

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Faculté des Sciences de la nature et de la vie et Sciences de la terre et de l'univers

Département d'Agronomie

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de
MASTER en Production végétale

THEME

Étude comparative de différentes techniques de greffage du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*)

Réalisé par :

Belhadj Kacem Nihel

Président :	M.BENAMMAR Chahid	Pr
Examineur :	M. KAID SLIMANE Lotfi	MAA
Encadrant :	M. KAZI TANI Lotfi Mustapha	MCA
Invité :	M. SELKA Nassim (Ingénieur chez SARL Boublenza)	

Année universitaire : 2023– 2024

Remerciement

En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu, pour m'avoir donné la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadrant, Monsieur KAZI TANI Lotfi, pour son soutien indéfectible, ses précieux conseils et sa patience tout au long de ce travail.

Je suis également reconnaissante envers toute l'équipe de la pépinière de BOUBLENZA, en particulier Monsieur KAZI Sofiane et Monsieur SELKA Nassim, pour leur accueil chaleureux et leur aide précieuse lors de mes expérimentations.

Un grand merci au chef du département d'écologie, Monsieur Hassani, qui m'a accueilli dans son laboratoire pour réaliser mes expérimentations.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers les membres du jury, Monsieur BENAMMAR Chahid, en tant que président, et Monsieur KAID SLIMANE Lotfi, en tant qu'examineur, pour avoir pris le temps d'évaluer mon travail.

Ce travail est le fruit de vos encouragements, de votre soutien et de votre confiance. Merci à vous tous.

Dédicace

Je dédie ce travail à mon père, Reda, dont la force et la détermination sont une source constante d'inspiration. À ma mère, Faiza, dont l'amour et le soutien inconditionnels ont été mon refuge dans les moments difficiles. À mes frères, Imad et Riad, et à ma petite sœur, Douniazed, qui ont toujours été là pour moi.

À mon fils, Reda, qui illumine chaque jour de ma vie et à mon mari, Djawed, dont le soutien et l'encouragement ont été la clé de ma réussite.

Enfin, je dédie ce travail à mes professeurs, pour leur sagesse et leur dévouement, et à mes collègues, pour leur amitié et leur soutien tout au long de ce parcours.

Résumé

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est une espèce ligneuse du pourtour méditerranéen, est d'une importance capitale sur le plan écologique, environnemental, économique et social. Cependant, à cause de sa dioïcie, sa multiplication s'avère une tâche difficile. Dans ce travail, nous explorerons l'importance significative du caroubier, un arbre aux multiples usages et bénéfiques. Nous discuterons également de la raison pour laquelle le greffage du caroubier est pratiqué, une technique agricole essentielle pour améliorer la productivité et la qualité des cultures.

Notre étude se concentre sur l'examen des différentes techniques de greffage du caroubier en pépinière aussi bien sous serre, sous ombrière qu'en plein champ. Nous avons observé le taux de réussite de chaque technique, fournissant ainsi des informations précieuses sur leur efficacité respective.

Enfin, nous avons effectué une comparaison de ces techniques pour déterminer laquelle offre les meilleurs résultats. Cette analyse comparative nous permet de recommander la méthode de greffage la plus efficace pour le caroubier, contribuant ainsi à optimiser sa culture et sa production.

Mot clés : serre, ombrière, plein champ, cambium, greffage à écusson

Summary

The carob (*Ceratonia siliqua L.*) is a woody species of the Mediterranean rim, is of paramount ecological, environmental, economic and social importance. However, because of its dioecy, its multiplication is a difficult task. In this work, we will explore the significant importance of the carob tree, a tree with multiple uses and benefits. We will also discuss why carob grafting is practiced, an essential agricultural technique to improve crop productivity and quality.

Our study focuses on the examination of different techniques of carob grafting in nurseries both in greenhouses, under shade and in the open field. We observed the success rate of each technique, providing valuable information on their respective effectiveness.

Finally, we compared these techniques to determine which offers the best results. This comparative analysis allows us to recommend the most effective grafting method for the carob tree, thus helping to optimize its culture and production.

Keywords: greenhouse, shade, field, cambium, patch grafting

ملخص

الخروب (*Ceratonia siliqua* L.) هو نوع خشبي من حافة البحر الأبيض المتوسط، له أهمية إيكولوجية وبيئية واقتصادية واجتماعية قصوى. ومع ذلك، بسبب ديوسيه، فإن تكاثره مهمة صعبة. في هذا العمل، سنستكشف الأهمية الكبيرة لشجرة الخروب، وهي شجرة ذات استخدامات وفوائد متعددة. سنناقش أيضاً سبب ممارسة تطعيم الخروب، وهي تقنية زراعية أساسية لتحسين إنتاجية المحاصيل وجودتها.

تركز دراستنا على فحص التقنيات المختلفة لتطعيم الخروب في المشاتل سواء في الدفيئات أو تحت الظل أو في الحقل المفتوح. لقد لاحظنا معدل نجاح كل تقنية، حيث قدمنا معلومات قيمة عن فعالية كل منها.

أخيراً، قارنا هذه التقنيات لتحديد أي النتائج تقدم أفضل النتائج. يسمح لنا هذا التحليل المقارن بالتوصية بطريقة التطعيم الأكثر فعالية لشجرة الخروب، وبالتالي المساعدة في تحسين ثقافتها وإنتاجها.

الكلمات الرئيسية: دفيئة، ظل، حقل، كامبيوم، تطعيم التصحيح

Listes des figures

Figure N° 1: Arbre du caroubier	5
Figure N° 2: Racine du caroubier après déchaussement.	6
Figure N° 3: Jeune caroubier avec un tronc lisse et gris.	6
Figure N° 4: La branche du caroubier	7
Figure N° 5: La feuille du caroubier.	8
Figure N° 6: Inflorescence mâle du caroubier	9
Figure N° 7: Inflorescence femelle du caroubier	9
Figure N° 8: Fleur hermaphrodite du caroubier	9
Figure N° 9: Inflorescence mâle en (a) de couleur rouge en (b) de couleur jaune.....	10
Figure N° 10: Fruit du caroubier	11
Figure N° 11: graine du caroubier	12
Figure N° 12: L'aire biogéographique naturelle du caroubier	13
Figure N° 13: Répartition géographique des aires de culture du caroubier (Battle et Tous). ..	13
Figure N° 14: distribution du caroubier en Algérie.....	14
Figure N° 15: Courbe de la superficie récolté en fonction de l'année En Algérie.....	20
Figure N° 16: Courbe de production en fonction des années en Algérie (sources de données : FAOSTAT).....	21
Figure N° 17: Courbe du rendement en fonction des années (source de données : FAOSTAT)	21
Figure N° 18: courbe de la production annuelle de 2000 à 2022	22
Figure N° 19: Mise en place du cambium dans la tige.....	26
Figure N° 20: Effeuille le porte-greffe.....	27
Figure N° 21: Préparation du porte greffe (a) et préparation du greffon en (b).....	30
Figure N° 22: Greffage en placage.....	30
Figure N° 23: ouverture de la fente en(a)et coupe en biseau le greffon en (b)	31
Figure N° 24: Greffage par fente.....	31
Figure N° 25: Pétiole et écusson en (a) et écartement le l'entaille en T en (b).....	32
Figure N° 26: Greffage en écusson (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZA).	32
Figure N° 27: Greffage par approche	33
Figure N° 28: greffe en couronne montrant tire-sève	33
Figure N° 29: greffe en couronne.....	33
Figure N° 30: coupe oblique en biseau du porte greffe en (a) et coupe à l'anglaise du greffon en (b)	34
Figure N° 31: Greffe à l'anglaise	34
Figure N° 32: Localisation de la pépinière SARL BOUBLENZA-.....	36
Figure N° 33: Greffoir (Belhadj Kacem,2024; SARL BOUBLENZA).....	37
Figure N° 34: Sécateur	38
Figure N° 35: Papier cellophane (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).	38
Figure N° 36: mastics à greffer (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZA).	39
Figure N° 37: Sachet en plastique (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).....	39
Figure N° 38: Porte greffe (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZA).....	40
Figure N° 39: greffon (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).....	41

Figure N° 40: substrat (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZA).	42
Figure N° 41: Serre chez SARL boublenza (Belhadj Kacem, 2024)	42
Figure N° 42: technique de mini greffe (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZA).....	43
Figure N° 43: Technique en fente (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).	43
Figure N° 44: technique en écusson sous ombrière (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).	44
Figure N° 45: Technique en écusson en plein champ (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).	44
Figure N° 46: Irrigation Par aspersion (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).....	45
Figure N° 47: Présentation des résultats en pourcentages.....	49
Figure N° 48: coupe transversale d'un plant non greffé	51
Figure N° 49: coupe transversale d'un plant greffé	51

Liste des tableaux

Tableau N° 1: Classification du caroubier (Lo Gullo et Salleo, 1988 ; Russo et polignano, 1996).....	4
Tableau N° 2: Présentation des donnés collectés	48
Tableau N° 3 :Tableau de contingence des effectifs observés.	50
Tableau N° 4:Tableau de contingence des effectifs théoriques.	50

Table de matière

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Table de matière	
Introduction générale.....	1

Chapitre I: Étude bibliographique sur le caroubier

1. Terminologie et Description du caroubier	4
1.1 Terminologie commune.....	4
1.1.1 Classification.....	4
1.2 Description du caroubier	5
1.2.1 Le système racinaire.....	5
1.2.2 Les organes aériens :	6
2. Origine et distribution géographique du caroubier	12
2.1 l'origine du caroubier	12
2.2 Distribution géographique	13
2.2.1 Dans le monde.....	13
2.2.2 En Algérie	13
3. Exigence pédoclimatique du caroubier	14
3.1 Climat	14
3.2 Sol.....	15
4. Culture du caroubier	16
4.1 Plantation.....	16
4.2 Irrigation	16
4.3 Récolte.....	16
5. Multiplication du caroubier.....	17
5.1 La reproduction sexuée.....	17
5.2 La reproduction asexuée.....	17
5.2.1 Greffage	17
5.2.2 Bouturages	17
5.3.3 Marcottage	17
5.2.4 In-vitro	17
6. Variétés les plus connus du caroubier.....	18
7. Maladies et ennemis.....	18
8. Importance économique.....	19
8.1 Utilisation du caroubier	19
8.1.1 Utilisation ornementale :	19
8.1.2 Utilisation dans l'alimentation du bétail	19
8.1.3 Propriété médicinale du caroubier	19
8.2 En Algérie.....	19
8.3 Au Maghreb.....	22

CHAPITRE II: Étude bibliographique sur le greffage

1. Historique du greffage	24
2. Applications du greffage en agriculture.....	25

3.	Greffage et anatomie des plantes vasculaires	25
3.1	Xylème	25
3.2	Phloème	25
3.3	Cambium	26
3.4	Cal	26
4.	Principes de base de greffage :	26
4.1	Porte greffe	26
4.2	Choix du greffon	27
5.	Incompatibilités de greffage	27
5.1	Les incompatibilités d'origine génétique	27
5.1.1	Les incompatibilités de type localisé	28
5.1.2	Les incompatibilités de type transloqué	28
5.2	Les incompatibilités d'origine virale	29
6.	Les différents types de greffage	29
6.1	Grefe en placage (mini greffe) appelé en anglais chip Budding	29
6.2	Grefe en fente	30
6.3	En écusson également connu sous le nom de greffage en T	31
6.4	Grefe en approche	32
6.5	Grefe en couronne	33
6.6	Grefe à l'anglaise	33

CHAPITRE III: Méthodologie

1.	Objectif	36
2.	Présentation de lieu de l'expérimentation	36
3.	Matériels de greffage	37
3.1	Greffoir	37
3.2	Sécateur	37
3.3	Cellophane	38
3.4	Mastics à greffer	38
3.5	Sachets en plastique	39
3.6	Porte greffe	40
3.7	Greffon du caroubier	40
3.8	Substrat	41
4.	Présentation de l'essai	42
4.1	La mini greffe sous serre	42
4.2	En fente sous serre	43
4.3	En écusson sous ombrière	43
4.4	En écusson en plein champ	44
5.	Entretien des plants après greffage	44
5.1	Mini greffe	45
5.2	En fente	45
5.3	En écusson sous ombrière	45
5.4	En écusson en plein champ	46
6.	Technique de la double coloration	46

CHAPITRE IV: Etude et discussion

1.	Présentation des résultats	48
2.	Interprétation des résultats	49
3.	Résultat de l'observation microscopique :	51
3.1	Plante non greffé (figure 48)	51
3.2	Plante greffé (point de greffage) : figure 49	51

4. Discussion générale	52
Conclusion générale	53
Référence bibliographique	53

Introduction générale

Introduction générale

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) joue un rôle écologique majeur dans la végétation des régions méditerranéennes. Bien qu'il s'individualise que dans de rares peuplements purs ou presque purs, il est par contre présent dans de nombreux groupements thermo-méditerranéens (**Quézel et Médail,2003**). C'est une espèce très rustique, elle s'accommode aussi bien à la sécheresse qu'aux sols pauvres et même salins (**Benmahioul et al., 2011 ; Thomas et al., 2024**). Ces potentialités adaptatives lui permettent de jouer un rôle crucial dans la préservation et la réhabilitation des zones marginales du bassin méditerranéen en tant qu'espèce pionnière dynamique.

Les forestiers utilisent souvent le caroubier comme moyen de lutte efficace contre l'érosion des sols, et s'intègre alors très bien dans la défense et la restauration des sols des régions méditerranéennes et particulièrement en Afrique du Nord. Il est également utilisé dans l'industrie du bois, la production du charbon de bois.

Le caroubier est aussi largement cultivé pour ses bénéfices économiques, environnementaux et sociaux (**Batlle et tous, 1997**). Ses graines et ses gousses sont utilisées dans divers domaines tels que l'agroalimentaire, la pharmacie, la chimie et la cosmétique (**Makris et Kefalas,2004 ; Ait Chitt et al., 2007 ; Konate,2007 ; Custodio et al., 2011**). La polyvalence du caroubier l'érige en une espèce clé avec un impact écologique et socio-économique significatif (**Barwick,2004 ; Pérez-Garcia,2009**).

Le caroubier est une espèce qui a toujours été cultivé dans le pourtour méditerranéen (**Rejeb,1995**). Plusieurs civilisations, notamment Grecque, Romaine et Arabo-musulmane ont vanté ses mérites, et l'ont intégré dans leurs jardins et leurs vergers. Il est également implanté dans plusieurs autres régions à climats arides notamment de type méditerranéen comme l'Australie, l'Afrique du Sud, les États-Unis (notamment l'Arizona et la Californie du Sud), les Philippines et l'Iran (**Evreinoff, 1947**).

En Algérie, le caroubier a des qualités et des avantages que les autres espèces n'ont pas, qui lui donnent un certain privilège. Il est apprécié et recherché car il présente de nombreuses possibilités favorables pour le développement rural, la conservation des sols et l'économie de montagne. Il offre un fruit qui est principalement destiné à l'exportation vers les marchés internationaux (**Baumel,2020**).

Le caroubier est cultivé dans des vergers en association avec d'autres arbres fruitiers ou des cultures céréalières. La culture sous-jacente va bénéficier de l'apport en azote que peut

Introduction générale

procurer les racines du caroubier (**El Idrissi et al., 1996**) et de son ombre afin de diminuer l'évapotranspiration, Il est répandu dans différentes régions du pays, notamment dans les zones côtières comme Tlemcen, Oran, Bejaia, Skikda, ainsi que dans les régions du Sahara.

La greffe végétale est une technique horticole présente une extrême importance pratique, les phénomènes qui la permettent et qui en résultent sont encore imparfaitement connus. Cependant, les techniques de greffage sont très utilisées pour palier à de nombreux problèmes notamment ceux relater à la dioïcie. En outre, il est reconnu que le caroubier est une espèce dioïque, la pratique courante de greffer des variétés "stériles" et non productives comme le 'Dkar' favorise la catégorie 'Lanta'.

Le but de ce travail est d'étudier les différentes techniques de greffage du caroubier, pour avoir une variété souhaitée dont on reconnaît les bonnes qualités, si l'on n'avait pas recours à cette opération on aurait d'abord une grande quantité de pieds mâles improductif et inutiles, ensuite les résultats des pieds femelles qui seraient issus de semences sont aléatoires (**Bonzom et al.,1878**).

La question principale à laquelle on s'attèle à répondre est : Quelles sont les techniques de greffage du caroubier qui réussissent le plus ?

Ce mémoire s'articule essentiellement sur 3 chapitres :

1. Le premier : est une étude bibliographique sur le caroubier
2. Le deuxième : est une étude bibliographique sur le greffage
3. Le troisième : matériel et méthode où on met on confronte les trois techniques de greffage à la réalité notamment sous serre, sous ombrière et en plein champs. Les résultats seront traités statistiquement.

Chapitre I
Étude bibliographique
sur le caroubier

1. Terminologie et Description du caroubier

1.1 Terminologie commune

Le nom scientifique du caroubier, (*Ceratonia siliqua*), a des racines linguistiques intéressantes. “Ceratonia” est dérivé du mot grec “Keras”, signifiant “petite corne”, une référence à la forme et à la dureté de la gousse de l’arbre. De plus, “siliqua” est un terme latin qui se traduit par “silique” ou “gousse”. Par conséquent, le nom entier évoque la gousse cornée et robuste qui est une caractéristique marquante de cet arbre (Albanell, 1990).

Dans divers pays et langues, l’espèce (*Ceratonia siliqua*) tire son appellation du terme arabe “Alkharroub” ou “Kharroub”. Par exemple, en espagnol, on l’appelle “algarrobo” ou “garrofero. La pratique d’utiliser les graines de caroubier comme unité de mesure pour le poids dans le commerce de matériaux précieux est attribuée aux Arabes. C’est pour cette raison que le terme “EIKilate” en espagnol ou “carat” en français dérive du nom arabe (al-karat ou qirat) donné à la graine, en raison de sa relation avec la constance du poids (Albanell, 1990).

1.1.1 Classification

Tableau N° 1: Classification du caroubier (Lo Gullo et Salleo, 1988 ; Russo et polignano, 1996).

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

1.2 Description du caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*), appartient à la famille des légumineuses, et à la sous-famille des Césalpiniées dont la principale caractéristique est la présence d'une fleur zygomorphe non papilionacées (Quézel et Santa, 1962). Il est généralement dioïque et rarement hermaphrodite. C'est un arbre à feuilles persistantes et sclérophylles, à l'état isolé il peut atteindre 16 à 20m de hauteur et jusqu'à 6m de circonférence (Lo Gullo et Salleo, 1988 ; Russo et Polignano, 1996) avec une cime globuleuse. Dans une ambiance forestière, sa taille est de 6 à 8m,

C'est un arbre xérophYTE, n'exige ni irrigation ni entretien particulier et couramment utilisé comme arbre d'alignement. Le caroubier est habituellement planté à intervalles réguliers afin de créer un effet visuel harmonieux (Isabelle, 2024).

Le caroubier est une espèce qui ne supporte pas les températures supérieures à 52°C en été et inférieures à -7°C en hiver. De plus, il présente une résistance notable au stress salin (Chebbouti et al., 2023), c'est un arbre très longévif qui peut vivre jusqu'à 200 ans en moyenne.



Figure N° 1: Arbre du caroubier

(Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Caroubier>).

1.2.1 Le système racinaire

Les racines sont pivotantes, très développées, à croissance très rapide, formant un chevelu très abondant (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003). La racine principale est composée de plusieurs racines latérales de grande latitude et de nombreux poils absorbants.

Le système racinaire est très étendu et particulièrement réparti en surface (Melgarejo et Salazar, 2003) peut établir des partenaires symbiotiques avec des organismes du sol, favorisant la formation de mycorhizes. Ces associations améliorent l'absorption des

nutriments, notamment du phosphore, et renforce la résilience de l'arbre face au stress hydrique (El Idriss et al.,1996).



Figure N° 2: Racine du caroubier après déchaussement.

(Source :<https://www.agrimaroc.net/2018/05/19/production-de-plants-selectionnees-et-greffes-de-caroubier/5/>).

1.2.2 Les organes aériens :

a) Tronc :

Le tronc du caroubier est généralement trapu et tordu, il est doté d'une écorce résistante de couleur grise de plus en plus rougeâtre avec l'âge (Melgarejo et Salazar, 2003). L'écorce se craquèle en quadrillage irrégulier avec l'âge abritant des bourgeons très petits gris clair pubescent (Quezel et Santa , 1962). Le diamètre moyen varie de 50 cm , Sa circonférence à sa base mesure entre 2 et 3 mètres (Albanell, 1990).



Figure N° 3: Jeune caroubier avec un tronc lisse et gris.

(Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZIA).

b) Branches :

Les branches présentent les différentes caractéristiques selon leur âge les caractéristiques sont les suivantes (Albanell, 1990) :

-Les branches principales d'âge avancé sont généralement épaisses, tortueuses et inclinées car elles ont beaucoup de poids et de taille. Ils sont principalement utilisés comme support pour d'autres domaines, même si elles peuvent parfois être productives.

-Les branches secondaires ont une taille moyenne et tendent à être plus ou moins érigées en fonction de l'âge, particulièrement dans la partie supérieure de la couronne.

-Les branches, plus petits, se situe dans la partie externe de la couronne ou de la région de croissance. Elles ont un aspect de souplesse et leur écorce est lisse, couverte de lenticelles, qui assurent les échanges gazeux avec l'air. Dans la zone de bourgeonnement, elles se présentent généralement selon les variétés de tons jaune-verdâtres ou rougeâtres.



Figure N° 4:La branche du caroubier

(Source : <https://www.agrimaroc.net/2018/05/19/production-de-plants-selectionnes-et-greffes-de-caroubier/5/>).

c) Feuille :

Les feuilles de *C. siliqua* sont des feuilles composées, elles mesurent entre 10 à 20 cm de long, sont persistantes, coriaces, alternes et définies par une tige sillonnée. Elles se composent de 4 à 10 folioles, avec ou sans foliole terminale. Les folioles mesurent de 3 à 7 cm de longueur, la forme est ovale ou elliptique, opposées, vert luisant sur la face dorsale, vert pâle sur la face ventrale (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007).



Figure N° 5: La feuille du caroubier.

(Source : <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/caroubier.html>).

d) Fleur :

La fleur est très petites dioïques ou polygames en grappes axillaires à corolle nulle. Les pieds mâles sont improductifs (**Rejeb, 1995**), mais elles sont mellifères. On distingue trois formes de fleurs (fleurs mâles, fleurs femelles et plus rarement fleurs hermaphrodites) qui sont portées sur différents pieds (**Aafi, 1996**).

Les fleurs sont des groupes de fleurs en forme de grappes, pourpre et rougeâtre, sur le vieux bois et le tronc. En botanique, la califlorie désigne le phénomène où les fleurs et les fruits poussent directement sur le tronc ou les branches principales d'un arbre, plutôt que sur de nouvelles pousses ou des tiges, et c'est le cas du caroubier.

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 **Meikle (1977)** et en se basant sur la littérature, on distingue cinq types d'inflorescences :

- ✓ Inflorescence polygame, qui se compose de fleurs mâle, femelle et hermaphrodite.
- ✓ Inflorescence hermaphrodite : fleurs avec des étamines et un grand pistil.
- ✓ Inflorescence mâle : fleurs avec des androcées courtes et un pistil abortif.
- ✓ Inflorescence mâle : fleurs à androcées bien développé et à pistil abortif.
- ✓ Inflorescence femelle : avec un grand pistil et des étamines abortifs.



Figure N° 6: Inflorescence mâle du caroubier

(Source : <https://oasis-des-3-chenes.fr/le-caroubier-larbre-chocolat-vous-connaissez/>).



Figure N° 7: Inflorescence femelle du caroubier

(Source : <https://oasis-des-3-chenes.fr/le-caroubier-larbre-chocolat-vous-connaissez/>).



Figure N° 8: Fleur hermaphrodite du caroubier

(Source : <https://oasis-des-3-chenes.fr/le-caroubier-larbre-chocolat-vous-connaissez/>).



(a)



(b)

Figure N° 9: Inflorescence mâle en (a) de couleur rouge en (b) de couleur jaune
(Source : <https://medias24.com/2023/11/29/voici-ou-en-est-le-programme-de-plantation-du-caroubier/>).

Le caroubier a traditionnellement été classé en fonction de la couleur de ses fleurs, distinguant ainsi les arbres de fleurs jaunes et ceux à fleurs rouges, mais ce critère semble être insuffisant et indépendant des autres caractéristiques florales (Von Haselberg et al., 2004).

La floraison se produit la fin de l'été jusqu'à la moitié de l'automne, c'est-à-dire entre le mois d'août et le mois d'octobre. Ces fleurs sont pollinisées par le vent (anémophiles) et les insectes (entomophiles) (Von Haselberg et al., 2004).

e) Fruit :

Chaque inflorescence donne une quantité de fruits qui varie selon les variétés et les provenances. Généralement elle est entre 1 et 6 fruits (Melgarejo et Salazar, 2003). La fructification se produit en juillet-août de l'année suivant la floraison.

Le fruit du caroubier, appelé caroube ou carouge, est une gousse avec des bords indéhiscent. La gousse est épaisse, coriace, arquée, à sutures épaisses, longue de 10 à 20 cm. sur 2 à 3 cm de largeur (Linskens et Scholten, 1980 ; Batlle et Tous, 1997).

Il a un aspect très grand de 1 à 2,5 cm d'épaisseur. La gousse se compose de trois parties. :

1. Epicarpe ou peau, de nature dure et coloré.
2. Pulpe, de nature grosse, très riche en sucres. Qui représente environ 70 à 95% de tout le fruit.

3. Endocarpe, de nature dure ; qui couvre l'intérieur du fruit, divisant en parties où loges carpellaires qui se trouvent les graines appelées, garrofines en Espagnol (Caja, 1985).



Figure N° 10: Fruit du caroubier

(source : https://www.researchgate.net/figure/Fruit-du-caroubier-photo-Internet_fig3_315779642).

f) Graine :

Les graines du caroubier sont petites et aplaties, d'une forme presque ovale, avec un pôle basal tronqué et écrasé en zone apicale. Il a un tégument lisse, dur, de couleur brun et rouge, brillant (Albanell, 1990). Sa dimension est de 8 à 10 mm de long sur 6 à 8 mm de largeur avec 3 à 5 mm d'épaisseur. Les graines ont un aspect très dur et montrent une grande résistance.

La graine du caroubier se compose de 03 parties (Melgarejo et Salazar, 2003) :

1. Episperme ou tégument, il recouvre la graine et est constitué principalement de cellulose, de lignine et de tanin. Couper de 02 enveloppes distinguées, l'externe appelée *testa*, colorée et dure et l'autre interne nommée *tegmen* elle est plus blanche et moue. Peau représente 30 à 33 % de la graine.

2. Endosperme ou albumen, se trouve sous l'épisperme et forme le tissu de réserve pour la germination de l'embryon, c'est la partie la plus intéressante Grâce à sa nature élevée en galactomannane ou gomme de caroube. L'endosperme représente 42 à 46 % de la graine.

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



Figure N° 11: graine du caroubier

(Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Graine_de_caroube)

2. Origine et distribution géographique du caroubier

2.1 l'origine du caroubier

Il y a plusieurs hypothèses éminentes d'un désaccord entre différents auteurs sur l'origine du caroubier. Selon **Zohary (1973)**, il y a quelques auteurs qui situent l'origine du caroubier dans la partie orientale de la méditerranée (Turquie, Syrie et Palestine). Tandis que d'autres études archéobotaniques, fondées sur des vestiges carbonisés de bois et de fruits, ont mis en évidence la présence du caroubier dans la partie orientale de la méditerranée au néolithique (4000 ans av. J.-C.), phase initiale de domestication des ligneux (**Estrada et al., 2002**). Elle peut toutefois être originaire de la région Sud de l'Arabie car elle est thermophile et donc présente sur les hauts plateaux du Yémen (**Liphschitz, 1987**).

La découverte d'une nouvelle espèce de caroubier *Ceratonia oreothauma* Hillc., Lewis et Verde, qui est considérée comme une espèce plus archaïque que *Ceratonia siliqua*, qui vit dans les montagnes d'Arabie (Oman) et de la Somalie (**Hellcoat et al., 1980**).

Du point de vue, **Zohary (1973)** considère le caroubier comme une relique procédant de la flore Indo-Malaisienne dont sont aussi issus les groupes *Olea*, *Laurus*, *Myrtus*, et *Chamaerops*.

Il semble que cette hypothèse d'origine tropicale de la caroube soit justifiée par l'existence d'une période de floraison tardive (juillet-octobre) des arbres et des arbustes méditerranés, ainsi que par la présence inhabituelle des enzymes photosynthétiques de type « C4 » (caractéristique des plantes de climat chaud) durant les premières étapes de son développement qui de défend à l'âge adulte (**Catarino et Bento-Pereira, 1976**).

L'hypothèse repose en outre sur la durée de vie des feuilles qui est presque double chez la majorité des espèces méditerranéennes sont les plus communes (**Catarino, 1993**).

2.2 Distribution géographique

2.2.1 Dans le monde

Le caroubier est un arbre méditerranéen où on le retrouve à l'état naturel en Espagne, au Portugal, au Maroc, en Grèce, en Italie, en Turquie, en Algérie, en Tunisie, en Égypte, en Chypre au Liban en Palestine. Il a été introduit en Australie, en Afrique du Sud, aux États-Unis et en Amérique du Sud (Sbay et Abourouh, 2006).



Figure N° 12: L'aire biogéographique naturelle du caroubier

(source : www.wikipedia.com).

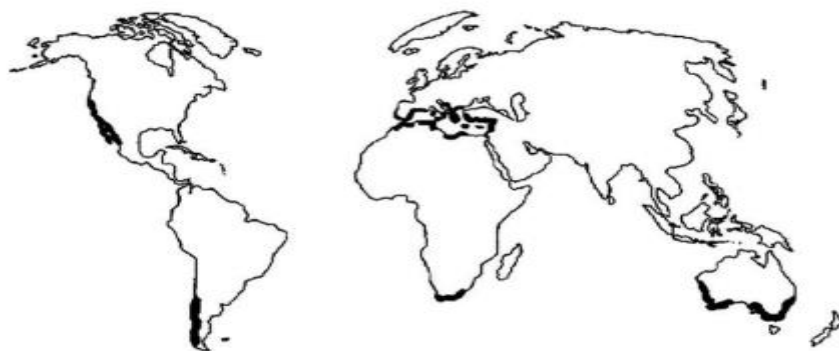


Figure N° 13: Répartition géographique des aires de culture du caroubier (Battle et Tous).

2.2.2 En Algérie

Cet arbre est situé beaucoup plus sur le littoral de la Kabylie, dans la vallée de la Soummam (1074 ha), dans la Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha), cet arbre est principalement présent en Algérie dans la corniche de Cherchell (226 hectares), sur les coteaux de Mostaganem à l'étage semi-aride chaud et (149 hectares), aussi il se situe dans la région de Traras au nord de Tlemcen (Chebouti et al., 2023)

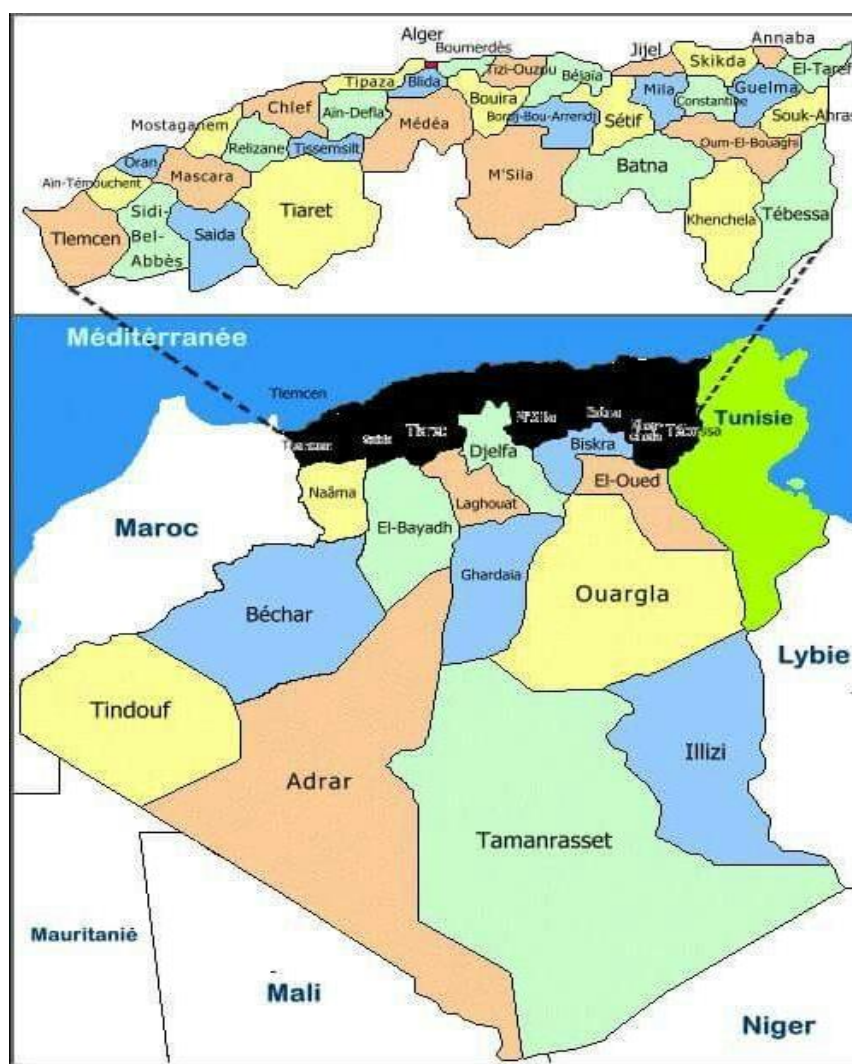


Figure N° 14: distribution du caroubier en Algérie

(source : www.pinterest.fr).

3. Exigence pédoclimatique du caroubier

3.1 Climat

Le caroubier, un arbre héliophile qui a besoin de beaucoup de lumière directe du soleil pour se développer correctement, est adapté à un climat méditerranéen subtropical. Ce bioclimat qualifié de thermo-méditerranéen se caractérise par des hivers doux, des printemps doux à chauds et des étés chauds à très chauds et secs (**Batlle et Tous, 1997**). Il est possible de cultiver le caroubier dans des régions du monde qui présentent un climat similaire, généralement situées entre les latitudes 30° et 45° de l'hémisphère nord (Région méditerranéenne, Californie et Arizona), et 30° à 40° de l'hémisphère sud (Australie, Afrique du Sud et Chili) (**Batlle et Tous, 1997**).

Les arbres adultes ne nécessitent pas de froid hivernal, car ils peuvent être endommagés lorsque les températures chutent en dessous de -2°C ou -4°C selon les variétés. Ils ne peuvent pas supporter des températures hivernales inférieures à -7°C . Plus sensible au froid que l'olivier *Olea europea* (-12°C), le caroubier est reconnu comme l'une des espèces méditerranéennes les plus exposées aux dégâts provoqués par les températures basses (**Albanell, 1990**). Les gelées peuvent anéantir des plantations entières, comme en témoignent les fortes gelées de février 1956 et celles de janvier 1985, qui ont causé la mort de nombreux arbres dans de nombreuses régions d'Espagne.

Toutefois, en été, les arbres peuvent faire face à des vents chauds et secs ainsi qu'à des températures élevées allant de 40 à 45°C , voire jusqu'à 50°C avec le sirocco. Il faut entre 5000 et 6000 heures au-dessus de 9°C pour que les fruits mûrissent. Le caroubier est vulnérable aux vents violents, aux précipitations automnales qui sont en phase de floraison et aux fortes humidités au printemps (**Battle et tous, 1997**).

C'est une plante xérophile qui peut vivre dans des climats secs et sans irrigation. Il peut s'adapter parfaitement à des environnements avec des précipitations moyennes comprises entre 250 et 500 mm par an (**Battle et tous, 1997**) ; Malgré leur résistance à la sécheresse, les arbres nécessitent une quantité minimale de précipitations de 550 mm pour assurer une production rentable (**NAS,1979**). Cependant, plusieurs écrivains estiment que des précipitations annuelles de 300 à 350 mm sont adéquates pour une production adéquate (**Albael, 1990 ; Battle et tous, 1997**).

3.2 Sol

Le caroubier est un arbre réputé rustique et donc peu exigeant sur le type de sol. Par conséquent, il est traditionnellement cultivé sur des terres marginales en raison de sa capacité à pousser dans des environnements très défavorables, et là où d'autres espèces ne peuvent pas être cultivées en raison d'un manque de rentabilité (**Albanell, 1990**).

En général, la caroube pousse bien sur les sols pauvres, rocheux, sableux, limoneux lourds, argileux, tout en préférant les sols calcaires équilibrés et bien drainés ; elle ne tolère pas les sols acides ni les sols hydratés (avec risque d'étouffement et de pourriture des racines) (**Albanell, 1990 ; Sbay et Abourouh, 2006**) et a tendance à affectionner les sols superficiels (**Aafi, 1996**).

Melgarejo et Salazar,2003 ont pu trouver des plantations de caroubiers dans des zones contenant 60 % de carbonate de calcium et plus de 22 % de calcaire actif (région du Levant en

Espagne), tout en observant que les caroubiers de ces zones ne présentaient aucun symptôme évident. Chlorose ferrique, normale chez d'autres espèces. A Chypre, de grandes plantations de caroubiers ont été développées avec succès sur des sols calcaires avec un pH = 9 (**Morton, 1987**).

4. Culture du caroubier

4.1 Plantation

Traditionnellement, le caroubier est principalement utilisé comme brise-vent ou comme arbre d'alignement. Actuellement, cette espèce est de plus en plus utilisée dans de nouvelles plantations, formant des vergers qui nécessitent une gestion minutieuse pour une rentabilité optimale. La densité de plantation idéale est de 156 arbres par hectare, ce qui correspond à un espacement de 8 mètres sur 8. Dans des conditions de sécheresse extrême, cet espacement peut être augmenté jusqu'à 10 mètres soit alors une densité de 100 arbres par hectares.

Pour planter un caroubier, commencez par creuser un trou de 60 x 60 x 60 cm, bien drainé. Choisissez l'emplacement avec soin, car le caroubier développe un système racinaire important. Après la première année, les plants de caroubier sont prêts pour la plantation. Si le sol est pauvre, ajoutez un mélange de fumier et de sable pour faciliter la croissance. Évitez d'émietter la motte lors de la plantation afin de préserver le système racinaire. Installez un tuteur d'un mètre de hauteur près du tronc, sans endommager les racines. Rebouchez le trou en tassant bien le sol, en veillant à ne pas enterrer le collet. Enfin, irriguez les arbres immédiatement après la plantation (**Chebouti et al., 2023**).

4.2 Irrigation

La technique de l'irrigation goutte à goutte est conseillée pour économiser l'eau. Elle est essentielle pour les jeunes plantations pour encourager la croissance et la production. Pour les arbres matures, les doses doivent être adaptés en fonction de leur taille et de leur récolte, l'arrosage est recommandé entre avril et octobre (**Correia et al., 2007 ; Sbay et Lamehamedi, 2015**)

4.3 Récolte

Le fruit du caroubier se développe très lentement, nécessitant 9 à 10 mois pour atteindre sa maturité. (**Battle et Tous, 1997**). La récolte est généralement manuelle, mais elle peut être facilement mécanisée dans le cas de grandes exploitations. En général, les caroubes mûres tombent naturellement. La récolte prématurée doit être évitée, car les fruits n'auront pas encore acquis toutes les qualités recherchées par les industries agroalimentaires, et leur conservation sera compromise (**Chebouti et al., 2023**).

5. Multiplication du caroubier

Le caroubier peut se produire de deux manières complémentaires : la reproduction sexuée et la reproduction asexuée. Cette dernière offre l'avantage de reproduire fidèlement la caractéristique de la souche mère (**Benmahioul et al., 2011**).

5.1 La reproduction sexuée

Elle est assurée principalement par semis, et elle est la plus couramment utilisée pour la propagation du caroubier. Les graines sont protégées par une enveloppe dure, nécessitant un prétraitement pour lever la dormance tégumentaire et permettre la germination (**Ait chitt et al., 2007**). Ce prétraitement peut être mécanique, par microfissuration, thermique, en utilisant de l'eau bouillante, ou chimique, avec de l'acide sulfurique (**Gadoum,2020**).

Les graines de caroubier peuvent rester viables pendant plusieurs années. Cependant, on utilise généralement les graines de l'année pour conserver leur capacité germinative. Avant le semis, une sélection préalable des semences est effectuée en tenant compte de l'aspect, de la couleur et de la forme des graines (**Chebouti et al.,2023**).

5.2 La reproduction asexuée

La multiplication végétative présente

5.2.1 Greffage : Dans la nature, le nombre de plants mâles est trois fois supérieur à celui des plants femelles. Les plants mâles ne produisent pas de fruits, seuls les plants femelles en produisent. Pour optimiser la production de caroubes, le greffage est une technique très efficace, pratiquée sur des sujets préalablement taillés en têtard ou en taillis, ou issus directement de graine(**Aafi, 1996**).

5.2.2 Bouturages : bien que le bouturage du caroubier soit une procédure complexe, il demeure réalisable en utilisant des hormones de croissance telle que l'AIB, et en contrôlant les variables environnementales pour favoriser l'enracinement (**Sbay et Lamhamedi, 2015**).

5.3.3 Marcottage : rarement pratiqué, mais il devient pertinent pour les greffes difficiles surtout pour des spécimens exceptionnels avec les caractéristiques de fruit, de production ou de résistance aux maladies recherchées (**Chebouti et al., 2023**).

5.2.4 In-vitro : la multiplication végétative in vitro, également connue sous le nom de micropropagation ou culture in vitro, est une méthode prometteuse pour produire des plantes identiques à l'espèce d'origine. Actuellement, la régénération du caroubier par cette méthode est réalisable, et de nombreux résultats positifs ont été observés (**Benmahioul et al.,2011**).

6. Variétés les plus connus du caroubier

Les variétés du caroubier ne sont pas étudiées et classées. Jusqu'à présent l'ancien ouvrage sur le caroubier de Risso, paru dès 1826 présente une valeur d'actualité. Les variétés connues dans la culture et surtout dans le commerce ne sont pas nombreuses (**Benmahioul et al.,2011**).

Il existe plus de 80 clones, 7 sélections ont été exposées au Centre Citrus Research de l'Université de Californie pour la conservation. Les 7 sélections nous les expliquons brièvement (**Sbay et Lamhamedi, 2015**) :

*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-bouZelfa, 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 (**Albanell, 1990**).

*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.

Certains cultivars anciens ont été remplacés par ces 7 sélections, y compris les « Bolser Conejo,' Gabriel, Horne » et « Molino » (**Sbay et Lamhamedi, 2015**).

7. Maladies et ennemis.

Les maladies cryptogamiques du Caroubier ne sont ni nombreuses, ni dangereuses, la plus répandue est l'oïdium.

Oïdium ou le blanc du caroubier (*Oïdium ceratoniae*) : Cette maladie attaque surtout les jeunes feuilles qui se recouvrent d'une moisissure grise cendrée blanchâtre. Elles tombent

prématurément, parfois la maladie atteint les fleurs et les jeunes fruits ; cette maladie épuise l'arbre et il se guérit péniblement en deux années. On le traite au soufre pendant la rosée plusieurs fois au cours du printemps ; le soufrage peut être remplacé par un traitement au pentasulfure de potassium (200 gr. pour 100 l. D'eau) en hiver et au printemps.

Polyporus (*Polyporusignarinis* et *P. sulphureus*, var. *ceratoniae*) sont souvent observés sur les troncs et les branches charpentières du Caroubier, cependant les dégâts ne sont pas grands et il est facile de se débarrasser des *Polyporus*; les arbres plantés dans un terrain défavorable sont les seuls atteints (**Battle et tous, 1997**).

8. Importance économique

8.1 Utilisation du caroubier

le caroubier est un arbre fruitier qui produit les fameuses graines de caroube, au goût savoureux et aux vertus médicinales.

8.1.1 Utilisation ornementale : le caroubier est un bel arbre ce qui en fait un ajout impressionnant à tout paysage.

8.1.2 Utilisation dans l'alimentation du bétail : Les caroubes sont les fruits séchés et concassés du caroubier, débarrassés de leurs noyaux. Le gros de la production est utilisé comme fourrage. Le fourrage de caroubes pour certains pays reste le seul fourrage possible pour le bétail, les chevaux et les mulets, il est très recherché par la population rurale de toute la zone méditerranéenne

8.1.3 Propriété médicinale du caroubier : La caroube est en cours d'étude pour l'identification de nouveaux antioxydants naturels, qui se trouvent dans l'enveloppe de la graine et la pulpe du fruit. Ces antioxydants sont attribués à la présence de composés phénoliques et de fibres (**Haddarah, 2013**). La pulpe fraîche du caroubier a des propriétés astringentes, ce qui la rend bénéfique pour soulager la toux. En outre, la farine dérivée de la pulpe séchée est conseillée pour le traitement des infections intestinales, en raison de sa capacité à éliminer les toxines du système digestif (**Isabelle, 2024**).

8.2 En Algérie

Le caroubier est largement sous-estimé et n'a pas encore été pris en compte dans les programmes de reboisement, malgré les diverses études et résultats qui ont démontré son intérêt. Il existe de nombreuses applications pour (*Ceratonia siliqua*) et sa valeur fourragère peut aider à améliorer les ressources pastorales du pays. Cependant, les recherches doivent être renforcées et les filières de production et d'industrialisation des divers produits de cette essence doivent être développées. Il est probable que sa valorisation sur tous les plans :

médicinal, agroalimentaire et industriel, contribuera à améliorer son exploitation et à réévaluer les méthodes de son implantation (Albanell, 1990).

Dans le passé, le caroubier a prouvé son importance économique, sociale et environnementale, en utilisant de nombreux usages, en particulier dans le bassin méditerranéen. Toutefois, la méconnaissance dont il fait l'objet entrave son amélioration potentielle et la possibilité de recouvrer et d'élargir son champ d'action. Cependant, cette tendance peut très bien évoluer, car la sécheresse qui règne en Méditerranée et qui, selon les récentes études, va prendre des proportions préoccupantes d'ici la fin du siècle, laisse présager un avenir prometteur pour la culture du caroubier (Albanell, 1990).

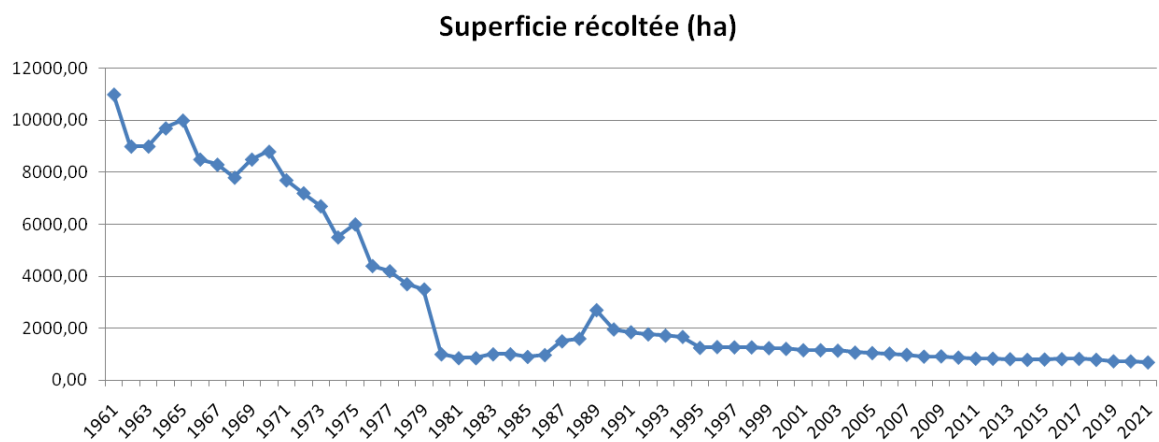


Figure N° 15: Courbe de la superficie récoltée en fonction de l'année En Algérie

(source de données : FAOSTAT).

En observant cette courbe, qui représente la superficie récoltée du caroubier en fonction des années, on constate une diminution notable durant les deux premières décennies qui suivent l'indépendance. Cependant, une stabilisation très légère se manifeste au cours des dernières années.

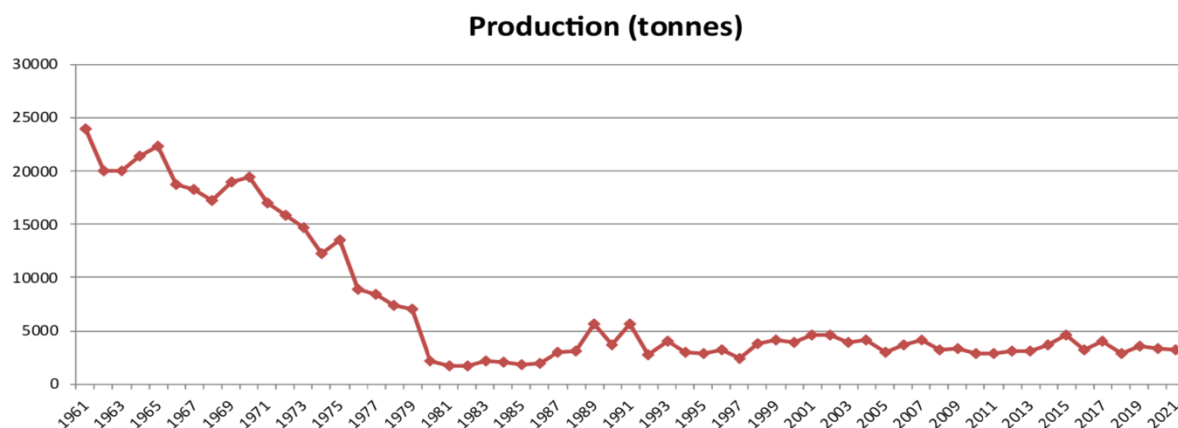


Figure N° 16: Courbe de production en fonction des années en Algérie (sources de données : FAOSTAT).

En analysant cette courbe, qui illustre la production annuelle, on remarque une baisse très importante durant les premières années. Par la suite, la production semble stagner à un niveau très faible.

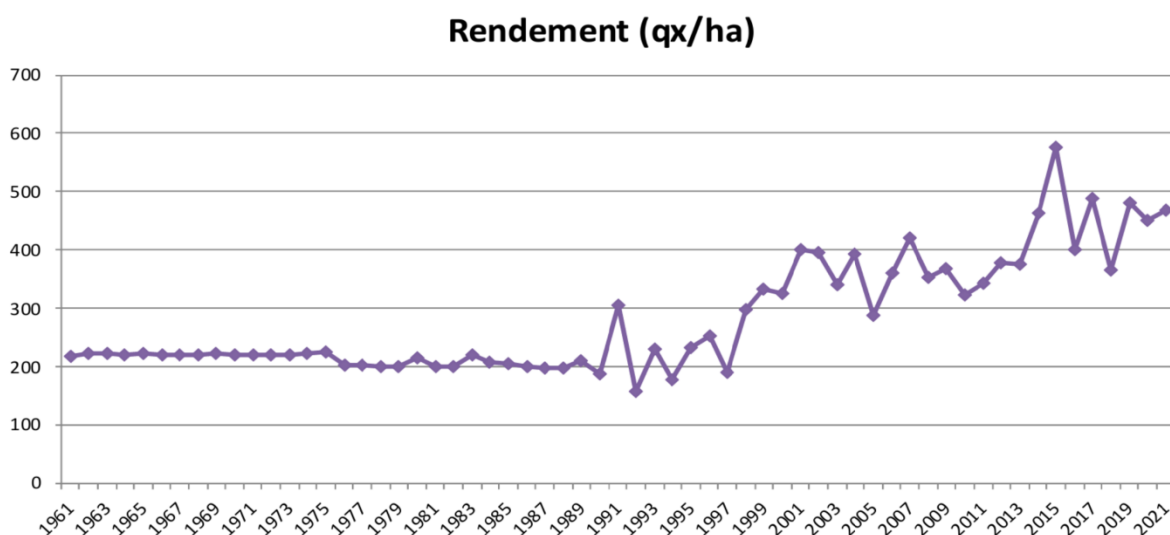


Figure N° 17: Courbe du rendement en fonction des années (source de données : FAOSTAT)

En examinant cette courbe du rendement en fonction des années, on constate une évolution du rendement ces dernières années, après une période de stabilité à un rendement relativement faible. En agronomie, l'augmentation du rendement est un signe d'une évolution dans la technicité. Une enquête sur le terrain est nécessaire pour expliquer cette augmentation du rendement.

8.3 Au Maghreb

Au Maghreb, en termes de production, la position de l'Algérie est loin de refléter ses potentialités. La figure N°18 montre l'écart important de production entre le Maroc et l'Algérie. Notons que la moyenne de production annuelle entre 2000 et 2022 est :

Maroc : 22431,5 Tonnes

Algérie : 3585,1 Tonnes

Tunisie : 904 Tonnes

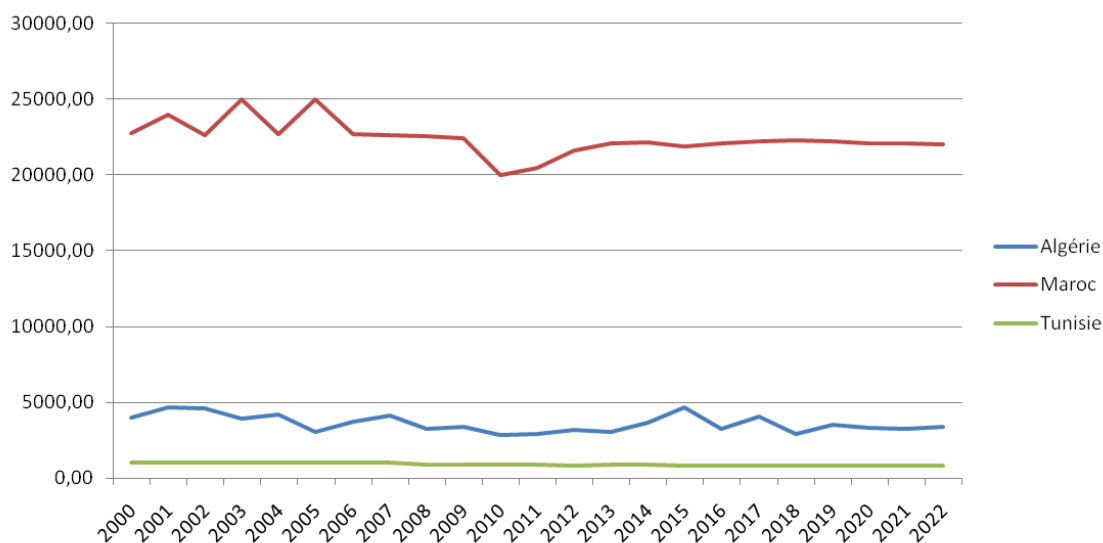


Figure N° 18: courbe de la production annuelle de 2000 à 2022 .

(source de données : FAOSTAT)

CHAPITRE II

Étude

**bibliographique sur
le greffage**

1. Historique du greffage

Le greffage est une opération qui permet la multiplication des arbres fruitiers, de la vigne et de nombreuses espèces ornementales par l'insertion sur une plante (porte-greffe) d'une partie d'une autre (greffon) dont on désire développer les caractères (**Larousse agricole, 2002**).

La connaissance de la greffe remonte « aux premiers âges dont l'histoire nous a conservé le souvenir » ; c'est dans les livres sacrés des Chinois datés de 6000 avant notre ère que sont mentionnées les premières données sur la greffe. De Chine, l'art de la greffe ainsi que d'autres inventions auraient assez tardivement été transmis aux peuples moyen-orientaux et méditerranéens. Homère ne nous apprend-il pas dans L'Odyssée que les agriculteurs grecs de son époque (IX^{ème} siècle av. J.-C.) savaient greffer l'olivier sur l'oléastre.

Mais les premières informations précises sur le greffage sont vraisemblablement celles du Chinois Pao Tscheou Kon qui, dans son traité « Le livre précieux pour s'enrichir », écrit au Vème siècle avant notre ère, décrit le greffage printanier en fente du pêcher sur pêcher franc issu de semis et le greffage en couronne du mûrier sur mûrier franc, en protégeant la plaie de greffe « avec un mastic formé par un mélange de fumier et de terre ». Pao Tscheou Kon réussit aussi la greffe de variétés de poirier sur leurs francs de semis pour obtenir des fruits meilleurs et plus précoces. Il a acquis en outre une bonne expérience du greffage des plantes herbacées : ainsi greffe-t-il par approche deux chrysanthèmes, l'un à inflorescence blanche, l'autre à inflorescence jaune pour obtenir un pied aux deux inflorescences (**Chancrin, 1908**).

Il sait également greffer la pivoine sur racine ou sur tige, en fente ou en placage. Et dans tous les cas, il sait choisir le greffon de même force que le porte greffe ou sujet. Par conséquent, la Chine antique connaît déjà bien des techniques de greffage, en fente, en couronne et par approches diverses qu'utiliseront plus tard les Gréco-Latins de l'Antiquité, les Moyen-Orientaux et les Arabo-Andalous du XIème siècle.

Après l'évocation de la greffe de l'olivier par Homère, le philosophe et naturaliste Aristote, au -IVème siècle, est le premier Grec à exposer précisément deux techniques de greffage, la greffe en couronne et la greffe par approche à l'aide d'une tarière, utilisées pour le maintien et la multiplication de variétés arboricoles améliorées d'olivier, de figuier, de pommier et de vigne. Aristote, le premier, fait remarquer que pour que la greffe réussisse, il faut que les variétés améliorées soient greffées sur les types sauvages correspondants (sous-entendu de la même espèce ou d'espèces ou genres voisins (**Galet, 1908**).

La greffe herbacée ne lui est pas étrangère : il cite en exemple l'absinthe cultivée sur l'absinthe sauvage. Disciple d'Aristote, Théophraste, philosophe et botaniste, est le premier en

Grâce à évoquer la greffe en écusson qui s'ajoute aux greffes en fente, en couronne et par approche à la tarière. Selon lui, pour que la greffe prenne.

2. Applications du greffage en agriculture

Le greffage est considéré comme une option potentiellement avantageuse pour réduire la mortalité sur le terrain et améliorer la production en termes de qualité et de quantité. En effet, l'introduction de plants de régénération naturelle dans les champs (greffage in situ) avec des greffons de variétés améliorées ou issus d'arbres élités de fruitiers permet une fructification précoce, une meilleure croissance des plants et une meilleure production des fruits. La plante n'est pas traumatisée par la transplantation et, surtout, elle n'a pas l'inconvénient de l'enracinement en spirale que rencontrent les plants produits en pépinière. Le système racinaire bien établi permet à ces greffons de croître rapidement et d'atteindre leur maturité en quelques mois ou quelques années, contrairement aux plantes greffées en pépinière (**Ky-Dembele et al., 2020**).

La première raison de recourir au greffage est de reproduire une variété identique à l'originale ou une accession identique au plant mère. En sélectionnant le plant mère ou une variété pour une qualité donnée (par exemple, la supériorité pour la production de fruits, le goût des fruits), on souhaite obtenir des fruits de même qualité que cette plante. Le greffage permet ainsi de préserver et de multiplier les caractéristiques souhaitées, assurant une production homogène et de haute qualité.

Si on conserve les plants issus de semis, les fruits qu'ils produiront ne seront pas les mêmes que ceux du plant mère, mais bien différents portant seulement certaines caractéristiques du plant mère. À l'image de tout être humain qui porte quelques traits de ressemblance avec ses parents, sans pour autant en être une copie conforme et tout en étant différente de ses frères et sœurs, ainsi sont les arbres fruitiers. Les fruits issus d'un même plant mère donneront chacun un plant avec des caractéristiques différentes. C'est donc là que le greffage prend toute son importance : il permet de reproduire exactement la même variété que le plant mère (**Ky-Dembele et al., 2020**).

3. Greffage et anatomie des plantes vasculaires

3.1 Xylème : principale tissu conducteur végétal à travers lequel circule la plus grande quantité d'eau et des sels minéraux dissous utilisés par une plante (**Nabors, 2008**).

3.2 Phloème : est un tissu conducteur d'élément nutritif, sucres et autre nutriments organiques, des feuilles vers le reste de la plante (**Nabors, 2008**). Dans le contexte du greffage, le phloème joue un rôle crucial dans le transport des sucres et autres nutriments.

3.3 Cambium : Le cambium, appelé aussi un méristème secondaire, est essentiel dans la formation du xylème secondaire et du phloème secondaire, destinés à la croissance secondaire chez les plantes vasculaires (Nabors, 2008).

Le cambium joue un rôle déterminant dans le processus de greffage. Ce tissu, qui se trouve immédiatement sous l'écorce. Il est crucial pour la croissance latérale des plantes et la cicatrisation des blessures. Sa position stratégique et sa fonction de production de nouveaux tissus de transport font du cambium un élément clé dans le succès du greffage. Il est donc impératif que le cambium du greffon soit mis en contact avec celui du porte-greffe.

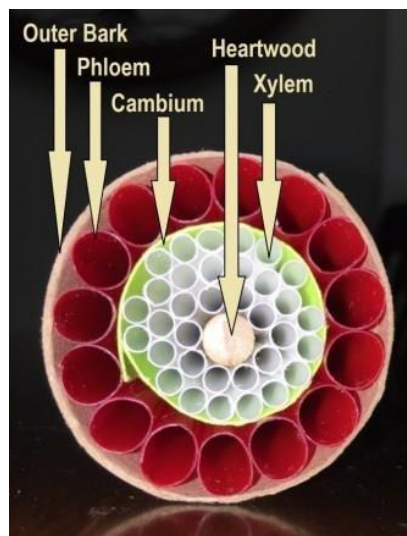


Figure N° 19: Mise en place du cambium dans la tige

(source : www.pinterest.fr).

3.4 Cal : Tissu calleux composé de cellules parenchymateuses, qui est une réponse à la blessure. Le développement de la cal est important dans la formation de l'union de la greffe.

4. Principes de base de greffage :

4.1 Porte greffe

il doit être vigoureux et indemne de maladies, il est également recommandé de retirer les feuilles du porte greffe avant de procéder à la greffe.



Figure N° 20: Effeuille le porte-greffe

(Source : <https://arbre-fruitier.fr/conseils/le-porte-greffe/>).

4.2 Choix du greffon

les greffons se récolte le mois d'avril à juillet, prélever sur la partie terminale du rameau (8 à 10cm), après le prélèvement on conserve le greffon dans un tissu en coton humidifié ou dans un sachet.

5. Incompatibilités de greffage

Pour qu'une greffe réussisse, premièrement il est essentiel qu'il y ait une bonne compatibilité entre le sujet et le greffon. Les greffes sont généralement possibles au sein du même genre, mais plus difficile entre des plantes de genre différent, et impossible entre des végétaux de famille distincte. Les incompatibilités végétales se manifestent souvent par des décollements. Ensuite il est important d'assurer un contact étroit entre les cambiums du sujets et le greffon, tout en veillant la présence d'au moins un œil bien constitué sur le greffon d'où naîtra une pousse vigoureuse, enfin il est crucial de positionner correctement les différents tissus en plaçant le cambium du greffon et celui du porte greffe de manière à ce qu'ils soient directement adjacents ou en contact aussi étroit que possible. Cela permet le passage efficace de la sève du sujet dans le greffon et favorise une bonne soudure entre les deux parties (Bonzom et Delamotte, 1878).

5.1 Les incompatibilités d'origine génétique

Les phénomènes d'incompatibilité de greffe ne surviennent que lorsque l'on greffe une variété sur une espèce différente ou sur un hybride interspécifique. Si les espèces greffées sont génétiquement proches, l'incompatibilité s'exprime rarement par un échec total du greffage. Le plus souvent, la croissance de la greffe peut sembler normale pendant plusieurs mois ou plusieurs années avant l'apparition des symptômes d'incompatibilité, ce qui rend

particulièrement difficile leur diagnostic. De plus, l'incompatibilité ne concerne le plus souvent que certaines variétés, dites "exigeantes" au greffage. C'est par exemple le cas de certaines variétés d'abricotier, incompatibles sur pêcher et sur prunier, ou de variétés de poirier (Williams notamment), incompatibles sur cognassier. (Hartmann et al., 1990) .

Chez les arbres fruitiers, deux types majeurs d'incompatibilité, localisé, ont été définis grâce aux travaux de Herrero à Saragosse en Espagne (1951), et de Mosse à East Malling en Grande Bretagne 1962 (Dosba et al., 1990).

5.1.1 Les incompatibilités de type localisé

L'incompatibilité localisée se traduit par une fragilité mécanique de l'union due à la désorganisation et à la nécrose des tissus de l'interface porte-greffe/greffon. Cette fragilité du point de greffe, peut aboutir à la rupture de l'union en l'absence de tout symptôme externe annonciateur (El Bouzdoudi et al., 2017).

L'incompatibilité localisée constitue un problème agronomique grave pour certaines associations poirier/cognassier et abricotier/prunier ou abricotier/pêcher. Ce type d'incompatibilité présente la particularité de pouvoir être surmonté par l'utilisation d'un intermédiaire de greffe compatible avec les deux partenaires. Un intermédiaire de quelques millimètres est suffisant pour obtenir une association compatible. Ceci montre que l'expression de cette incompatibilité ne survient que lors du contact direct des cellules des deux partenaires de la greffe. Cette méthode de production de plants avec intermédiaire est utilisée dans la pratique horticole malgré son coût plus élevé. Une autre caractéristique de cette incompatibilité de type localisé réside dans l'absence d'influence du sens du greffage sur son expression (El Bouzdoudi et al., 2017).

Une association porte-greffe/greffon exprime les mêmes symptômes d'incompatibilité localisée qu'une association réciproque greffon/porte-greffe (El Bouzdoudi et al., 2017).

5.1.2 Les incompatibilités de type transloqué

Le second type d'incompatibilité, dit de translocation, se rencontre notamment chez certaines combinaisons pêcher/prunier et cerisier doux/cerisier acide. Il se manifeste par un dépérissement de l'arbre malgré la structure anatomique normale du point de greffe. Dans ce cas, l'utilisation d'un intermédiaire de greffe ne permet pas de lever l'incompatibilité. Ceci montre que le contact entre les partenaires de la greffe n'est pas nécessaire à l'expression de

l'incompatibilité de greffe et que celle-ci dépend de l'échange de signaux (hormones ou substances toxiques par exemple).

Entre la partie aérienne et le système racinaire. Par contre, le greffage réciproque du porte-greffe sur le greffon ne provoque pas l'apparition des symptômes d'incompatibilité ce qui indique la polarité des signaux mis en jeu ou la limitation de leur synthèse à certains organes.

5.2 Les incompatibilités d'origine virale

Outre le risque général de transmission de maladies virales lors du greffage, l'infection virale d'un des partenaires de la greffe peut induire des réactions comparables à des phénomènes d'incompatibilité. Ces symptômes qui ne s'expriment spécifiquement que chez certaines associations porte-greffe/greffon peuvent conduire à un dépérissement rapide de celles-ci. C'est par exemple le cas de la grave maladie de la tristeza qui affecte spécifiquement l'oranger doux (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) greffé sur bigaradier (*Citrus aurantium* L.). Elle est due à l'infection de l'oranger doux par un closterovirus (*Citrus Tristeza Virus*). De même chez le noyer, le virus du Cherry Leaf Roll induit la maladie de la ligne noire chez les associations *Juglans regia* L./*Juglans nigra* L. alors que les associations *Juglans regia*/*Juglans regia* infectées ne présentent aucun symptôme (Dosba et al., 1990).

Enfin chez de nombreuses espèces fruitières comme le poirier ou l'abricotier, des échecs de greffage ou l'apparition de phénomènes d'incompatibilité sont imputables à une infection virale latente du porte-greffe ou du greffon (Lemoine et Michelesi, 1989). Les mécanismes de ces maladies dites "d'association", probablement liés à une sensibilité au virus différente des partenaires de la greffe, sont encore très mal connus (Dosba et al., 1990).

6. Les différents types de greffage

6.1 Greffe en placage (mini greffe) appelé en anglais chip Budding

Dans cette méthode, le terme "chip" fait référence à un petit morceau d'écorce, tandis que "bud" désigne un bourgeon. Le jardinier va alors extraire un fragment d'écorce contenant un bourgeon pour le greffer sur le porte-greffe. La coupe du porte-greffe est réalisée de manière similaire à celle du greffon, afin d'assurer la correspondance des couches de cambium.

(a)



(b)



Figure N° 21: Préparation du porte greffe (a) et préparation du greffon en (b)



Figure N° 22: Greffage en placage

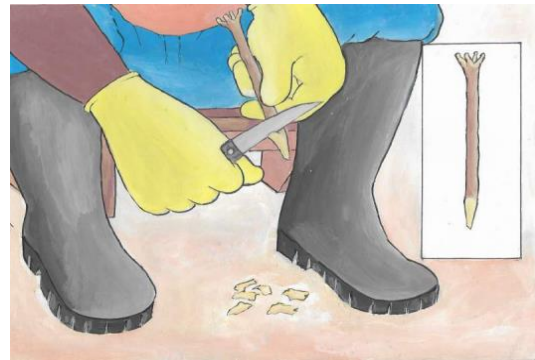
(source : <https://www.systemed.fr/allees-paysagisme-jardinage/greffage-par-placage,8920.html>)

6.2 Greffe en fente

c'est une méthode de greffe couramment utilisée pour joindre un scion à un porte greffe, elle implique de pratiquer une fente en V sur le porte- greffe, puis d'insérer le scion coupé correspondant dans cette fente.



(a)



(b)

Figure N° 23: ouverture de la fente en(a)et coupe en biseau le greffon en (b)

(<https://arbre-fruitier.fr/conseils/le-porte-greffe/>).



Figure N° 24: Greffage par fente

(source : <https://www.aujardin.info/fiches/greffage-fente-anglaise.php>)

6.3 En écusson également connu sous le nom de greffage en T

c'est une technique de greffage où un bourgeon avec un petit morceau d'écorce est prélevé sur le greffon (un écusson) et inséré dans une incision pratiquée sur la porte greffe en forme de T.



Figure N° 25: Pétiole et écusson en (a) et écartement le l'entaille en T en (b)

(source : <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/greffe-ecusson-ete.php>)



Figure N° 26: Greffage en écusson (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZIA).

Si, après une période de 15 jours, le pétiole se détache et laisse une marque verte sur l'écusson, cela indique que la greffe a réussi.

6.4 Greffe en approche

C'est une méthode de greffage où les deux sujets (porte-greffe et greffon) sont maintenus en état végétatif et sont de même diamètre. Elle se pratique en prélevant un lambeau d'écorce sur une portion de rameau semi-ligneux, bien souple, du porte-greffe. On retire ensuite la même surface sur la plante servant de greffon, puis on met en contact les deux plaies.



Figure N° 27: Greffage par approche

(source : <https://bing.com/search?q=greffe+par+approche>)

6.5 Greffe en couronne

Cette méthode est couramment appliquée aux arbres fruitiers arrivé à leur maturité qui permet de changer sa variété. Le greffon est collecté pendant la période où la plante est en dormance végétative.

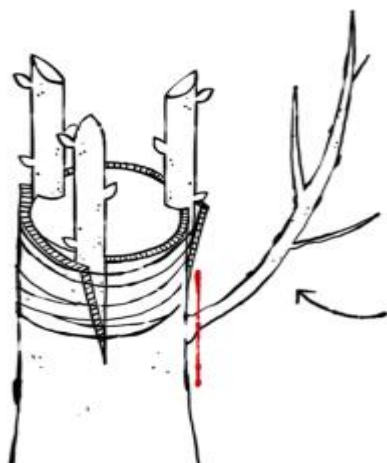


Figure N° 29: greffe en couronne montrant tire-sève

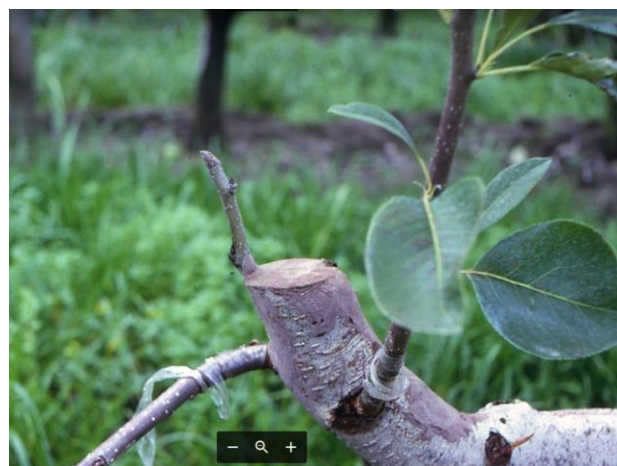
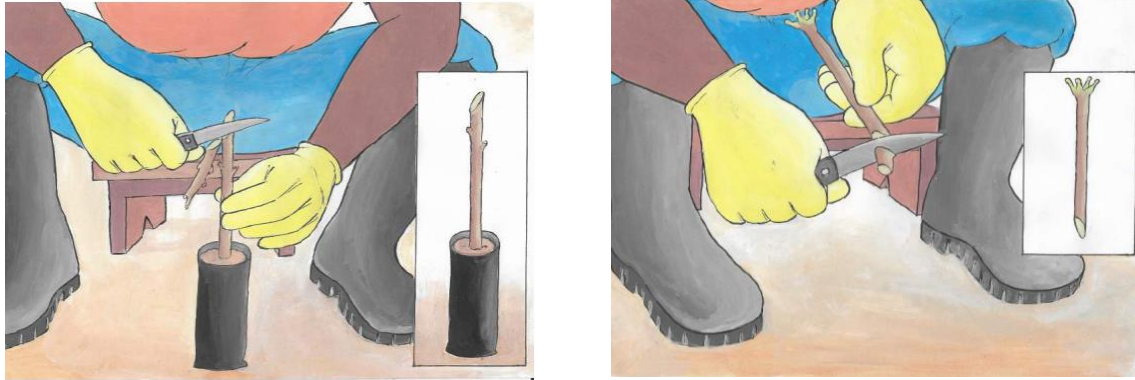


Figure N° 28: greffe en couronne

(Source : <https://www.rustica.fr/arbres-fruitiers/greffer-arbre-fruiter-couronne,13076.html>)

6.6 Greffe à l'anglaise

c'est une variante plus complexe, utilisée sur des plants de taille similaire pour une union optimale. C'est une technique de greffage où une coupe en biseau est pratiquée à la fois sur le greffon et sur la porte greffe. Les deux parties sont ensuite attachées ensemble, permettant une bonne connexion des tissus pour favoriser la croissance de la greffe.



(a)

(b)

Figure N° 30: coupe oblique en biseau du porte greffe en (a) et coupe à l'anglaise du greffon en (b)

(Source : <https://arbre-fruitier.fr/conseils/le-porte-greffe/>).



Figure N° 31: Greffe à l'anglaise

(source : <https://maison.20minutes.fr/mm33489-comment-reussir-greffe-a-anglaise/>)

CHAPITRE III

Méthodologie

1. Objectif

Ce mémoire vise à réaliser une étude comparative des trois techniques de greffage du caroubier : le mini greffe, le greffage en fente et le greffage en écusson. L'objectif principal est d'analyser et de comparer les avantages, les inconvénients ainsi que les taux de réussite de chacune de ces méthodes dans le but de déterminer la plus efficace pour la multiplication de cette espèce. Cette recherche fournira des informations précieuses aux agriculteurs et aux chercheurs, contribuant ainsi à améliorer les pratiques de greffage du caroubier et à promouvoir son développement agricole.

On a aussi jugé bon de réaliser une observation histologique au microscope photonique, en appliquant la technique de la double coloration. Les coupes ont été réalisées sur un plant greffé par écusson, réussi au niveau même du point de greffage, et un deuxième plant non greffé.

2. Présentation de lieu de l'expérimentation

L'étude en question a été menée au sein de la pépinière de SARL Boublenza, située dans la wilaya de Tlemcen, plus précisément dans la zone limitrophe entre Hennaya et Zenata.

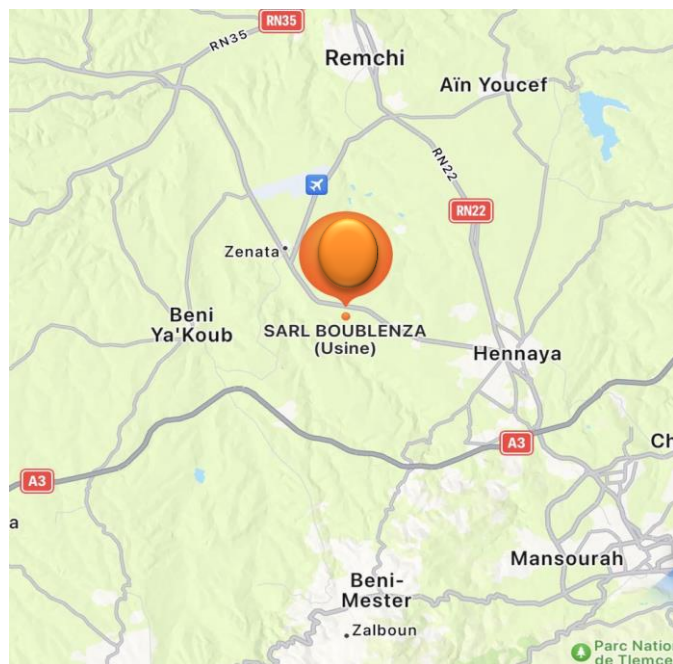


Figure N° 32: Localisation de la pépinière SARL BOUBLENTZA- (Source google Maps).

3. Matériels de greffage

3.1 Greffoir

Le greffoir, un outil indispensable en horticulture et en arboriculture, est spécialement conçu pour réaliser des greffes sur les plantes. Il se compose d'une lame fine et tranchante en acier d'un côté, utilisée pour couper avec précision les tiges des plantes. De l'autre côté, il est souvent équipé d'une pointe ou d'une lame spéciale permettant de fendre les tiges lors du processus de greffe. Cet instrument joue un rôle crucial pour les jardiniers et les arboriculteurs en facilitant la fusion des tissus végétaux lors de la greffe, favorisant ainsi une croissance saine et un développement optimal des nouvelles greffes.



Figure N° 33: Greffoir (Belhadj Kacem,2024; SARL BOUBLENZIA).

3.2 Sécateur

Le sécateur est un outil essentiel dans le processus de greffage des plantes. Il est utilisé pour couper avec précision les tiges et les branches des plantes lors de la préparation des greffons et des porte-greffes. Un sécateur doit être bien affûté et bien stérilisé pour permettre des coupes nettes et propres, ce qui favorise une guérison rapide et efficace des plaies de greffe. De plus, un sécateur de qualité contribue à réduire les risques de blessures excessives sur les plantes, ce qui peut compromettre le succès de la greffe. En résumé, le sécateur est un outil indispensable pour les greffeurs, leur permettant d'effectuer des coupes précises et soignées, et ainsi d'améliorer les chances de succès de leurs greffes.

Le sécateur utilisé dans notre cas ne répond pas aux critères sus cités. La rouille dénote un manque d'entretien.



Figure N° 34: Sécateur
(Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENTA).

3.3 Cellophane

Le cellophane du greffage, aussi connu sous le nom de ruban de greffage, est un matériau utilisé dans le processus de greffage des plantes. Il s'agit généralement d'un ruban mince et transparent fabriqué à partir de cellophane ou d'un matériau similaire, et il est conçu pour envelopper et protéger la zone de greffe. La cellophane du greffage aide à maintenir l'humidité autour de la greffe, favorisant ainsi la cicatrisation et la fusion des tissus entre le porte-greffe et le greffon. En plus de fournir une protection physique contre les éléments extérieurs, il permet également aux greffeurs de surveiller visuellement le processus de guérison de la greffe.



Figure N° 35: Papier cellophane (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENTA).

3.4 Mastics à greffer

Sont des substances utilisées en horticulture et en arboriculture pour sceller les plaies de greffe. Ils sont généralement composés de matières naturelles comme la cire d'abeille, la résine ou la gomme. Ces mastics sont appliqués sur les sites de greffe après l'opération afin de

protéger les tissus exposés contre les infections, les maladies et la dessiccation. En formant une barrière étanche, les mastics à greffer favorisent la cicatrisation et la réussite de la greffe en maintenant un environnement propice à la croissance des tissus végétaux.

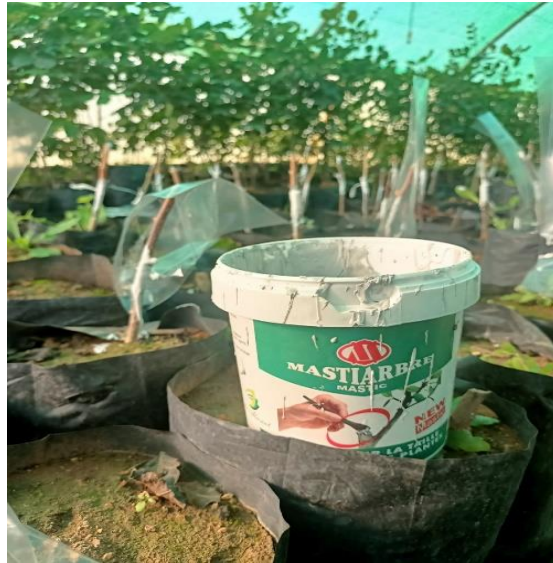


Figure N° 36: mastics à greffer (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZ).

3.5 Sachets en plastique

Pour empêcher le greffon de perdre de l'eau par évaporation ; mais aussi pour éviter que l'eau de l'irrigation par aspersion ne stagne au niveau des plaies du greffon (**voir photo N°37**).



Figure N° 37: Sachet en plastique (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZ).

3.6 Porte greffe

C'est une plante utilisée comme support pour la greffe d'autres variétés de caroubiers, En tant que porte-greffe, il fournit des caractéristiques désirables telles qu'une bonne tolérance aux sols pauvres et salins, ainsi qu'une croissance vigoureuse. En règle générale, les individus issus de semences sont plus vigoureux que ceux issus de la reproduction végétative.

Dans notre cas, tous les portes greffes sont issus de semences. Les graines subissent un prétraitement à l'eau tiède pendant 12 à 24 heures pour ramollir le tégument et lever la dormance. Cette méthode nous assure une levée de presque 100% des graines.

À ce stade, il est impossible de déterminer la variété, à cause du brassage génétique de reproduction sexuée, tout comme il est impossible de déterminer s'il s'agit d'individus mâles ou femelles.



Figure N° 38: Porte greffe (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENTA).

3.7 Greffon du caroubier

Est une section de la plante, généralement un rameau, utilisé pour la greffe sur un porte-greffe compatible, le greffon est sélectionné pour ses caractéristiques désirables telles que la vigueur, la résistance aux maladies ou la qualité du fruit.

Dans le cas de la SARL BOUBLENTA les greffons proviennent de différentes régions de l'Algérie, notamment : Tlemcen et ses environs, Ghelizane et ses environs, Béjaïa et ses environs. Les rameaux prélevés doivent être conservés dans un tissu humide, puis au moment du greffage ils doivent être trempés dans de l'eau (**voir photo N°39**).



Figure N° 39: greffon (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZ).

3.8 Substrat

La pleine terre aussi bien que les terreaux sont des substrats utilisés dans les différentes pépinières. Le choix du substrat joue un rôle important dans la réussite du greffage. Un équilibre entre la matière organique (généralement compost ou fumier) et la matière minérale (sable, limon et argile) doit être assuré pour augmenter les chances de réussite du greffage. Car les plantules vont y puiser les éléments nutritifs dont elles ont besoin pour se développer **(Baum et al.,1989 ; Sbay et Abrouch, 2006 ; Zouhair, 1996).**

Le substrat employé dans la pépinière SARL Boublenza, qui est visible sur les photos, est un substrat pris aléatoirement en fonction de la disponibilité dans les environs de Zenata. Aucune analyse pédologique n'a été faite et donc on ne connaît pas ses caractéristiques. En outre, il présente un taux de piérosité important, et il n'y a pas eu de mélange avec le fumier au préalable.



Figure N° 40: substrat (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZ A).

4. Présentation de l'essai

4.1 La mini greffe sous serre

Le greffage a été réalisé vers le début novembre 2023 à œil dormant, les résultats ont été observés vers la fin décembre 2024. Compte tenu de la faiblesse des greffes réussis on a jugé bon de faire un deuxième essai de greffage. La reprise de greffage a été faite vers le début Janvier 2024 et les résultats observés vers la mi-mars 2024. La reprise de greffage constitue une entorse au bon déroulement de l'expérimentation. Cela a été fait par un souci économique.



Figure N° 41: Serre chez SARL boublenza (Belhadj Kacem, 2024)

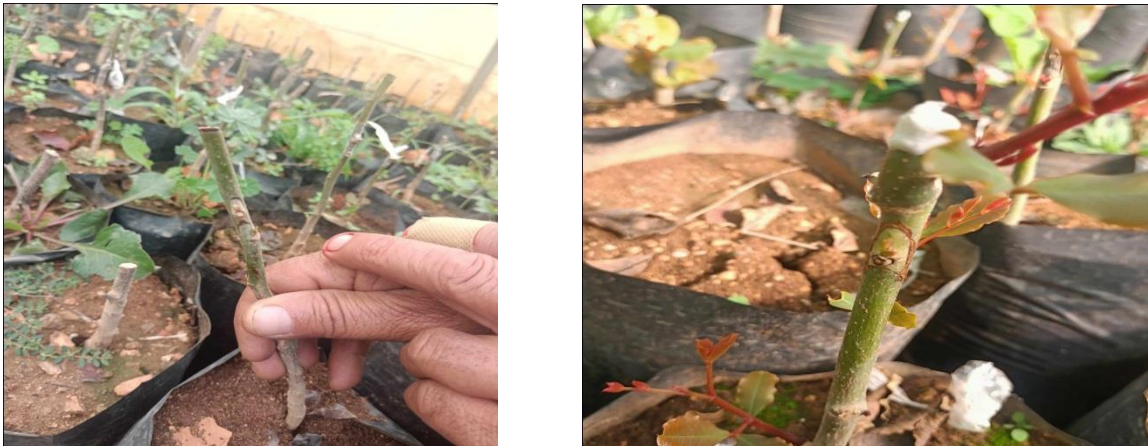


Figure N° 42: technique de mini greffe (Belhadj Kacem, 2024 ; SARL BOUBLENZ).

4.2 En fente sous serre

Le greffage a été effectué la fin Novembre 2023 en état de repos végétatif et les résultats s'est déroulée autour de la mi-février 2024.



Figure N° 43: Technique en fente (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZ).

4.3 En écusson sous ombrière

Le greffage a été exécuté aux alentours de la fin mars 2024 à œil poussant et les constatations des résultats ont eu lieu vers la fin avril 2024.



Figure N° 44: technique en écusson sous ombrière (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZ).

4.4 En écusson en plein champ

Le greffage a été réalisé vers la mi-avril 2024 à œil poussant

Résultat observé vers la fin mai 2024.



Figure N° 45: Technique en écusson en plein champ (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZ).

5. Entretien des plants après greffage

Parmi les opérations d'entretien les plus importantes on note l'irrigation. Que se soit sous serre ou sous ombrière l'irrigation a été réalisée par aspersion. Notons que les deux modes d'irrigations ne sont pas idéale pour l'économie de l'eau. On préconise une irrigation goutte-à-goutte qui est plus adapté à notre climat aride.

Par ailleurs, en plein champs l'irrigation a été faite par submersion avec des citernes. Le désherbage manuel a aussi été effectué juste après le greffage et en plusieurs interventions.



Figure N° 46: Irrigation Par aspersion (Belhadj Kacem,2024 ; SARL BOUBLENZA).

5.1 Mini greffe

Après une période de 3 semaines, la cellophane a été retirée, puis le processus de greffage a été repris dans les plants non réussis. La cellophane a été à nouveau retirée après une période supplémentaire de 5 semaines. Cette durée a eu un impact significatif sur les résultats. Enfin, le rabattage a été effectué la fin novembre 2024, et du mastic a été appliqué immédiatement après le rabattage.

5.2 En fente

Le sachet en plastique est retiré après un mois (la mi-avril 2024), tandis que la cellophane est laissée en place jusqu'à ce que le greffon atteigne sa pleine croissance.

5.3 En écusson sous ombrière

La cellophane est retirée après une période de 3 semaines. Parallèlement, le rabattage a été effectué la mi-avril 2024.

5.4 En écusson en plein champ

La cellophane a été retirée vers la mi-mai après une période de 4 semaines.

6. Technique de la double coloration

La technique de double coloration des tissus végétaux est couramment utilisée en histologie végétale pour mettre en évidence différentes structures ou composants cellulaires dans une même coupe de tissu. Voici le protocole à suivre :

Commencez par faire des coupes transversales de la tige à l'aide d'une lame de rasoir. Ensuite, plongez les coupes dans l'eau avant de les mettre dans l'eau de javel pendant 20 minutes. Après cela, rincez les coupes trois fois dans de l'eau distillée.

Poursuivez le processus en plaçant les coupes dans l'acide acétique, qui agit comme un fixateur, pendant 10 minutes. Il est important de noter qu'il ne faut pas rincer les coupes après cette étape. Plongez ensuite les coupes dans le rouge carmin alluré pendant 10 minutes.

Après le rouge carmin, plongez les coupes dans le bleu de méthylène, mais ne les laissez pas y rester. Pour terminer, placez les coupes entre une lame et une lamelle et procédez à l'observation microscopique.

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

1. Présentation des résultats

Au fur et à mesure du déroulement de notre expérimentation on a collecté les données qui consistent dans l'échec ou la réussite des plants greffés. Remarquons, que notre expérimentation ne s'est pas déroulée dans les règles de l'art et la rigueur de l'expérimentation scientifique. Notre expérimentation a été soumise à des contraintes inhérentes à la société BOUBLENZÀ notamment économique.

Le tableau n°02 : est un tableau récapitulatif des tous les résultats collectés.

Tableau N° 2: Présentation des donnés collectés

	Nombre de plants greffés	Nombre de plants réussis	Nombre de plants non-réussis	Reprise de greffage	Nombre de plants réussis après la reprise	Nombre de plants non-réussis après la reprise
Mini greffe sous serre	385	15	370	370	40	330
En fente sous serre	276	15	261	/	/	/
En écusson sous ombrière	91	88	3	/	/	/
En écusson en plein champ	85	79	6	/	/	/

La figure N°47 : présente une partie des résultats du tableau n°02 sous la forme de pourcentages sans reprise de greffage.

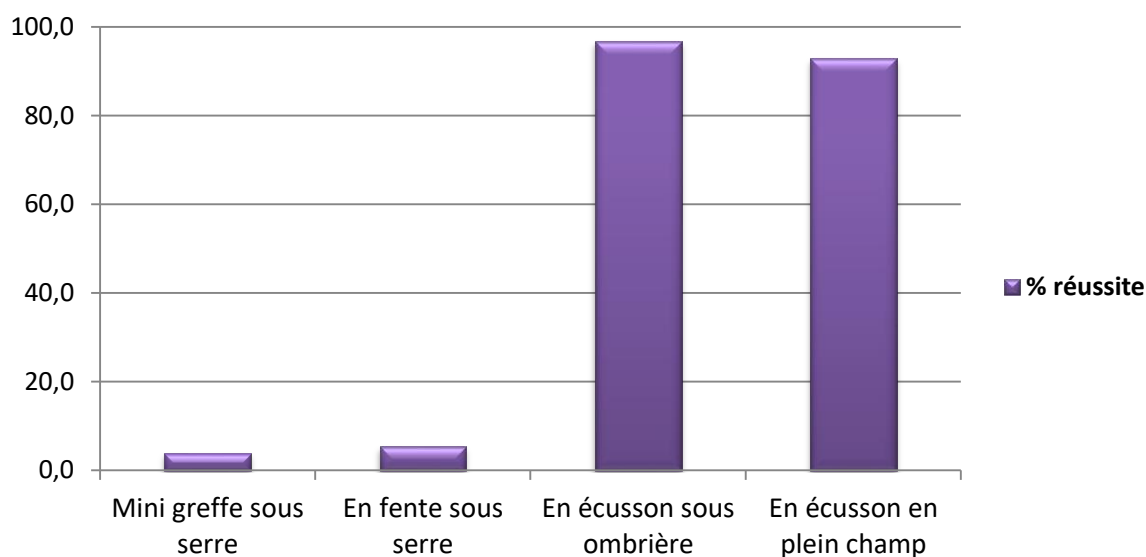


Figure N° 47: Présentation des résultats en pourcentages.

2. Interprétation des résultats

Le tableau et la figure illustrent la réussite de différentes techniques de greffage réalisées sous serre, sous ombrière et en plein champ. Les résultats indiquent que la technique de greffage en écusson est de loin la plus efficace, avec un taux de réussite élevé (>90%). En revanche, le greffage en fente a montré un taux de réussite très bas. Enfin, la mini-greffe (en placage) a obtenu des résultats proches de ceux du greffage en fente (<10%).

Cependant, ces pourcentages ne disent pas si les différences sont statistiquement significatives, le test du Chi-carré (appelé aussi Khi-deux) nous semble être utile. Rappelons que le test de Chi-carré est utilisé pour comparer deux ou plusieurs groupes de données nominales, comme c'est notre cas (échec/réussi). L'hypothèse qu'on doit vérifier est la suivante :

H_0 : La technique de greffage n'affecte pas le nombre de greffes réussies.

Pour cela on doit calculer les effectifs théoriques à partir du tableau des effectifs observés :

Tableau N° 3 :Tableau de contingence des effectifs observés.

	Réussis	Échecs	Total
Mini greffe sous serre	15	370	385
En fente sous serre	15	261	276
En écusson sous ombrière	88	3	91
En écusson en plein champ	79	6	85
	197	640	837

Tableau N° 4:Tableau de contingence des effectifs théoriques.

	Réussis	Échecs	Total
Mini greffe sous serre	91	294	385
En fente sous serre	65	211	276
En écusson sous ombrière	21	70	91
En écusson en plein champ	20	65	85
	24%	76%	

Le calcul du Chi-carré pour chaque cellule se calcule grâce à la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Où O est la valeur observée et E est la valeur attendue.

Le test de Chi-carré a été effectué à partir d'Excel avec la formule : =TEST.KHIDEUX

La valeur de la probabilité p-valeur=1.9417E-136 qui inférieure à 0.05, on rejette l'hypothèse H_0 . Ce qui nous ramène à conclure que la technique de greffage affecte notablement le nombre de greffes réussies.

3. Résultat de l'observation microscopique :

3.1 Plant non greffé (figure 48)

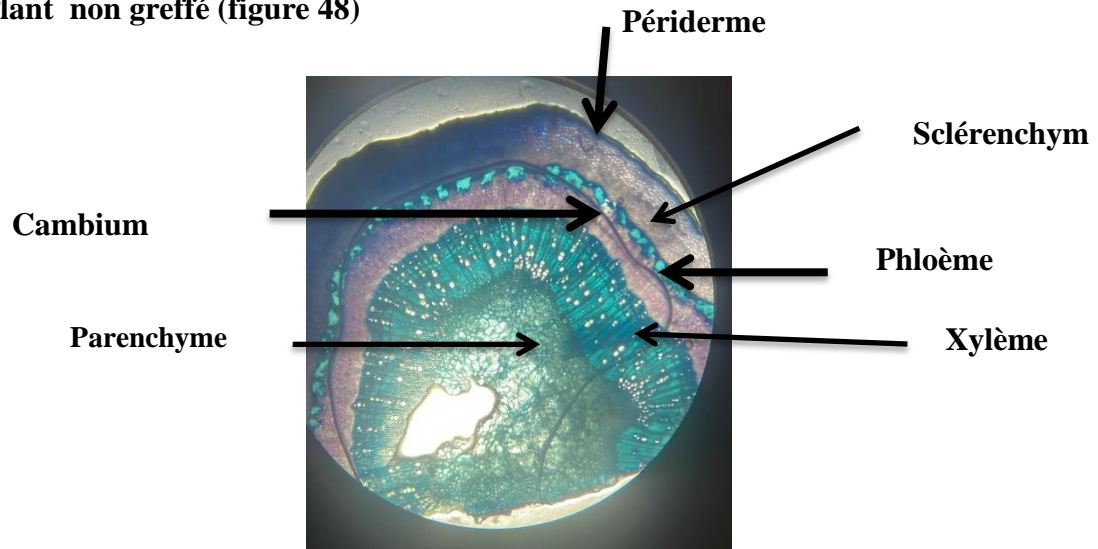


Figure N° 48: coupe transversale d'un plant non greffé

(Belhadj Kacem ; 2024)

3.2 Plant greffé (point de greffage) : figure49

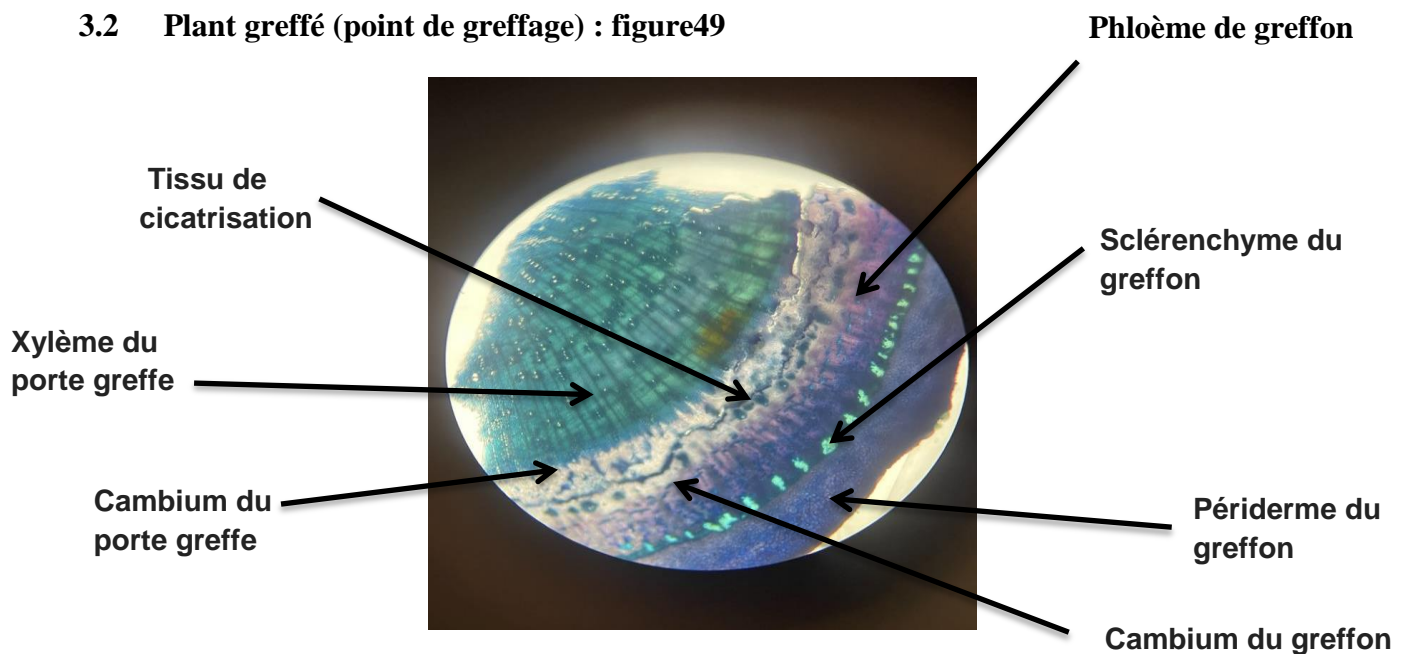


Figure N° 49: coupe transversale d'un plant greffé

(Belhadj Kacem, 2024)

La figure N°49 : montre clairement que le xylème observé est celui du porte-greffe et le phloème celui du greffon. Le tissu cicatriciel appelé aussi cal, est engendré grâce aux deux assises cambiales.

4. Discussion générale

À la lumière des résultats obtenus, il semblerait que la meilleure technique pour le greffage du caroubier est le greffage en écusson. Cette méthode présente plusieurs avantages notables. Tout d'abord, elle limite le gaspillage des greffons, car un seul œil est suffisant pour réaliser le greffage. De plus, cette technique ne requiert pas de mastic, contrairement à d'autres méthodes de greffage. Le mastic est généralement utilisé pour sceller les greffons et prévenir les infections, mais son absence dans le greffage en écusson simplifie le processus et réduit ainsi les coûts.

Ensuite, la greffe en écusson n'a pas besoin des sachets en plastique nécessaires au greffage en fente. Ces sachets sont souvent utilisés pour maintenir l'humidité autour du greffon et favoriser la prise, mais ils représentent un coût supplémentaire et une complexité ajoutée. La simplicité du greffage en écusson en fait une technique plus aisée à mettre en œuvre, ce qui est un atout majeur pour les producteurs en pépinière, car elle nécessite moins de matériel et moins de temps.

Économiquement, la greffe en écusson est donc plus intéressante. Elle est particulièrement adaptée à l'œil poussant, ce qui signifie qu'elle permet une croissance rapide et vigoureuse des plants greffés. Cette rapidité de développement est cruciale pour les producteurs qui cherchent à optimiser leur rendement et à obtenir des plants robustes en peu de temps.

Par contre, le seul inconvénient c'est qu'elle soit adaptée à une seule époque de l'année ce qui va restreindre le temps de production.

En parallèle, la mini-greffe et la greffe en fente, qui sont préférablement réalisées à l'œil dormant. Chaque méthode de greffage a son moment optimal selon la saison, une considération saisonnière qui s'avère déterminante pour le succès du greffage. La mini-greffe et la greffe en fente, bien que plus complexes, peuvent être avantageuses dans certaines conditions climatiques ou pour certaines espèces.

En conclusion, bien que le greffage en écusson semble être la méthode la plus avantageuse en termes de simplicité et d'efficacité, il est important de continuer à explorer et à maîtriser différentes techniques de greffage. Chaque méthode a ses propres avantages et peut être plus adaptée en fonction des conditions spécifiques et des objectifs des producteurs.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le caroubier, connu scientifiquement sous le nom de *Ceratonia siliqua* L., est un arbre polyvalent d'une grande importance pour l'agriculture, notamment dans les régions méditerranéennes d'où il est originaire. Domestiqué depuis 4000 ans avant J.C., cet arbre agro-sylvo-pastoral offre de nombreuses utilisations qui génèrent des revenus supplémentaires pour les communautés rurales, en particulier dans les régions montagneuses.

Sur le plan écologique, le caroubier se distingue par sa capacité à s'adapter aux contraintes hydriques, ce qui en fait une espèce idéale pour le reboisement des zones arides et dégradées. Il joue un rôle crucial dans la reforestation, contribuant ainsi à la lutte contre la désertification et à la restauration des écosystèmes dégradés.

Les fruits du caroubier ont une valeur commerciale croissante. Utilisés traditionnellement dans l'alimentation humaine et animale, ils sont de plus en plus demandés par l'industrie de transformation. Cette demande croissante se traduit par une augmentation constante de la valeur des fruits et des graines sur le marché, justifiant ainsi l'extension de sa culture. Cette dernière nécessite des plants provenant des pépinières dont le greffage est crucial particulièrement chez le caroubier qui est une espèce dioïque.

Dans le cadre de notre étude, nous avons examiné différentes techniques de greffage pour améliorer la productivité et la qualité des caroubes. Nos tests ont porté sur trois techniques de greffage : en fente, en écusson et en mini-greffe (placage), et ont été réalisés dans différentes conditions : en serre, sous ombrière et en plein champ. Les résultats de notre recherche ont clairement démontré que le greffage en écusson est la technique la plus efficace pour le caroubier, offrant les meilleurs taux de réussite.

La technique de greffage en écusson se distingue par plusieurs avantages significatifs. Elle limite le gaspillage des greffons, car un seul œil est suffisant pour le greffage. De plus, elle ne nécessite pas de mastic ni de sachets en plastique, simplifiant ainsi le processus et réduisant les coûts. Cette technique est également la plus facile à mettre en œuvre, rendant son adoption économiquement intéressante pour les producteurs. Particulièrement adaptée à l'œil poussant, elle permet une croissance rapide et vigoureuse des plants greffés.

Toutefois, il est important de continuer à explorer et à maîtriser différentes techniques de greffage, telles que la mini-greffe et la greffe en fente, qui peuvent être avantageuses dans certaines conditions climatiques ou pour certaines espèces. Chaque méthode a ses propres

Conclusion générale

avantages et peut être plus adaptée en fonction des conditions spécifiques et des objectifs des producteurs.

En conclusion, bien que notre recherche ait mis en évidence l'efficacité du greffage en écusson pour le caroubier, elle souligne également la nécessité de poursuivre les recherches pour perfectionner davantage les techniques de greffage ; et de garantir une production de plants tout au long de l'année. Cette démarche permettra d'optimiser la productivité et la qualité des caroubes, renforçant ainsi la contribution du caroubier à l'économie agricole et à la durabilité écologique des régions méditerranéennes et au-delà.

**Références
bibliographiques**

- Aafi, A. (1996). Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). Centre National de la Recherche Forestière, Rabat (Maroc), 10p.
- Ait Chitt, M., Belmir, M., et Lazrak, A. (2007). Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture, 153, IAV Rabat, 1-4 .
- Albanell, E. (1990). Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L.) cultivadas en España. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, España, p. 209.
- Barwick, M. (2004). Cultivation and management of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.). *Mediterranean Agriculture Journal*, 29(3), 123-127.
- Batlle, I., & Tous, J. (1997). Carob tree: *Ceratonia siliqua* L. - Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Rome: International Plant Genetic Resources Institute. 92 p.
- Baum, A., Gatchel, R. J., Krantz, D. S., & Singer, J. E. (1989). *An introduction to health psychology*. New York, NY: Random House.
- Baumel, A. (2020). Du nouveau sur l’histoire du caroubier. *La Garance Voyageuse*, (129), 26-28.
- Benmahiou, B., Kaïd-Harche, M., & Daguin, F. (2011). Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples *Forêt Méditerranéenne*, 32(1), 51-58.
- Bonzom, E., Delamotte, & Rivière, C. (1878). Du caroubier et de la caroube — Plantation et greffage du caroubier en Algérie. Nourriture des animaux domestiques par les caroubes. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 55, 409-419.
- Caja, G. (1985). La Garrofa: Composición, procesado y usos agroindustriales. Jornadas de la Garrofa, Lliria, Valencia, España.
- Catarino, F. (1993). Le caroubier: une plante exemplaire. *Naturopa*, Conseil de l’Europe, Centre Naturopa, n° 73, pp. 14-15.
- Catarino, F. M., & Bento-Pereira, F. (1976). Ecological characteristics and CO₂ fixation in a xerophytic plant (*Ceratonia siliqua*). In Proceedings of the 3rd MPP Meeting Izmir, edited by Vardar, Sheikh and Ozturk, Izmir, Turkey.
- Chancrin, E. (1908). *Viticulture moderne*. Paris: Hachette et Cie. Disponible sur Gallica.
- Chebbouti, Y., Selka, N., & Boublenza, I. (2023). *Itinéraire technique pour la mise en place d’un verger de caroubiers* (1ère édition). Tlemcen, Algérie.
- Correia, F.W.S., Alvalá, R.C.S. et Manzi, A.O. (2007). Modeling the Impacts of Land Cover Change in Amazônia: A Regional Climate Model (RCM) Simulation Study *Theoretical and Applied Climatology*, 93, 225-244.

- Custodio, L., Fernandes, E., Escapa, A.L., Fajardo, A., Aligué, R., Alberício, F., Neng, N.R., Nogueira, J.M.F., Romano, A. (2011). Antioxidant activity and in vivo neuroprotection from oxidative stress by the Mediterranean diet polyphenols, a study on the carob tree polyphenols. *Neurochemical Research*, 36(12), 2212-222.
- Dosba, F., Lansac, M., Germain, E., Mazy, K., & Rovira, M. (1990). Le virus du Cherry Leaf Roll (CLRV) : relation avec le dépérissement du Noyer et comportement de différentes espèces ou hybrides interspécifiques de *Juglans*. *Fruits*, 45(2), 171-175.
- El Bouzdoudi, B., Saïdi, R., Khalid, E., El Mzibri, M., Nejjar, A. Z., El Kbiach, M. L., & Lamarti, A. (2017). Mineral composition of mature carob (*Ceratonia siliqua* L.) pod: A study. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 7(4), 91-103.
- El Idriss, M. M., Aujar, N., Belabed, A., Dessaux, Y., & Filali-Maltouf, A. (1996). Characterization of rhizobia isolated from carob tree (*Ceratonia siliqua*). *Journal of Applied Bacteriology*, 80, 167-173.
- Estrada, C., Vázquez, M., Melis, B., & Vadell, J. (2002). Fruticultura de secano. El algarrobo. Dans: *Manual de agricultura y ganadería ecológica* (pp. 127-132). Coord. par Antonio Bello Pérez, José Luis Porcuna y Col, Juana Labrador Moreno. ISBN 84-8476-087-1.
- Evreinoff, V.A. (1947). Le Caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. *Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale*, 27(299-300), 389-401.
- Gadoum, M. (2020). Contribution à l'amélioration de la multiplication du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en investiguant les conditions optimales de la germination des graines. Présentation PowerPoint, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Faculté des Sciences de la nature et de la vie.
- Gharnit, N. (2023). *Essais préliminaires de culture in vitro du caroubier (Ceratonia siliqua L.) originaire du Nord-Ouest du Maroc*. *Biomatec Echo*, 3(6), 18-25.
- Haddarah, A. (2013). L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, en cotutelle avec l'Université Libanaise, spécialité : Procédés Biotechnologiques et Alimentaires.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., & Davies, F.T., Jr. (1990). *Plant Propagation: Principles and Practices*. 5th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- Hillcoat, D., Lewis, G., & Verdcourt, B. (1980). A new species of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew Bulletin*, 35(2), 261–271..
- Isabelle C. (11 février 2024). Caroubier (*Ceratonia siliqua*). Gerbeaud.com. Récupéré de Gerbeaud.
- Konate, K. (2007). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the functional mechanisms associated with drought tolerance in carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Trees*, 32(1), 87-97.
- Ky-Dembele, C., Savadogo, P., Doumbia, M., Traore, F. T., Samake, O., Kone, B., & Carsan, S. (2020). *Manuel pour le greffage in situ*. Bamako, Mali: ICRAF-WCA/SAHEL.
- Lemoine, J., & Michelesi, J.C. (1989). Incidence de quelques maladies de dégénérescence sur l'incompatibilité d'hétéogrefe Poirier/Cognassier *L'Arboriculture Fruitière*, (324), 41-42.
- Linskens, H.F., & Scholten, H. (1980). *Dehiscence, Size and Distribution*. Dans R.G. Stanley & H.F. Linskens (Eds.), *Pollen: Biology, Biochemistry, Management* (pp. 24-36). Springer-Verlag.
- Liphshitz, N. (1987). *Ceratonia siliqua* L. in Israel: An ancient element or a newcomer?. *Israel Journal of Botany*, 36(4), 191-197.
- Lo Gullo, M.A., & Salleo, S. (1988). Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytologist*, 108(3), 267-276.
- Makris, D.P., & Kefalas, P. (2004). Carob Pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a Source of Polyphenolic Antioxidants. *Food Technology and Biotechnology*, 42(2), 105-108.
- Mazoyer, M., Aubineau, M., Bermond, A., Bougler, J., et al. (2020). *Larousse agricole*. Paris : Larousse.
- Meikle, R.D. (1977). *Flora of Cyprus*, Volume 1. Kew: Bentham-Moxon Trust, Royal Botanic Gardens. pp. 589-591.
- Melgarejo, P., & Salazar, D.M. (2003). *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas*. Vol. II. Madrid: Mundi-Prensa Libros. pp. 19-162.
- Morton, J. F. (1987). Carob. In *Fruits of Warm Climates* (pp. 65-69). Miami, FL: J.F.
- Nabors, M. W. (2008). *Biologie végétale: structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies*. Pearson Education France.

- National Academy of Sciences (NAS). (1979). *Tropical Legumes: Resources for the Future*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Pérez-García, F. (2009). Germination characteristics and intrapopulation variation in carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(2), 398-406.
- Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, Paris. 571p.
- Quézel, P., & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome I. Paris : Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. 565 p.
- 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.
- Rejeb, M.N., Laffray, D., Louguet, P. (1991). Modification de la conductance stomatique de diverses origines tunisiennes de caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) soumises à une contrainte hydrique prolongée. Dans: *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp. 149-158.
- Russo, G., & Polignano, G.B. (1996). Variation of Seed and Fruit Characters in *Ceratonia siliqua* L. Cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 43, 525-531.
- Sbay, H., & Abourouh, M. (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.
- Sbay, H., & Lamhamedi, M.S. (2015). Guide pratique de multiplication végétative des espèces forestières et agroforestières : Techniques de valorisation et de conservation des espèces à usages multiples face aux changements climatiques en Afrique du Nord. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Centre de Recherche Forestière, Maroc. 124 p.
- Thomas, A., Bouchet, T., & Dupont, L. (2024). Carob: A Mediterranean Resource for the Future. *Plants*, 13(9), 1188. DOI.
- Von Haselberg, C., Lüdders, P., & Stösser, R. (2004). Croissance du tube pollinique, fécondation et longévité des ovules chez le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Applied Botany - Angewandte Botanik*, 78(1), 32-40.

- Zohary, M. (1973). *Geobotanical Foundations of the Middle East* (Vol. 1-2). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Zouhair, O. (1996). *Le caroubier: Situation actuelle et perspectives d'avenir*. Document interne, Eaux et Forêts, Maroc, 22 p.

Références sur Internet

- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Caroubier>
- <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/caroubier.html>
- <https://oasis-des-3-chenes.fr/le-caroubier-larbre-chocolat-vous-connaissez/>
- https://www.researchgate.net/figure/Fruit-du-caroubier-photo-Internet_fig3_315779642
- www.pinterest.fr
- <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>
- <https://arbre-fruitier.fr/conseils/le-porte-greffe/>
- <https://www.systemed.fr/allees-paysagisme-jardinage/greffage-par-placage,8920.html>
- <https://www.aujardin.info/fiches/greffage-fente-anglaise.php>
- <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/greffe-ecusson-ete.php>
- <https://bing.com/search?q=greffe+par+approche>
- <https://www.rustica.fr/arbres-fruitiers/greffer-arbre-fruitier-couronne,13076.html>
- <https://maison.20minutes.fr/mm33489-comment-reussir-greffe-a-anglaise>
- maps.google.com
- <https://www.agrimaroc.net/2018/05/19/production-de-plants-selectionnees-et-greffes-de-caroubier/5/>
- <https://medias24.com/2023/11/29/voici-ou-en-est-le-programme-de-plantation-du-caroubier/>

Résumé

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est une espèce ligneuse du pourtour méditerranéen, est d'une importance capitale sur le plan écologique, environnemental, économique et social. Cependant, à cause de sa dioïcie, sa multiplication s'avère une tâche difficile. Dans ce travail, nous explorerons l'importance significative du caroubier, un arbre aux multiples usages et bénéfiques. Nous discuterons également de la raison pour laquelle le greffage du caroubier est pratiqué, une technique agricole essentielle pour améliorer la productivité et la qualité des cultures.

Notre étude se concentre sur l'examen des différentes techniques de greffage du caroubier en pépinière aussi bien sous serre, sous ombrière qu'en plein champ. Nous avons observé le taux de réussite de chaque technique, fournissant ainsi des informations précieuses sur leur efficacité respective.

Enfin, nous avons effectué une comparaison de ces techniques pour déterminer laquelle offre les meilleurs résultats. Cette analyse comparative nous permet de recommander la méthode de greffage la plus efficace pour le caroubier, contribuant ainsi à optimiser sa culture et sa production.

Mot clés : serre, ombrière, plein champ, cambium, greffage à écusson

Summary

The carob (*Ceratonia siliqua L.*) is a woody species of the Mediterranean rim, is of paramount ecological, environmental, economic and social importance. However, because of its dioïcie, its multiplication is a difficult task. In this work, we will explore the significant importance of the carob tree, a tree with multiple uses and benefits. We will also discuss why carob grafting is practiced, an essential agricultural technique to improve crop productivity and quality.

Our study focuses on the examination of different techniques of carob grafting in nurseries both in greenhouses, under shade and in the open field. We observed the success rate of each technique, providing valuable information on their respective effectiveness.

Finally, we compared these techniques to determine which offers the best results. This comparative analysis allows us to recommend the most effective grafting method for the carob tree, thus helping to optimize its culture and production.

Keywords: greenhouse, shade, field, cambium, patch grafting

ملخص

الخروب (*Ceratonia siliqua L.*) هو نوع خشبي من حافة البحر الأبيض المتوسط، له أهمية إيكولوجية وبيئية واقتصادية واجتماعية قصوى. ومع ذلك، بسبب ديوسيه، فإن تكاثره مهمة صعبة. في هذا العمل، سنستكشف الأهمية الكبيرة لشجرة الخروب، وهي شجرة ذات استخدامات وفوائد متعددة. سنناقش أيضًا سبب ممارسة تطعيم الخروب، وهي تقنية زراعية أساسية لتحسين إنتاجية المحاصيل وجودتها.

تركز دراستنا على فحص التقنيات المختلفة لتطعيم الخروب في المشاتل سواء في الدفيئات أو تحت الظل أو في الحقل المفتوح. لقد لاحظنا معدل نجاح كل تقنية، حيث قدمنا معلومات قيمة عن فعالية كل منها.

أخيرًا، قارنا هذه التقنيات لتحديد أي النتائج تقدم أفضل النتائج. يسمح لنا هذا التحليل المقارن بالتوصية بطريقة التطعيم الأكثر فعالية لشجرة الخروب، وبالتالي المساعدة في تحسين ثقافتها وإنتاجها.

الكلمات الرئيسية: دفيئة، ظل، حقل، كامبيوم، تطعيم التصحيح