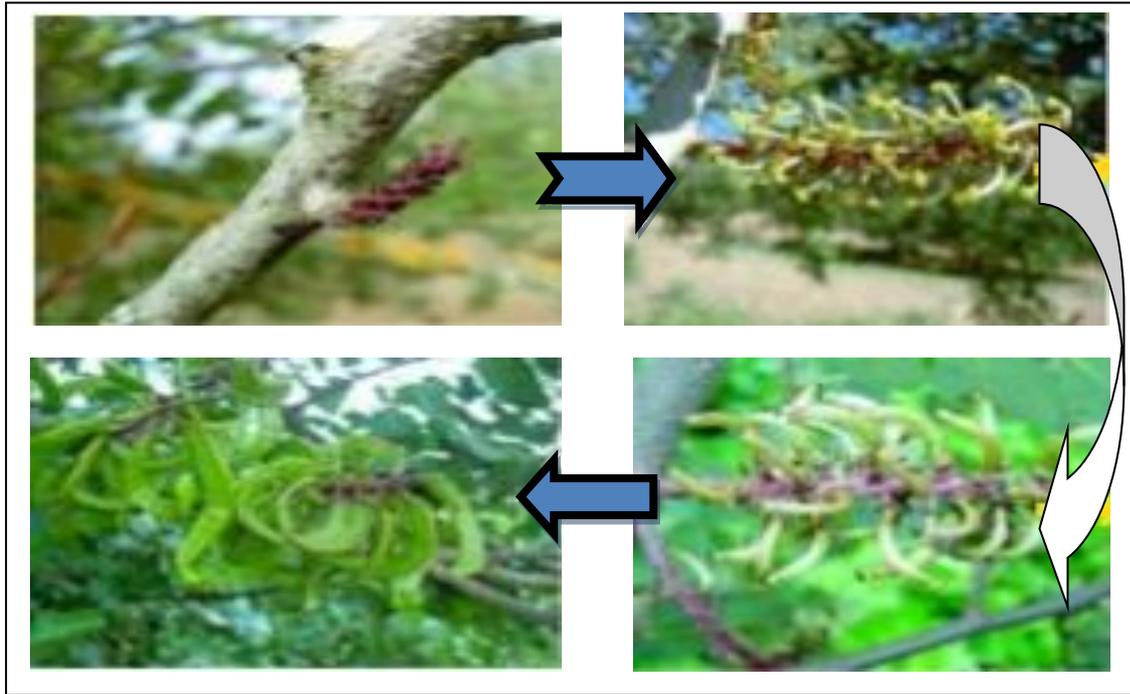


Figure 09 : Fleurs femelles
(Ait Chitt et al., 2007)

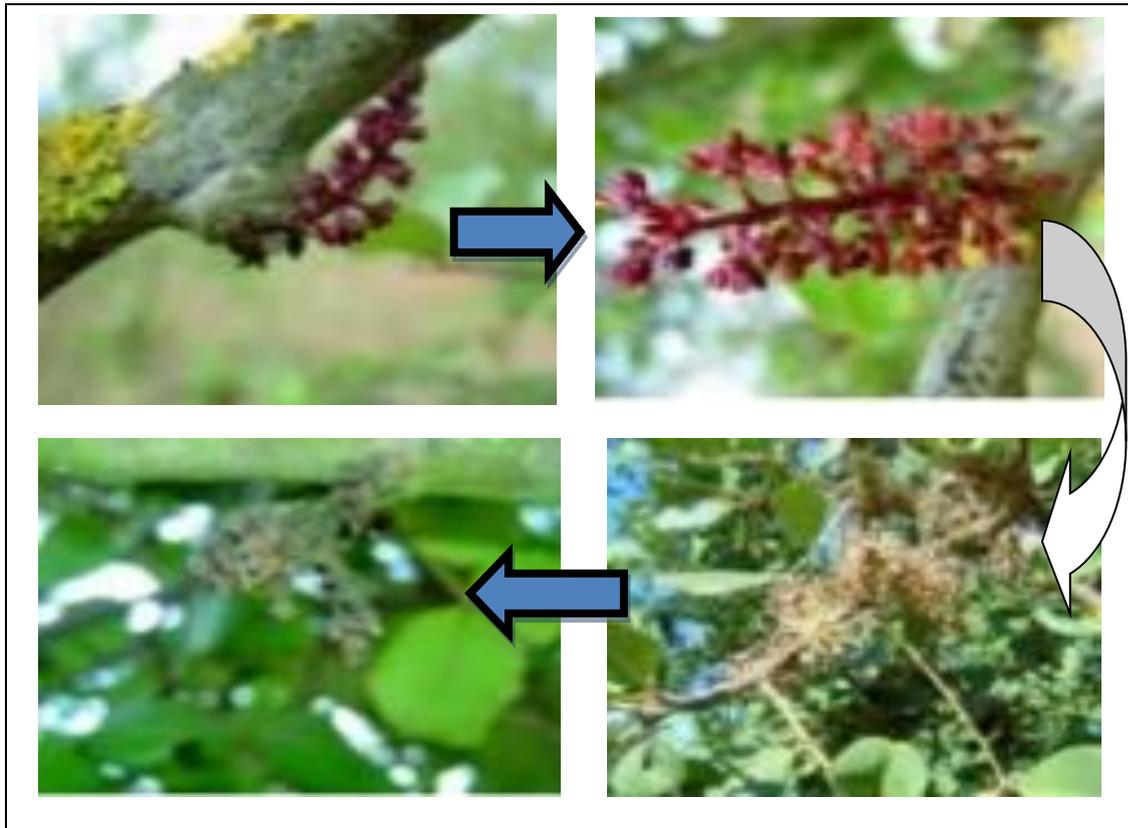


Figure N°10 : Fleurs mâles
(Ait Chitt et al., 2007)

I. Les variétés

De plus de 80 clones, 7 sélections faites par Croit, 1967 ont été exposées au centre Citrus Research de l'Université de Californie pour la conservation. Les 7 sélections sont :

- ✓ **Amele** : une ancienne variété commerciale de l'Italie. les gousses de couleur marron claire. droite ou légèrement incurvées. de 14 à 16 cm de long et de 2 à 2.5 cm de large ; teneur en sucre de 53.8%, présentant une bonne saveur.
- ✓ **Casuda** : un cultivar très ancien de l'Espagne. les gousses de couleur brune, la plus part du temps sec ; mesurent 12 cm de long et 1.5cm de large, le sucre de 51.7%
- ✓ **Arbre de la rue Clifford** : Arbre hermaphrodite. la gousse est brun clair. légèrement incurvée ; de 13 cm de long, et de 2 cm de large ; la teneur en est de 52.9%
- ✓ **Sfax** : de Mensuel-bou Zelfa, Tunisie ; la gousse rouge-brun, droit ou légèrement incurvée ; de 15 cm de long et 2 cm de large, le sucre est de 56.6%
- ✓ **Santa** : Fe semis de Santa Fe Springs, en Californie. Hermaphrodite, auto-fertile. La gousse d'un brun-clair, légèrement incurvée, souvent tordu, et de 18 à 20 cm de long, et de 2 cm de large, le taux de sucre est de 47,5 %Excellente saveur.
- ✓ **Trantillo** : de la Sicile ; Hermaphrodite. gousse brun-foncé, la plupart du temps sec ; de 13 à 15 cm de long et de 2 cm de large.
- ✓ **Tylliria** : de Chypre ; la variété principale produit d'exportation ; la gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, mesurant 15 cm de long et de 2 à 2.5 cm de large, le taux de sucre est de 47.4% à Vista ; de 50.9% à l'Indio, et 48.8% à Chypre. bonne saveur. la pulpe contient 51% de sucre et les graines 49% de gomme.

Ces 7 sélections ont certains anciens, y compris les **Bolser, Conejo, Gabriel, Horne**, et **Molino** ; et tous les hermaphrodites. Il existe d'autres cultivars communs à Chypre comme :

- ✓ **Koundourka** : un arbre avec des branches pleureuses ; les gousses mures sont généralement inférieures à 17 cm de long ; elles se séparent facilement. Des graines avec un taux de sucre de 14.7% et une teneur en gomme de 58%
- ✓ **Koumbota** : c'est un grand arbre à croissance avec des gousses épineuses à faible teneur en semences, elles contiennent 53% de sucre, et une teneur en gomme de 53%..

Les types greffés sont classés, on y distingue **Imera** et **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, 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. Intérêt et utilisation 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.

L'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, 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**).

Le 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 sucrée de la caroube est employée depuis longtemps, comme nourriture de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (**Ait Chitt et *al.*, 2007**).

Elle est utilisée dans l'industrie alimentaire humaine, grâce à sa teneur élevée en sucre 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 et les farines lactée. [reheb et *al.*, (1991) ; Youcef et *al.*, (2000) ; Markris et Kefalas, (2004) ; Dakia 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, et 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...), industrie pharmaceutique (médicaments, sirops...), la tannerie et le textile, [Battle et Tous, (1997) ; Biner et *al.*, (2007) ; Dakia et *al.*, (2007)]

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 [Reheb *al.*, (1991) ; Charnit, 2003]

Dans les domaines forestiers, les pieds males 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**).

VI. Composition chimique du caroubier

la gousse est riche en carbohydrates et particulièrement en sucre 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 importante avec 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 proanthocyanindines, des flavonoïdes, des ellagitanins...[**Avallone al., (1997) Owen al., (2003) ; Makris et Kefalas, (2004)**]

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

VII. Production du caroubier

Selon les données du **FAOSTAT (2010)**, l'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 95 864 ha (**Tab N°01**). La plus grande superficie, 77 876 ha, est celle de l'Europe, contre une superficie estimée à 921 ha pour l'Algérie et 11 176 ha pour les pays d'Afrique du Nord.

La production mondiale de caroube est estimée à 181 531 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, en Italie, au Maroc, au Portugal, en Grèce, en Turquie, suivie de Chypre, de l'Algérie, du Liban, et en dernier de la Tunisie (**Tab.N°2**).

Tableau N°01 : Superficie occupée par le caroubier

| pays | Superficie (ha) en 2004 | Superficie (ha) en 2008 | Superficie (ha) en 2009 |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Algérie | 1 006 | 1000 | 921 |
| Afrique du Nord | 13 526 | 13 460 | 11 179 |
| Europe | 92 213 | 83 574 | 77 876 |
| Monde | 112 711 | 102 939 | 95 876 |

Source : données FAOSTAT (FAO, 2010)

Tableau N°02 : Production mondiale de caroube

| Pays | Production en tonne (2004) | Production en tonnes (2008) | Production en tonnes (2009) |
|-------------|---------------------------------------|--|--|
| Espagne | 67000 | 72000 | 60795 |
| Italie | 24000 | 31224 | 31224 |

| | | | |
|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Maroc | 40000 | 25000 | 19472 |
| Portugal | 20000 | 23000 | 21000 |
| Grèce | 19000 | 15000 | 15822 |
| Turquie | 14000 | 12100 | 12097 |
| Chypre | 7000 | 3915 | 6519 |
| Algerie | 4600 | 3600 | 3216 |
| Liban | 3200 | 2800 | 2176 |
| Tunisie | 1000 | 1000 | 1000 |
| Monde | 182 680 | 191 167 | 181 531 |

Source : Données FAOSTAT (FAO, 2010)

Concernant la campagne agricole de 2010-2011, on constat une augmentation de la production mondiale qui atteint 229 500 tonnes (**Tab N°03**).

Tableau N°03 : Production mondial de caroube (2010-2011)

| Pays | Production en tonnes (2010) | Production en tonnes (2011) |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Espagne | 65000 | 75000 |
| Italie | 45000 | 30000 |
| Maroc | 75000 | 40000 |
| Portugal | 45000 | 45000 |
| Grèce | 12000 | 10000 |
| Turquie | 18000 | 14000 |
| Algérie | 18000 | 7000 |
| Tunisie | 5000 | 5000 |
| Monde | 318000 | 229500 |

Source : Données FAOSTAT (FAO.2010)

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

Selon **Batle (1997)**, la régression accusée dans la production du caroubier a été principalement liée à la baisse des prix et aux programmes de développement des zones côtières au dépend des plantations du 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. Ceci est probablement dû à son coût élevé et son rendement lent (10 à 15 ans après sa plantation).

VIII. 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 lourd, rocaillieux et calcaires, schisteux, gréseux et des pH de 6.2 jusqu'à 8.6 mais il craint les sols acides et très humides. Le caroubier est une espèce typique de flore méditerranéenne, bien définie dans l'étage humide, subhumide et semi-aride.

La sécheresse cyclique a relevé que le caroubier résiste mieux au manque d'eau que le chêne vert, le thuya et l'oléastre qui 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 [**Baum, (1989) ; Sbay et Abrouch, (2006) ; Zouhir, (1996)**]

CHAPITRE II

MULTIPLICATION DU CAROUBIER

II. Multiplication du caroubier

Elle peut être sexuée ou asexuée.

II.1 Multiplication sexuée du caroubier

C'est une méthode classique, 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 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 (H₂SO₄) ou l'acide gibbérelline (AG₃) peut améliorer considérablement le taux de germination (**Batlle et Tous, 1997**). Avec l'acide, la germination est spectaculaire (**Frutos, 1988**), mais la durée de scarification est variable en fonction des cultivars et des provenances des graines (**Konaté, 2001**).

II.2 Multiplication asexuée du caroubier

II.2.1 Bouturage

Le bouturage est moins utilisé que le semis, 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 (**Bailliere, 1975**). Le caroubier est une espèce difficile à bouturer [**Lee et al., (1977) ; Hartmann et Kaster, (1983)**].

II.2.2 Greffage

Il consiste à greffer les pieds mâles par les pieds femelles pour augmenter le nombre des arbres femelles et de la augmenter la production. 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 3eme 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 les arbres ou on utilise comme porte greffe [**Gharnit, (2003) ; Ait chitt et al., (2007)**].

II.2.2.1 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**).

II.2.2.2 Technique de greffage

Les baguettes à greffons sont prélevées sur le plant sélectionné pour la multiplication. Son choix est judicieux : il doit posséder plus d'un œil. Il se prélève sur les parties jeunes, durant la période de repos ou au départ de la végétation et le conserve en chambre froide.

II.2.2.3 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**).

Greffe 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) selon **Schwartzman, (1934)**.

Pour greffer les vieux arbres, on emploie la greffe en couronne au mois de Mai ce qui correspond au départ de végétation, afin de faciliter le détachement de l'écorce. 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, 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 est ratée, 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, 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 vigueur soit 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.
- ❖ **L'asepsie** : 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 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 ayant un état sanitaire excellent ; toute maladie véhiculée est inévitablement transmise au niveau du 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 l'été. Il est possible de réussir certaines greffes à l'automne, mais avec un pourcentage moindre.

II.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 adulte [**Sebastian et McComb, (1986)** ; **Batlle et Tous, (1997)**], ainsi que de différents explants tels que : les nœuds prélevés des plantules issue de germination (**Belaizi et al., 1994**), et de bourgeons axillaire... (**Saidi et al., 2007**).

PARTIE II
EXPERIMENTATION

CHAPITRE I

MATERIEL ET METHODES

I. Matériel végétal

L'étude à été faite dans la wilaya du Tipaza.

Des boutures ont été prélevées le 22 juin 2013 sur des sujets d'origine algérienne, issue de différentes régions dont Tipaza et Damous. L'âge des boutures diffère, on a

prélevé sur des arbres âgés (**Fig 11, A**), moins âgés (**Fig 11, B**) et sur de jeunes pieds (**Fig 11,C**).

II.1.1 Préparation des boutures

Des boutures de 7 à 15 cm de long ; pousses latérales situées immédiatement en dessous de la pousse terminale d'une branche (Figure 11, D), ont été aspergées d'eau, mises dans des sacs de plastique et placées dans une glacière. Elles ont été transportées en serre appartenant a un particulier à Tipaza, et préparées immédiatement.

Les boutures ont été effeuillées, elles contiennent au moins 2 yeux, elles sont taillées à leur base en biseau (**Fig 12 A et B**)



A : Arbre âgés plus de 25 an



B : arbre moins âgé (20 an)



C : jeune pied 5 ans



Figure 11 : branches de caroubiers prélevés sur des arbres âgés, moins âgés et sur de jeunes pieds

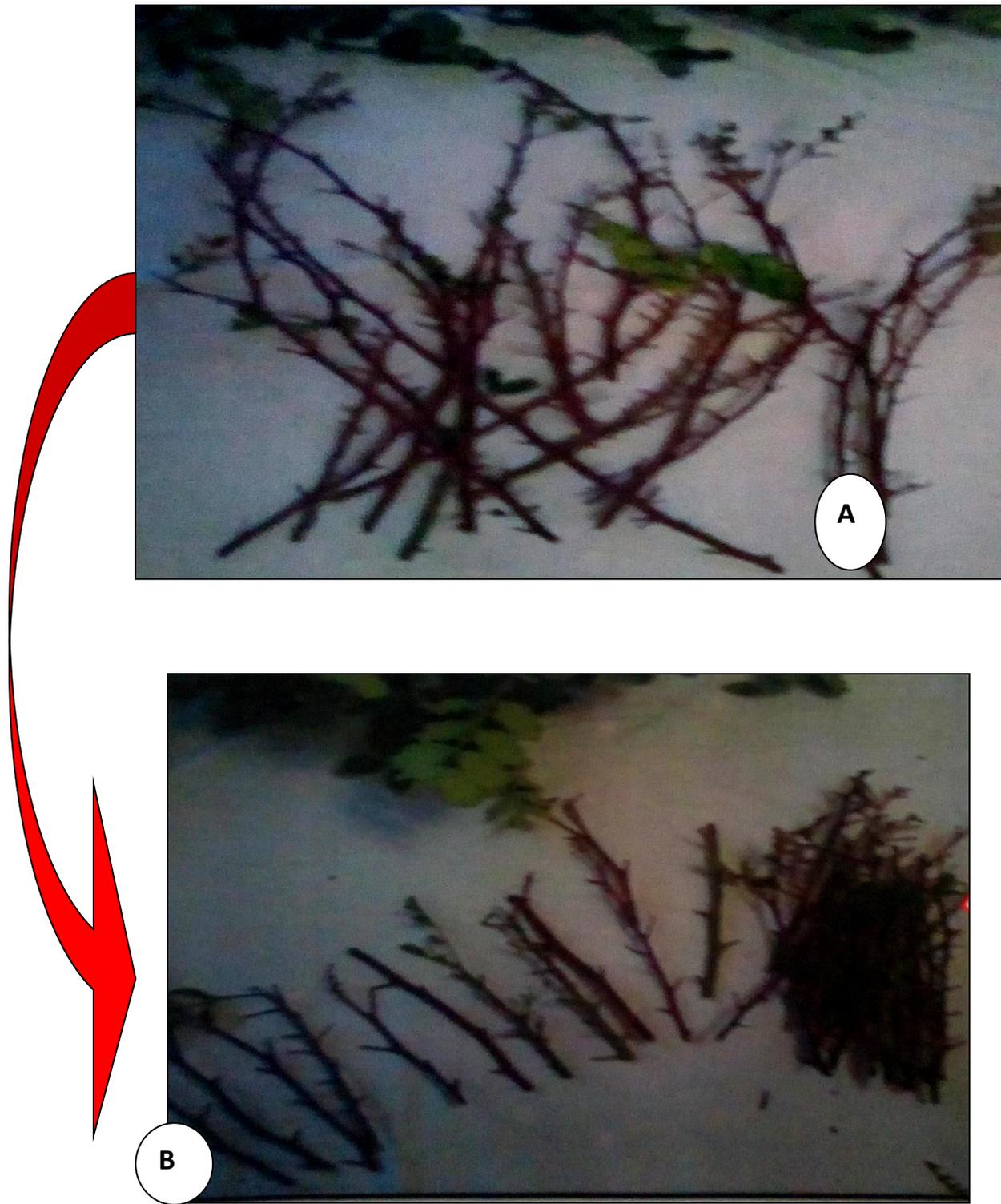


Figure 12 (A et B) : préparation des boutures

II.1.2 Le substrat de culture :

Les boutures (**Figure 12, B**) ont été repiquées dans des gobelets en plastique remplis de trois substrats différents (**Figure 13**).

Pour chaque substrat, nous avons testé 20 boutures, dont 10 boutures ont été traitées par l'hormone d'enracinement, et les 10 autres sans traitement.

Tableau 04 : Différents substrats utilisés

| | | |
|---|-------|---------|
| $\frac{1}{2}$ sable de rivière + $\frac{1}{2}$ terreau | terre | terreau |
|---|-------|---------|

II.1.3 L'application de traitement (L'hormone de bouturage) :

L'application d'hormone de bouturage (**CHRYZOTOP VART**) se fait en 2 étapes :

- ✓ Nous avons préparé des boutures contenant au moins deux yeux.
- ✓ Nous avons trempé, la base des boutures dans l'eau (**Figure 14, A**), puis dans l'hormone en poudre « CHRYZOTOP VERT » (**Figure 14, B**).

Après cette opération, les boutures traitées sont plantées dans les différents substrats (**Figure 15**).

II.1.4 Le matériel utilisé

Nous avons utilisé des gobelets en plastique de 35 cl pour le repiquage des boutures avec l'hormone du bouturage (**CHRYZOTOP VERT**).

II.1.5 Les paramètres étudiés pour le bouturage concernent :

- ✚ La formation d'un cal cicatriciel
- ✚ L'enracinement des boutures



Terre

$\frac{1}{2}$ sable + $\frac{1}{2}$
terreau

Terreau

Figure 13 : Les différents milieux de culture

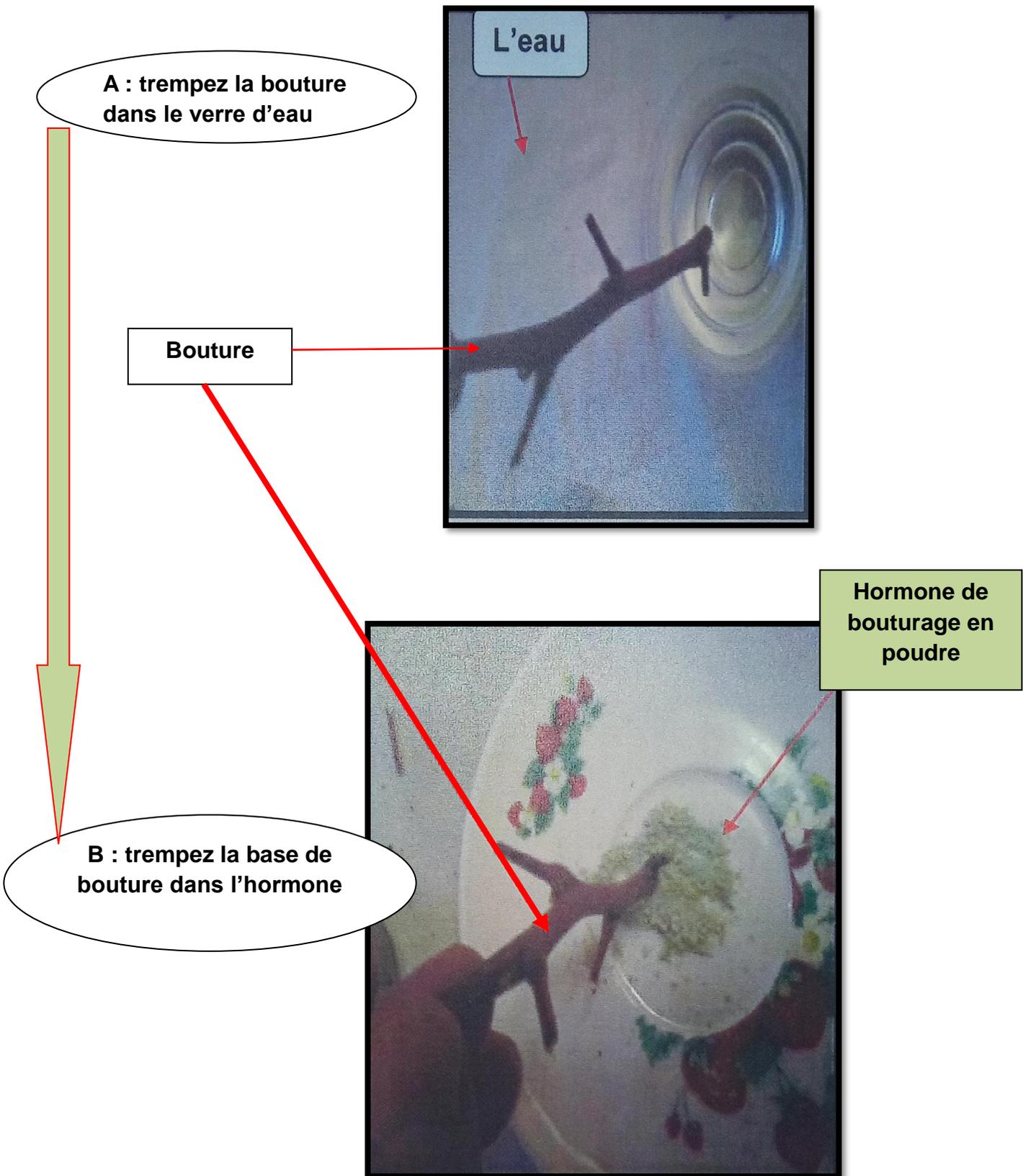


Figure 14 : traiter les boutures avec l'hormone d'enracinement

Bouture traitée



½ sable + ½
terreau
+hormone

Terreau
+hormone

Terre +
hormone

Figure 15 : la mise en culture des boutures traitées avec l'hormone de bouturage dans différents substrats

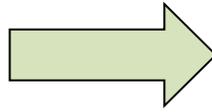
II.2.1 Greffage en fente double

Les greffons sont récoltés le 23 février 2013, ils sont conservés dans du papier journal et humidifier. On a réalisé la méthode en fente double le 25 février 2013 sur 5 sujets.

- sur les branches récoltées, on taille les greffons portant 2 yeux, on incise en verticalement sur trois à cinq cm de haut centre, à l'aide de scie égoïne (**Fig, N°17, a, b**).
- les deux greffons sont introduits à 2/3 dans la fente du sujet, et sont placés à chaque extrémité, de la fente du porte –greffe (**Fig, N°18, a**).
- la greffe est ligaturée et le mastique liquide y est appliqué (**Fig, N°18 b, c**)



a : Branche de caroubier

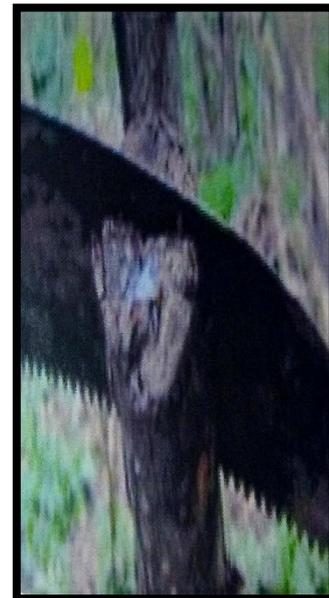


**b : greffons portant 2 yeux,
on incise en double biseau**

Figure 16 : Préparation du greffon

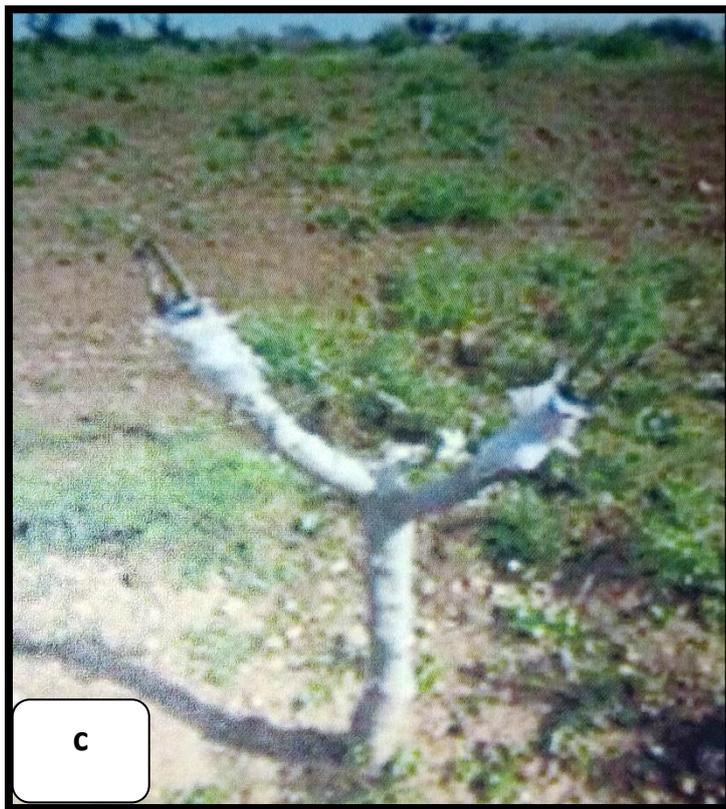
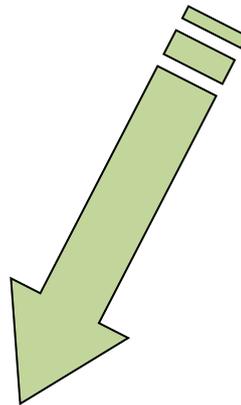


**a : Porte greffe
(Arbre caroubier)**



**b : Fente verticale
sur 3 à 5 cm**

Figure 17 : Préparation du greffe



**Figure 18 : Pose des 2 greffons (fente double)
ligature et masticage de la greffe**

II.2.2 Greffage en placage d'écusson

Les greffons sont prélevés le 15 juin 2013, peu de temps avant le greffage, afin d'éviter qu'ils ne se dessèchent. Une entaille horizontale de forme carrée, pourvu en son centre d'un bourgeon à bois est prélevée du greffon.

Lorsque l'on prélève le bourgeon, plutôt que de décoller le carré en le soulevant ou le tirant, il est préférable de le faire glisser lentement pour ne pas abimer le dessous de l'œil (**Fig, N° 19, a**).

- Sur une partie lisse située entre deux nœuds du tronc du porte –greffe. on prélève un carré d'écorce de 2 à 3 cm de côté (**Fig.N° 19, b**).
- Insérer le carré prélevé du greffon dans l'entaille carrée du porte –greffe, il faut que les carrés soient de même dimension (**Fig. N° 20,a**)
- Ligaturer solidement en laissant l'œil découvert (**Fig. N°20, b**).

Nous avons réalisé 44 greffages en placage en une journée.

Une portion de végétal de la variété portant un œil



Préparation du greffon



Préparation du porte greffe



Une entaille au niveau du porte-greffe

Figure 19 : Préparation du greffon (a) et du porte greffe (b)



a



b



**Figure N°20 : Insertion du fragment
prélevé de greffon dans l'entaille carré du
porte-greffe l'ensuite ligaturer**

Le choix du type de greffage, est lié au cycle végétatif annuel du *Ceratonia siliqua*. Ainsi le greffage en fente double se réalise en Février, alors le greffage en placage d'écusson se pratique durant le mois de juin (**Figure N° 20**).

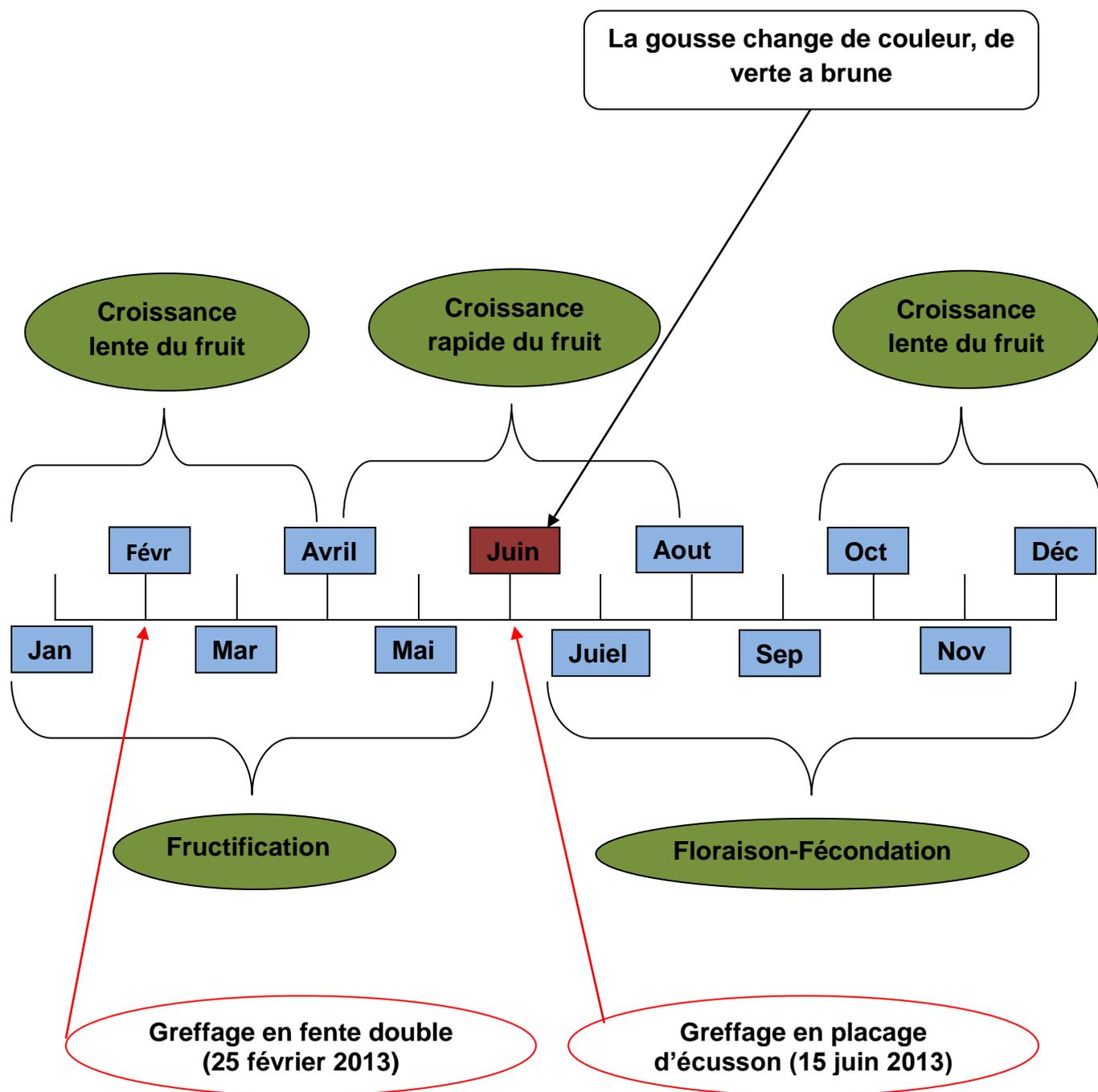


Figure N° 21 : période de greffage de *Ceratonia siliqua*

III Mensuration

III.1. Le taux d'enracinement des boutures

On a calculé le taux d'enracinement, qui est le nombre de boutures qui émettent des racines par rapport au nombre total de boutures, exprimé en pourcentage.

$$\text{Taux d'enracinement} = \frac{\text{Nombre de boutures enracinées}}{\text{Nombre total de boutures expérimentées}} \times 100$$

III.2. Le taux de greffe réussie en fente double et en placage d'écusson

On calcule le pourcentage de réussite

$$\text{Taux de greffes réussies} = \frac{\text{Nombre de d'arbres réussis}}{\text{Nombre total d'arbres greffés}} \times 100$$

CHAPITRE II
RESULTAT ET DISCUSSION

II.1. Résultat pour le bouturage :

Nous constatons après trois mois du bouturage, que le taux d'enracinement des boutures traitées par l'hormone et non traitées est de 0%. Aucun enracinement n'a eu lieu (**Fig, 22 et 23**).

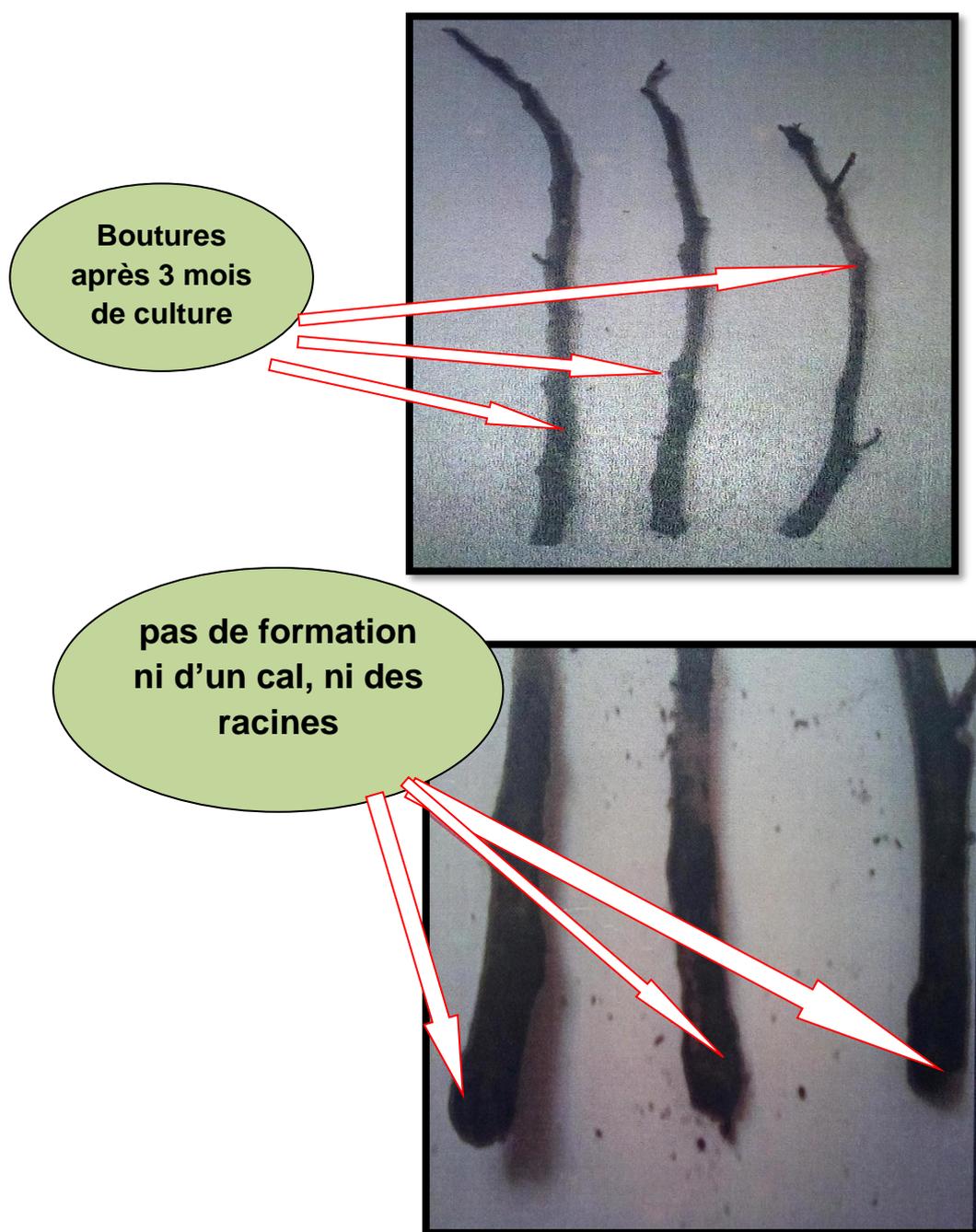
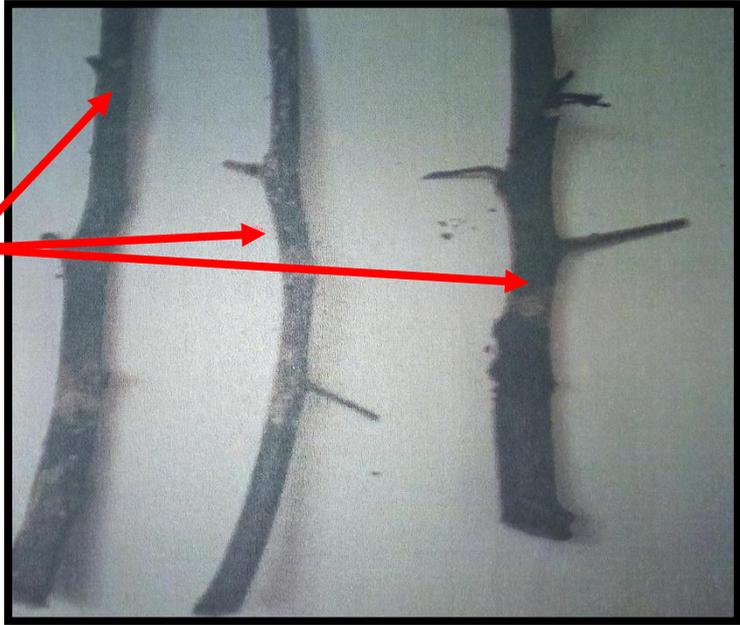


Figure 22 : Boutures après trois mois de culture (sans hormone)

Boutures
après 3
mois de
culture



Pas de
formation ni
d'un cal, ni
des racines



Figure 23 : Bouture après trois mois de culture (avec hormone)

Selon la physiologie du bouturage, quel que soit le type de bouturage, le premier stade de la reconstitution d'une entière sera, la naissance d'un système racinaire.

Pour les boutures de rameaux, le mécanisme de la rhizogenèse est étroitement lié à l'existence du cambium, qui joue un rôle important dans la naissance des racines, ou à la base de la bouture et essentiellement à partir du cambium, une prolifération cellulaire intense aboutit à la formation d'un cal.

À l'intérieur de ce cal, certaines cellule évoluent en cellules méristématiques de type primaire, puis s'organisent en méristèmes de type racinaire.

Dans l'état normal, immédiatement après le bouturage, on observe dans certaines cellules des modifications, en particulier l'activation de biosynthèse de certaines molécules. Ces modifications sont particulièrement marquées au niveau des cambiums et des vaisseaux conducteurs **(Dominique BOUTHERNI Et Gilbert BRON, 1989)**.

Cette première étape, qui n'est pas directement visible, est importante car c'est le premier pas vers la naissance des racines. C'est en fait, une activation générale peu spécifique et polarisée à la base de bouture, ce qu'on n'a pas observé durant notre expérimentation.

Le bouturage est une technique végétative possible mais limitée en pratique. Les travaux menés sur le bouturage démontrent les limites techniques et physiologiques du bouturage du caroubier. Les résultats varient en fonction des arbres (génétique), de la nature de la bouture et de la concentration en auxine (AIB). **(Ait Chitt et al. 2007)**

L'échec de la **rhizognèse** dans notre expérimentation seront peut être du :

✚ **L'origine génétique :**

Elle joue un rôle essentiel dans, l'aptitude à la rhizogenèse. il existe à l'intérieur d'un même clone des individus, qui ont une aptitude plus particulière à l'émission racinaire. Cette aptitude n'est pas facile à déterminer visuellement, et seul l'expérience permet de sélectionner les pied- mères qui possèdent cette faculté.

✚ **L'état physiologique :**

il est la résultante de diverses composantes du métabolisme, plus ou moins influencées par des facteurs exogènes, son importance est grande. on peut distinguer parmi les principaux facteurs intervenant dans la capacité à produire des racines, l'âge du tissu, la lumière, la nutrition (**Dominique BOUTHERNI et Gilbert BRON, 1989**).

II.2 Résultat pour le greffage :

| Mode de greffage | Nombre de greffe réussi | Taux de réussite en (%) |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Greffage en fente double | 01 | 1/5 (20%) |
| Greffage en placage | 39 | 39/44 (89%) |

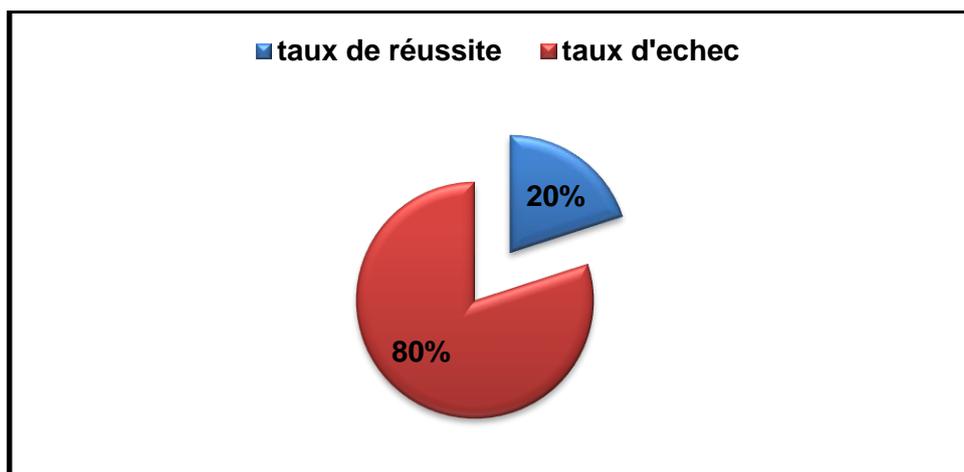


Figure N°24 : taux du greffage en fente

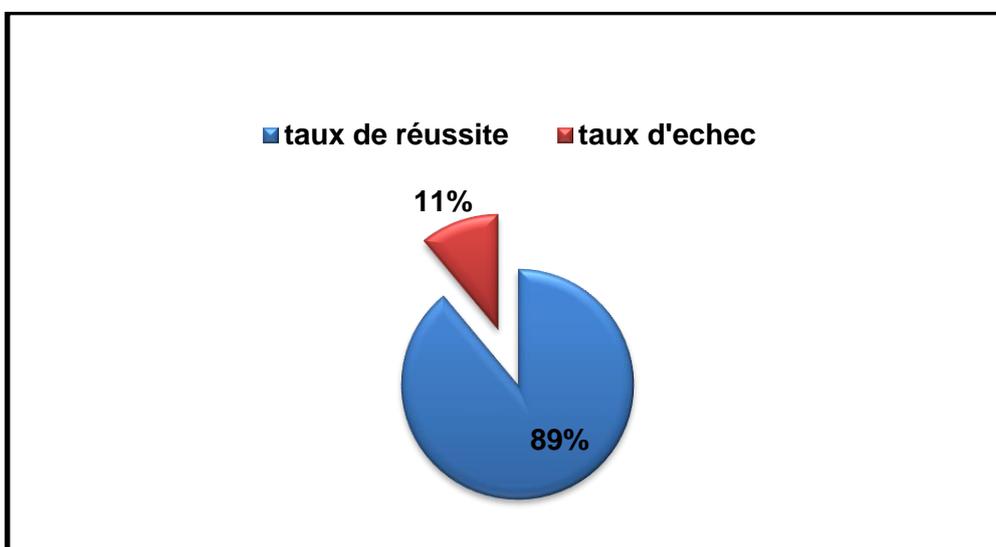


Figure N° 25 : taux de réussite du greffage en placage

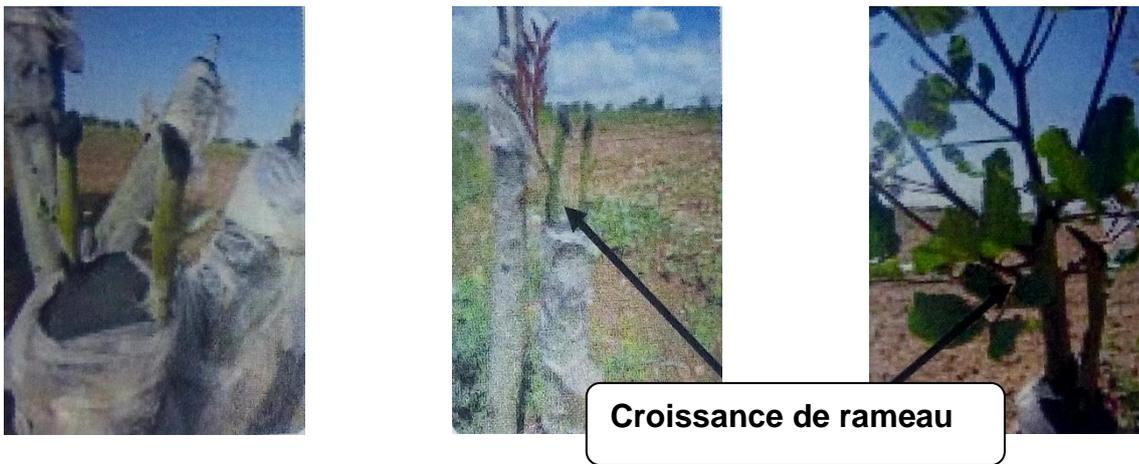
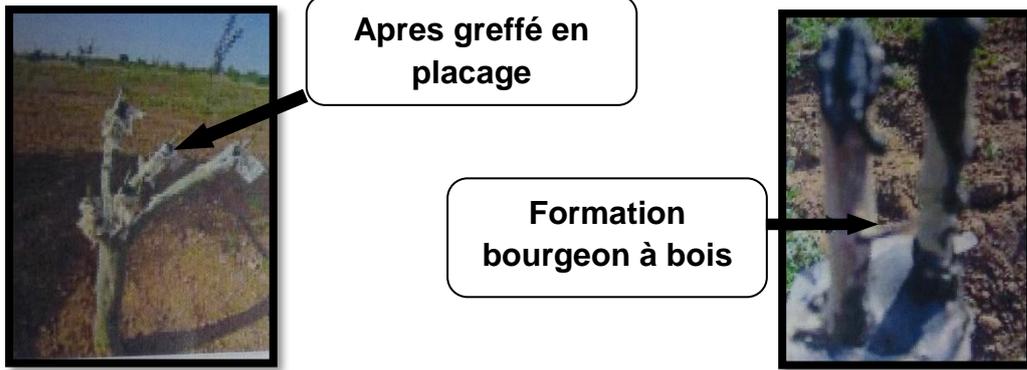


Figure 26 : Greffage en fente



Figure 27 : Greffage en placage

Le taux de réussite obtenu, pour le greffage en fente double est de 20% c'est un résultat qui reste largement faible, par rapport aux résultats obtenus par l'INRA (2008), sur des sujets âgés de 3 ans, associé à la technique de greffe en fente, qui s'est déroulée durant le mois de Mai.

Quant au greffage en placage, le taux de réussite a atteint 90%. Ceci est considéré comme un bon résultat.

Les résultats obtenus pour le greffage en fente double étaient de 20%, alors que pour le greffage en placage le pourcentage était plus élevé autour de 90%.

La greffe en placage a réussi par contre nous pouvons considérer que la greffe par fente double est un échec selon la recherche d'activité INRA (2008), la réussite du greffage est obtenue sur des plants de caroubier de 3 années d'âge associé à la technique de greffe en fente à partir du mois de Mai.

Nous estimons que le greffeur que nous avons choisi n'est pas professionnel, par contre le greffon qui a fait la greffe en plaque est un homme de valeur comme il est rare d'en trouver aujourd'hui.

CONCLUSION

Le caroubier qui est connu par le nom de KHARROUB en Algérie, il se trouve dispersé à l'état sauvage dans presque toutes les régions du nord du pays et il ne forme des peuplements que sur le littoral, et l'étage méditerranéen semi- aride et subhumide, en association avec l'olivier et thuya.

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, aussi bien du point de vue écologique, qu'économique, et pour la protection (conservation des sols).

L'utilisation des espèces rustiques comme le caroubier d'intérêt pastoral, fourrager et mellifère, dont la production est recherchée, permettra non seulement de préserver le milieu mais d'améliorer nettement le revenu des populations en le réintégrant dans les pratiques locales du pays.

Les résultats obtenus durant notre expérimentation, pour le bouturage, ont montré que la pratique du bouturage a été un échec.

Pour ce qui est du greffage en fente double, le taux de réussite était de 20%, alors que pour le greffage en placage le pourcentage était nettement plus élevé autour de 90%.

Pour cela, on préconise de multiplier le caroubier par placage d'écusson, pour meilleure production, qui aura :

- ✚ Un impact écologique, c'est un arbre vert toute l'année dans un pays où la désertification avance chaque année de 5 km. il ya lieu de développer le reboisement par le caroubier, l'olivier et le figuier, qui peuvent créer de nombreuses emplois depuis la collecte jusqu'à la consommation finale.
- ✚ Un impact social : la récolte de la caroube entière concerne les populations, qui habitent les zones les plus déshéritées du pays.
- ✚ Un impact économique : les dérivés de la caroube sont exportés, ce qui contribue au développement des exportations hors hydrocarbures. enfin un impact scientifique : la présente étude est exemple de la contribution de l'université algérienne au développement national.

**REFETENCE
BIBLIOGRAPHIQUES**

Aafi A., (1996). « Note technique sur la Caroubier (**Ceratonia siliqua L.**). Centre Nationale de la recherche Forestière. Rabat (Maroc). 10p.

Ait Chitt M., Belmir M. et Larzek A., (2007) . « Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier ». Transfer de technologie en Agriculture. N°153. IAV Rabat, pp : 1-4.

Anonyme. 2010: <http://faostat.fao.org>.

Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A. (1997). « Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua L.*): Protein, fat, Carbohydrates, and Tannins, journal of food composition and analysis», Vol. 10, pp: 166-172

Biner B, Gubbuk H, Karhan M, Akus M. et Pekmezei M., (2007). «Sugar profiles of the pods cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua L.*) in Turkey». food chemistry 100:pp: 1453-1455.

Battel I. ET tous J., (1997). « Carob tree. *Ceratonia siliqua L.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops». 17. Institut of plant Genetic and crops Plant Research. Gatersleben/ International Plant Ressources Institut. Rome. Italy. 97p

Battel I. and Tous J., (1998). « Lineas de investgation sobre el algarrobo (*Ceratonia siliqua L.*) en el IRTA, Cataluna (Espana) », In : Brito Carvalho JH, ed. I Encorto Linhas de Investigaçao de Alfarroba. AIDA, Oeiras : AIDA, 12 P.

Baum N., (1989). « Arbres et arbustes de L'Egypte ancienne », 354p.

Baytop T., (1984) « Thrapy with medicinal plant in Turkey (Past and present) »,

Publication of the Istanbul University, No: 3255.Istanbul.312 p.

Berrougui G., (2007). « Le caroubier (**Ceratonia siliqua L.**), une richesse nationale aux vertus médicinales, Maghreb Canada Express Vol N° 5 .20 p.

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 ? AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, 6p.

Boudy P ., (1950). « Economie forestière Nord-Africain (tomell) :Monographie et traitement des essences forestière »,Larousse, Paris, pp : 443-445.

Campbell N, et Reece J., (2004). « Biologie ». Ed. De Boeck Université, 1364 p.

Coit, J.E. (1967). Carob varieties for the semi-arid southwest. Fr. Vars. & Hort. Dig. 6p.

Dakia P .A, B. Wathelet and M. Paquot ., 2007 . « Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ food Chemistry Vol. 102, N°4, pp:1368-1374

Gharnit N., (2003). « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) Originare de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

Giordano L., (2008). « Taille et greffe ». Ed. Hachette, Paris, 122 p.

Goldblatt P., (1981). « Cytology and phylogeny of the leguminosea ». In advances in legume systematic. (R. M. Polhill and P. H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, England . Vol. 2 , pp: 427-464.

Hartmann H. T., Kester D.E, (1983). « Plant propagation, principales and practices». 4th Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffts, N.J. 75p

Ilahi, I. et Varder Y., (1976). Studies in Turkish carob (*Ceratonia siliqua* L.). IV Acidic Auxin-like and inhibitory substances in fruit morphogenesis. Planta Vol 129, pp : 105-108

Konate I., (2007). “ Diversité Phynotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des bactéries endophytes qui lui sont associées". Université Mohammed V-Addal Faculté des science Rabat, these de doctorat.

Kivçak B. and Mert T., (2002) ."Antimicrobialand cytotoxie activities of (***Ceratonia siliqua*** L)". extracts. Turk J.Biol., vol.26 pp: 197-200.

Lavallée P., (1962). “Le caroubier, son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie” .Alger, 47p.

Lee C.L .,Paul J., Hackett W. P., (1977). “ Promoting of rooting in stem cuttings of several ornamental plants by pretreatment with acid or Base “ –HortScience, Vol 12 N°1. pp 41-42.

Linsken H. and Scholten W., (1980). “ The fower of carob “. Pptug. Acta. Bilo. Vol 4N°1, pp: 95-102.

Loreto F., H.H. Burdsall and A. Tirro., (1993). "Armillaria infection and water stress influence gasexchange properties of Mediterranean trees ". Hot Science Vol 28 N°3 pp: 222-224

Louca A, and A. Papas., (1973). " The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats., Anim. Prod. Vol 17 pp 139-146.

Rebour H., (1968). "Fruit Méditerranéen" . La maison rustique Paris : 330p.

Rejeb M. N., Laffray D. and Louget P., (1991). " Physiologie du caroubier (*Cératonia siliqua L*) " en Tunisie. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides « . Group d'Etude de l'arbre, Paris, France : pp : 417-426.

Rejeb M. N., (1995). « Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration, in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : pp : 79-85.

Sahle M.,J. Coleon and C. Haas . (1992). " Carob pod (*Ceratonia siliqua L*) meal in gees diets. Brit .Poultry Sci. Vol 33. pp: 531-541.

Sbay H. E et M Abourouh., (2006) » Apport des espèces à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pigno et de caroubier » , Centre de Recherche Forestière Haut- Commissariat aux Eaux et Forets et à la Lutte Contre la désertification, Rabat. pp : 1-9.

Schartzman., (1934). « The carob tree and its cultivation in Palestine, « le caroubier et sa culture en Palestine « .3p.

Sebastien K.T et Mc Com J.A. ? (1986). « A micropropagation system of carob (*Ceratonia siliqua L.*) Vol 28 pp : 127-131.

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, Vol 146, pp :113-129.

Yousif A. K. et Alghazawi H.M., (2000). « Processing and caracterezation of carob powder, Food chemistry « , Vol.69 , N°3, pp : 283-287.

Zouhir O., 1996. Le caroubier : situation actuelle et perspectives d'avenir. Document interne, eau et forets. Maroc. p22.

Zitouni A., (2010). « Monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algerie.Th .Ing. Agrn. INA .El-Harrach , 201p.