

...الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

**UNIVERSITE de TLEMCEM**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers**

**Département des Sciences Agronomiques**

**Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques**

**Option : Production Végétale**



Présentée par

**LARDJANI Hadjer**

**MOHAMMEDI Sarra**

**Thème :**

**Analyse de la relation entre les mesures  
biométriques et le succès du greffage chez le  
caroubier (*Ceratonia siliqua* L.).**

Soutenu le **26/06/2023**, devant :

Encadreur	KAZI TANI L. M.	Grade MCA	Université de Tlemcen
Président	KAID SLIMANE L.	Grade MAA	Université de Tlemcen
Examinatrice	ADJIM Z. H.	Grade MCB	Université de Tlemcen
Invité d'honneur	SARL BOUBLENZA.		

**Année universitaire 2022-2023**

## *Dédicace*

Je dédie ce travail :

-A mes parents.

Qui m'ont soutenu durant toute ma scolarité et pour leur soutien moral et leur encouragement pour la réalisation de ce mémoire et

d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui .

- A mes sœurs et mon frère.

- A mon grand-père et ma grand-mère.

- A toute ma famille.

- A tous mes amis (es).

- A tous mes professeurs.

*Hadjer*

## *Dédicace*

Ce projet de fin d'étude est dédié à :

**Ma très chère mère** : quoi que je fasse ou que je dise je ne saurais jamais te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide, et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

**Mon très cher père** : ma moitié et mon pilier tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection. J'espère vous rendre fiers maman et toi.

**Mon cher et unique frère** : mon sang merci pour tout que dieu te garde pour moi.

**Ma belle-sœur et mes petits neveux** : que dieu vous donne santé bonheur et surtout réussite.

**Mon amie hadjer** : qui n'as jamais cessé de me soutenir et de me tirer vers le haut pendant tout notre parcours merci binôme !

Et finalement à ma famille et mes ami(e)s et toutes les personnes qui n'ont jamais cessé de m'encourager et de m'épauler.

*Sarra*

## *Remerciements*

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de monsieur KAZI TANI L.M. on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire malgré les charges académiques et professionnels.

Nos remerciements s'adressent à madame Ikram Boublenza et monsieur Chakib et Karim Boublenza et à toute l'équipe de la pépinière SARL Boublenza de nous avoir reçus et aider à aboutir notre travail.

Nos remerciements s'adressent également à monsieur HASSANI chef du département d'écologie de nous avoir reçus au laboratoire d'écologie pour faire notre expérimentation.

Nos remerciements s'adressent aussi aux honorables membres du jury monsieur KAID SLIMANE. L (président) et madame ADJIM. Z (examinatrice) d'avoir évaluer notre travail.

On remercie aussi tous nos professeurs pour leur générosité et leur aide.

Merci

### **ملخص :**

شجرة الخروب *Ceratonia siliqua* هي من فصائل البحر الأبيض المتوسط بامتياز. تعتبر شجرة الخروب من الأنواع الثانوية التي لها أهمية كبيرة في مختلف المجالات مثل الزراعة والغابات والاقتصاد وما إلى ذلك. تنتج شجرة الخروب ثمارًا تسمى خروب تُستخدم في أغذية الإنسان والحيوان وأيضًا في قطاعات الأغذية الزراعية والصيدلانية الأخرى. تقدر هذه الشجرة لمقاومتها للجفاف وصلابتها للعوامل البيئية المختلفة.

تتناول هذه الرسالة تطعيم شجرة الخروب *Ceratonia siliqua* والعلاقة بين معدل نجاح تطعيم شجرة الخروب والمتغيرين الرئيسيين وهما قطر الساق وطولها. لهذا أجرينا تحليلًا لمعلومات التوزيع الإحصائي المختلفة لبياناتنا التي جمعناها ؛ ثم أكملنا مع الانحدار اللوجستي. تقدم النتائج التي تم الحصول عليها معلومات قيمة عن تأثير هذه المتغيرات على نجاح التطعيم ، والتي يمكن أن تساعد في تحسين ممارسات تطعيم شجرة الخروب.

**الكلمات المفتاحية:** شجرة الخروب ، التطعيم ، القطر ، الطول ، التحليل الإحصائي.

### **Summary:**

The carob tree *Ceratonia siliqua* is a Mediterranean species par excellence. The carob tree is a secondary species that is of great importance in various fields such as agriculture, forestry, economy, etc. the carob tree produces fruits called carobs which are used in human and animal food and also in other food industry and pharmaceutical sectors.

This tree is appreciated for its resistance to drought and its hardness to various environmental factors. This thesis examines the grafting of the carob tree *Ceratonia siliqua* and the relationship between the success rate of carob tree grafting and the two key variables, namely the diameter and the length of the stem. For this we have carried out an analysis of the different statistical distribution parameters of our data that we have collected; then we completed with a logistic regression. The results obtained offer valuable information on the impact of these variables on the success of the graft, which can help to improve carob tree grafting practices.

**Keywords:** Carob tree, grafting, diameter, length, statistical analysis.

### **Résumé**

Le caroubier *Ceratonia siliqua* est une espèce méditerranéenne par excellence. L'arbre du caroubier est une essence secondaire qui revêt une grande importance dans divers domaines tels que l'agriculture, foresterie, économie...etc. le caroubier produit des fruits appelés caroubes qui sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale et aussi dans d'autres secteurs agro-alimentaires et pharmaceutiques.

Cet arbre est apprécié pour sa résistance à la sécheresse et sa rusticité face aux différents facteurs environnementaux.

Ce mémoire examine le greffage du caroubier *Ceratonia siliqua* et la relation entre le taux de réussite de la greffe du caroubier et les deux variables clés à savoir le diamètre et la longueur de la tige. Pour cela nous avons procédé à une analyse des différents paramètres de distribution statistique de nos données qu'on a collectées ; puis on a complété par une régression logistique. Les résultats obtenus, offrent des informations précieuses sur l'impact de ces variables sur la réussite de la greffe, ce qui peut aider à améliorer les pratiques de greffage du caroubier.

**Mots clés :** Caroubier, greffage, diamètre, longueur, analyse statistique.



# Table de matières

Remerciement .....	
Dédicace .....	
Liste des figures .....	
Liste des tableaux .....	
Introduction .....	1
<b>Chapitre 1: Généralités sur le caroubier .....</b>	<b>3</b>
I. Classification.....	4
II. Origine et distribution biogéographique du caroubier : .....	4
II.1 Dans le monde : .....	4
II.2 En Algérie : (Figure 03).....	5
III. Morphologie et description de l'arbre : .....	6
IV. Phénologie : .....	8
IV.1 Floraison : .....	9
IV.2 Pollinisation : .....	9
IV.3 Fructification : .....	10
V. Exigences écologiques : .....	10
VI. Économie : .....	12
<b>CHAPITRE II : Les aspects agronomiques .....</b>	<b>16</b>
I. Les variétés les plus connus : .....	17
II. Aspects sylvicoles : .....	18
III. Modes de culture : .....	19
III.1 Caroubier en pépinière (sous serres) : .....	19
III.2 Plantation du caroubier en plein champs : .....	21
IV. Le Greffage: .....	22
IV.1 Définition du greffage : .....	22
IV.2 Anatomie du greffage : .....	23
IV.3 Le greffage du caroubier : .....	24
IV.4 Types de greffage .....	25
IV.4.1 Greffe en écusson ou à l'œil : .....	25
IV.4.2 Greffe en approche : .....	26
IV.4.3 Greffe en couronne : .....	27

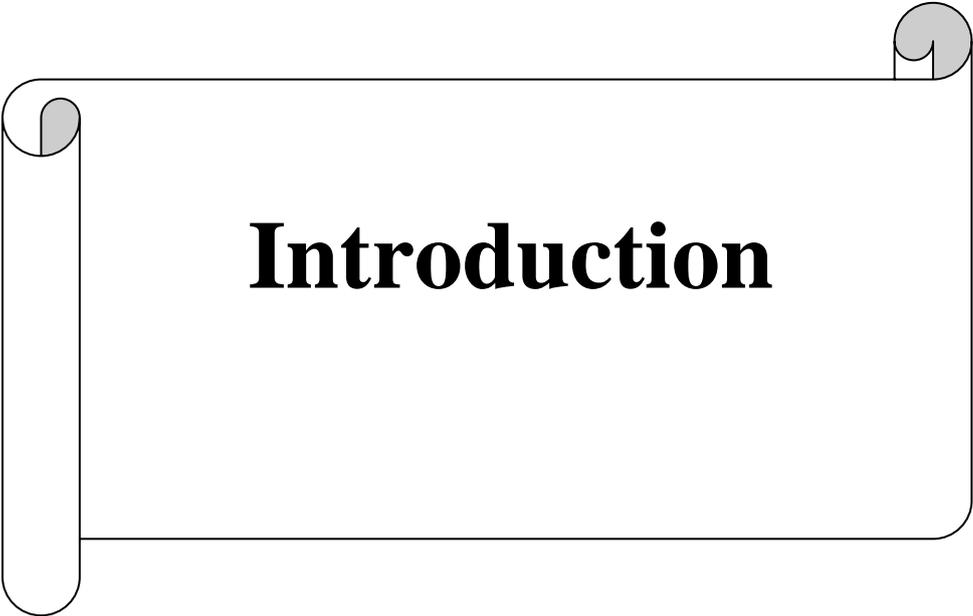
IV.4.4	Grefe à l'anglaise :	27
IV.4.5	Grefe en fente :	28
IV.4.6	Grefe à cheval :	29
IV.4.7	Grefe en placage (mini-grefe) :	29
IV.5	Intérêts du greffage	30
<b>Chapitre III : Matériel et méthodes</b>		<b>31</b>
I.	Situation géographique du périmètre d'étude	32
II.	Les techniques de greffage en pépinière Sarl Boublenza :	32
III.	Outils et matériels nécessaires au greffage :	33
III.1	Le greffoir :	33
III.2	Le sécateur :	34
III.3	Papier raphia et cellophane	34
IV.	Méthode utilisée au laboratoire :	35
V.	Méthode de mesures du diamètre et longueur de la tige	35
V.1	Échantillonnage	35
V.2	Pied à coulisse :	35
VI.	Méthodes d'analyse des facteurs biométriques « diamètre et longueur de la tige » : ...	36
VI.1	Logiciel R :	36
VI.2	La régression logistique :	36
<b>Chapitre IV: Résultats et discussion</b>		<b>37</b>
I.	Interprétation des tissus végétaux issues de la double coloration :	38
II.	Analyse statistique des données et interprétation	40
b)	La longueur :	42
III.	Les résultats d'analyse de régression logistique du taux de réussite en fonction des facteurs biométriques « diamètre et longueur de la tige » :	44
III.1	Le diamètre (Gref_Data\$Diametre) :	45
III.2	La longueur de la tige (Gref_Data\$Longueur) :	46
<b>Conclusion</b>		<b>48</b>
<b>Références bibliographiques</b>		<b>50</b>

## Listes des figures.

Figure 1: Carte de la distribution du caroubier dans le monde .....	4
Figure 2: Aire de répartition schématique du caroubier ( <i>Ceratonia siliqua</i> L.) en région ... méditerranéenne .....	5
Figure 3 : carte de localisation des caroubiers en Algérie.....	6
Figure 4: Arbre du caroubier ( <i>Ceratonia.siliqua</i> L.) .....	7
Figure 5: Coupe transversal d'une graine de caroube .....	7
Figure 6: La roue phréologique des végétaux .....	9
Figure 7: Courbe de production en fonction des années .....	13
Figure 8: Courbe du rendement en fonction des années .....	13
Figure 9: Diagramme en bâtons des valeurs d'exportation en fonction des années .....	14
Figure 10: Diagramme en bâtons des valeurs d'importation en fonction des années .....	15
Figure 11: les variétés de caroube en Algérie. ....	18
Figure 12: Exemple Aspects sylvicoles. ....	18
Figure 13: la serre de Caroube. ....	20
Figure 14: le caroubier en plein champs. ....	22
Figure 15: le Greffage de caroubier .....	23
Figure 16: Exemple de plante greffée .....	24
Figure 17 : Greffe en écusson ou à l'œil .....	26
Figure 18 : Greffe en approche .....	26
Figure 19 : Greffe en couronne .....	27
Figure 20 : Greffe à l'anglaise .....	28
Figure 21 : Greffe en fente .....	28
Figure 22 : Greffe à cheval .....	29
Figure 23: Greffe en placage (mini-greffe) .....	30
Figure 24: Localisation de la pépinière arboricole SARL BOUBLENTA - Tlemcen .....	32
Figure 25: Le greffoir .....	33
Figure 26: Le sécateur .....	34
Figure 27: Le papier cellophane et le raphia .....	34
Figure 28 : Pied à coulisse.....	35
Figure 29: Coupe Transversale d'un plant non greffé .....	38
Figure 30 : Coupe Transversale d'un plant greffé .....	39
Figure 31 : Courbe qui représente le nombre de plants en fonction du diamètre. ....	41
Figure 32: Graphique de plusieurs courbes suivant le kurtosis.....	41
Figure 33: Courbe représentatif du nombre de plants en fonction des classes de longueur. ....	42
Figure 34: Les résultats de logiciel « R ». ....	45

## Listes des Tableaux

<b>Tableau 1 : Exigences écologiques du caroubier .....</b>	<b><i>11</i></b>
<b>Tableau 2 : Le nombre de plants pour chaque diamètre mesuré .....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 3: Nombre de plants de caroubier pour chaque classe de longueur .....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau 4: Le nombre de plants réussis par diamètre. ....</b>	<b>43</b>
<b>Tableau 5 : Le nombre de plants réussis par classe de longueur.....</b>	<b>44</b>



**Introduction**

### Introduction

Le caroubier *Ceratonia siliqua* est une espèce de la famille des Légumineuses (Fabaceae) ; originaire du bassin méditerranéen notamment en Algérie, Maroc Tunisie, Portugal et en Espagne. C'est un arbre fruitier à longue durée de vie généralement cultivé pour ses fruits, appelés caroubes qui sont utilisés dans diverses applications alimentaires et industrielles.

Le caroubier est apprécié pour sa résistance à la sécheresse, sa rusticité, sa capacité à pousser dans des sols pauvres et sa valeur économique.

La production de caroubes varie d'un pays à l'autre en fonction de plusieurs facteurs tels que les conditions climatiques, les pratiques agricoles ou sylvicole, les variétés cultivées et la demande du marché.

Au Maroc qui est un important producteur de caroubes, le caroubier occupe une superficie remarquable, les régions du sud du pays telles que la région de Souss-Massa, sont réputées pour leur production de caroubes de qualité. Le Maroc a développé des programmes de recherche et des initiatives visant à améliorer la qualité et la productivité des plantations (Ezzahiri et al., 2014).

En Tunisie la culture du caroubier est bien établie, les régions du nord et du centre du pays sont propices à la production de caroubes. Le pays s'est engagé dans des programmes de recherche et de développement pour l'amélioration de la qualité et la productivité des caroubiers dans le but de la transformation et l'utilisation des produits dérivés du caroubier dans divers secteurs (Ammari et al., 2019).

Le Portugal et l'Espagne sont également des producteurs importants de caroubes en Europe. Les régions méditerranéennes du sud du Portugal comme l'Algarve, et les régions espagnols telles que la Catalogne et l'Andalousie, sont favorables à la culture du caroubier. Ces pays ont une longue tradition dans la culture du caroubier et ont développé des techniques de production avancées pour optimiser la qualité et le rendement des plantations (Batista et al., 2021).

En Algérie, le caroubier est une espèce indigène et occupe une place importante dans l'agriculture et l'économie du pays ; il est répandu dans différentes régions du pays particulièrement dans les régions côtières telles que Tlemcen, Oran, Bejaïa, Skikda ainsi que

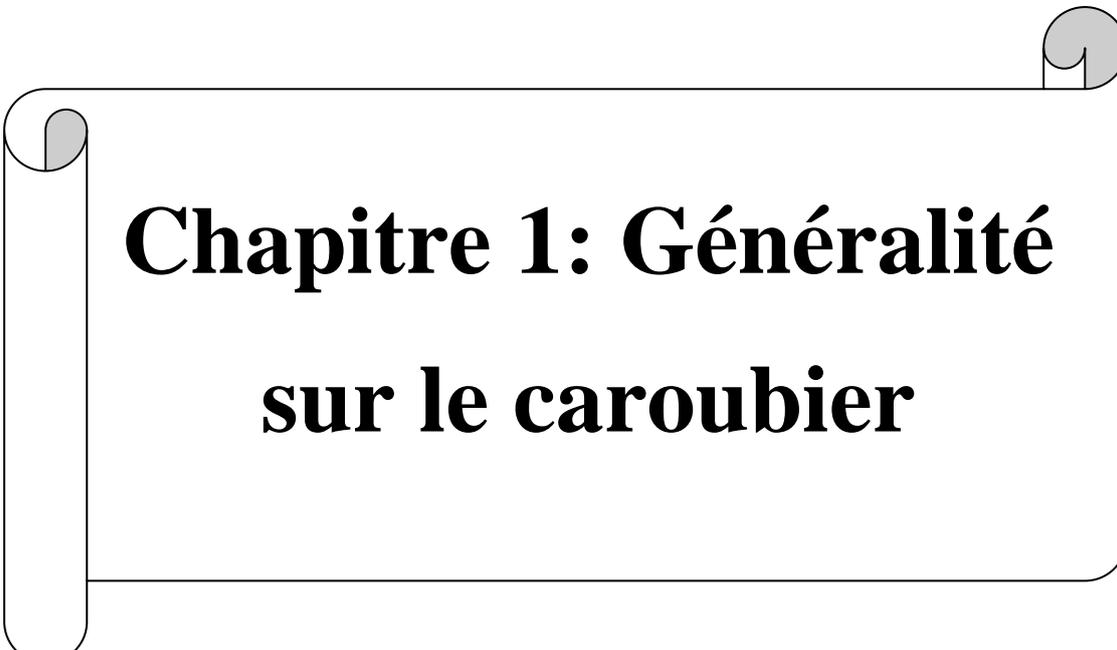
dans les régions du Sahara. La culture du caroubier en Algérie est souvent réalisée dans des systèmes agroforestiers ou l'arbre est associé à d'autres cultures telles que les céréales et les oliviers.

Il présente un potentiel de valorisation important, les caroubes algériennes sont principalement destinées à l'exportation vers les marchés internationaux (Boussaid et al., 2018). L'un des principaux exportateurs se trouve à Tlemcen, grâce à la SARL Boublenza.

Le caroubier est sujet au greffage qui est une technique horticole couramment utilisée pour la reproduction et l'amélioration des variétés des plantes. Cependant, il présente des défis particuliers en raison de certaines caractéristiques de cette espèce.

Dans ce mémoire nous présenterons en premier lieu des généralités sur le caroubier (chapitre 1) puis nous aborderons les aspects agronomiques de cette espèce notamment les variétés les plus connus et le greffage (chapitre 2) pour ensuite expliquer les méthodes et le matériel utilisés lors de cette recherche (chapitre 3) afin d'arriver aux résultats obtenues lors de ce travail (chapitre 4).

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence l'importance du greffage du caroubier. En outre, relever les défis que peut représenter cette technique de multiplication végétative sur cette espèce, à cause du taux d'échec élevé du greffage du caroubier. Par ailleurs, on doit établir les relations qui peuvent exister entre la réussite du greffage et deux paramètres biométriques, notamment le diamètre et la longueur de la tige.



# **Chapitre 1: Généralité sur le caroubier**

## I. Classification

Le caroubier *Ceratonia siliqua* L. appartient à la famille des légumineuse (Fabaceae) et à la sous famille des Caesalpinoideae. Le caroubier est classé dans le règne des plantes, la division des Magnoliophyta, la classe des Magnoliophyta et l'ordre des Fabales.

C'est une espèce agro-sylvo-pastorale résistante et rustique. Le caroubier est une espèce Méditerranéenne par excellence ; c'est une essence subordonnée, elle existe naturellement en mélange avec d'autres essence comme le chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) et le thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Master) (Quézel & Médail, 2003).

Le caroubier est un arbre xérophytique, il a la capacité de développer différentes stratégies d'adaptation contre la sécheresse. Il appartient à l'étage thermo méditerranéen, où il s'associe avec l'olivier pour former une alliance phytosociologie appelée Oleo-Ceratonion (Quézel & Médail, 2003).

## II. Origine et distribution biogéographique du caroubier :

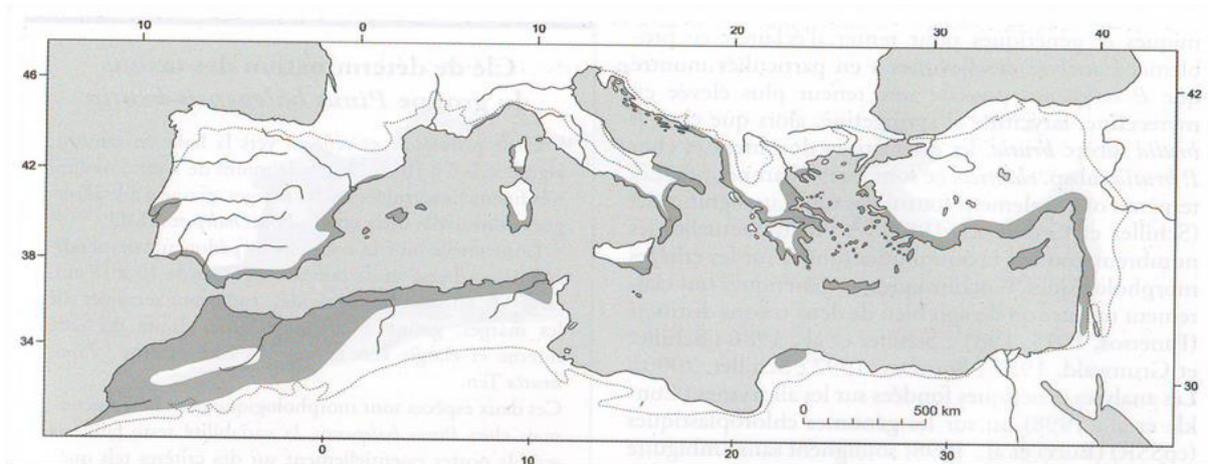
### II.1 Dans le monde :

Actuellement, on retrouve le caroubier dans les régions caractérisées par un climat Méditerranéen (Figure 1).



Figure 1: Carte de la distribution du caroubier dans le monde (Batlle et Tous, 1997)

D'après Candolle (1883) et Vavilov (1951) cette espèce est originaire de la région Est méditerranéenne (Turquie, Syrie). (Figure 2).



**Figure 2: Aire de répartition schématique du caroubier (*Ceratonis siliqua* L.) en région méditerranéenne ( Quézel & Médail, 2003)**

Tandis que Schweinfurth (1894) a mentionné que le caroubier est originaire du Yémen à cause de l'existence d'une espèce proche *Ceratonis oreothauma* Hillc. Mais tardivement les études ont montré qu'il est originaire de la flore d'Indo-Malaisie (Zohary, 1973). Cette région est recouverte par :

- Les forêts tropicales et subtropicales humides.
- Les forêts tropicales et subtropicales sèches.

Et elle représente une faune et une flore abondante et variée. En somme, l'hypothèse d'une origine Est méditerranéenne est largement acceptée, et sa dissémination a été causée par l'activité humaine concomitante à sa domestication.

## II.2 En Algérie : (Figure 03 )

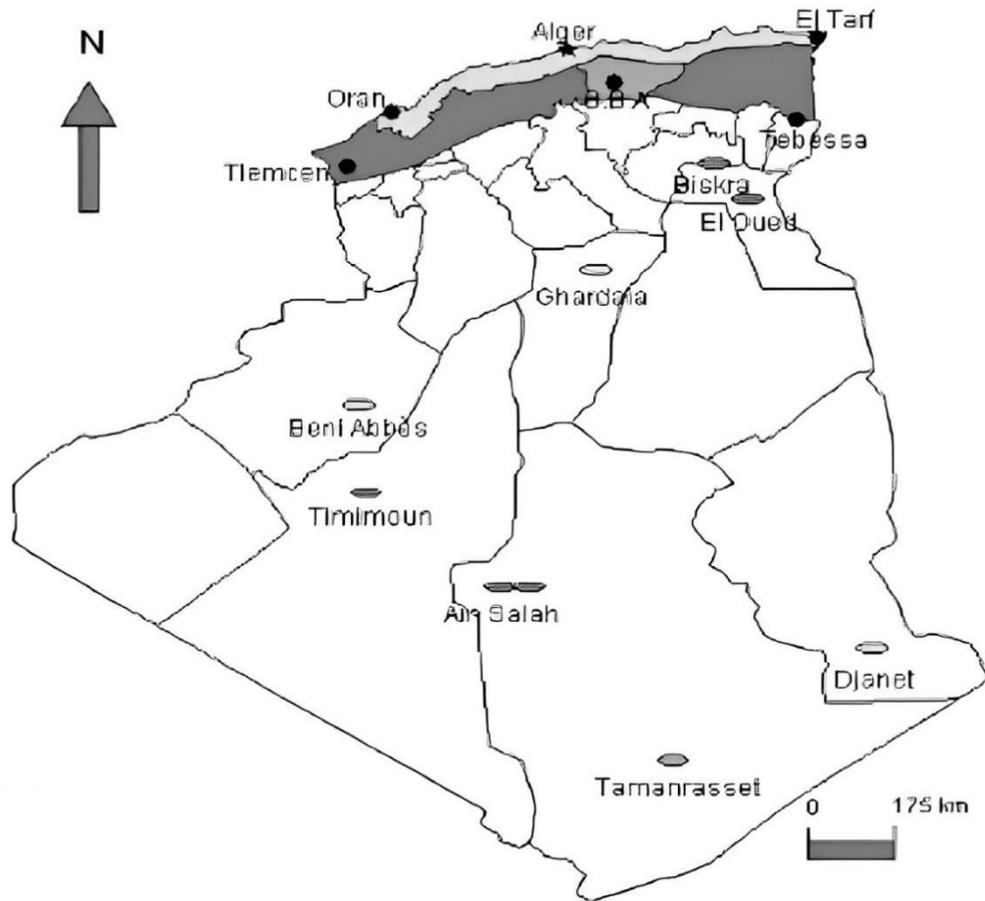


Figure 3 : Carte de localisation des caroubiers en Algérie (A.N.R.H, 2004).

### III. Morphologie et description de l'arbre :

Le caroubier possède une cime de forme arrondie ; un feuillage persistant ; les feuilles sont composées pennées de couleur vert foncé et les folioles ovales. Le caroubier est une essence forestière subordonnée, de moyenne grandeur. Il ne dépasse pas les 8m de hauteur en forêt (Boudy, 1952). (Figure 4).

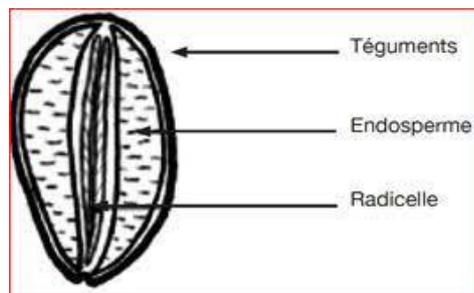


**Figure 4: Arbre du caroubier (Ceratonia.siliqua L.)**

( [WWW. Getty Images/iStockphoto.fr](http://www.gettyimages.com/iStockphoto.fr) ).

Le caroubier est une espèce dioïque, ce qui signifie qu'il possède des organes reproducteurs mâles et femelles sur des pieds distincts. Son écorce est grise à la phase juvénile et brune à la phase adulte et son bois est rougeâtre très dure.

La graine du caroubier est ovoïde aplatie et d'une couleur qui dépend de la variété ; elle se constitue d'un tégument composé principalement de Tanin, cellulose et lignine ; d'un albumen et d'un embryon. (Figure 5).



**Figure 5: Coupe transversal d'une graine de caroube (d'après Dakia et al., 2008)**

- **Système racinaire :**

Le caroubier possède un système racinaire bien développé et profond avec des racines principales pivotantes fortes qui pénètrent assez profondément dans le sol pour ancrer l'arbre et puiser l'eau en profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2007). A partir de la racine pivotante le caroubier développe un réseau dense de racines latérales. Ces racines s'étendent horizontalement dans le sol et jouent un rôle essentiel dans l'absorption des nutriments et de l'eau près de la surface. Le système racinaire du caroubier peut former des associations symbiotiques avec des champignons du sol formant ainsi des mycorhizes, ces derniers permettent une meilleure absorption des nutriments en particulier le phosphore et améliorent la résistance de l'arbre au stress hydrique.

*Ceratonia siliqua* a été considéré comme une espèce qui ne développe pas de nodules bactériennes au niveau des racines. Cependant, des spécimens ont été trouvés essentiellement au Maroc et qui présentaient des nodosités bactériennes (El Idrissi et al. 1996).

#### **IV. Phénologie :**

La phénologie est l'étude de l'évolution des phénomènes qui distinguent le cycle biologique des organismes vivants dans le temps en fonction du climat. Les cycles saisonniers changent à des rythmes différents selon les espèces étudiées.

Chez les végétaux, la phénologie est l'étude des stades de développement saisonniers des plantes (germination, floraison, feuillaison...) ; ces évènements sont associés à des paramètres climatiques spécifiques. En agriculture, la phénologie est une discipline essentielle afin de lutter contre les adventices et les maladies. Les traitements phytosanitaires sont planifiés en fonction des stades phénologiques des plantes et des cycles biologiques des ravageurs. La phénologie permet de déterminer les moments critiques en identifiant les stades de développements des plantes ou les traitements sont plus efficaces, cela permet de maximiser l'efficacité des traitements en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement et les organismes non ciblés tels que les pollinisateurs.

La phénologie est également un paramètre important pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers en particulier la croissance des arbres. (Figure 6).



Figure 6: La roue phénologique des végétaux ([www.aquaportail.com](http://www.aquaportail.com))

Et comme le caroubier est une espèce forestière et agricole, les cycles de son développement en générale sont ainsi :

#### IV.1 Floraison :

La floraison du caroubier peut varier en fonction de la localisation géographique et du climat. En générale, elle se produit au printemps entre le mois d'avril et de mai, mais dans certaines régions méditerranéennes la floraison peut débuter dès la fin de l'hiver sur le vieux bois (cauliflore) vers février ou mars et se prolonger jusqu'à la fin du printemps. Il convient de mentionner que la floraison du caroubier peut varier selon le type d'individu : mâle, femelle, hermaphrodite. Les sujets mâles ont tendance à fleurir en premier suivis des sujets femelles, et les sujets hermaphrodites peuvent avoir une période de floraison plus étendue.

#### IV.2 Pollinisation :

La pollinisation des fleurs du caroubier est surtout entomophile (Retana et al.,1990 ,1994 ; Rejeb, et al. ,1991 ; Ortiz et al. ,1996). Le caroubier possède des structures appelées disques nectarifères qui jouent un rôle important dans la reproduction de l'arbre (valdes ; Regato et al.,2000 ,2019), et c'est au niveau des disques que l'arbre secrètent des substances nectarifères dont les quantités en sucre sont élevées, c'est pour cela que la pollinisation est effectuée

majoritairement par les abeilles mais aussi par des mouches et des mites (Battle et Tous ,1997). Ce qui donne à cet arbre un intérêt en apiculture.

La pollinisation dépend fortement des insectes pollinisateurs en particulier les abeilles, la présence d'un nombre adéquat d'abeilles dans l'environnement est essentielle pour assurer une pollinisation efficace et une fructification optimale c'est pour cela qu'on a tendance à effectuer le greffage car dans certains cas on a un manque d'abeilles et elle a une influence sur la pollinisation, donc automatiquement aussi sur la production et le rendement.

Pour les sujets mâles un certain nombre de caractéristiques sont à considérer :

- La quantité de pollen produit.
- La période d'émission.
- L'attraction à l'égard des insectes.
- Les qualités génétiques.

#### **IV.3 Fructification :**

La période de fructification s'étend de 9 à 10 mois, et va de juillet à décembre de l'année qui succède la floraison tout dépend des régions et des cultivars (Aafi ,1996) donnant un fruit mûr appelé la caroube qui est sur le plan botanique une gousse.

D'après Lavallé (1951), le caroubier est un arbre dont la fructification est irrégulière (phénomène d'alternance de production). Le changement de l'intensité d'inflorescence et la production des gousses est plutôt liée à des facteurs endogènes qu'aux aléas climatiques (Haselberg ,1996). Cette alternance de production apparaît ainsi :

Une année de forte production se suit d'une année de faible production ou même nulle ; c'est un phénomène naturel, comme il peut se déclencher à la suite d'accidents physiologiques. L'année de faible production est considérée comme étant une année de repos d'un point de vue nutritif permettant à l'arbre de reconstituer son équilibre nutritif.

Toutefois, les facteurs environnementaux extrêmes peuvent gêner d'une manière significative la production des fruits (Battle et Tous, 1997).

#### **V. Exigences écologiques :**

Le caroubier est un arbre spécifiquement méditerranéen typique de la flore méditerranéenne ; il n'est pas très exigeant sur le plan édaphique ; grâce à son système

racinaire très puissant, il tolère les sols pauvres ; sableux ; limoneux ; calcaires rocailleux... Etc. Tant qu'ils sont bien drainés. Un pH légèrement alcalin à neutre est généralement favorable pour sa croissance (Tableau 2).

Ecology								
	Optimal		Absolute			Optimal	Absolute	
	Min	Max	Min	Max	<b>Soil depth</b>	shallow (20-50 cm)	shallow (20-50 cm)	
<b>Temperat. requir.</b>	20	32	10	39	<b>Soil texture</b>	medium, light	medium, light	
<b>Rainfall (annual)</b>	400	1000	200	2000	<b>Soil fertility</b>	moderate	low	
<b>Latitude</b>	27°	25°	42°	45°	<b>Soil salinity</b>	low (<4 dS/m)	medium (4-10 dS/m)	
<b>Altitude (m)</b>	---	---	-	1000	<b>Soil drainage</b>	well (dry spells)	well (dry spells), excessive (dry/moderately dry)	
<b>Soil pH</b>	6	7.5	5	9				
<b>Light intensity</b>	very bright	clear skies	very bright	cloudy skies				
<b>Climate zone</b>	steppe or semiarid (Bs), subtropical dry summer (Cs), temperate oceanic (Do)					<b>Photoperiod</b>	short day (<12 hours)	
<b>Killing temp. during rest</b>	-4°C					<b>Killing temp. early growth</b>	0°C	

**Tableau 1 : Exigences écologiques du caroubier**

( <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop> )

Le caroubier est une espèce tolérante à la sécheresse, il peut survivre et se développer dans des conditions où l'eau est limitée et il préfère les régions à étés chauds et secs avec des températures supérieures à 20°C pendant la saison de croissance ; également il peut tolérer des hivers doux mais il est sensible aux gelées (Battle et Tous, 1997).

Le caroubier est un arbre héliophile, il apprécie une exposition ensoleillée, il a besoin de lumière directe du soleil pendant une grande partie de la journée pour se développer correctement et produire une fructification abondante (Zografakis et Dasenakis, 2002).

**VI. Économie :**

Le caroubier est un arbre d'un intérêt écologique, socioéconomique, industriel et ornemental important. Toutes les parties et organes (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racine) de l'arbre sont utiles.

En Algérie, la caroube est souvent exportée sous forme de farine issue de la pulpe et les graines car ce sont les 2 principaux constituants de la gousse du caroubier. Ces deux derniers sont riches en sucre c'est pour cela on les utilise pour l'alimentation animale mais également pour l'alimentation humaine.

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

Et les autres parties de l'arbre sont utilisées dans divers autres domaines comme l'apiculture (production du miel de caroube ou miel d'automne), la charbonnerie et la menuiserie. (Rejeb *al.*, 1991 ; Gharnit, 2003).

➤ On remarque une forte diminution de production de 1961 jusqu'en 2021 (Figure 7) .

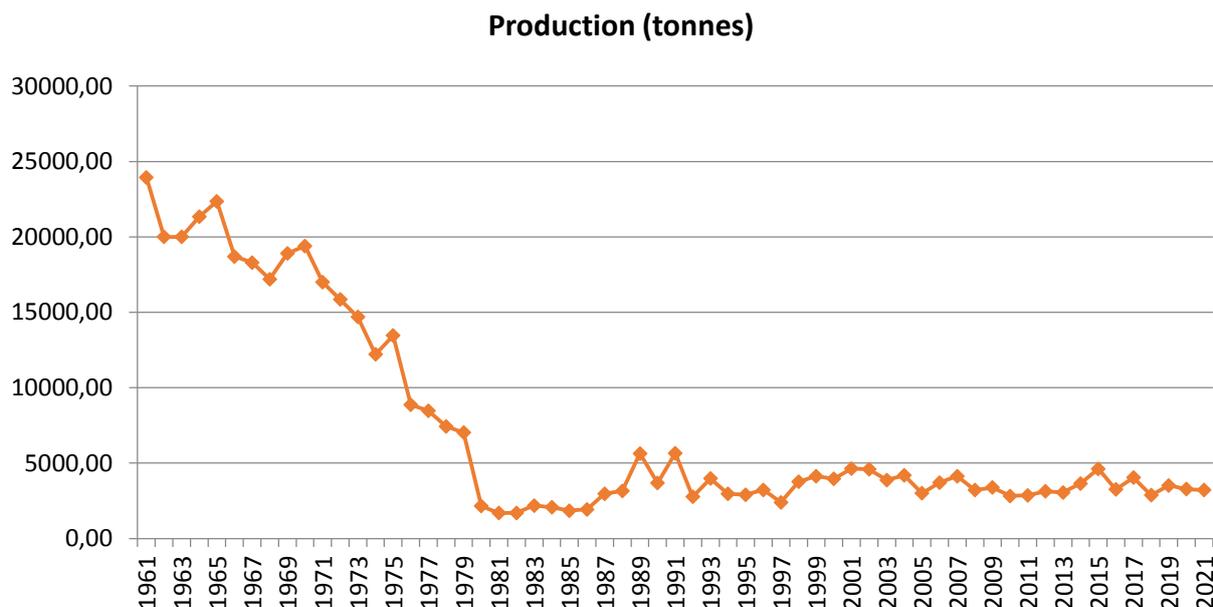


Figure 7 : courbe de production en fonction des années ( Mohammadi & Lardjani, 2023; Base de données: FAOSTAT).

➤ On remarque une diminution considérable de rendement qui stagne pendant des années puis ce dernier remonte petit à petit mais ce n'est pas stable ( Figure 8 ) .

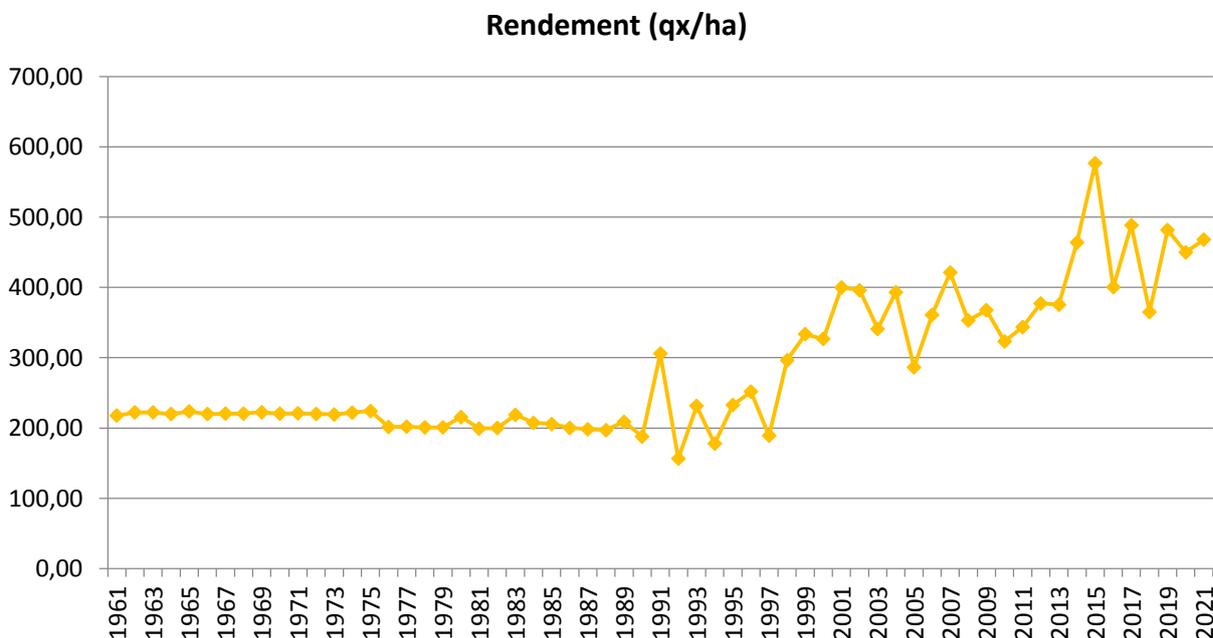
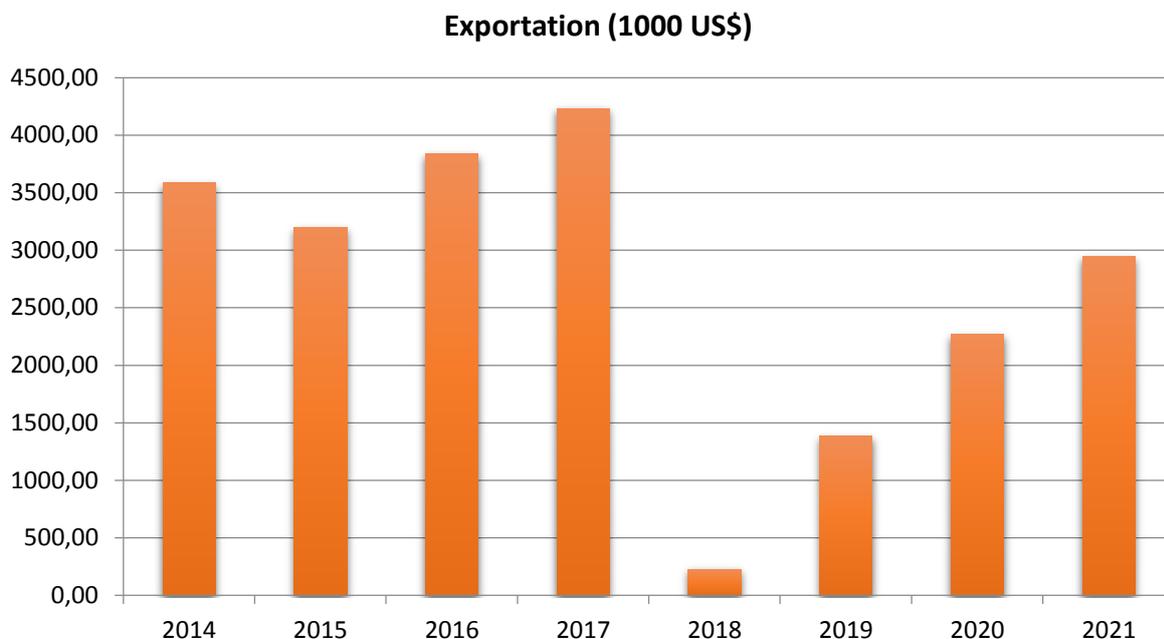


Figure 8: courbe du rendement en fonction des années (Mohammadi & Lardjani, 2023; Base de données: FAOSTAT ).

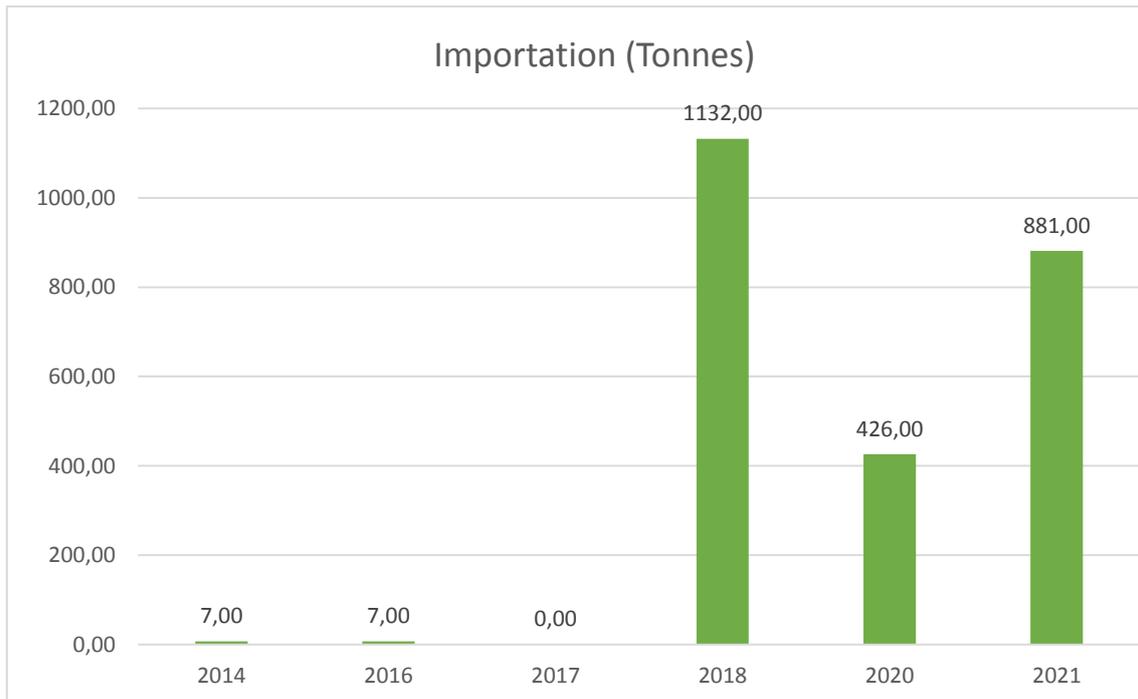
Les principaux pays exportateurs de caroubes sont généralement situés dans la région méditerranéenne, notamment la Tunisie, l'Algérie, le Maroc, l'Espagne, la Turquie, la Grèce et le Portugal. Ces pays sont réputés pour leur production importante de caroubes et leur expertise dans le commerce international des produits agricoles (Figure 9) .



**Figure 9: Diagramme en bâtons des valeurs d’exportation en fonction des années ( Mohammedi & Lardjani, 2023;Base de données: FAOSTAT)**

De 2014 jusqu’en 2017 les valeurs d’exportation ont augmenté de 3500.00US \$ à un peu plus de 4000.00US \$ puis on remarque une forte diminution en 2018 moins de 500.00 US \$ et de 2019 jusqu’en 2021 on remarque une augmentation considérable de 1500.00US \$ à 3000.00US \$.

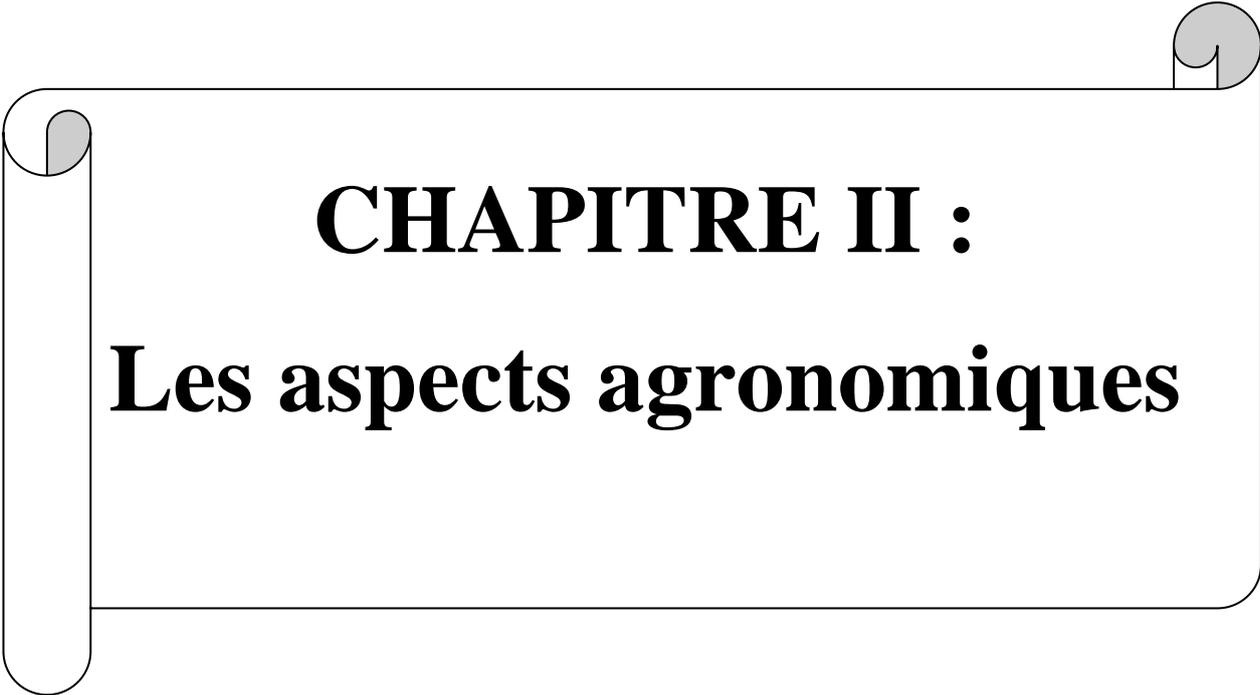
La variabilité de la production dénote la non maîtrise de la culture du caroubier, et dépend plus de facteurs écologiques que techniques.



**Figure 10: Diagramme en bâtons des valeurs d'importation en fonction des années ( Mohammédi & Lardjani, 2023;Base de données: FAOSTAT).**

- De 2014 jusqu'en 2017 le taux d'importation est nul =0 et de 2018 jusqu'en 2021 le taux d'importation a augmenté (Figure 10).
- Si on compare les deux diagrammes on remarque une relation disproportionnée entre l'importation et l'exportation des caroubes en Algérie, et elle va à la faveur de l'exportation.

Au final, on peut aussi mentionner l'importance dans l'agroforesterie et l'aménagement paysager : En raison de sa tolérance à la sécheresse, au vent et à la résistance aux termites, et son large houppier ombrageux, le caroubier est utilisé dans les projets d'agroforesterie et d'aménagement paysager pour la stabilisation des sols, la protection contre l'érosion et l'embellissement des espaces verts.



**CHAPITRE II :**  
**Les aspects agronomiques**

**I. Les variétés les plus connus :**

Il existe différentes variétés de caroubiers qui présentent des caractéristiques et des adaptations spécifiques en termes de taille des fruits ; teneur en sucre ; adaptabilité climatique...etc.

D'après Boublenza (2012), les variétés les plus connues sont :

- 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%. Excellent saveur.
- Tantillo'- de Sicile, Hermaphrodite. Gousse brun foncé, la plupart du temps sec, (13-15 cm) de long (2 cm) de largeur.
- Tylliria'- de Chypre, leur variété principal produit d'exportation, la gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, (15 cm) de long (2-2.5 cm) de large, le sucre de 47,4% à Vista, 50,9% à Indio, 48,8% à Chypre. Bonne saveur. La pulpe contient 51% de sucre et les graines 49% de gomme.

Les différents cultivars actuellement répertoriés dans le monde diffèrent par la taille, la qualité des gousses, les graines, la productivité, la résistance aux maladies (Batlle et Tous, 1997).

Ces exemples ne sont qu'une petite sélection parmi de nombreuses autres variétés présentes à travers le monde.

En Algérie il reste beaucoup à faire au sujet de la description et la détermination des variétés. La sélection des variétés n'est pas encore concrétisée ; par contre on a depuis longtemps des appellations de différents types de variétés de cet arbre qui existent mais elles ne sont pas inscrites au catalogue officiel des variétés mais plutôt relatives à la région ou elles se trouvent ou même à la couleur ou à la forme des parties de la plante. (Figure 11)



.Figure 11: les variétés de caroube en Algérie ( Harrarah, 2013).

**II. Aspects sylvicoles :**

Le caroubier est une essence secondaire à croissance lente. Il pousse dans les régions arides et semi arides. Cette espèce présente un intérêt en sylviculture non seulement pour sa résistance et sa rusticité ; son indifférence aux propriétés du sol ; la qualité de son bois pour la fabrication des meubles et du charbon de bonne qualité ; ses valeurs ornementales et paysagères telle que son utilisation comme brise vent ... mais aussi pour ses semences commerciales et sa gomme dont elles font l'objet d'un commerce important dans les grands pays du monde (Figure12) .



Figure 12 : Exemple Aspects sylvicoles (www.photo. pompougnac - CRPF.fr )

**III. Modes de culture :**

Le caroubier peut être cultivé selon différents modes de culture en fonction des objectifs de production. Pour accroître les rendements et la production, il faut une bonne croissance de l'arbre. Il doit être planté dans des conditions favorables comme :

- Le choix de l'emplacement du plant
- La période et la façon de plantation
- L'entretien de l'arbre

En raison de son habitat d'origine qui est la méditerranée ; il ne convient pas à la culture sur des sols lourds trop humides et sous un climat extrêmement froid ; de plus l'emplacement de l'arbre doit être ensoleillé et si possible protégé du vent.

La plantation du caroubier se fait idéalement en automne dans le but de créer un bon enracinement avant l'arrivée du printemps et l'éventualité d'une sécheresse. La plantation printanière est aussi faisable mais demande une certaine vigilance sur l'arrosage.

**III.1 Caroubier en pépinière (sous serres) :**

La culture de caroubiers en pépinière est une étape essentielle pour produire des plants sains et robustes qui peuvent ensuite être transplantés dans un champ ( Figure 13).



**Figure 13 :la serre de caroubier (Mohammedi & Lardjani , 2023;  
SARL BOUBLENZIA) .**

Les étapes à suivre sont ainsi :

- Sélection des graines : est le choix des graines de haute qualité provenant de variétés productives et saines, les graines doivent être propres et exemptes de maladies et de dommages.
- Prétraitements des graines : certaines méthodes de prétraitement telles que le trempage dans l'eau ou la stratification peuvent être utilisées pour stimuler la germination des graines de caroube et cela dépend des variétés.
- Conteneurs de culture : il faut qu'ils soient adaptés pour la culture des graines de caroube, les pots en plastiques fonctionnent bien et il faut qu'ils soient troués (trous de drainage) pour l'évacuation de l'excès d'eau.
- Substrat de culture : il faut un substrat approprié tel qu'un mélange de terreau et de sable qui offre un bon drainage et une bonne rétention d'eau. On doit également ajouter des amendements organiques pour améliorer la fertilité du substrat.

- Semis: on sème les graines de caroube dans les conteneurs en les enfonçant légèrement dans le substrat. Les graines peuvent être semées individuellement ou en poquet en fonction de la taille des conteneurs.
- Arrosage: le maintien d'un substrat humide est très important en arrosant régulièrement les pots et en évitant l'excès d'eau car il provoque la pourriture des racines.
- Conditions de croissance: les conteneurs doivent être dans un endroit où les plants pourront bénéficier de suffisamment de lumière et du soleil; les températures idéales de croissance se situent généralement entre 20 et 30°C.
- Soins et entretien: la taille, la surveillance de la présence des maladies ou des ravageurs pour éviter la propagation...etc.
- Greffage: pour combiner les caractéristiques souhaitées d'une variété avec les qualités de la plante hôte appelée porte greffe et pour l'adaptation aux conditions locales telles que le sol la disponibilité de l'eau, la résistance aux maladies...etc.
- Repiquage: lorsque les plants de caroubier atteignent une taille suffisante et ont développés un bon système racinaire ils peuvent être repiqués dans les champs.

Il est important de savoir que les conditions de culture peuvent varier en fonction de la variété de caroubier, du climat local, et des pratiques agricoles spécifiques.

### III.2 Plantation du caroubier en plein champs :

La création du champ de caroubier implique plusieurs étapes pour préparer le terrain, planter les arbres et assurer leur entretien approprié (Figure 14), les tapes de bases sont ainsi :

- Système de culture : depuis la pépinière
- Choix de la variété : en Algérie c'est un point délicat
- Densité de plantation
- Confection des trous de plantation
- Période de plantation
- Plantation
- Entretien (irrigation ; greffage ; tailles ; fumure...etc.)



**Figure 14:** le caroubier en plein champs au Portugal([www.Images et photos libres de droits .fr](http://www.Images-et-photos-libres-de-droits.fr) ).

#### **IV. Le Greffage:**

##### **IV.1 Définition du greffage :**

Le greffage est un mode de multiplication asexuée (végétative) par laquelle une plante se reproduit sans l'intervention des organes reproducteurs sexués.

Le greffage consiste à réunir deux plants, un de caractéristiques agronomiques sensibles (greffon) qu'on utilisera que sa partie aérienne et l'autre de caractéristiques agronomiques tolérantes et résistantes (porte greffe) qu'on utilisera son système racinaire pour ensuite obtenir un plant vigoureux et rustique.

Le greffon et le porte greffe peuvent provenir de la même espèce : greffage inter-spécifique comme ils peuvent provenir de deux espèces différentes : greffage inter-spécifique.

Cette méthode permet de reproduire des individus génétiquement identiques à la plante mère (Figure 15).



**Figure 15: le Greffage de caroubier**

([www.Réalisations - Filière Caroubier - PDRZM.com](http://www.Réalisations-Filière-Caroubier-PDRZM.com))

Scientifiquement parlant le greffage est l'association des cambiums des deux plants concernés et c'est le secret de sa réussite.

#### **IV.2 Anatomie du greffage :**

L'anatomie du greffage des plants se réfère à la structure et aux caractéristiques des tissus végétaux impliqués dans le processus du greffage.

Lors du greffage des végétaux, il est important de comprendre l'anatomie des tissus végétaux pour assurer une fusion réussie et une croissance continue. Les principales parties impliquées dans l'anatomie du greffage comprennent :

- **Porte-greffe** : c'est la partie inférieure du greffon qui fournit les racines et la tige principale de la nouvelle plante greffée. Il est généralement choisi pour ses caractéristiques de vigueur, de résistance aux maladies et aux conditions environnementales spécifiques. (Hartmann, Hudson T., et al., 2010).
- **Greffon** : le greffon est la partie supérieure du greffon qui fournit la partie aérienne de la nouvelle plante, y compris les feuilles, les fleurs et les fruits. Le greffon est choisi pour ses caractéristiques spécifiques telles que la saveur des fruits, la couleur des fleurs...etc. (Hartmann, Hudson T., et al., 2010).
- **Zone de greffage** : c'est la zone de contact entre le porte greffe et le greffon. L'alignement et le contact étroit des tissus entre les deux parties sont essentiels pour

permettre la fusion des tissus, l'échange de nutriments et la croissance continue de la plante greffée. (Chen, Huaping, et al.2011).

- Cambium : le Cambium est un tissu mince et actif situé entre le bois et l'écorce des plantes. Lors du greffage l'alignement des Cambiums entre porte greffe et greffon est crucial pour permettre la croissance continue du greffon.
- Phloème et Xylème : ils sont deux types de vaisseaux conducteurs présents dans les plantes. Le Phloème transporte les éléments nutritifs des feuilles vers d'autres parties de la plante, tandis que le Xylème transporte l'eau et les minéraux des racines vers les parties aériennes. La correspondance et la continuité des tissus du Phloème et du Xylème entre porte greffe et greffon sont essentielles pour assurer un approvisionnement adéquat en nutriments et en eau.

### IV.3 Le greffage du caroubier :

Le greffage est une méthode maîtrisée et efficace utilisée comme un rituel pour la répartition du caroubier (Ait Chitt ,2007 ; Gharnit,2003).

Le caroubier est une espèce dioïque ceci dit qu'il faut un couple pour l'obtention de fruit par l'individu femelle après pollinisation par l'individu **male** mais cette dernière donne des résultats aléatoires des fois non souhaitables et pour les éviter on a donc recours au greffage qui est une technique réussie et bien réputée qui permet :

- La préservation des caractères sexuelles des variétés
- La préservation des caractères issues de la plante mère : qualité et production

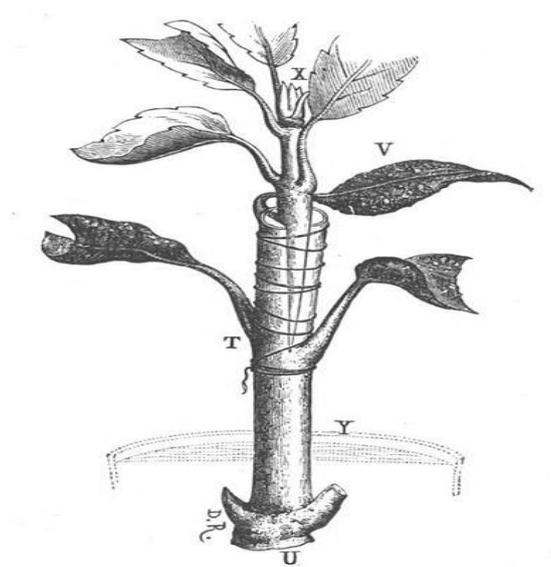


Figure 16: Exemple de plante greffée (www.Aucuba.com ).

Ibn al-'Awwam, dans son livre intitulé "Kitab al-Filaha" (Le Livre de l'Agriculture), mentionne la greffe du caroubier comme l'une des techniques agricoles pratiquées à son époque (XIIème siècle). Selon Ibn al-'Awwam, la greffe du caroubier se fait en utilisant la technique de greffe en écusson. Cette méthode implique de prélever un écusson, une petite partie de l'écorce avec un bourgeon, d'un caroubier sain et de l'insérer dans une incision faite sur un porte-greffe préparé.

Ibn al-'Awwam explique également les différentes étapes de la greffe du caroubier, y compris la sélection du porte-greffe approprié et la meilleure période pour effectuer la greffe. Il souligne l'importance de maintenir des conditions favorables, telles que l'humidité et la protection contre les maladies, pour assurer le succès de la greffe.

#### **IV.4 Types de greffage**

Il existe plusieurs types de greffage couramment utilisés en horticulture et en arboriculture.

Les plus répandus sont :

##### **IV.4.1 Greffe en écusson ou à l'œil :**

La multiplication des arbustes, des arbres d'ornement, des arbres fruitiers et des rosiers est la plus courante. Dans ce type de greffe, un bourgeon de l'espèce souhaitée est prélevé et inséré sous l'écorce du porte-greffe.

La technique de l'écusson peut être effectuée au printemps, pendant la montée des graines, où on parle de greffe à "œil poussant". En général, c'est pour les agrumes et les rosiers. Toutes les autres sujets subissent une greffe sous forme d'œil dormant, qui se produit de juillet à

Octobre (Figure 17).



Figure 17 : Greffe en écusson ou à l'œil ( [www.ooreka.fr](http://www.ooreka.fr)).

#### IV.4.2 Greffe en approche :

Il est probablement le type de greffe le plus simple et est idéal pour les jardiniers débutants.

Il est principalement utilisé pour les conifères, les camélias et les magnolias. En principe, il s'agit de couper deux branches et de les rapprocher pour les souder. Il est important de prendre en compte que le porte-greffe et le greffon doivent être cultivés dans deux pots différents et qu'ils doivent être rapprochés sans les déterrer. Dans la nature, il arrive que deux rameaux un peu trop proches se soudent naturellement (Figure 18).

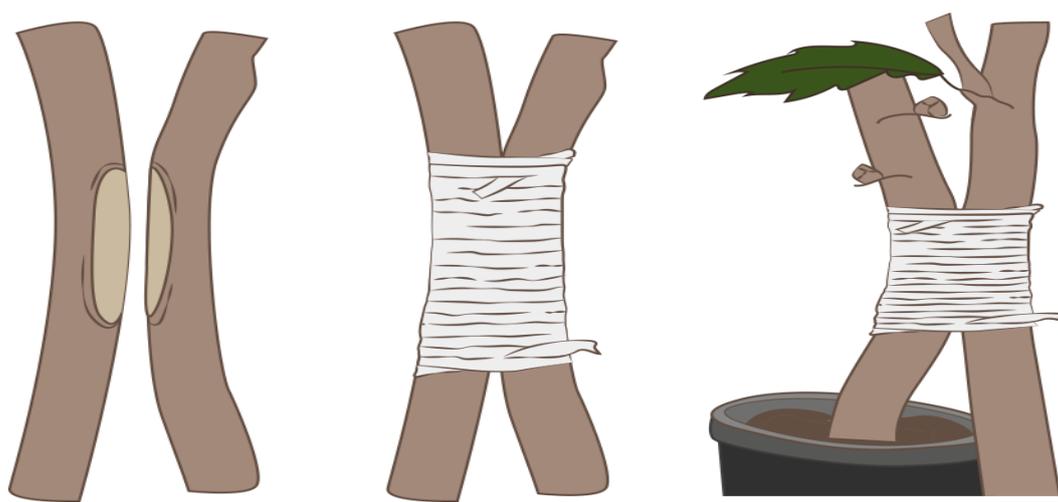


Figure 18 : Greffe en approche ( [www.jardiner-malin.fr](http://www.jardiner-malin.fr)).

#### IV.4.3 Greffe en couronne :

Il est généralement utilisé pour revitaliser les plantes peu performantes, en particulier les arbres fruitiers vieillissants (attention, fruits à pépins uniquement). Le raffinement se produit sur des branches d'un diamètre d'environ 15 cm (Figure 19).

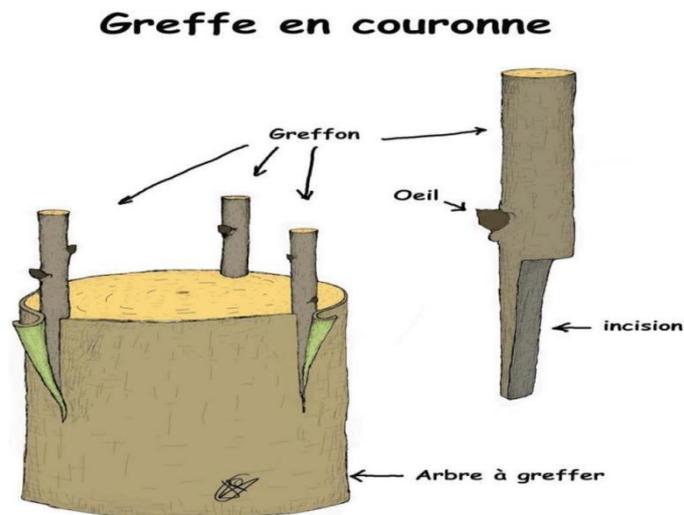


Figure 19 : Greffe en couronne ( [www.secretstaillefruitiers.blogspot.com](http://www.secretstaillefruitiers.blogspot.com))

#### IV.4.4 Greffe à l'anglaise :

Les greffes à rameau incluent la greffe à l'anglaise, également connue sous le nom de greffe anglaise simple. Par la beauté de son point de greffe et l'absence de traumatisme pour le porte-greffe, c'est une méthode des plus recommandables parmi les greffes en rameau (Figure 20).

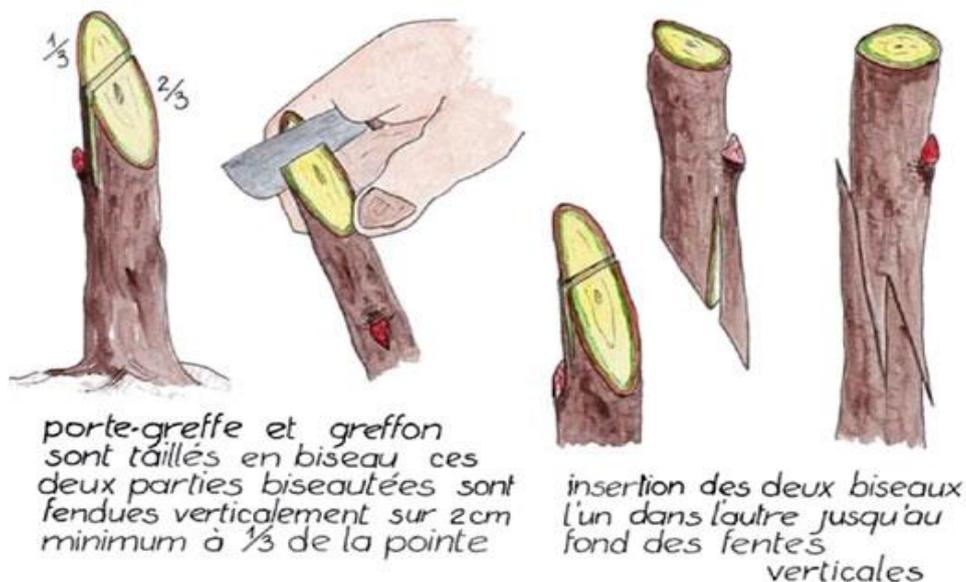


Figure 20: Greffe à l'anglaise ( [www.vergers-vivants.fr](http://www.vergers-vivants.fr)).

#### IV.4.5 Greffe en fente :

La greffe à rameau est un type de greffe. De plus, elle est la plus simple à réaliser, ce qui la rend idéale pour ceux qui commencent à pratiquer le greffage. La greffe en fente doit être effectuée à la fin de l'hiver, lorsque le porte-greffe sort de son sommeil. Il est nécessaire que le greffon soit conservé au frais tout au long de l'hiver afin qu'il reste en sommeil

(Figure 21).



Figure 21 : Greffe en fente ( [www.maison.20minutes.fr](http://www.maison.20minutes.fr) ).

**IV.4.6 Greffe à cheval :**

La greffe à cheval est idéale pour les azalées et les rhododendrons.

Il s'agit de tailler la pointe du porte-greffe et de creuser le greffon de la même manière pour emboîter les deux ensembles (Figure 22) .



**Figure 22 : Greffe à cheval ([www.pinterest.fr](http://www.pinterest.fr)).**

**IV.4.7 Greffe en placage (mini-greffe) :**

La greffe en placage d'écusson est une variante de la greffe en écusson dans laquelle l'écusson est remplacé par une plaque qui se soude contre l'entaille de forme équivalente pratiquée dans le porte-greffe. Lorsque l'on souhaite faire une greffe en écusson et que les végétaux ne sont pas suffisamment en sève pour garantir une bonne reprise de l'écusson, cette technique est également utilisée sur des arbres âgés, surtout lorsque l'écorce ne se décolle pas bien (Figure 23) .

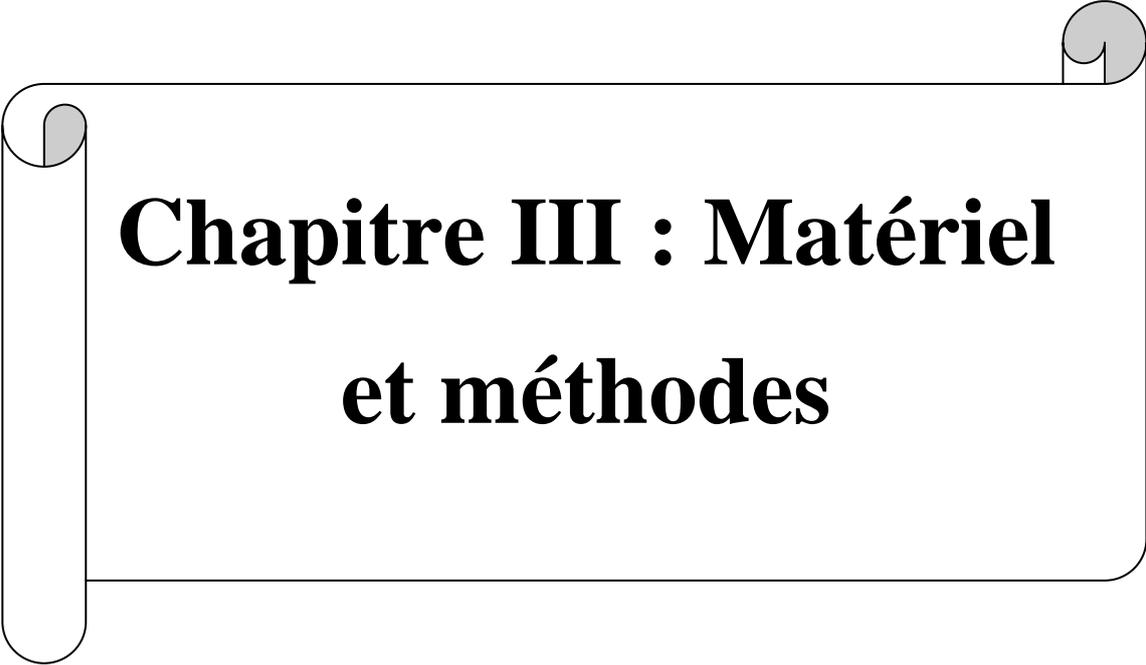


Figure 23 : Greffe en placage (mini-greffe) ([www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)).

#### IV.5 Intérêts du greffage

L'objectif primaire du greffage est de lutter contre les maladies et les adventices du sol mais ce n'est pas l'unique raison ; maintenant c'est devenue une technique pratiquée aussi afin d'augmenter la vigueur et les rendements des plants.

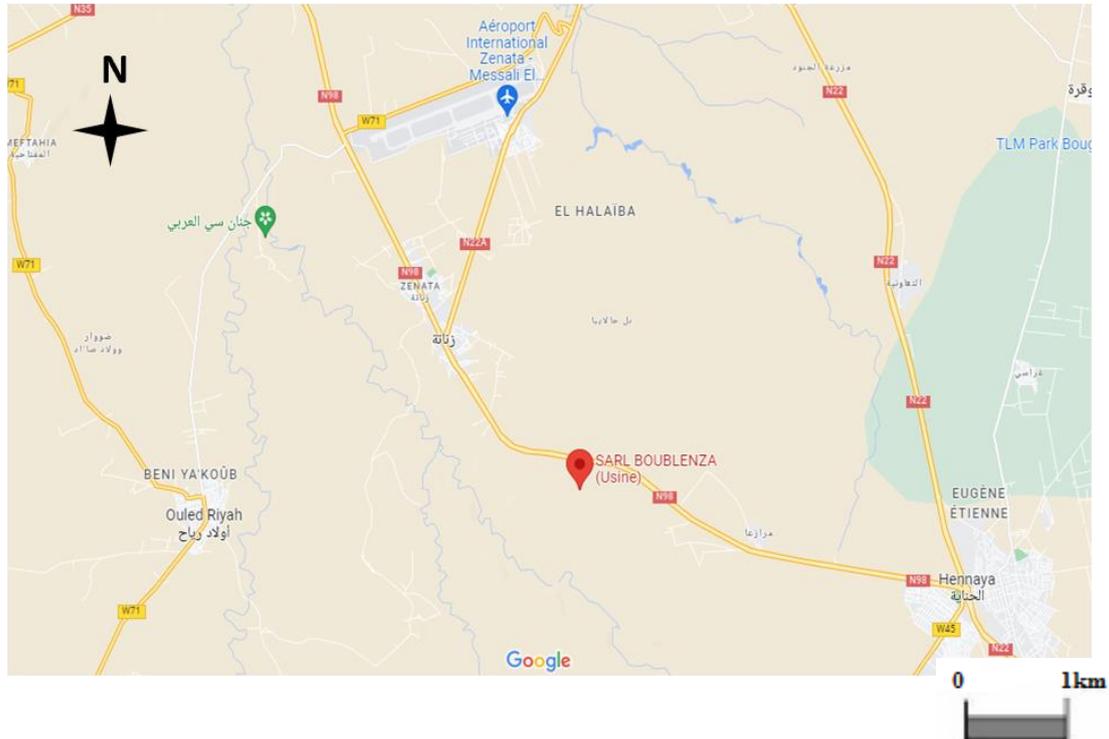
Dans le cas du greffage du caroubier ; l'intérêt est l'augmentation des pieds femelles productifs et la mise en production précoce.



# **Chapitre III : Matériel et méthodes**

## I. Situation géographique du périmètre d'étude

La zone d'étude se trouve à la wilaya de Tlemcen dans les environs de Hennaya et Zenata plus précisément dans la limite de Hennaya vers le nord et dans la limite de Zenata vers le sud (Figure 24) .



**Figure 24: localisation de la pépinière arboricole SARL BOUBLENZ - Tlemcen ( www.maps.google.com)**

## II. Les techniques de greffage en pépinière Sarl Boublenza :

En Algérie les variétés de caroubier qui existent sont majoritairement dioïques rarement hermaphrodites (Zitouni,2010) d'où l'intérêt du greffage car il est plus économique d'avoir une proportion de pieds femelles plus élevés que de pieds mâles et la reproduction sexuée nous ne permet pas de distinguer et de sélectionner les pieds femelles à l'état juvénile. La technique la plus réussie à la pépinière est le greffage en écusson généralement à œil poussant car ce mode de multiplication asexuée garantis la fructification des pieds males (Battle et Tous, 1997).

Des expérimentations de greffage en écusson à œil dormant ont été également faite à la pépinière mais le résultat constaté reste mitigé, puisque le taux de réussite de ce type de greffe est faible par rapport à la greffe à œil poussant.

On essaie de chercher une corrélation entre deux caractères biométriques, le diamètre et la longueur de la tige, et le taux de réussite du greffage. Les résultats pourront nous aider à augmenter les chances de réussites du greffage.

### **III. Outils et matériels nécessaires au greffage :**

#### **III.1 Le greffoir :**

Le greffoir est un outil fin avec une lame incurvée vers le haut et une pointe incurvée vers l'arrière . Le manche se termine par une spatule qui soulève l'écorce. La spatule, soudée ou solidaire du manche, est en ivoire, mais ce métal a l'inconvénient que le raphia va rouiller à cause de la sève.

Les outils de greffage sont indispensables pour greffer par bourgeons, en boucliers, tailler les greffons par branches, soulever l'écorce, greffer sous verre, couper les ligatures, étrangler les greffons et plus encore. Utilisez un équipement essentiel, propre, tranchant et désinfecté avec de l'eau de Javel ou de l'alcool (Figure 25).



**Figure 25: Le greffoir (www. triangle-outillage.fr).**

### III.2 Le sécateur :

Le sécateur est un instrument en fer ou en acier muni de deux dents, l'une se terminant par une lame tranchante et l'autre par un croissant émoussé et chanfreiné qui forme un point d'appui contre la branche à couper. La poignée large et évidée est plus légère, plus confortable à utiliser et réduit la fatigue des mains (Figure 26).



**Figure 26: Le sécateur (www. materiel-paysage.fr )**

### III.3 Papier raphia et cellophane

Au stade final de la transplantation, une ligature doit être effectuée. Le raphia est très utile pour le soin et la protection des greffons fraîchement transplantés. Vous pouvez utiliser du papier cellophane coupé en bandes et pré-humidifié (Figure 27).



**Figure 27: Le papier cellophane et le raphia ( www.amazon.fr)**

#### IV. Méthode utilisée au laboratoire :

**Double coloration des tissus végétaux des coupes transversales effectuées :** Est une technique utilisée en histologie végétale pour mettre en évidence différentes structures ou composants cellulaires dans une même coupe de tissu.

#### V. Méthode de mesures du diamètre et longueur de la tige

##### V.1 Échantillonnage

Les mesures ont été conduites dans les serres de la pépinière arboricole de la Sarl Boublenza dans la région de Zenata. On a travaillé sur deux serres différentes. Chaque serre comporte 6 blocs, dont chacun contient 80 à 90 plants. Cependant, les mesures ont été effectuées sur 30 plants pour chaque bloc. C'est un échantillonnage semi-orienté car dans les 30 plants on a mesuré d'abord les plants greffés réussis que l'on a complétés aléatoirement avec les autres non réussis. Le total des plants mesurés est de 360.

##### V.2 Pied à coulisse :

Pour les mesures du diamètre des tiges, on a utilisé un pied à coulisse (Figure 28). Cependant, les mesures de la longueur de la tige ont été plus pratiques par un double décimètre.

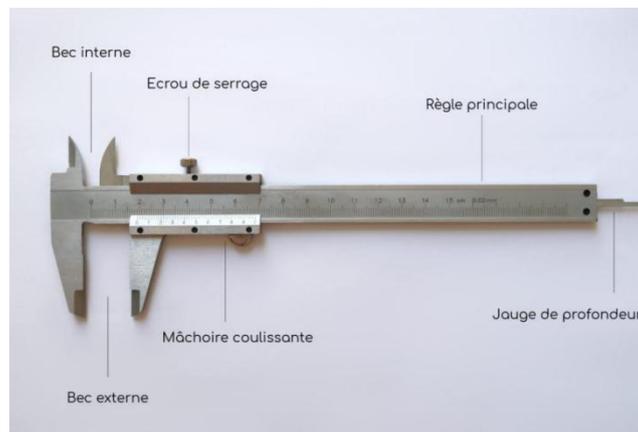


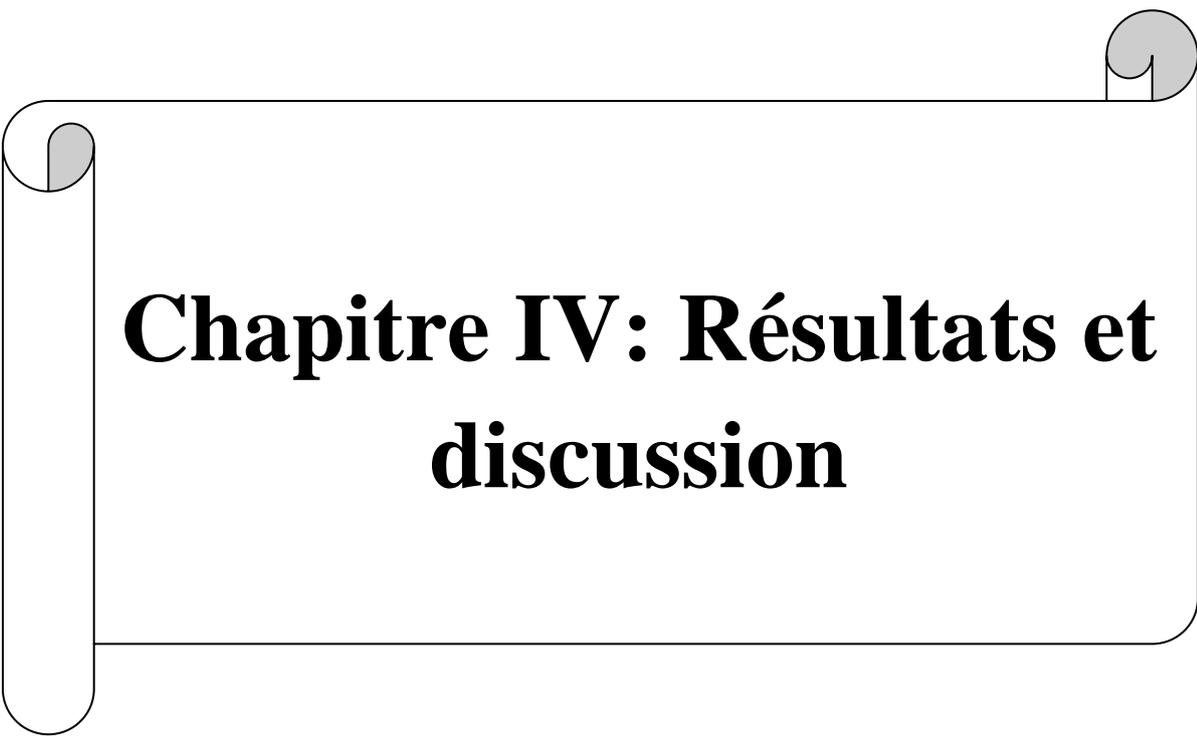
Figure 28: Pied à coulisse ( [www.apprendre-la-bijouterie.fr](http://www.apprendre-la-bijouterie.fr))

**VI. Méthodes d'analyse des facteurs biométriques « diamètre et longueur de la tige » :****VI.1 Logiciel R :**

R est un langage de programmation statistique puissant et flexible qui peut être utilisé pour effectuer des analyses statistiques telles que la régression logistique dans le cadre de la recherche. Son utilisation facilite la mise en œuvre des méthodes, l'analyse des résultats et la communication efficace des résultats (Lafaye Micheaux, et al., 2014).

**VI.2 La régression logistique :**

La régression logistique est une méthode statistique utilisée pour modéliser et prédire une variable dépendante binaire en fonction d'un ensemble de variables indépendantes. Largement utilisé dans la santé, l'économie et de nombreux autres domaines.

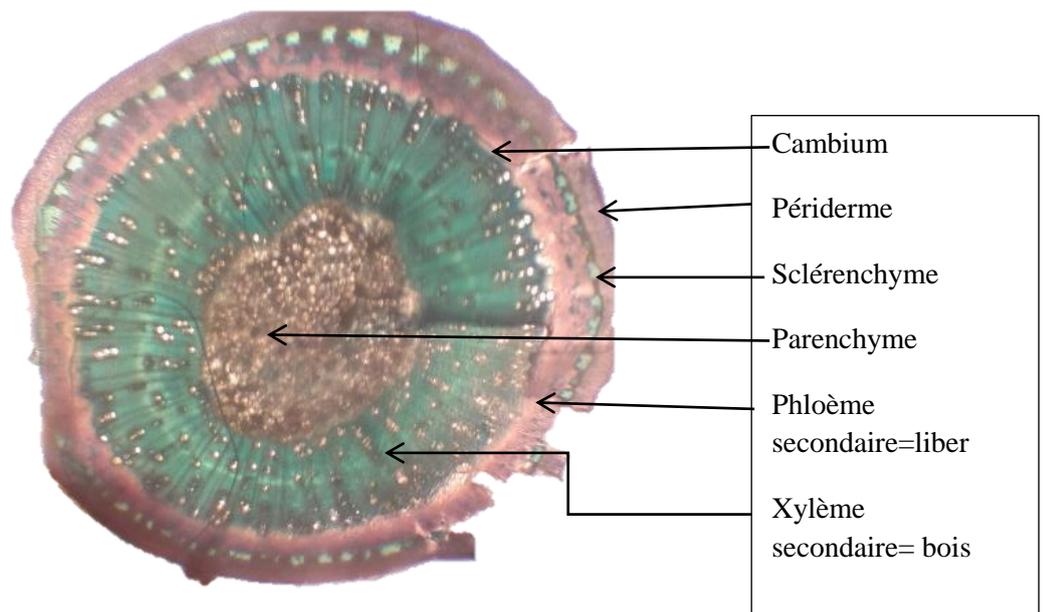


# **Chapitre IV: Résultats et discussion**

**I. Interprétation des tissus végétaux issues de la double coloration :**

Après l'analyse des facteurs biométriques « diamètre et longueur de la tige » on a effectué au laboratoire une double coloration d'un échantillon d'un plant greffé et d'un plant non greffé pour ensuite faire la comparaison des tissus végétaux entre les deux échantillons et comprendre les réponses des tissus greffés.

Lors du greffage du caroubier, différents tissus sont impliqués tels que le cambium, le phloème, le xylème l'écorce.

**a) Plante non greffé : (Figure 29).**

**Figure 29: Coupe Transversale d'un plant non greffé (Mohammedi & Lardjani, 2023)**

Plant greffé (point de greffage) : (Figure 30)

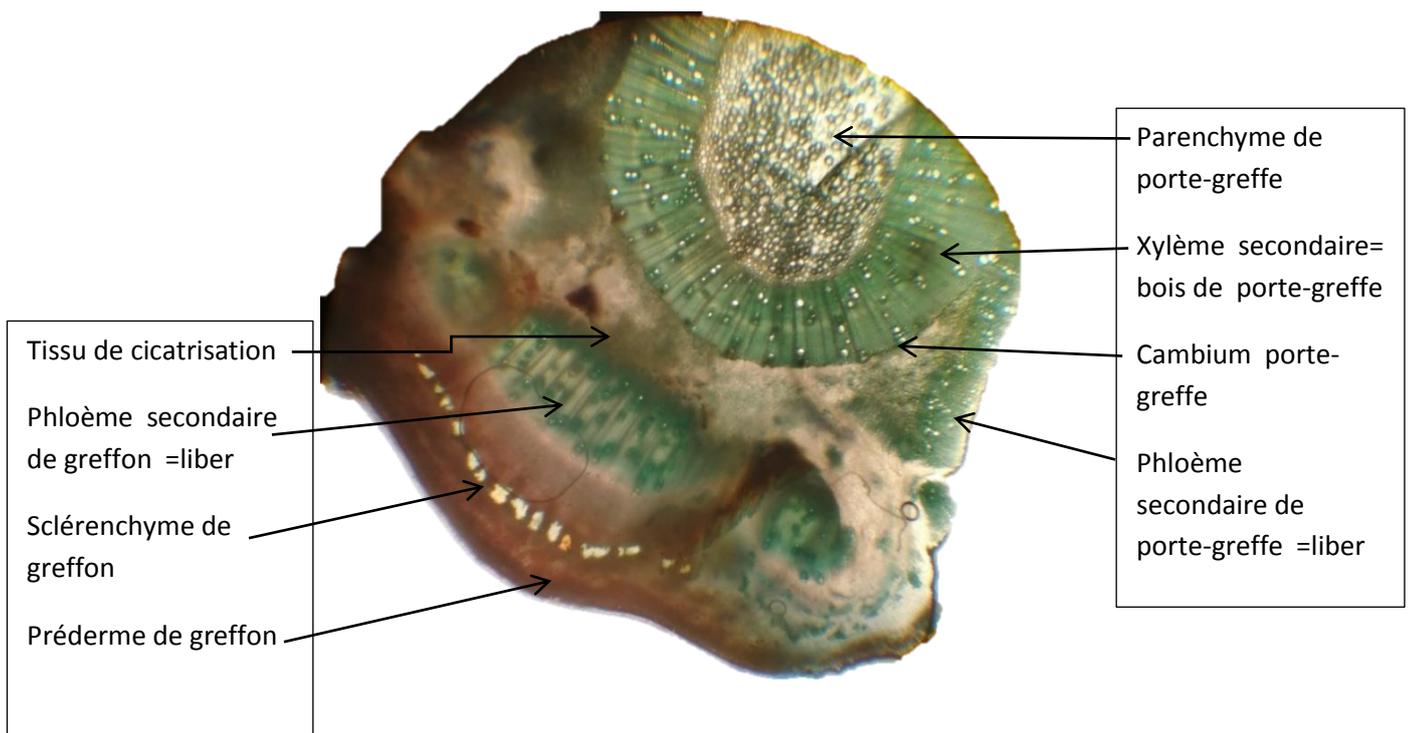


Figure 30 : Coupe Transversale d'un plant greffé (Mohammedi &Lardjani, 2023).

**II. Analyse statistique des données et interprétation****a) Le diamètre :**

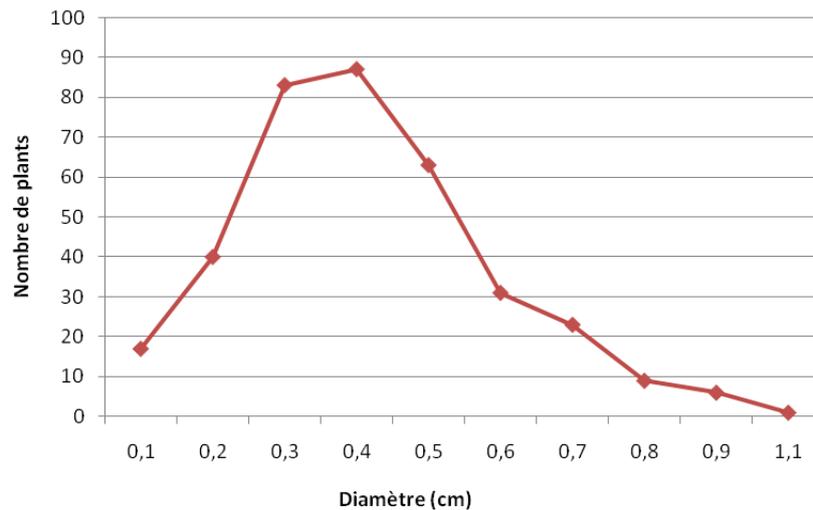
Dans l'ensemble, les 360 plants qui ont été mesuré possèdent un diamètre moyen de 0,415 cm avec un maximum de 1,1cm et un minimum de 0,1cm. L'écart-type étant de 0,137 ce qui veut dire que les valeurs des diamètres de notre échantillon sont proches de la moyenne.

Le tableau suivant représente le nombre de plants par diamètre (cm),

<b>Diamètre (cm)</b>	<b>Nombre de plants</b>
0,1	16
0,2	40
0,3	83
0,4	87
0,5	63
0,6	31
0,7	23
0,8	9
0,9	23
1,1	1

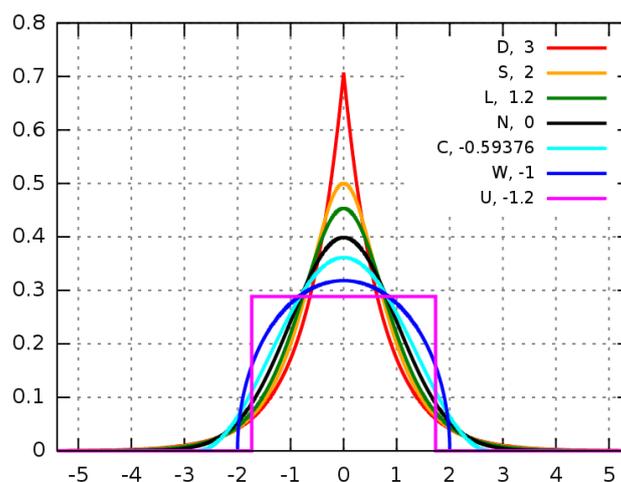
**Tableau 2 : Le nombre de plants pour chaque diamètre mesuré**

La courbe qui représente le nombre de plants en fonction du diamètre, se rapproche à une courbe en cloche de la loi normale (Figure 31), Cependant, elle présente une asymétrie positive, avec une queue de droite plus allongée que la queue de gauche ; ce qui signifie que les diamètres de nos plants échantillonnés ont une légère tendance à des valeurs supérieurs à la moyenne. La valeur de cette asymétrie (skewness) est de 0,621,



**Figure 31 : Courbe qui représente le nombre de plants en fonction du diamètre.**

La *kurtosis* quant à elle mesure l'aplatissement ou la "pointe" de la distribution des données. La figure suivante nous aide à faire l'interprétation :



**Figure 32 : Graphique de plusieurs courbes suivant le kurtosis. Du pic le plus élevé au plus bas : rouge, kurtosis=3 ; jaune, kurtosis=2 ; vert, kurtosis=1,2 ; noire kurtosis=0 (loi normale) ; cyan, kurtosis=-0,594 ; bleu, kurtosis=- ; magenta, kurtosis=-1,2 ( www.wikipedia.org)**

En somme, les valeurs de la kurtosis supérieure à 0 cela signifie que la courbe est plus pointue que la loi normale. Les valeurs négatives la courbe est plus plate que celle de la loi normale.

Dans notre cas la kurtosis est de 0,421, elle indique une distribution légèrement moins pointue que la distribution normale (aussi appelée distribution en cloche ou distribution gaussienne). Cela signifie que les valeurs des données sont moins concentrées autour de la

moyenne et que les queues de la distribution sont moins épaisses que celles d'une distribution normale. La courbe est donc légèrement plus pointue que la distribution normale.

#### b) La longueur :

Les plants échantillonnés possèdent une longueur moyenne entre le collet et le point de greffage de 13,70 cm avec un minimum de 2,5 cm et un maximum de 30cm. L'écart-type est de 3,646, et par rapport à la moyenne c'est une valeur faible ; les valeurs de la longueur des tiges sont bien regroupées autour de la moyenne.

Pour une meilleure analyse, les données brutes ont été organisées en 9 classes de longueur avec un nombre de pas égale à 3. Pour chaque classe on a comptabilisé le nombre de plants, le tableau suivant représente le produit final :

N°	Classe de longueur (en cm)	Nombre de plants/classe
1	2,5 – 5,5	9
2	5,6 – 8,6	37
3	8,7 – 11,7	76
4	11,8 – 14,8	95
5	14,9 – 17,9	76
6	18 – 21	46
7	21,1 – 24,1	14
8	24,2 – 27,2	3
9	27,3 – 30	4

Tableau 3: Nombre de plants de caroubier pour chaque classe de longueur.

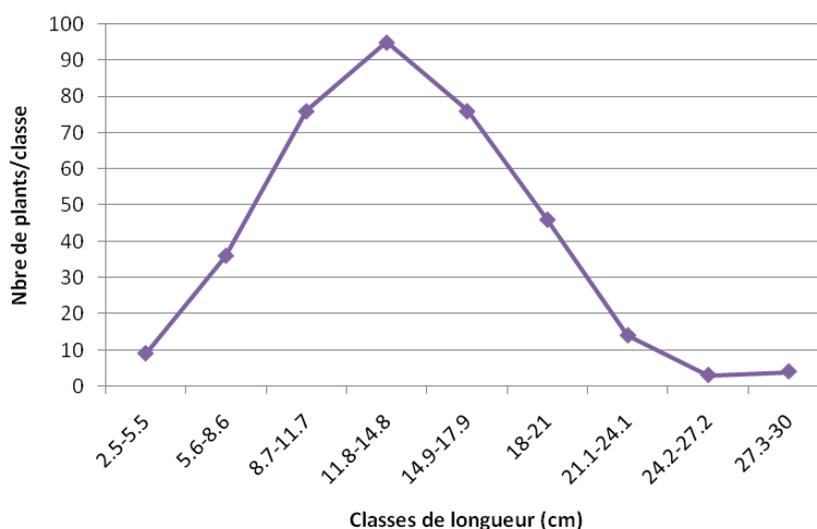


Figure 33: Courbe représentatif du nombre de plants en fonction des classes de longueur.

La courbe qui représente le nombre de plants en fonction des classes de longueur, se rapproche à une courbe en cloche de la loi normale (Figure 33). Cependant, et tout comme la courbe des diamètres, elle présente une asymétrie positive, avec une queue de droite plus allongée que la queue de gauche ; ce qui signifie que les longueurs de nos plants échantillonnés ont une légère tendance à des valeurs supérieures à la moyenne. La valeur de cette asymétrie (*skewness*) est de 0,494.

Dans le cas de la longueur, la kurtosis est de 0,363, elle indique une distribution plus proche de la distribution normale que celle des diamètres.

#### ➤ Réussite du greffage

##### 1) En fonction du diamètre

Sur les 360 plants greffés échantillonnés, seulement 36 ont réussi ce qui représente un taux de réussite de 10% et donc un taux d'échec de 90%. Cela démontre, l'intérêt de faire des investigations sur le pourquoi de ce taux d'échec aussi important.

Diamètre (cm)	Nombre de plants réussis
0,1	2
0,2	4
0,3	13
0,4	7
0,5	6
0,6	2
0,7	1
0,8	1

**Tableau 4: Le nombre de plants réussis par diamètre.**

À la lumière du tableau 5 on remarque que plus de la moitié des plants greffés et réussis possèdent un diamètre entre 0,3 et 0,4. Alors que, intuitivement, on a tendance à penser que plus le diamètre de la tige est important plus la probabilité pour que le greffage réussisse est grande.

2) En fonction de la longueur

N°	Classe de longueur	Nombre de réussites
1	2,5-5,5	1
2	5,6-8,6	6
3	8,7-11,7	7
4	11,8-14,8	8
5	14,9-17,9	7
6	18-21	3
7	21,1-24,1	3
8	24,2-27,2	1
9	27,3-30	0

**Tableau 5: Le nombre de plants réussis par classe de longueur.**

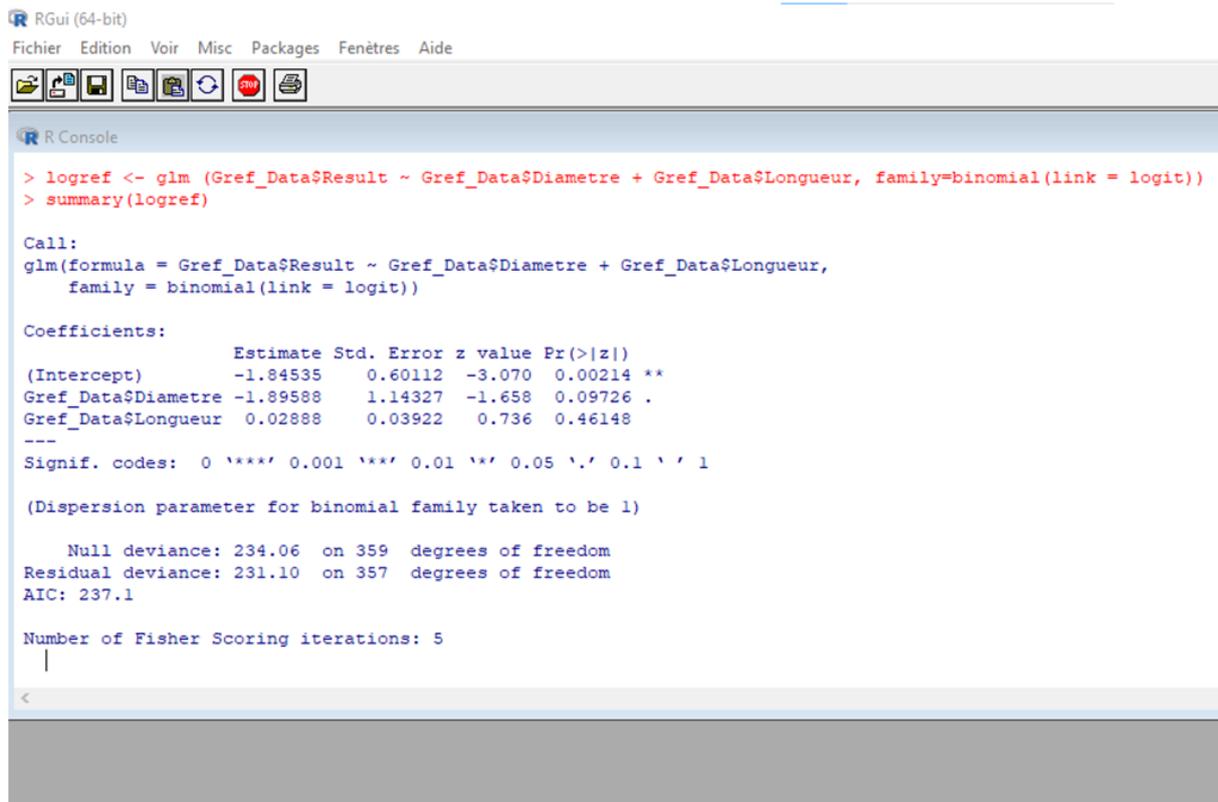
À la lumière du tableau 6 on remarque que plus de la moitié des plants greffés et réussis possèdent une longueur entre 5,6 et 17,9 (classes : 2 à 5). Alors que, pareillement que dans le cas du diamètre, on a tendance à penser que plus la longueur de la tige est importante plus la probabilité pour que le greffage réussisse est grande.

### **III. Les résultats d'analyse de régression logistique du taux de réussite en fonction des facteurs biométriques « diamètre et longueur de la tige » :**

L'application de la régression logistique dans le contexte du greffage du caroubier permettrait d'analyser les facteurs qui influencent le taux de réussite de la greffe.

Selon les données que nous avons collectées sur un échantillon de plants greffés au sein de la pépinière, les variables indépendantes comprennent le diamètre et la longueur de la tige. La variable dépendante binaire est le taux de réussite de la greffe (réussie ou échouée).

Les résultats de notre analyse de régression logistique réalisée avec le logiciel « R » sont :



```

RGui (64-bit)
Fichier Edition Voir Misc Packages Fenêtres Aide

R Console

> logref <- glm (Gref_Data$Result ~ Gref_Data$Diametre + Gref_Data$Longueur, family=binomial(link = logit))
> summary(logref)

Call:
glm(formula = Gref_Data$Result ~ Gref_Data$Diametre + Gref_Data$Longueur,
     family = binomial(link = logit))

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)   -1.84535    0.60112  -3.070  0.00214 **
Gref_Data$Diametre -1.89588    1.14327  -1.658  0.09726 .
Gref_Data$Longueur  0.02888    0.03922   0.736  0.46148
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 234.06  on 359  degrees of freedom
Residual deviance: 231.10  on 357  degrees of freedom
AIC: 237.1

Number of Fisher Scoring iterations: 5

```

Figure 34: Les résultats de logiciel « R »

### ❖ Interprétation des résultats :

#### III.1 Le diamètre (Gref\_Data\$Diametre) :

Le coefficient de régression associé à la variable "Gref\_Data\$Diametre" est -1,89588. La valeur z correspondante est -1,658, avec une valeur p de 0,09726. Cela indique que le diamètre des tiges n'est pas statistiquement significatif pour prédire la réussite du greffage, car la valeur p (0,09726) est supérieure à 0,05. Cependant, il est important de noter que la valeur p est proche de 0,05, ce qui suggère une tendance vers la signification statistique. Cela signifie qu'avec une taille d'échantillonnage plus importante on pourrait avoir des résultats intéressants quant à la relation entre le diamètre de tige et le greffage. Une interprétation plus approfondie peut-être nécessaire pour prendre une décision définitive.

### III.2 La longueur de la tige (Gref\_Data\$Longueur) :

Le coefficient de régression associé à la variable "Gref\_Data\$Longueur" est 0,02888. La valeur z correspondante est 0,736, avec une valeur p de 0,46148. Cela indique que la longueur des tiges n'est pas statistiquement significative pour prédire la réussite du greffage, car la valeur p (0,46148) est supérieure à 0,05. Il n'y a pas suffisamment de preuves pour soutenir une relation significative entre la longueur des tiges et la réussite du greffage.

Pour expliquer l'échec ou la réussite du greffage du caroubier –hors mis le diamètre et la longueur de la tige-, on peut émettre des hypothèses explicatives :

➤ Conditions environnementales :

Les conditions environnementales jouent un rôle crucial dans le greffage réussi du caroubier, des facteurs tels que la température, l'humidité, l'exposition à la lumière peuvent influencer la croissance et le développement des plants en pépinière ou en plein champ. On peut envisager l'examen de la position des plants par rapport aux ouvertures de la serre, proximité de la paroi de la serre, des allées, ...

La gestion adéquate de ces conditions est essentielle pour optimiser le taux de réussite du greffage.

➤ Qualité du substrat :

La qualité du substrat joue un rôle important dans la réussite du greffage, un bon substrat favorise l'enracinement et la croissance du plant concerné. Le substrat doit être bien drainé et bien aéré pour favoriser le développement et éviter la pourriture des racines. L'ajout d'engrais ou de compost peut enrichir le substrat en éléments nutritifs ce qui est essentiel pour la réussite de la greffe.

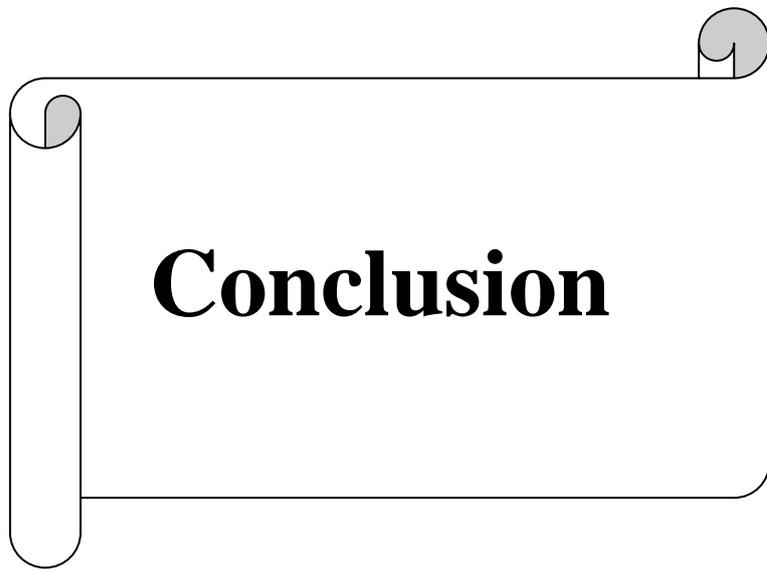
➤ Choix greffon et porte greffe :

C'est un point primordial dans la réussite de la greffe du caroubier. La combinaison des deux est délicate donc une mauvaise compatibilité rend le greffage complexe et engendre l'échec de l'opération (l'importance du cambium). *Ceratonia siliqua* est dioïque et hermaphrodite, cette espèce a une certaine variabilité génétique ou autrement dit une certaine hétérogénéité génétique. On soupçonne qu'il existe certaines variétés plus réceptives au greffage que d'autres.

➤ Le type de greffage :

Le type de greffage utilisé pourrait avoir une influence significative sur le taux de réussites. Il existe différentes méthodes et chacune présente des avantages et des inconvénients donc il faut analyser tous les points avant de greffer.

Comprendre et optimiser ces facteurs pourrait permettre d'améliorer la productivité des plants ainsi améliorer le taux de réussite du greffage.



**Conclusion**

Le caroubier *Ceratonia siliqua* est une espèce méditerranéenne par excellence. Il revêt une importance économique et sylvicole en raison des multiples avantages qu'il offre. Cette espèce présente des qualités remarquables telles que sa résistance à la sécheresse et sa rusticité face aux différents facteurs environnementaux...etc. ces caractéristiques en font un arbre précieux pour la production de bois de qualité, de fruits et d'autres dérivés.

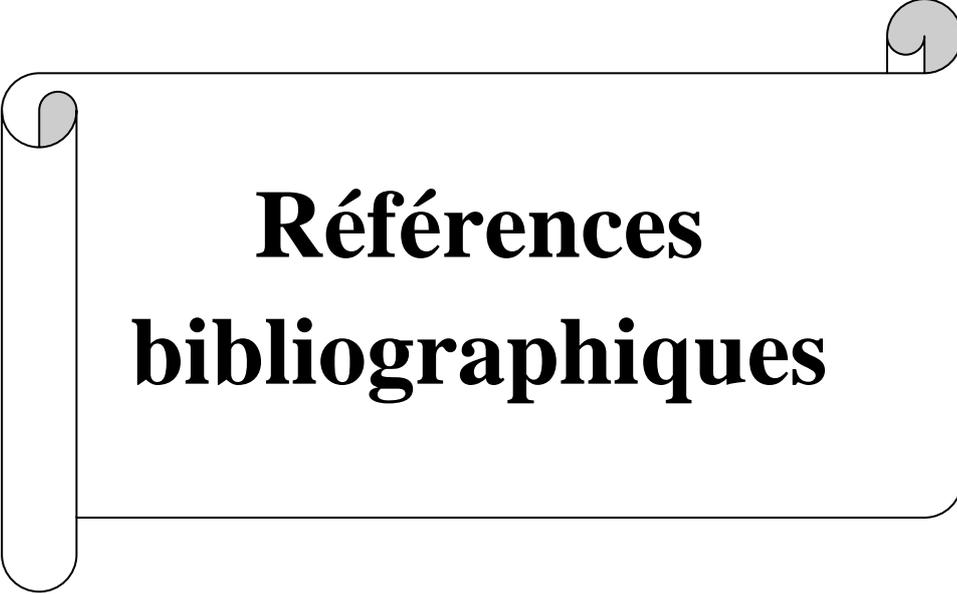
Le caroubier est sujet au greffage qui est une technique couramment utilisée pour la production de plants de qualité mais sa réussite peut être influencée par plusieurs facteurs.

Dans le cadre de cette recherche, nous avons examiné la relation entre le taux de réussite du greffage du caroubier et les deux paramètres biométriques « le diamètre et la longueur de la tige ». En utilisant la régression logistique nous avons pu évaluer l'impact du diamètre et de la longueur de la tige sur le taux de réussite du greffage. Nos résultats ont montré qu'un diamètre plus important été associé à une probabilité plus élevée de réussite tandis que la longueur de la tige n'affecte pas essentiellement le taux de réussite.

Ces résultats peuvent guider les pratiques de sélection des plants pour maximiser les chances de succès lors de la greffe.

En outre, il pourrait y avoir d'autres facteurs qui peuvent influencer le taux de réussite, tels que les conditions environnementales, les techniques de greffage, la qualité du substrat...etc. il est essentiel de prendre en compte ces facteurs afin d'optimiser le succès du greffage du caroubier.

Il convient de noter que cette étude présente certaines limites ; des recherches supplémentaires sont nécessaires pour explorer d'autres paramètres afin d'améliorer la réussite du greffage du caroubier.



**Références  
bibliographiques**

1. Ait Chitt, M., Belmir, H., & Lazrak, A. (2007). Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA MAPM/DERD*, 153, 1-4.
2. Albanell, J., Salud, A., Bellmunt, J., Español, T., Morales, S., García-Bragado, F., & Solé-Calvo, L. A. (1990). Treatment with interferon of systemic Langerhans-cell histiocytosis in an adult. *Medicina Clinica*, 94(5), 184-186.
3. Amiro, B. D., Todd, J. B., Wotton, B. M., Logan, K. A., Flannigan, M. D., Stocks, B. J., ... & Hirsch, K. G. (2001). Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959-1999. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(3), 512-525.
4. Ammari, T., Kaye, J., Tsai, J. Y., & Bentley, F. (2019). Music, search, and IoT: How people (really) use voice assistants. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 26(3), 1-28.
5. Baedeker, K. (1894). *Egypt: Handbook for Travellers. Lower Egypt and the Peninsula of Sinai. Part First.* Karl Baedeker..
6. Batista, G. G. (2021). *Compendio de pedagogía*. Editorial Pueblo y Educación. 354p.
7. Batista, G. G. (2021). *Compendio de pedagogía*. Editorial Pueblo y Educación.
8. Batlle, I. Tous, J. (1997). *Carob tree: Ceratonia siliqua L.-Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. 17 (Vol. 17). Bioversity International. 78p.
9. Biner, B., Gubbuk, H. A. M. İ. D. E., Karhan, M. U. S. T. A. F. A., Aksu, M., & Pekmezci, M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food chemistry*, 100(4), 1453-1455.
10. BOUBLENZA, I. (2012). *Contribution à l'étude de multiplication du caroubier: Ceratonia siliqua*. Thèse de doctorat.
11. Boudy, P. (1952). *Guide du forestier en Afrique du Nord*. 505p.
12. Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian journal of chemistry*, 11(2), 265-274.
13. Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian journal of chemistry*, 11(2), 265-274.
14. Dakia, P. A., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, B., & Paquot, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food hydrocolloids*, 22(5), 807-818.
15. Dakia, P. A., Wathelet, B., & Paquot, M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102(4), 1368-1374.

16. De Candolle, A. (1883). *Origine des plantes cultivées*. G. Baillièrre et cie.
17. El Idrissi, M. M., Aujjar, N., Belabed, A., Dessaux, Y., & Filali-Maltouf, A. (1996). Characterization of rhizobia isolated from Carob tree (*Ceratonia siliqua*). *Journal of applied bacteriology*, 80(2), 165-173.
18. El-Nahhal, Y., & Harrarah, S. (2013). Contamination of groundwater and associated disease: case study from Khan Younis Governorate, Gaza, PNA. *Journal of Environment and Earth Science*, 3(5), 147-154.
19. Ennabili, A., & Gharnit, N. (2003). Effets d'aménagements du littoral tétouanais (nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (Spermatophyta). *Acta Botanica Barcinonensia*, 199-216.
20. Ezzahiri, M., & Tsoutsou, S., Ferreira, C. I., Krieg, J. (2014). Building integration of concentrating solar systems for heating applications. *Applied thermal engineering*, 70(1), 647-654.
21. Gharnit, N., & Ennabili, A. (2016). Categories of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from morocco. *International Journal of Fruit Science*, 16(3), 259-274.
22. Haselberg, C. V. (1996). Factors influencing flowers and fruit development in carob (*Ceratonia siliqua* L.). In *III International Carob Symposium. Cabanas-Tavira, Portugal*.
23. Ibn Al-'Awwâm, Le livre de l'agriculture – Kitâb Al-Filaha. Traduction de l'arabe de J.-J. Clément-Mullet. Édition, Actes Sud, 2000. 1027p.
24. Kim, K. S., Bellendir, S., Hudson, K. A., Hill, C. B., Hartman, G. L., Hyten, D. L., ... & Diers, B. W. (2010). Fine mapping the soybean aphid resistance gene Rag1 in soybean. *Theoretical and applied genetics*, 120, 1063-1071.
25. Konaté, I., Filali-Maltouf, A., & Berraho, E. B. (2007). Diversity analysis of Moroccan carob ("*Ceratonia siliqua*" L.) accessions using phenotypic traits and RAPD markers.
26. Lafaye Micheaux, P., Drouilhet, R., Liquet, B. (2014). Le logiciel R – Maîtriser le langage - Effectuer des analyses statistiques. Springer Paris. 674p.
27. Lavalley, L. L., & Hamm, F. C. (1951). Osteitis pubis: its etiology and pathology. *The Journal of urology*, 66(3), 418-423.
28. Lezghed , H.(2018). Méthode et technique de multiplication en pépinière : le greffage 40 pages.
29. Lin,F,Anh,V.&Turner,I.(2004).Numerical solotion of the fractional Fokker-Planck equation . *Journal of computational and Applied Mathematics* , 166(1),209-219.
30. Martins-Loução, M. A. (1990). Carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Legumes and Oilseed Crops I*, 658-675.

31. Naghmouchi, S., Khouja, M. L., Romero, A., Tous, J., & Boussaid, M. (2009). Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of pods and kernel. *Scientia Horticulturae*, 121(2), 125-130.
32. Nagot, N., Ouédraogo, A., Foulongne, V., Konaté, I., Weiss, H. A., Vergne, L., ... & Mayaud, P. (2007). Reduction of HIV-1 RNA levels with therapy to suppress herpes simplex virus. *New England Journal of Medicine*, 356(8), 790-799
33. Passos, I., Carvalho, M. P. D., & Silva, Z. I. (1988). Uma experiência de gestão colegiada. *Cadernos de pesquisa*, (66), 81-94.
34. Quezel, P., & Médail, F. (2003). Que faut-il entendre par "forêts méditerranéennes". *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.
35. Rejeb, M. N. (1995). Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration. *Quel avenir pour l'amélioration des plantes*, 79-85.
36. Rejeb, M. N., Laffray, D., & Louguet, P. (1991). Modification de la conductance stomatique de diverses origines tunisiennes de caroubier. *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*, 149.
37. Retana, J., Ramoneda, J., Garcia del Pino, F., & Bosch, J. (1994). Flowering phenology of carob, *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinaceae). *Journal of horticultural science*, 69(1), 97-103.
38. Rodríguez Barrueco, C., Subramaniam, P., & Martins-Loução, M. A. (1982). La fijación biológica de nitrógeno atmosférico y la producción vegetal.
39. Seglen, P. O. (1992). The skewness of science. *Journal of the American society for information science*, 43(9), 628-638.
40. Shen, A. X., Cheung, C. M., Lee, M. K., & Chen, H. (2011). How social influence affects we-intention to use instant messaging: The moderating effect of usage experience. *Information Systems Frontiers*, 13, 157-169.
41. Talavera Lozano, S., Arista Palmero, M., & Ortiz Ballesteros, P. L. (1996). Producción de néctar y frecuencia de polinizadores en *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinaceae). In *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC: Real Jardín.
42. Tous, J., & Battle, I. (1990). El algarrobo. *Ed Mundi-Prensa, Madrid, Spain*.
43. Tous, J., Romero, A., Hermoso, J. F., Ninot, A., Plana, J., & Batlle, I. (2009). Agronomic and commercial performance of four Spanish carob cultivars. *HortTechnology*, 19(2), 465-470.

44. Tsoutsou, S., Ferreira, C. I., Krieg, J., & Ezzahiri, M. (2014). Building integration of concentrating solar systems for heating applications. *Applied thermal engineering*, 70(1), 647-654.
45. Vavilov, N. I. (1951). *The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants* (Vol. 72, No. 6, p. 482). LWW.
46. Von Haselberg, C. (1996). Factors influencing flower and fruit development in carob (*Ceratonia siliqua* L.). In *Proceedings of the Third International Carob Symposium (1996, September)*. Tavira: University of Lisbon.
47. ZITOUNI, A. (2010). Monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*). Mémoire de fin d'études. 75p.
48. Zografakis, N., & Dasenakis, D. (2002). Project No 238: Studies on the exploitation of carob for bioethanol production. *Commission of the European Communities Directorate general for energy and transport, Regional Energy Agency, Region of Crete*.
49. Zografakis, N., Dasenakis, D., & Vourdoubas, J. (2002). Market introduction strategy for biodiesel produced by waste oils on the island of Crete. In *Proceedings of the 12th European Biomass Conference* (pp. 365-368).
50. Zohary, M. (1973) *Geobotanical Foundations of the Middle East*. Gustav Fischer Verlag Press, Stuttgart, Swets & Zeitlinger, Amsterdam, Vol. 1-2.

## Référence sur Internet

<https://gaez.fao.org/pages/ecocrop>  
<https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>  
[www.apprendre-la-bijouterie.fr](http://www.apprendre-la-bijouterie.fr)  
[WWW. Getty Images/iStockphoto.fr](http://WWW.GettyImages/iStockphoto.fr)  
[www.maison.20minutes.fr](http://www.maison.20minutes.fr)  
[www.materiel-paysage.fr](http://www.materiel-paysage.fr)  
[www.secretstaillefruitiers.blogspot.com](http://www.secretstaillefruitiers.blogspot.com)  
[www.triangle-outillage.fr](http://www.triangle-outillage.fr)  
[www.amazon.fr](http://www.amazon.fr)  
[www.aquaportail.com](http://www.aquaportail.com)  
[www.Aucuba.com](http://www.Aucuba.com)

[www.Images et Photos Libres De Droits .fr](http://www.Images et Photos Libres De Droits .fr)

[www.jardiner-malin.fr](http://www.jardiner-malin.fr)

[www.maps.google.com](http://www.maps.google.com)

[www.ooreka.fr](http://www.ooreka.fr)

[www.Photo. Pompougnac - CRPF.fr](http://www.Photo. Pompougnac - CRPF.fr)

[www.pinterest.fr](http://www.pinterest.fr)

[www.quelleestcetteplante.fr](http://www.quelleestcetteplante.fr)

[www.Réalisations - Filière Caroubier - PDRZM.com](http://www.Réalisations - Filière Caroubier - PDRZM.com)

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

[www.vergers-vivants.fr](http://www.vergers-vivants.fr)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)