



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



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

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : البيولوجيا وعلم البيئة النباتية.

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

La Valorisation du Caroubier en Algérie

Présenté par : BADAOUI OUAHIBA *DANIA*

Le : 07/06/2024

Jury d'évaluation :

Président : ARFA Azzedine Mohamed Touffik (MCB- U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : ALATOU Hana (MAB – U Constantine 1 Frères Mentouri).

Examineur(s): Bennalia N (MAB – U Constantine 1 Frères Mentouri).

Année universitaire
2023 - 2024

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je rends grâce à Allah, le miséricordieux, par la grâce de qui toute bonne œuvre est accomplie.

Louanges à Toi ALLAH, pour m'avoir guidée sur le chemin de la connaissance et de m'avoir accordé la force d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon encadrante Mme ALATOU HANA, que Dieu la récompense pour avoir partagé ses connaissances ainsi que pour ses précieux conseils, son suivi bienveillant et son accompagnement éclairé tout au long de cette recherche.

Mes vifs remerciements vont également aux éminents membres du jury Monsieur Arfa Azzedine et Mme Bennalia N , qui me font l'insigne honneur d'évaluer mon humble recherche. Que leurs remarques avisées enrichissent d'avantages mes connaissances.

Je remercie aussi tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail de recherche

Dania

DÉDICACES

A Dieu source de toute connaissance

Je dédie ce travail :

À toi ma maman chérie, qui as assumé avec brio les rôles à la fois d'une mère et d'un père, je rends hommage. Tu es la femme la plus courageuse et la plus tendre au monde.

Maman, aucun présent, aussi précieux soit-il, ne pourra jamais exprimer pleinement l'amour profond et la reconnaissance infinie que j'ai pour toi. Merci du fond du cœur pour tous tes sacrifices et l'affection dont tu m'as constamment entouré. Tu es le phare lumineux qui éclaire mon chemin vers la réussite.

Tes soins aimants, ton soutien indéfectible et tes judicieux conseils m'ont permis de devenir la personne que je suis aujourd'hui. Je te serai éternellement reconnaissante pour tout l'amour et le dévouement dont tu as fait preuve. Tu es une mère exceptionnelle et je t'aime inconditionnellement.

À mamie chérie, tu es une véritable source d'inspiration pour moi. Merci pour ton amour inconditionnel, tes précieux conseils et ton soutien indéfectible. Je suis infiniment reconnaissante de t'avoir dans ma vie.

Maya, tu es bien plus qu'une sœur pour moi, tu es une véritable source d'inspiration et un modèle à suivre. Merci d'avoir toujours été là pour me guider, me soutenir et me reconforter. Ta sagesse, ta force et ton amour inconditionnel m'ont aidé à traverser les moments difficiles. Je suis infiniment reconnaissante de t'avoir dans ma vie et fière d'être ta grande sœur.

Ma chère Nihal, bien que tu sois ma petite sœur, tu fais preuve d'une maturité d'esprit remarquable. Merci pour ta joie de vivre communicative, ton humour débordant et ta capacité à me remonter le moral dans les moments de doute. Ta

présence apporte tellement de lumière et de bonheur dans ma vie. Je suis comblée d'avoir une sœur aussi merveilleuse que toi.

Merci à mes meilleures amies Kaouther et Rayene , mes plus fidèles soutiens, pour tous ces merveilleux souvenirs partagés ensemble.

Dania

Résumé

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est un arbre emblématique de la région méditerranéenne, natif des zones semi-arides et arides du Proche-Orient. Grâce à sa robustesse et sa tolérance à la sécheresse, il s'est disséminé dans les pays du pourtour méditerranéen, y compris l'Algérie, s'adaptant aux conditions climatiques rigoureuses. Connue depuis l'Antiquité pour ses multiples usages traditionnels et artisanaux. Ce travail, autour du caroubier aux multiples facettes, aborde son origine, sa répartition géographique, ses caractéristiques botaniques et écologiques, ainsi que sa multiplication, sa distribution mondiale, mettant l'accent sur le bassin méditerranéen et l'Algérie. Le mémoire explore ensuite les différentes utilisations du caroubier, que ce soit dans l'agroalimentaire, l'industrie cosmétique ou pharmaceutique, soulignant son importance socio-économique. Une partie significative est consacrée à une étude de terrain menée dans la wilaya de Constantine, analysant la présence et l'état sanitaire des caroubiers dans deux sites spécifiques. Les causes potentielles de la rareté de l'espèce dans la région sont identifiées. Enfin, des pistes de valorisation durable du caroubier sont proposées, abordant les opportunités, les défis techniques, organisationnels et réglementaires, ainsi que les impacts socio-économiques et environnementaux associés.

Mots clés : Caroubier, valorisation, Algérie.

Abstract:

The carob tree (*Ceratonia siliqua L.*) is an emblematic tree of the Mediterranean region, native to the semi-arid and arid zones of the Middle East. Thanks to its robustness and drought tolerance, it has spread to the countries around the Mediterranean, including Algeria, adapting to harsh climatic conditions. Known since ancient times for its multiple traditional and artisanal uses. This work, revolving around the multi-faceted carob tree, addresses its origin, geographical distribution, botanical and ecological characteristics, as well as its propagation and worldwide distribution, with a focus on the Mediterranean basin and Algeria. The thesis then explores the different uses of the carob tree, whether in the agri-food, cosmetic or pharmaceutical industry, highlighting its socio-economic importance. A significant part is devoted to a field study conducted in the wilaya of Constantine, analyzing the presence and health status of carob trees in two specific sites. The potential causes of the species' scarcity in the region are identified. Finally, avenues for sustainable valorization of the carob tree are proposed, addressing opportunities, technical, organizational and regulatory challenges, as well as associated socio-economic and environmental impacts.

Keywords: carob, valorization, Algeria.

ملخص :

الخروب (السراتونيا سيليكال) هو شجرة رمزية لمنطقة البحر الأبيض المتوسط، أصلية من المناطق شبه الجافة والجافة في الشرق الأوسط. بفضل متانتها وتحملها للجفاف، انتشرت في بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط، بما في ذلك الجزائر، متكيفة مع الظروف المناخية القاسية. وهي معروفة منذ العصور القديمة لاستخداماتها التقليدية والحرفية المتعددة. يدور هذا العمل، حول شجرة الخروب المتعددة الجوانب، حول أصلها وتوزيعها الجغرافي وخصائصها النباتية والبيئية، فضلاً عن تكاثرها وتوزيعها العالمي، مع التركيز على حوض البحر الأبيض المتوسط والجزائر. يستكشف الأطروحة بعد ذلك الاستخدامات المختلفة لشجرة الخروب، سواء في الصناعات الغذائية والتجميلية والصيدلانية، مسلطة الضوء على أهميتها الاقتصادية والاجتماعية. يخصص جزء كبير لدراسة ميدانية أجريت في ولاية قسنطينة، تحلل وجود وحالة شجرة الخروب في موقعين محددتين. ويتم تحديد الأسباب المحتملة لندرة النوع في المنطقة. وأخيراً، تُقترح سبل لتثمين شجرة الخروب بشكل مستدام، تتناول الفرص والتحديات التقنية والتنظيمية، فضلاً عن الآثار الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المرتبطة بها.

الكلمات المفتاحية: الخروب، التثمين، الجزائر.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	9
I. Introduction	1
Chapitre 01: Généralités sur le caroubier	2
1. Origine et taxonomie	2
1.1. Origine du Caroubier	2
1.2. La Taxonomie	2
Le tableau 1 présente la taxonomie du caroubier donnée par la classification APG III. .	3
2. Répartition géographique du caroubier	3
2.1. Répartition géographique du caroubier dans le monde	3
2.2. Répartition géographique du caroubier dans le bassin méditerranéen	4
2.3. Répartition géographique du caroubier En Algérie	5
3. Caractères botanique	6
3.1. Les Racines	6
3.2. le tronc	6
3.3. les feuilles	7
3.4. les fleurs	8
3.5. les fruits	9
4. Caractères Ecologique	10
5. Techniques de Multiplication	10
5.1. la multiplication sexuée	11
5.2. Multiplication asexuée	12
5.2.1 Le Greffage	12
5.2.2 le Marcottage	13
6. Role écologique du caroubier dans les écosystèmes	13
Chapitre 02 : Utilisations du caroubier	15
1. Composition chimique du caroubier	14
2. Utilités du caroubier	15
2.1. usage agroalimentaire du caroubier	15
2.2. usage industriel du caroubier	16
2.2.1. Utilisation dans l'industrie cosmétique	17

2.2.2. Applications dans l'industrie pharmaceutique et Médicinale	17
3. Importance socioéconomique du caroubier	18
Chapitre 03 : Le Caroubier dans la wilaya de Constantine	19
1.Approche méthodologique.....	19
1.1. Collecte de données.....	19
1.1.1. Visite à la conservation des forêts de Constantine.....	19
1.1.2. Expertise sur la répartition naturelle du caroubier.....	22
1.2. Compilation et analyse des données recueillies.....	30
1.2.1. Causes possibles expliquant la non-germination des plantations de caroubiers réalisées par la conservation des forêts.....	30
1.2.2. La rareté apparente du caroubier dans les différents sites prospectés autour de Constantine	30
Chapitre 04 : la valorisation du caroubier	32
1.valorisation alimentaire des fruits et des déchets de transformation	31
1.1. Produits dérivés a partir de la farine de caroube	31
1.2. Produits dérivés a partir des graines de caroube.....	32
2. Recherche et innovation pour valoriser tous les sous-produits du caroubier	33
3. l'intégration de l'innovation dans l'agriculture du caroubier pour une meilleure valorisation.....	33
4. Promotion de la culture et de la transformation du caroubier	34
4.1. Sensibilisation et formation des agriculteurs	35
4.2. Renforcement des capacités des coopératives	35
5. Développement de filières structurées.....	36
6. Soutien institutionnel et promotion	36
7. Recherche et développement.....	36
8. Marketing et commercialisation	37
9. Programme d'amélioration génétique du caroubier pour une meilleure tolérance au froid.....	37
10. Intégration de la farine de caroube dans des produits finis commercialisables à haute valeur ajoutée : Une opportunité de valorisation durable.....	38
11. Avantages et bénéfices écologiques de la valorisation du caroubier	40
a. Sur le plan économique	40

b.	Sur le plan social.....	40
c.	Sur le plan environnemental.....	40
d.	Sur le plan scientifique.....	40
12.	Contraintes et obstacles a la culture et a l'exploitation.....	41
a.	Sur le plan agronomique.....	41
b.	Sur le plan technique.....	41
c.	Sur le plan organisationnel.....	41
d.	Sur le plan économique.....	41
e.	Sur le plan réglementaire.....	42
13.	Impact socioéconomique et environnementale.....	42
a.	Sur le plan socio-économique.....	42
b.	Sur le plan environnemental.....	42
14.	Perspectives d'amélioration et de développement du caroubier.....	43
	Conclusion	45
	Références bibliographiques	46

Tables des illustrations

Liste des photos

Photo 1 : Arbre caroubier (Decor.fr 21 mars 2019).	2
Photo 2 : Tronc du caroubier (Oasis des trois chênes.fr).	7
Photo 3 : Feuilles de caroube (Pépinière -espace verts Constantine).	8
Photo 4 : Inflorescence mâle du caroubier (Crédit photo- soltenviva - flickr.com).	8
Photo 5 : Inflorescence femelle du caroubier (olharfeliz.typepad.com).	9
Photo 6 : Fruits de caroube (Décor.fr 21 mars 2019).	10
Photo 7 : Plantule de caroube (Pépinière -Espaces verts Constantine).....	12
Photo 8 : Le caroubier à Ibn Ziad (Badaoui, 2024).	23
Photo 9 : Caroubier Ibn Ziad Chikh Zouaoui Constantine (Badaoui, 2024).	24
Photo 10 : Le Caroubier à Ibn Ziad (Filali, 2022).	25
Photo 11 : Le Caroubier au site d’Emir Abdelkader Constantine (Filali, 2009).....	25
Photo 12 : Arbre Caroubier cité Emir Abdelkader (09/05/2024 BADAOUI DANIA).....	26
Photo 13 : Quelques pieds de caroubier sous les ponts de Constantine (Badaoui, 2024).	28
Photo 14 : Arbre caroubier université Constantine 1 Frères Mentouri (Badaoui, 2024).	29
Photo 15 : Le Caroubier à Ain Smara constantine (Filali, 2019).....	29
Photo 16 : Farine de caroube (SARL BOUBLEENZA.com).	31

Liste des figures

Figure 1: Aire de distribution du caroubier dans le monde (Batlle et al. 1997).	4
Figure 2: Aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne (Rejeb, 1994).	5
Figure 3: Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H 2004).	5
Figure 4 : Carte de localisation des sous parcelles du caroubier à Ibn ziad: Forêt de Megharouel (Fillali, 2022).	21
Figure 5: Carte de localisation des sous parcelles commune EL Khroub : Forêt El Merridj.	22
Figure 6: Localisation du caroubier à Emir Abdelkader Constantine (Badaoui, 2024).	26

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie du caroubier selon la Classification APG III (2009).	3
Tableau 2 : La composition moyenne de la pulpe du caroubier (Puhan et Wielinga (1996) mentionné dans (Batlle et al, 1997).	14
Tableau 3 : Premier site de Réhabilitation (Ibn Ziad).	20
Tableau 4 : Coordonnées géographiques des sous parcelles commune Ibn Ziad :Forêt de Megharouel.	20
Tableau 5 : Deuxième site de Réhabilitation au Meridj (El-Khroub).	21
Tableau 6: Coordonnées géographiques des sous parcelles commune El Khroub lieu El Merridj.	22
Tableau 7: Composant de la farine de caroube (Yassine Nasser 2012/2013).	32

INTRODUCTION

I. Introduction

Le Caroubier est un arbre typiquement méditerranéen d'origine du sud de l'Arabie (Yamen), il s'adapte au climat doux dans les zones semi-arides et arides.

Cet arbre est présent en Algérie depuis très longtemps, il est intrinsèquement lié aux écosystèmes naturels dans les zones littorales et les massifs montagneux.

Pourtant, malgré son implantation historique et sa valeur culturelle majeure, sa valeur économique et écologique reste encore largement inexploitée en Algérie, son utilisation est restée traditionnelle et artisanale, se limitant principalement à l'alimentation animale et quelques usages.

Cependant, les caractéristiques agroalimentaire, médicinale, industrielle et socio-économique avérées de ce taxon arborescent fournissent de nombreuses possibilités de valorisation qui n'ont pas été intégralement mises en œuvre.

L'objectif de ce mémoire est d'explorer les différentes voies de valorisation du caroubier en Algérie afin d'identifier les moyens pour mieux exploiter cette ressource locale dans une perspective de développement durable.

L'analyse portera sur les aspects agronomique, technologique, économique et réglementaire lié à la filière du caroubier en Algérie.

Dans un premier temps, nous avons identifié les lieux de culture et d'utilisation traditionnelle du caroubier dans la région de Constantine et en Algérie. Nous avons examiné les plantations existantes, leur état sanitaire et leur répartition géographique dans cette région. Ensuite, nous avons étudié les différentes possibilités de valorisation des sous-produits du caroubier (fruits, graines, bois, etc.) sur les plans alimentaire, cosmétique, pharmaceutique, et industriel. Enfin, nous avons évalué les enjeux et les perspectives de développement de cette filière dans le contexte algérien, en tenant compte des contraintes et des opportunités spécifiques à la région de Constantine.

Cette étude vise ainsi à contribuer à la valorisation durable d'une ressource locale emblématique, dans une optique de développement économique, de préservation de l'environnement et de mise en valeur du patrimoine culturel algérien.

Chapitre 01: Généralités sur le

caroubier

1. Origine et taxonomie

1.1. Origine du Caroubier

Le mot caroubier vient de l'arabe El kharoub. Il est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* L. Ceratonia, du grec keratia, désigne une petite corne et le nom d'espèce siliqua, désigne en latin une siliqua ou gousse (photo 1). Il est aussi appelé Carouge, Pain de Saint Jean-Baptiste, figuier d'Egypte, fève de Pythagore (Batlle et al, 1997).

Le lieu d'origine du caroubier demeure incertain. (Schweinfurth ,1894) a insinué qu'il est originaire du Sud de l'Arabie (Yémen). Cependant, (Zohary ,1973) a considéré le caroubier comme originaire de la flore d'Indo Malaisie, groupé avec Olea, (Laurus, Myrtus). D'autres auteurs, comme (Vavilov ,1951) et (Decandolle ,1983), ont rapporté qu'il serait natif de la région Est méditerranéenne (Turquie et Syrie).

Le caroubier était connu dans le proche Orient et les îles de la Méditerranée. En Egypte, les pharaons utilisaient la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (XVIIe siècle avant J.C). Cette espèce ligneuse a été domestiquée depuis le néolithique (4000 ans avant J.C.), et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. (Batlle et al, 1997).



Photo 1 : Arbre caroubier (Decor.fr 21 mars 2019).

1.2.La Taxonomie

Le tableau 1 présente la taxonomie du caroubier donnée par la classification APG III.

Tableau 1 : Taxonomie du caroubier selon la Classification APG III (2009).

Règne	Archéplastides
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones vraies
Clade	Noyau des Dicotylédones vraies
Clade	Rosidées
Clade	Fabidées
Ordre	Fabales
Famille	Fabacées
Genre	Ceratonia
Espèce	Ceratonia siliqua L

2. Répartition géographique du caroubier

La distribution a été progressive compte tenu de son exigence climatique, cette espèce s'adapte à un climat doux typiquement méditerranéen comme l'Australie, la Californie, l'Afrique du sud ainsi l'Amérique du sud.

2.1. Répartition géographique du caroubier dans le monde

Le caroubier pousse en Turquie, à Chypre, en Syrie, Liban, sud de la Jordanie, Égypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'ouest Méditerranéen (Hillcoat et al., 1980). Il a été propagé par les Grecs en Grèce et en Italie, et par les Arabes sur la côte nord Afrique, sud et est de l'Espagne (figure 1). Depuis, il est diffusé dans le sud du Portugal, dans le sud-est de la France.

La caroube est également cultivée dans plusieurs autres pays, zones climatiques et régions méditerranéennes telles que l'Australie, l'Afrique du Sud, les États-Unis (en particulier l'Arizona et Californie du Sud), les Philippines et l'Iran (Bertrand, 2013).



Figure 1: Aire de distribution du caroubier dans le monde (Batlle et al. 1997).

2.2. Répartition géographique du caroubier dans le bassin méditerranéen

Le caroubier est une espèce typiquement méditerranéenne où sa distribution dans cette région est très ancienne, elle est répandue dans les zones semi-arides et arides (Benmahioul et Al., 2011)(figure 2). Son utilisation multiple agro-sylco-pastorale a favorisé son extension (Rejeb, 1994).



Figure 2: Aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne (Rejeb, 1994).

2.3. Répartition géographique du caroubier En Algérie

En Algérie, la caroube est souvent cultivée dans l'Atlas saharien, On le retrouve à l'état naturel associé à l'amandier, *Olea Europaea* et *Pistacia Atlantica* dans les régions semi-arides chaudes, sub-humides et humides, Il est protégé du gel dans les vallées fraîches à des altitudes comprises entre 100 et 1300 mètres , Les températures varient de 5°C à 20°C et les précipitations varient de 80mm à 600mm/an (Rebour, 1968). Sur la base de ces critères climatiques, l'aire de répartition du caroubier a été déterminée en Algérie (figure 3).

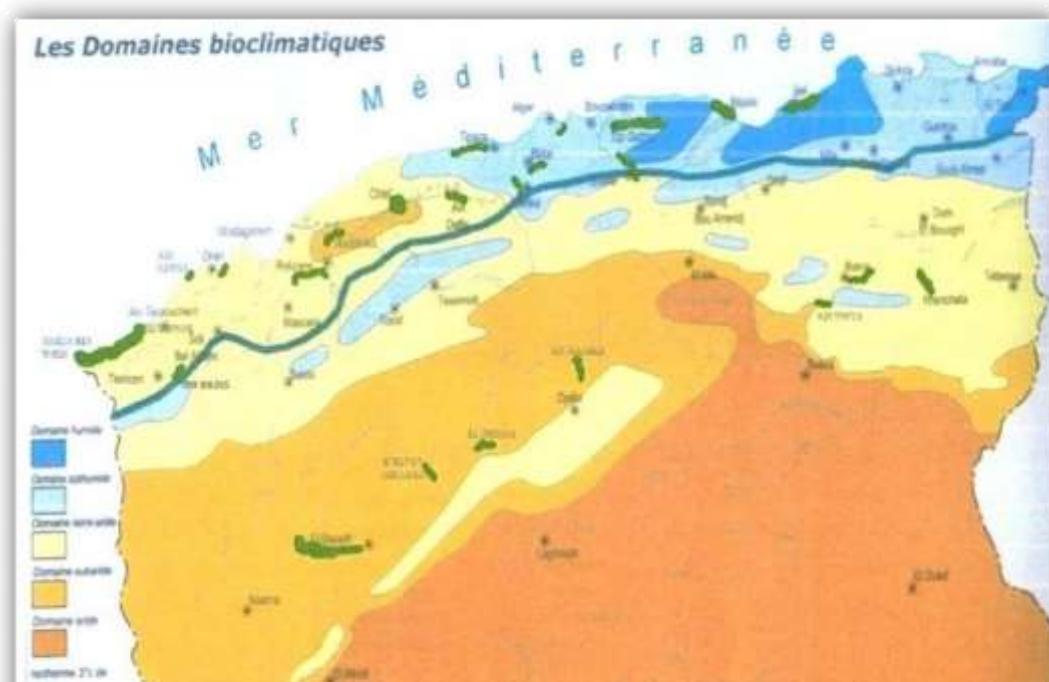


Figure 3: Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H 2004).

3. Caractères botanique

Le caroubier est un arbre ou arbuste à croissance lente (Quezel et Santa ,1962), qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m . Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur.

3.1. Les Racines

La racine du caroubier est très ramifiée en surface , avec des formations épaisses dans sa partie supérieure qui en se séparant du tronc vont prendre une direction oblique par géotropisme positif.

Ces formations caractérisent la majeure partie du système racinaire du caroubier et forment un socle considérable même il est moins marqué que celui formé chez l'olivier. Se caractérise par une croissance lente mais avec un développement important.

Ce système racinaire permet l'absorption de l'humidité et des éléments nutritifs sur une grande surface de terrain, particulièrement à partir de la couche la plus superficielle du sol, laquelle présente les niveaux les plus élevés de fertilité, d'aération et de matière organique. C'est probablement l'une des raisons principales pour laquelle cet arbre peut croître dans un terrain rocailleux avec des sols peu profonds et dans des conditions arides qui seraient restrictifs pour d'autres cultures (Albanell, 1990).

3.2. le tronc

Le tronc du caroubier est épais, robuste avec écorce rugueuse et brin-grisâtre (Albanell, 1990) tandis que l'écorce est lisse sur la partie supérieure du tronc et à la base des branches(photo 2). Les branches présentent les différentes caractéristiques suivantes (Albanell, 1990) :

- Les branches principales d'âge avancé sont généralement épaisses, tortueuses. Leur rôle principal est celui de servir comme élément support à d'autres branches, même si elles peuvent occasionnellement être productives .
- Les branches secondaires sont de taille moyenne avec une tendance à être plus au moins érigées selon leur âge en particulier dans la partie supérieure de la couronne. Elles constituent les principales branches de production.

- Les jeunes branches ou rameaux, de taille plus petite, sont situées dans la partie externe de la couronne ou zone de croissance. Elles sont flexibles et ont une écorce lisse recouverte de lenticelles qui permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère.



Photo 2: Tronc du caroubier (Oasis des trois chênes.fr).

3.3. les feuilles

Ses feuilles persistantes sont assez grandes (10 à 20 cm de longueur), composées de 4 à 10 folioles ovales ou elliptiques (3 à 7 cm de longueur) opposées, de couleur verte luisante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure. Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet (photo 3).



Photo 3: Feuilles de caroube (Pépinière -espace verts Constantine).

3.4. les fleurs

La floraison chez le caroubier a lieu en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Cette espèce est considérée comme la seule dans la région méditerranéenne qui fleurisse en été. Les floraisons femelles apparaissent à partir de juillet, tandis que les fleurs mâles apparaissent d'août à septembre. Les pieds femelles doivent être pollinisés par des sujets mâles pour produire, à partir de l'âge de 15 ans (photo 4 et 5).



Photo 4: Inflorescence mâle du caroubier (Crédit photo- soltenviva - flickr.com).



Photo 5: Inflorescence femelle du caroubier (olharfeliz.typepad.com).

3.5. les fruits

Les caroubes sont réunies en grappes simples. Ce sont des gousses indéhiscentes, de grande taille : 10 à 30 cm de longueur, 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2 cm d'épaisseur. Chaque caroube pèse environ 15 à 30 grammes (Batlle et al, 1997).

La gousse comporte trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, des cloisons pulpeuses transversales qui la sépare à l'intérieur renfermant de 4 à 16 graines dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm

D'abord, Il est vert puis brun, et, au moment de la maturité, brun foncé à noir (Ait Chitt, 2007). Le fruit du caroubier atteint la maturité par trois stades de développement :

- le premier stade est caractérisé par une lente croissance en automne et en hiver .
- le second correspond à un développement actif et une croissance rapide des gousses au printemps .
- au dernier stade, la gousse mûrit et se durcit en juin-juillet (Benmahioul et al., 2011).



Photo 6: Fruits de caroube (Décor.fr 21 mars 2019).

4. Caractères Ecologique

Le caroubier se développe dans les ambiances climatiques du type aride côtier, semi-aride, sub-humide et humide dans les variantes tempérées et chaudes. Cependant, il trouve son optimum de développement dans le subhumide tempéré et chaud. Le caroubier affectionne les sols superficiels, rouges et les encroûtements (essence thermophile).

Le caroubier est un arbre typique des pays méditerranéens, répandu à l'état naturel ou cultivé le long des zones littorales de la Grèce, de la Turquie, de la Syrie, de la Palestine, de l'Afrique du Nord, de l'Espagne, de l'Italie et de la France. (Ouchkif, 1988).

5. Techniques de Multiplication

Le caroubier peut se reproduire par deux voies : la multiplication sexuée et asexuée . ces deux voies sont complémentaires (Benmahioul et al., 2011).

Toutefois, le bouturage du caroubier est assez complexe, mais reste possible avec l'utilisation des hormones de croissance, avec la maîtrise des variables environnementales pour l'obtention de l'enracinement (Sbay et Lamhamedi, 2015).

5.1. la multiplication sexuée

Le semis est le plus utilisé pour la multiplication du caroubier (photo 7). Les graines sont protégées par une enveloppe dure, qui nécessite un prétraitement pour lever la dormance tégumentaire afin de permettre la germination (Ait Chitt et al, 2007).

Pour la germination des graines, elles nécessitent au préalable un prétraitement mécanique avec une microfissuration, ou thermique avec l'eau bouillante et/ou chimique avec l'acide sulfurique. Ceci permet la levée de la dormance tégumentaire due à la dureté des téguments (Gadoum, 2020).

Pour remédier à cette anomalie, un trempage des graines est nécessaire soit :

1. Dans de l'acide sulfurique pendant une demi-heure puis les rincer abondamment avec de l'eau courante, puis les laisser 24 à 48 heures dans l'eau et les planter directement.

2. Dans de l'eau bouillante pendant 15 minutes, puis de laisser encore 48 heures dans l'eau.

- Lors du trempage, s'assurer visuellement que les semences ont augmenté de volume.

- Après ces traitements, les graines sont mises dans un bac de sable pour poursuivre la germination, par la suite, les graines sont repiquées dans leurs conteneurs définitifs.

- Arroser sans excès.

- Attention, lors du repiquage à ne pas casser la racine pivotante.

- La graine de caroubier peut rester viable pendant plusieurs années. Cependant, en général on utilise les graines de l'année pour garder la faculté germinative.

- Une sélection préalable des semences est faite avant le semis, en tenant compte de l'aspect des graines, de la couleur et de la forme.



Photo 7: Plantule de caroube (Pépinière -Espaces verts Constantine).

5.2. Multiplication asexuée

La multiplication asexuée ou multiplication végétative est un processus d'amélioration du caroubier qui permet d'enlever certaines contraintes dues à l'espèce.

5.2.1 Le Greffage

Le greffage est une opération nécessaire et importante chez le caroubier. Cette opération permet d'obtenir des plants de qualité, de l'entrée précoce en production, d'augmenter la production de la caroube par distinction des pieds mâles des pieds femelles, et de garder les caractères morphologiques du pied mère (Ait Chitt et al ,2007).

Le caroubier peut se multiplier par plusieurs types de greffage et les plus courants sont :

- La greffe en fente : elle consiste à introduire les greffons sélectionnés taillés en double biseau triangulaire, puis insérés dans une fente sur un demi- diamètre préparée sur le porte greffe. Ils doivent être du même diamètre cela permet de coïncider les différentes parties de l'assemblage.

- La greffe en écusson à œil poussant ou dormant, est de mettre en contact un œil ou bourgeons à bois sur le porte greffe par l'intermédiaire d'une incision en forme de T, ou H et ou en T renversé.
- La mini-greffe appelée chip budding est l'opération d'introduire un bourgeon à bois sur le porte greffe, s'effectue à partir du mois de mars en mettant en contact le bois du greffon et celui du porte greffe.
- La greffe en placage s'effectue sur des sujets âgés, cette opération consiste à placer un bourgeon du pied mère de la forme de carré de 2 à 3 cm de côté.
- La greffe en couronne, se pratique sur des sujets à gros diamètre avec la mise en place de 2 à 3 rameaux sur le bord de la section, elle se réalise au mois de mai (Boublenza, 2012).

5.2.2 le Marcottage

Le marcottage aérien est peu utilisé. Il devient intéressant dans le cas de la greffe récalcitrante pour les sujets exceptionnels présentant des caractères morphologiques voulus du fruit, de la production ou de la résistance aux maladies et autres.

Elle se pratique à partir de la fin du mois de mai, en utilisant de la tourbe préalablement trempée dans de l'eau pendant au moins 48 heures.

On enveloppe l'ensemble avec un film plastique imperméable où les deux extrémités seront ficelées hermétiquement.

Dans le cas de dessèchement de la motte, on injecte de l'eau à l'aide d'une seringue afin d'humidifier l'ensemble. Au mois d'août, on remarque l'émission de racines blanchâtres à travers le film plastique. Ensuite, on procède au sevrage du marcottage. (Boublenza. I 2020).

6. Role écologique du caroubier dans les écosystèmes

Le caroubier joue un rôle écologique important dans les écosystèmes, notamment dans les régions arides et semi-arides du bassin méditerranéen. Voici quelques aspects clés du rôle écologique du caroubier :

- Protection des sols contre l'érosion : Le système racinaire profond et étendu du caroubier contribue à stabiliser les sols et à prévenir l'érosion, particulièrement dans les zones arides et montagneuses. Ses racines aident à fixer le sol et à réduire le ruissellement de l'eau.

- Amélioration de la fertilité des sols : Les feuilles du caroubier, riches en azote, servent d'engrais vert lorsqu'elles tombent et se décomposent au sol, améliorant ainsi la fertilité et la structure du sol.
- Habitat pour la biodiversité : Le caroubier fournit un habitat, un abri et une source de nourriture pour de nombreuses espèces animales, notamment les oiseaux, les insectes pollinisateurs et certains mammifères.
- Régulation du microclimat : Grâce à son feuillage dense, le caroubier offre de l'ombre et contribue à réguler le microclimat local, réduisant ainsi l'évapotranspiration et préservant l'humidité du sol.
- Fixation du dioxyde de carbone : Comme tous les arbres, le caroubier capte le dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère pendant la photosynthèse, contribuant ainsi à la réduction des gaz à effet de serre.
- Lutte contre la désertification : La résistance du caroubier à la sécheresse et sa capacité à pousser dans des environnements arides en font un arbre précieux pour lutter contre la désertification et la dégradation des terres.
- Conservation de la biodiversité : Dans les régions où il est présent, le caroubier contribue au maintien de la biodiversité végétale et à la préservation des écosystèmes méditerranéens.

En résumé, le caroubier joue un rôle clé dans la préservation des écosystèmes fragiles des régions arides et semi-arides, en protégeant les sols, en offrant un habitat pour la biodiversité, en régulant le microclimat et en luttant contre la désertification.

Chapitre 02 : Utilisations du

caroubier

1. Composition chimique du caroubier

Le caroubier est une ressource végétale remarquable, dont les différentes parties sont riches en une grande variété de composés chimiques d'intérêt.

Les gousses, communément appelées "caroubes", constituent la partie la plus connue et exploitée de l'arbre. Elles renferment une pulpe comestible dont sa composition physicochimique est tributaire de plusieurs éléments, tels que la provenance des fruits, l'époque de collecte, les cultivars de caroubier, ainsi que les modalités et la durée de conservation. (Orphanos et Papaconstantinou, 1969; Vardar et al., 1972; Calixto et Cañellas, 1982; Albanell et Al, 1991)

Selon les travaux de (Thomson ,1971), la pulpe de caroubier contiennent entre :

- 37 et 62% de sucres .
- 2,2 à 6,6% de protéines brutes .
- 4,2 à 9,6% de fibres brutes .
- 1,5 à 2,4% de cendres .

D'autres études ont par ailleurs mis en évidence sa richesse en polyphénols, avec des taux de 16 à 20% essentiellement sous forme de tanins (Marakis, 1996 ; Avalone, 1997; Yousif et Alghzawi, 2000 ; Owen et al , 2003; Santos et al , 2005 ; Bengoechea et al , 2008 ; Youssef et al, 2009).

La teneur en fibres alimentaires peut quant à elle atteindre jusqu'à 39,8% (Marakis, 1996 ; Avalone, 1997; Yousif et Alghzawi, 2000 ; Owen et al, 2003; Santos et al , 2005 ; Bengoechea et al, 2008 ; Youssef et al., 2009).

Tableau 2 : La composition moyenne de la pulpe du caroubier (Puhan et Wielinga (1996) mentionné dans (Batlle et al, 1997).

Constituants	%
Sucre totaux	48-56
Saccharose	32-38
Glucose	5-6
Fructose	5-7
Pinnitol	5-7
Tanins condensés	18-20
Polysaccharides non amylacés	18
Cendres	2-3
Lipides	0.2-0.6

D'après les études d'(Avallone et al, 1997) et de(Bengoechea et al, 2008), la gève (ou gousse) de caroube présente une composition riche en glucides et en fibres. En revanche, elle ne contient que de faibles teneurs en protéines et des quantités minimales de lipides. Néanmoins, sa teneur en minéraux est appréciable.

Selon les travaux de (Bouzouita et al, 2007), la composition chimique de la graine de caroube est marquée par des teneurs modestes en minéraux, fibres et protéines. Cependant, elle contient une proportion significative de substances lipidiques.

2. Utilités du caroubier

2.1. usage agroalimentaire du caroubier

L'utilisation des fruits de caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans l'alimentation est peu connue dans la plupart des régions du monde. Cependant, la caroube est loin d'être un aliment nouvellement découvert. Souligné par(Brandt , 2002), l'utilisation de la caroube dans l'alimentation remonte à l'Antiquité. (Marakis ,1996) a rapporté que les populations pauvres dans le monde (par exemple en Grèce) ont consommé la caroube comme aliment de base pendant des centaines d'années.

Dans la société moderne, la principale utilisation industrielle de la caroube, ayant une forte valeur économique, réside dans ses graines d'où la gomme est extraite (Albanell et al, 1993; Biner et al., 2007; Tous et al, 2009). Cette gomme est communément appelé «gomme

de caroube», obtenue en broyant l'endosperme des graines (Goncalves et Romano, 2005).

La gomme de caroube présente de bonnes propriétés de rétention d'eau, elle est utilisée en industrie alimentaire comme stabilisant, épaississant et émulsifiant dans une large gamme de produits alimentaires (Mattaus et ozcan, 2011).

La pulpe de caroube, obtenue après séparation des graines, constitue une bonne source de fibres alimentaires, de sucres et d'une gamme de composés bioactifs tels que les polyphénols.

elle a un haut potentiel d'utilisation en tant qu'ingrédient alimentaire (Tsatsaragkou et al, 2014).

En effet, elle peut être transformée en poudre qui peut servir comme matière première pour l'industrie agroalimentaire. Des recherches ont montré que la caroube peut constituer un bon candidat pour être utilisée comme un aliment fonctionnel ou comme un ingrédient alimentaire (Arribas et al, 2019; Biernacka et al, 2017) du fait qu'elle peut constituer une bonne source de polyphénols antioxydants (Owen et al, 2003).

Une fois torréfiée, la pulpe de caroube développe des caractéristiques sensorielles (goût et couleur) similaires à ceux de la poudre de cacao (Durazo et al, 2014), mais et contrairement au cacao, la caroube ne contient pas le thiobromine (stimulants), la caféine et l'acide oxalique (composé toxique lorsqu'il est consommé en grandes quantités) (Biner et al, 2007).

2.2. usage industriel du caroubier

Au-delà de ses usages traditionnels, le caroubier présente un potentiel industriel important et diversifié. Ses différentes parties : fruits, graines, feuilles, écorce font l'objet de multiples valorisations dans de nombreux secteurs.

La pulpe charnue des caroubes est ainsi exploitée dans l'industrie agroalimentaire, notamment pour la production de sirops, de poudres, de substituts de chocolat et de succédanés de café. Les graines, quant à elles, sont une source précieuse de galactomannanes,

des polymères naturels aux propriétés épaississantes, stabilisantes et gélifiantes recherchées dans de nombreuses applications industrielles, de la cosmétique à la pharmacie (Yousif, 2000; Kumazawa et al., 2002; Ayaz, 2007; Bengoechea et al., 2008, Fadel et ses al, 2006).

Les feuilles du caroubier renferment également des composés d'intérêt, tels que des antioxydants et des molécules bioactives, exploités dans les secteurs pharmaceutique et nutraceutique. Même l'écorce n'est pas en reste, offrant des tanins et des pigments naturels utilisés dans des procédés de tannage et de teinture. Ainsi, à travers cette diversité d'usages industriels, le caroubier s'affirme comme une ressource végétale multifonctionnelle, aux perspectives de valorisation encore largement sous-exploitées (Rejeb al., 1991 ; Gharnit, 2003).

2.2.1. Utilisation dans l'industrie cosmétique

La gomme de caroube, extraite des graines de l'arbre, est largement utilisée dans l'industrie cosmétique pour ses propriétés uniques. Ce polysaccharide naturel aux vertus épaississantes, stabilisantes et émulsifiantes en fait un ingrédient de choix pour la formulation de nombreux produits de beauté. Dans les savons, la gomme de caroube agit comme un agent liant et texturant, contribuant à la douceur et à la onctuosité de la mousse nettoyante. Elle est également employée dans la préparation de crèmes et de lotions, où elle assure une texture veloutée et facilite la stabilisation des émulsions huile/eau (Jones, 1953).

Au-delà de ses propriétés rhéologiques, la gomme de caroube recèle également des vertus adoucissantes et hydratantes pour la peau, grâce à sa capacité à retenir l'eau. Cette caractéristique en fait un ingrédient prisé dans la formulation de soins hydratants et apaisants, tels que les crèmes mains, les baumes à lèvres ou encore les dentifrices. Dans ces derniers, la gomme de caroube agit comme un agent texturant, tout en contribuant aux propriétés nettoyantes et rafraîchissantes du produit (Roukas, 1998; Roukas, 1993).

2.2.2. Applications dans l'industrie pharmaceutique et Médicinale

- Un remède pour traiter les troubles digestifs et surtout la diarrhée.
- Un antioxydant utilisé dans les régimes amincissants.
- Les fibres et la farine de cette plante sont utilisées dans la régulation des niveaux de glucose dans le sang et dans la réduction du niveau de cholestérol total.
- Connu pour un fort pouvoir antibactérien (Ayaz et al., 2009).

3. Importance socioéconomique du caroubier

La culture de la caroube augmentera les moyens de subsistance des producteurs de caroubier et des communautés en augmentant la valeur ajoutée des produits à base de caroube et en optimisant la durabilité des systèmes de production.

Compte tenu de l'augmentation du climat cette plante peut être une bonne solution à l'avenir, tant sur le plan écologique qu'économique.

Le défi auquel nous sommes confrontés est de développer des systèmes de culture de la caroube innovants, capables de faire face à des ressources limitées et à des contraintes environnementales tout en améliorant la production de produits agricoles de haute qualité, ce qui permettra d'augmenter les revenus des agriculteurs et de préserver l'intégrité des agroécosystèmes.

Afin d'accélérer l'innovation dans l'industrie de la caroube, les agriculteurs, l'industrie alimentaire et les associations de consommateurs devraient collaborer. Le développement d'innovations qui associent l'origine des produits et la chaîne alimentaire améliorera la stabilité de la production d'aliments fonctionnels au fil du temps.

Dans ces conditions, la production de produits agricoles de haute qualité permettra d'accroître la confiance des consommateurs et de préserver l'intégrité et les services de l'industrie alimentaire. L'augmentation de l'utilisation des produits à base de caroube dans la consommation humaine dans les pays d'Europe et de la région méditerranéenne aura pour effet de réduire les importations d'autres édulcorants et d'augmenter les exportations de produits à base de caroube à l'échelle mondiale.

Chapitre 03 : Le Caroubier dans la wilaya
de Constantine

1. Approche méthodologique

Afin de collecter des données pertinentes et fiables sur le caroubier dans la région de Constantine, une approche méthodologique rigoureuse a été mise en œuvre. Celle-ci repose sur une combinaison de recherches documentaires, de visites sur le terrain et d'entretiens avec des experts locaux.

L'approche méthodologique adoptée dans le cadre de cette étude comprend les étapes suivantes:

- Visite à la conservation des forêts de Constantine.
- Rencontre avec les responsables.
- Collecte d'informations sur les plantations réalisées.
- Consultation d'un expert sur la répartition naturelle du caroubier.
- Compilation et analyse des données recueillies.

1.1. Collecte de données

1.1.1. Visite à la conservation des forêts de Constantine

Dans le cadre de la collecte des données sur le caroubier, plusieurs visites ont été effectuées à la conservation des forêts de Constantine. Les responsables nous ont informés des efforts de réhabilitation entrepris dans différentes zones de la wilaya, ainsi que les différentes actions de plantations du caroubier menées sur plusieurs sites.

Des informations précises concernant ces plantations ont été fournies, notamment les lieux exacts, les dates de réalisation, les types de plants utilisés (graines, semis ou plantules) ainsi que l'état actuel de ces plantations. Ces données constituent une contribution précieuse pour évaluer la situation du caroubier dans la région et envisager des pistes de valorisation de cette espèce.

Les informations fournies ont été récapitulées dans les tableaux 3, 4, 5 et 6.

- Site de Ibn Ziad (Hamma Bouziane) (tableau 3 et 4) et (figure 4).
- Site de Meridj (El-Khroub) (tableau 5 et 6) et (figure 5).
- **Site 1 : Ibn Ziad** (Hamma Bouziane)

- Nom de l'association : DJEBEL EZOUAOUI.

- Date de signature de la convention : 24 Octobre 2021
- Lancement de l'opération : Au cours de la campagne 2021-2022.
- Origine des plants: Pépinières Agrées, plantules.
- Superficie (ha) : 08 HA Caroubier, entouré par le Cyprès.
- Nombre de plants prévus par espèce : 2400 Plants .
- L'occupation du sol de la parcelle avant la plantation : Parcelle incendiée.

Tableau 3 : Premier site de Réhabilitation (Ibn Ziad).

Site 1	
Localisation administrative	Wilaya : Constantine Daira : Hamma Bouziane Commune : ibn Ziad
Localisation forestière	Circonscription:Zighoud Youcef District : Ibn Ziad Triage : Ibn Ziad
Lieu	Forêt de Megharouel

Tableau 4 : Coordonnées géographiques des sous parcelles commune Ibn Ziad :Forêt de Megharouel.

N° de la parcelle	N° de la sous parcelle	N° point	Latitude	Longitude
19	/	1	36°20'8,83"	6°.29'.24,46"
		2	36°20'13,17"	6°.29'.25,38"
		3	36°20'0,10"	6°.29'.34,27"
		4	36°20'4,73"	6°.29'.30,09"



Figure 4 : Carte de localisation des sous parcelles du caroubier à Ibn ziad: Forêt de Megharouel (Fillali, 2022).

➤ **Site 2: Meridj** (El-Khroub)

- Nom de l'association : Association Nass El khir -Constantine-
- Date de signature de la convention : 06 Octobre 2021
- Lancement de l'opération : en cours de la campagne 2021-2022
- Origine des plants: Pépinières Agrées, plantules
- Superficie (ha) : 4,5 HA Caroubier, entouré par le Cyprés.
- Nombre de plants prévus par espèce : 1350 Plants .
- L'occupation du sol de la parcelle avant la plantation : Parcelle incendiée.

Tableau 5 : Deuxième site de Réhabilitation au Meridj (El-Khroub).

Site 2	
Localisation administrative	Wilaya : Constantine Daira : EL Khroub Commune : El Khrob
Localisation forestière	Circonscription: Constantine District : Djebel Ouahch Triage : Meridj
Lieu	Merridj

Tableau 6: Coordonnées géographiques des sous parcelles commune El Khroub lieu El Merridj.

N° de la parcelle	N° de la sous parcelle	N° point	Latitude	Longitude
09	09001+P2	01	36°20'58,11''N	6°40'41,27''E
		02	36°21'0,28''N	6°40'41,75''E
		03	36°21'05,50''N	6°40'50,47''E
		04	36°21'04,46''N	6°40'42,85''E

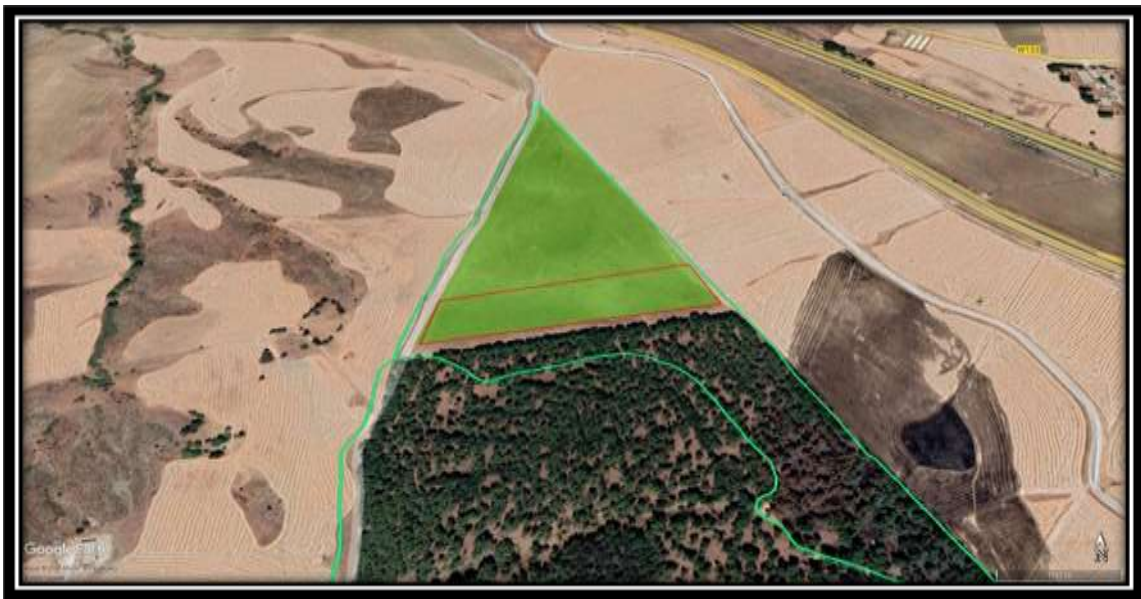


Figure 5: Carte de localisation des sous parcelles commune EL Khroub : Forêt El Merridj.
(Filali 2022).

1.1.2. Expertise sur la répartition naturelle du caroubier

Dans cette partie, des informations fournies par la conservation des forêts de Constantine ont été combinées à des sorties sur terrain afin d'établir l'aire de répartition naturel du caroubier dans la wilaya de Constantine ainsi que l'état sanitaire des pieds existants.

➤ **Site 1 : Ibn Ziad**

Nous avons effectué une prospection de terrain dans la région d'Ibn Ziad à Constantine, plus précisément dans la localité de Cheikh Zouaoui, à la recherche du caroubier.

- Description du site

Les individus du caroubiers observés étaient localisés dans la région d'Ibn Ziad, plus précisément dans la localité de Cheikh Zouaoui, une zone montagneuse caractérisée par une altitude moyenne relativement élevée. Ces individus se développent sur des affleurements rocheux escarpés, témoignant de leur aptitude à s'implanter dans des conditions édaphiques contraignantes (photo 8).



Photo 8: Le caroubier à Ibn Ziad (Badaoui, 2024).

- Observations des pieds de caroubier présents : Nous n'avons pu observer que trois pieds. Ce nombre très limité de caroubiers présents sur le site témoigne de la rareté de cette essence dans cette zone particulière. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette faible représentation du caroubier dans le secteur prospecté (photo 9).



Photo 9: Caroubier Ibn Ziad Chikh Zouaoui Constantine (Badaoui, 2024).

- Caractéristiques morphologiques et état sanitaire

Malgré le nombre limité et les conditions environnementales contraignantes du site, les trois pieds de caroubier observés présentent un bon état sanitaire. Cet état reflète la vigueur et la bonne santé de ces arbres, témoignant de leur capacité de résistance et d'adaptation aux facteurs de stress abiotiques locaux (photo 10).



Photo 10: Le Caroubier à Ibn Ziad (Filali, 2022).

➤ **Site 2 : Cité Emir Abdelkader, Constantine (Monument aux morts)**

Nous avons effectué une autre prospection de terrain, cette fois-ci au Monument de Constantine, plus précisément dans la Cité Emir Abdelkader (photo 11).



Photo 11: Le Caroubier au site d'Emir Abdelkader Constantine (Filali, 2009).

- **Description du site :** Le caroubier a été observé à la cité Emir Abdelkader du côté du monument aux morts situé à une altitude élevée d'environ 690 mètres dans la partie ouest de Constantine (figure 6).



Figure 6: Localisation du caroubier à Emir Abdelkader Constantine (Badaoui, 2024).

- Observations des pieds de caroubier présents

Nous n'avons pu observer qu'un seul arbre de caroubier sur ce site. Ce constat soulève plusieurs interrogations quant à la rareté apparente de cette espèce dans cet espace (photo 12).



Photo 12: Arbre Caroubier cité Emir Abdelkader (09/05/2024 BADAOUI DANIA).

- Caractéristiques morphologiques et état sanitaire

l' apparence extérieure ne laisse apparaître aucun signe visible de dépérissement ou de maladie. Le feuillage est dense et d'un vert soutenu, signe d'un bon fonctionnement physiologique. Les rameaux ne présentent pas de nécroses ou de dessèchements anormaux.

De plus, le tronc et les principales branches ne montrent aucune lésion, blessure ou attaque significative de ravageurs ou d'agents pathogènes. L'écorce est intacte, sans signes de chancres, galeries d'insectes ou autres dégradations.

Enfin, malgré l'environnement rocheux et les conditions édaphiques limitantes, le caroubier observé ne semble pas souffrir de carences nutritionnelles majeures. son port et sa vigueur générale suggéraient une bonne capacité d'absorption des éléments nutritifs présents dans le sol.

➤ **Site 3 : Sous les ponts de Constantine**

Bien que situés sous les ponts, les arbres se portent à merveille. Leurs troncs robustes et leurs feuillages d'un vert dense et touffu témoignent d'un excellent état sanitaire. Loin d'être contraints par ces emplacements atypiques, ils se sont parfaitement adaptés (photo 13).



Photo 13: Quelques pieds de caroubier sous les ponts de Constantine (Badaoui, 2024).

➤ **Site 4 : Université Constantine 1 Frères Mentouri**

Au sein de l'université de Constantine 1 Frères Mentouri, trône un majestueux caroubier, arbre emblématique de la région méditerranéenne, il affiche un état sanitaire remarquable avec un feuillage dense et touffu. Ses longues grappes de gousses pendantes rappellent ses origines méridionales (photo 14).



Photo 14: Arbre caroubier université Constantine 1 Frères Mentouri (Badaoui, 2024).

Site de Ain Smara : À Ain Smara, Constantine, le caroubier millénaire prospère dans un état remarquable, témoignant de son adaptation parfaite au climat local et de la préservation respectueuse dont il bénéficie de la part des habitants (photo 15).



Photo 15: Le Caroubier à Ain Smara constantine (Filali, 2019).

1.2. Compilation et analyse des données recueillies

1.2.1. Causes possibles expliquant la non-germination des plantations de caroubiers réalisées par la conservation des forêts

Les responsables de la conservation des forêts ont évoqué le faible taux de réussite des plantations de caroubiers entreprises ces dernières années dans la wilaya de Constantine. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces difficultés de germination et d'installation des plants.

La qualité du sol sur les sites reboisés pourrait s'avérer inadaptée. Certaines zones ont pu être affectées par des incendies passés, dégradant considérablement la couche superficielle du sol et altérant sa structure. Ces terres brûlées, appauvries en matière organique et en éléments nutritifs, ne constituent pas un substrat favorable à la germination et au développement optimal des jeunes pousses de caroubiers.

Par ailleurs, l'origine géographique des plants utilisés pour les reboisements pourrait jouer un rôle déterminant. Le caroubier présente une certaine variabilité génétique selon les régions, avec des écotypes locaux adaptés à des conditions pédoclimatiques spécifiques. Ainsi, l'introduction de plants issus d'autres zones biogéographiques pourrait se heurter à un défaut d'adaptation aux conditions édaphiques et climatiques locales, compromettant leur capacité de germination et de croissance.

Le facteur climatique ne doit pas non plus être négligé. Les conditions de sécheresse et de stress hydrique récurrentes dans la région de Constantine ont pu affecter la reprise et la survie des jeunes plants, particulièrement sensibles durant les premières phases de leur développement.

1.2.2. La rareté apparente du caroubier dans les différents sites prospectés autour de Constantine

Plusieurs facteurs peuvent expliquer la rareté apparente du caroubier dans les différents sites prospectés autour de Constantine :

Les conditions environnementales locales, avec une altitude moyenne élevée et un relief accidenté composé d'affleurements rocheux escarpés, ne semblent pas constituer un milieu

idéal pour le développement optimal de cette espèce. Le caroubier, bien qu'adapté aux terrains rocheux et secs, pourrait rencontrer des difficultés à s'implanter durablement dans ces conditions édaphiques et topographiques contraignantes.

Par ailleurs, la pression anthropique exercée sur ces zones, notamment les activités humaines liées au pâturage ou à l'exploitation des ressources naturelles, ont pu conduire à une dégradation de l'habitat et à une raréfaction progressive des populations de caroubiers.

Enfin, l'isolement géographique de ces individus pourrait également limiter les possibilités de régénération naturelle de l'espèce, faute d'une dissémination efficace des graines et d'un brassage génétique suffisant.

Chapitre 04 : la valorisation du caroubier

1.valorisation alimentaire des fruits et des déchets de transformation

La valorisation optimale du caroubier en Algérie à travers la transformation de ses différents dérivés et sous-produits issus des fruits, des graines et d'autres parties de la plante représente un potentiel considérable à explorer. Cette approche s'inscrit dans une perspective de bioraffinerie et d'économie circulaire, visant à tirer le meilleur parti de cette ressource naturelle renouvelable.

1.1. Produits dérivés a partir de la farine de caroube

La pulpe des gousses du caroubier, une fois séchée et broyée pour obtenir la farine de caroube (figure 16), constitue une matière première polyvalente d'un grand intérêt pour le développement d'une large gamme de produits à haute valeur ajoutée dans divers secteurs industriels (tableau 7) :

- Agroalimentaire : pains, biscuits, barres énergétiques, boissons, édulcorants naturels, épaississants, liants, fibres alimentaires, etc.
- Compléments alimentaires et nutraceutiques : compléments de fibres, extraits antioxydants, suppléments nutritionnels riches en protéines et minéraux.
- Cosmétique et pharmaceutique : masques, gommages, crèmes, lotions, excipients pharmaceutiques.
- Applications industrielles : adhésifs naturels, biopolymères, agents de rétention d'eau pour l'agriculture.



Photo 16: Farine de caroube (SARL BOUBLENZ.A.com).

Tableau 7: Composant de la farine de caroube (Yassine Nasser 2012/2013).

Farine de caroube (150 g)	
Eau	3.6 g
Valeur calorique	220 kcals
Protides	4.6 g
Glucides	90 g
Lipides	0.6 g
Calcium	350 mg
Magnésium	55 mg
Phosphore	80 mg
Potasium	830 mg
Fibres	40

1.2. Produits dérivés a partir des graines de caroube

Les graines de caroube représentent une source précieuse pour développer divers produits dérivés à valeur ajoutée tels que :

- La gomme de caroube (galactomannane) :

C'est le principal produit dérivé des graines de caroube, obtenu par extraction et purification.

La gomme de caroube est largement utilisée comme épaississant, stabilisant et émulsifiant naturel dans les industries alimentaire, cosmétique et pharmaceutique.

Elle trouve des applications dans les produits laitiers, les sauces, les crèmes glacées, les produits de boulangerie, les cosmétiques, etc.

- Huile de caroube :

Extraite par pressage à froid ou par extraction aux solvants des graines de caroube.

Riche en acides gras insaturés, vitamines et antioxydants, peut être utilisée comme huile alimentaire, en cosmétique ou comme biocarburant.

- Protéines végétales :

Les graines de caroube contiennent environ 30-40% de protéines de haute qualité, après extraction de la gomme, le résidu protéique peut être valorisé comme substitut de protéines animales ou végétales dans l'alimentation humaine ou animale.

les protéines de caroube peuvent également être utilisées dans les produits cosmétiques et pharmaceutiques.

➤ Fibres alimentaires :

Le son et les enveloppes des graines de caroube sont riches en fibres insolubles, ces fibres peuvent être incorporées dans des produits alimentaires comme agents de charge et de texture, ou comme compléments alimentaires.

2. Recherche et innovation pour valoriser tous les sous-produits du caroubier

L'optimisation de la valorisation des différents sous-produits du caroubier (pulpe, graines, écorces, etc.) requiert des efforts soutenus de recherche et d'innovation. Cela implique l'identification précise et la caractérisation approfondie des composés valorisables, le développement de procédés d'extraction verts et de techniques de fractionnement avancées, la formulation de produits innovants à forte valeur ajoutée (aliments fonctionnels, cosmétiques, produits pharmaceutiques), l'exploration des biotransformations par les microorganismes, ainsi que la valorisation énergétique et la production de biofertilisants à partir des résidus.

Des études technico-économiques et environnementales sont également cruciales pour évaluer la faisabilité et la durabilité de ces filières.

Cette approche interdisciplinaire, associant la chimie verte, les biotechnologies, le génie des procédés et les sciences des aliments, permettra une valorisation maximale de l'ensemble des sous-produits du caroubier, contribuant ainsi au développement d'une bioéconomie circulaire créatrice de valeur.

3. L'intégration de l'innovation dans l'agriculture du caroubier pour une meilleure valorisation

L'introduction de l'innovation dans les pratiques agricoles liées à la culture du caroubier est un levier essentiel pour en optimiser la valorisation. Plusieurs pistes peuvent être explorées:

Tout d'abord, l'adoption de technologies de pointe en agriculture de précision permettra d'améliorer significativement la gestion des vergers. L'utilisation de drones, de capteurs connectés et de systèmes d'information géographique facilitera le suivi en temps réel de l'état des plantations, des besoins en eau et en nutriments. Cela permettra d'ajuster finement les apports, de réduire le gaspillage et d'optimiser les rendements.

Ensuite, la mécanisation intelligente des opérations culturales clés comme la taille, la récolte ou le désherbage, via des robots et des équipements automatisés, pourra pallier la

pénurie de main-d'œuvre et augmenter la productivité. Le recours à l'agriculture de précision par modulation intra-parcellaire pourra également être envisagé.

Par ailleurs, l'application de principes d'agroécologie et d'agroforesterie innovants dans la conduite des vergers de caroubiers est prometteuse. L'introduction de plantes compagnes ou de cultures intercalaires permettra de favoriser les auxiliaires naturels, l'activité biologique des sols et les processus d'auto-fertilité, réduisant ainsi les besoins en intrants chimiques.

Du côté des infrastructures, le déploiement de systèmes d'irrigation goutte-à-goutte pilotés par intelligence artificielle et alimentés par des ressources en eau non conventionnelles (eaux usées traitées, dessalement, etc.) contribuera à une gestion plus durable de cette ressource rare.

Enfin, l'innovation variétale, via la sélection assistée par marqueurs moléculaires ou les biotechnologies, permettra de créer de nouvelles variétés plus productives, résistantes aux stress et mieux adaptées aux conditions locales, favorisant ainsi une production durable sur le long terme.

L'intégration harmonieuse de ces différentes innovations dans les systèmes de culture du caroubier nécessitera des efforts soutenus en termes de recherche, de formation, de transfert de technologies et d'accompagnement des agriculteurs. Mais elle ouvrira la voie vers une agriculture moderne, durable et créatrice de valeur ajoutée pour cette filière prometteuse.

4. Promotion de la culture et de la transformation du caroubier

La promotion efficace de la filière du caroubier ne peut se faire de manière fragmentaire ou cloisonnée. Elle requiert une vision d'ensemble et une stratégie intégrée, prenant en compte les différentes dimensions et enjeux liés à cette filière émergente. Une approche globale et transversale s'avère indispensable pour relever les défis multiples et créer un environnement propice au développement durable de cette filière.

Cela implique de conjuguer harmonieusement les efforts à plusieurs niveaux .

4.1. Sensibilisation et formation des agriculteurs

La valorisation durable du caroubier passe nécessairement par la sensibilisation et la formation des agriculteurs qui en assurent la culture. En effet, il est essentiel que ces acteurs clés maîtrisent les bonnes pratiques agricoles et soient informés des opportunités offertes par cette ressource naturelle.

- Une approche de sensibilisation et de formation adéquate permettra de les accompagner dans l'adoption de techniques culturales respectueuses de l'environnement, favorisant une production de qualité supérieure. Ils pourront ainsi tirer pleinement profit du potentiel du caroubier, en répondant aux exigences des différents marchés et filières de valorisation.
- Organiser des campagnes de sensibilisation sur l'importance et les potentialités du caroubier.
- Dispenser des formations techniques sur les pratiques culturales, la récolte et la gestion post-récolte.
- Mettre en place des champs pilotes et des parcelles de démonstration.

4.2. Renforcement des capacités des coopératives

Les coopératives agricoles jouent un rôle central dans la valorisation durable de la filière du caroubier. Elles permettent aux petits producteurs de se regrouper, de mutualiser leurs ressources et leurs efforts pour mieux valoriser leur production. Cependant, de nombreuses coopératives font face à des défis en termes d'organisation, de gestion, d'accès aux marchés et de maîtrise des techniques de transformation donc il est important de :

- Former les coopératives sur les techniques de transformation et de valorisation des produits du caroubier.
- Fournir un accompagnement pour le développement de plans d'affaires et de stratégies de commercialisation.
- Faciliter l'accès aux équipements et infrastructures de transformation.

5. Développement de filières structurées

La valorisation durable et à grande échelle du caroubier passe inévitablement par la structuration de filières organisées, performantes et créatrices de valeur ajoutée. Actuellement, de nombreux maillons de la chaîne de valeur du caroubier restent informels, fragmentés et peu coordonnés entre eux. Cette situation constitue un frein majeur à l'essor de cette filière prometteuse.

Le développement de filières structurées et intégrées depuis la production jusqu'à la transformation et la commercialisation est donc un impératif. Cela permettra de rationaliser les étapes de récolte, de stockage, de transformation et de distribution des produits du caroubier. Une meilleure coordination entre les différents maillons garantira aussi une traçabilité renforcée et le respect de normes de qualité strictes.

L'émergence d'organisations interprofessionnelles solides, fédérant l'ensemble des acteurs, ainsi que la mise en place de cadres réglementaires adaptés sont des préalables indispensables. Ces filières structurées représenteront des leviers de compétitivité, d'accès aux marchés porteurs et de captation optimale de la valeur créée tout au long de la chaîne.

- Encourager la création de clusters ou de pôles régionaux autour de la filière caroubière.
- Mettre en place des cadres réglementaires et des labels de qualité spécifiques.
- Soutenir la création de plateformes d'échange et de collaboration entre acteurs.

6. Soutien institutionnel et promotion

- Intégrer le caroubier dans les programmes nationaux de développement agricole.
- Octroyer des subventions et des incitations fiscales pour la culture et la transformation.
- Organiser des foires, salons et événements de promotion des produits du caroubier.

7. Recherche et développement

La recherche et le développement jouent un rôle clé dans la valorisation optimale et durable de la filière du caroubier. En effet, l'exploitation de tout le potentiel de cette ressource naturelle renouvelable nécessite des avancées scientifiques et technologiques significatives.

Les efforts de recherche et développement doivent se concentrer sur plusieurs axes prioritaires, à la fois en amont avec l'amélioration génétique et agronomique des variétés cultivées, et en aval avec le développement de procédés innovants de transformation et de valorisation des différents sous-produits.

- Encourager la recherche et développement sur les variétés locales, les itinéraires techniques et la mécanisation.
- Développer des programmes de recherche sur la transformation et la valorisation.
- Favoriser les partenariats public-privé et les collaborations scientifiques.

8. Marketing et commercialisation

La valorisation optimale du caroubier et de ses produits dérivés nécessite une stratégie marketing et commerciale solide et adaptée. Malgré les multiples bénéfices et applications du caroubier, les produits qui en sont issus restent encore relativement méconnus sur de nombreux marchés.

Un effort de promotion et de mise en valeur s'impose donc pour accroître la visibilité de ces produits auprès des consommateurs, des industriels et des différents acteurs économiques. Cela passe par une segmentation claire des marchés cibles, l'identification des opportunités commerciales prometteuses et le développement d'une offre différenciée et compétitive.

Par ailleurs, la commercialisation efficace des produits du caroubier requiert la structuration de filières organisées, la maîtrise des circuits de distribution adaptés aux différents segments de marché, ainsi que le respect des normes de qualité en vigueur. Une approche marketing créative, mettant en avant les atouts nutritionnels et éco-responsables de ces produits, sera un levier pour séduire les consommateurs de plus en plus soucieux de leur alimentation et de l'environnement.

Donc il est proposé de :

- Réaliser des études de marché approfondies pour identifier les segments porteurs.
- Développer des stratégies de marketing et de branding pour les produits du caroubier.
- Promouvoir l'exportation et la prospection de nouveaux marchés.

9. Programme d'amélioration génétique du caroubier pour une meilleure tolérance au froid

L'un des défis majeurs pour une culture durable et productive du caroubier dans certaines régions d'Algérie réside dans la sensibilité de cette espèce aux basses températures.

À Constantine notamment, les conditions hivernales rigoureuses ont entraîné des taux de germination très faibles des plantules, compromettant ainsi le renouvellement et l'extension des vergers.

Face à cette contrainte, un axe prioritaire de la recherche et du développement doit porter sur un programme d'amélioration génétique du caroubier, visant spécifiquement à sélectionner et développer des variétés plus tolérantes au froid. Cette approche combinera différentes stratégies :

- Tout d'abord, l'évaluation et le criblage du patrimoine génétique local existant permettront d'identifier les ressources génétiques présentant des traits de tolérance au gel intéressants. Ces variétés locales adaptées constitueront un matériel de départ précieux pour les programmes d'amélioration.
- Ensuite, des techniques de sélection assistée par marqueurs moléculaires et de génie génétique pourront être mises en œuvre afin d'introgresser ces caractères de tolérance au froid dans des variétés élites à haut rendement. Le séquençage du génome du caroubier facilitera également l'identification des gènes impliqués dans ces mécanismes adaptatifs.
- Parallèlement, des approches de création variétale par mutagenèse ou édition de gènes pourront être explorées pour induire et fixer des mutations favorables conférant une meilleure résistance aux basses températures.

Ces différentes voies d'amélioration génétique seront complétées par des études poussées sur la physiologie de la germination et du développement précoce du caroubier soumis au froid, afin de comprendre les bases moléculaires et biochimiques de la tolérance.

Le déploiement d'un tel programme d'amélioration génétique permettra de disposer à terme de variétés de caroubiers productives et résilientes, capables de s'implanter durablement dans des régions à hivers rigoureux comme Constantine, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour cette filière agricole prometteuse (Mahdad. M 2012-2013).

10. Intégration de la farine de caroube dans des produits finis commercialisables à haute valeur ajoutée : Une opportunité de valorisation durable

L'exploitation et la valorisation de la farine de caroube présentent un fort potentiel d'innovation, en permettant de développer une gamme de produits alimentaires fonctionnels et sains, à forte valeur ajoutée.

Une piste prometteuse serait d'intégrer la riche farine de caroube, source naturelle de fibres alimentaires, de protéines végétales et de sucres peu caloriques, dans des formulations de produits de boulangerie-pâtisserie.

On pourrait ainsi développer une gamme de pains, viennoiseries, biscuits et gâteaux innovants, où une partie de la farine de blé conventionnelle serait substituée par de la farine de caroube. Cela apporterait plusieurs bénéfices nutritionnels : enrichissement en fibres pour une meilleure santé digestive, apport de sucres naturels peu impactant sur la glycémie, augmentation de la teneur en protéines végétales.

Ces produits "gourmands et santé" à base de farine de caroube algérienne pourraient être déclinés en différents conditionnements et parfums originaux, en puisant dans le terroir et les saveurs locales (dattes, amandes, épices, miel, etc.).

La commercialisation de cette gamme innovante pourrait d'abord cibler un marché de niche, en misant sur un positionnement "bien-être et naturel", avant d'envisager éventuellement une montée en puissance des volumes.

Pour asseoir le succès de cette valorisation, un storytelling mettant en avant l'origine locale et durable de la farine de caroube serait un atout, de même qu'un packaging soigné et une communication digitale ciblée.

Cette idée de produits de boulangerie-pâtisserie fonctionnels à base de farine de caroube permettrait ainsi de valoriser cette ressource locale, de répondre à une demande sociétale de produits alimentaires sains et durables, tout en créant de la valeur ajoutée économique pour la filière caroubière algérienne.

11. Avantages et bénéfices écologiques de la valorisation du caroubier

La valorisation complète du caroubier en Algérie offre de nombreux avantages et bénéfices à différents niveaux. Les résultats de cette étude mettent en évidence le fort potentiel de cette filière pour créer de la valeur ajoutée économique, tout en générant des retombées positives sur les plans social et environnemental.

a. Sur le plan économique

Sur le plan économique, le développement de filières de transformation des différents sous-produits du caroubier (pulpe, graines, écorces...) permet de diversifier les débouchés et de capter une part plus importante de la valeur ajoutée. Les procédés innovants étudiés ont permis d'obtenir une large gamme de produits à haute valeur marchande (ingrédients alimentaires fonctionnels, compléments nutritionnels, produits cosmétiques, etc.). Les études technico-économiques réalisées démontrent la rentabilité potentielle de ces filières, en particulier pour les segments de marché porteurs identifiés.

b. Sur le plan social

D'un point de vue social, la valorisation du caroubier contribue à la création d'emplois durables, tant au niveau de la production agricole que de la transformation. Cela participe au développement économique local des régions productrices et à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales. De plus, la mise sur le marché de produits sains et naturels issus du caroubier répond à une demande sociétale croissante pour une alimentation de qualité.

c. Sur le plan environnemental

Sur le plan environnemental, les différentes filières étudiées s'inscrivent dans une logique d'économie circulaire et de bioéconomie durable. La valorisation complète des sous-produits permet de minimiser les pertes et les déchets, tandis que les analyses de cycle de vie montrent un bilan environnemental globalement positif en termes d'émissions de gaz à effet de serre, de consommation d'eau et d'énergie. De plus, le caroubier, espèce fruitière pérenne et rustique, contribue à la préservation de la biodiversité et à la lutte contre la désertification.

d. Sur le plan scientifique

Enfin, d'un point de vue scientifique, cette étude a permis d'accroître les connaissances sur les propriétés nutritionnelles, fonctionnelles et biologiques des différents dérivés du

caroubier. Ces avancées ouvrent la voie à de nouvelles perspectives de recherche et d'innovation dans le domaine des produits naturels à haute valeur ajoutée.

Ainsi, la valorisation optimale du caroubier en Algérie apparaît comme une opportunité unique de combiner développement économique, progrès social et respect de l'environnement, au service d'un modèle de croissance plus durable et créateur de richesses.

12. Contraintes et obstacles a la culture et a l'exploitation

Malgré les nombreux avantages et bénéfices potentiels de la valorisation du caroubier, plusieurs contraintes et obstacles doivent être pris en compte pour assurer un développement durable et rentable de cette filière en Algérie.

a. Sur le plan agronomique

Sur le plan agronomique, les principales contraintes identifiées concernent la sensibilité du caroubier au stress hydrique et aux températures extrêmes. Dans certaines régions arides ou montagneuses, les faibles précipitations et les hivers rigoureux limitent fortement la productivité et la survie des arbres. Des efforts d'amélioration génétique et de sélection de variétés plus résistantes doivent être poursuivis.

b . Sur le plan technique

Du point de vue technique, l'absence d'équipements et d'infrastructures adaptés pour la récolte et la transformation des produits du caroubier constitue un frein majeur. Les techniques de récolte manuelles sont fastidieuses et peu productives. De plus, l'accès à des procédés de transformation innovants et éco-efficients reste limité à l'échelle industrielle.

c. Sur le plan organisationnel

Sur le plan organisationnel, la filière caroubière souffre d'un manque de structuration et d'organisation des acteurs. La dispersion géographique des vergers, l'atomisation des producteurs et l'absence de circuits de commercialisation organisés entravent le développement harmonieux de la filière.

d. Sur le plan économique

D'un point de vue économique, l'investissement initial nécessaire pour mettre en place des unités de transformation performantes et compétitives représente une barrière importante

à l'entrée, particulièrement pour les petits producteurs. L'accès au financement et aux aides publiques reste parfois limité.

e. Sur le plan réglementaire

Enfin, sur le plan réglementaire, l'absence de cadre juridique spécifique, de normes de qualité et de labels pour les produits du caroubier freine leur reconnaissance et leur valorisation commerciale optimale.

13. Impact socioéconomique et environnementale

La mise en place de filières intégrées pour la valorisation optimale du caroubier en Algérie est porteuse d'importantes retombées socio-économiques et environnementales positives.

a. Sur le plan socio-économique

Sur le plan socio-économique, le développement de cette filière permettra la création d'emplois durables et bien rémunérés, à la fois dans les zones rurales de production et au niveau des unités de transformation. Cela contribuera à fixer les populations dans leurs régions d'origine, en offrant des perspectives d'activités génératrices de revenus stables, notamment pour les jeunes.

De plus, la diversification des produits issus du caroubier (ingrédients alimentaires, compléments nutritionnels, cosmétiques naturels, etc.) ouvrira de nouveaux débouchés commerciaux porteurs, tant sur les marchés nationaux qu'à l'exportation. Cela renforcera la compétitivité du secteur agroalimentaire algérien et dynamisera l'économie locale.

b. Sur le plan environnemental

Sur le plan environnemental, la valorisation complète du caroubier s'inscrit pleinement dans une logique d'économie circulaire et de bioéconomie durable. En effet, les différents procédés de transformation mis en œuvre visent à valoriser l'intégralité des sous-produits (pulpe, graines, écorces, etc.), minimisant ainsi les pertes et les déchets.

De plus, la culture du caroubier, espèce fruitière pérenne et rustique, présente de nombreux atouts environnementaux. Ses systèmes racinaires profonds et son feuillage dense contribuent à la lutte contre l'érosion des sols et la désertification. Le caroubier joue également un rôle dans la préservation de la biodiversité en offrant un habitat et une source de nourriture pour de nombreuses espèces animales.

Les analyses de cycle de vie réalisées ont également démontré que les filières de valorisation du caroubier ont un impact environnemental global positif, avec des émissions de gaz à effet de serre et une consommation d'eau et d'énergie relativement faibles comparées aux filières conventionnelles.

Ainsi, en capitalisant sur ces différents bénéfices, la valorisation durable du caroubier peut s'inscrire comme un levier stratégique de développement économique, de progrès social et de transition écologique pour l'Algérie, en phase avec les enjeux de durabilité et de bioéconomie circulaire.

14. Perspectives d'amélioration et de développement du caroubier

Les résultats obtenus dans cette étude ont permis de mettre en évidence le potentiel considérable de valorisation du caroubier en Algérie. Cependant, pour concrétiser pleinement ce potentiel et assurer un développement durable et pérenne de cette filière prometteuse, plusieurs perspectives d'amélioration se dessinent.

Sur le plan agronomique, il est primordial de poursuivre les efforts d'amélioration génétique et de sélection variétale. L'objectif est d'obtenir des variétés plus productives, mieux adaptées aux conditions pédoclimatiques locales et présentant une meilleure tolérance aux stress biotiques et abiotiques.

- L'exploitation des nouvelles biotechnologies telles que la sélection assistée par marqueurs moléculaires et le génie génétique permettra d'accélérer ces programmes d'amélioration.
- une optimisation continue des itinéraires techniques cultureux (conduite de la culture, fertilisation, irrigation, etc.) et l'adoption de technologies agricoles innovantes (mécanisation, agriculture de précision, etc.) contribueront à augmenter les rendements et la productivité des vergers existants et futurs.
- Sur le volet technologique, le développement de nouveaux procédés de transformation éco-efficients et respectueux de l'environnement constitue une perspective majeure. L'exploration de techniques d'extraction et de fractionnement innovantes (fluides supercritiques, ultrasons, membranes, etc.), couplée à la valorisation complète des coproduits et des résidus, permettra d'optimiser la

récupération des molécules d'intérêt à partir de l'ensemble des sous-produits du caroubier.

- La formulation de produits finis à haute valeur ajoutée, différenciés et compétitifs représente également un axe de développement stratégique. Que ce soit dans les domaines alimentaire, cosmétique, pharmaceutique ou industriel, la diversification des gammes, l'amélioration de la qualité et de la fonctionnalité, ainsi que la prospection de nouveaux marchés porteurs, sont autant d'opportunités à saisir.
- Enfin, un soutien accru à la recherche et au développement, par le biais de programmes dédiés, de collaborations scientifiques et de plateformes de transfert de technologies, sera crucial pour faire progresser les connaissances et favoriser l'innovation et la valorisation optimale du caroubier algérien.

En exploitant ces différentes perspectives d'amélioration, de manière intégrée et concertée, l'Algérie pourra se positionner comme un acteur incontournable de la valorisation durable du caroubier, au service d'un modèle de développement économique, social et environnemental vertueux.

Conclusion

Conclusion

Le caroubier représente une ressource végétale précieuse et multifonctionnelle pour l'Algérie. Bien qu'exploité de manière traditionnelle, son potentiel de valorisation reste largement sous-estimé et sous-exploité dans le pays.

Les recherches menées et les visites de terrain effectuées dans la région de Constantine ont permis de mettre en lumière à la fois les atouts et les contraintes liés à une meilleure valorisation de cette espèce.

D'un côté, la présence naturelle du caroubier dans plusieurs wilayas algériennes, son adaptation aux conditions climatiques locales et son importance écologique indéniable plaident en faveur d'une stratégie de valorisation durable. Ses multiples applications potentielles, allant de l'agroalimentaire au pharmaceutique en passant par les cosmétiques et l'industrie, offrent des opportunités économiques non négligeables pour diversifier les activités génératrices de revenus.

D'un autre côté, les défis techniques, économiques et environnementaux subsistent, tels que le manque d'infrastructures de transformation, les contraintes logistiques et la nécessité de préserver les écosystèmes naturels. Une approche globale et concertée, impliquant tous les acteurs concernés, est donc indispensable.

Pour relever ces défis, il est essentiel de renforcer la recherche et le développement, d'investir dans des techniques de culture et de transformation innovantes, et de sensibiliser les populations locales aux bénéfices d'une exploitation durable du caroubier. Des mesures d'accompagnement, telles que la mise en place de filières structurées, l'accès au financement et le transfert de technologies, sont également cruciales.

Enfin, la valorisation optimale du caroubier en Algérie représente un enjeu multidimensionnel, nécessitant une vision stratégique à long terme et une synergie entre les efforts publics, privés et communautaires.

Une telle démarche permettrait non seulement de tirer parti des ressources naturelles locales, mais aussi de contribuer au développement économique durable, à la préservation de l'environnement et au renforcement de la souveraineté alimentaire du pays.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **AAFI A. (1996)** . Le caroubier : Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitements et soins culturaux, utilisation et production. P 1-2.
- **AIT CHITT M ., BELMIR H ., LAZRAK A. (2007)** . Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. p4 .
- **Albanell E ., (1990)** . Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L.) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, p 209.
- **Ayaz F ., et al (2009)** : Nutrient Content of Carob Pod (*Ceratonia siliqua* L.) Flour Prepared Commercially and Domestically. *Plant Foods Hum Nutr* p 64, 286–292.
- **BOUBLENZA I. (2012)** . Contribution à l'étude de multiplication du caroubier : *Ceratonia siliqua*. Magister, Université de Tlemcen. p92 .
- **BOUBLENZA I. (2020)** . Etude des populations spontanées et cultivées du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Algérie. Doctorat, Université de Tlemcen, p106 .
- **Battle I ., et al J. (1997)** . Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy.
- **BENMAHIOUL B ., KAÏD M ., HARCHE , FLORENCE DAGUIN. (2011)** . Le caroubier une espèce méditerranéenne à usages multiples P 52.
- **BOUREMOUME B ., FADLAOUI K ., ROUAGDIA M. (2023)** . Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master La poudre de caroube P 5 .
- **BELKAMLA C ., BOUDARBALA R ., BENLATRECHE K ., (2020-2021)** . Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de master Etude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante, antidiabétique et anti-inflammatoire de l'espèce *Ceratonia siliqua* L. (Elkharoub) P 7.
- **BOUBLENZA I ., CHEBOUTI Y ., SELKA N., (2023)** . Itinéraire technique pour la mise en place d'un verger de caroubiers p 18-21.

- **Bengoechea C ., et al. (2008)** . Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L) germ proteins. *Food Chemistry* p 107, 675–683.
- **Bouzouita N ., et al . (2007)** . The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia. *Food Chemistry*, p 101, 1508-1515.
- **Biner B ., et al. (2007)** . Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chemistry* p 100, 1453–1455.
- **Bienenstock M ., et al. (1935)** . Manufacture of Mill Products for alimentary purposes and of paste foods and bake products from such milled products. U.S. patent p 2-25-705.
- **CHIAL N ., (2020)** . Mémoire présenté en vue de l’obtention du Diplôme de Master Le caroubier : utilisations et intérêt économique p 13.
- **Decandolle A . (1983)** . L’origine des plantes cultivées. *Balière, Paris, France* p 6-10
- **EL KORCHANI A ., ELHAJ A ., MEZNI F ., SLAMA A., AYARI F. , BESSOUDA B ., KORTAS G ., BELKHIR. A , (2023)** : guide sur les techniques de reproduction et de multiplication du caroubier en tunisie p 6.
- **GADOUM A . (2020)** . Contribution à l’étude de la biologie : Effet du déficit hydrique de *Ceratonia siliqua* L. *USTHB, Doctorat* p 107 .
- **Gharnit N . (2003)** . « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.
- **Hillcoat D ., et al.(1980)** . A new species of *Ceratonia* (Leguminocea-Caesalpinoideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew bull.* 35 : 261-271.
- **Kumazawa ., et al. (2002)** . Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *J Agric Food Chem* p 50,373–7.

- **MAHDAD M. (2012-2013)** . Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua*L.) dans le Nord-ouest de l'Algérie P 12-19.
- **Marakis S. (1996)** . Carob bean in food and feed: current status and future potentials- A critical appraisal. *J Food Sci Technol.* P 33, 365-383.
- **Matthausa B ., Ozcan M . (2011)** . Lipid evaluation of cultivated and wild carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed oil growing in Turkey. *Scientia Horticulturae* p 130 181–184.
- **OULD SADELLAH N ., REHAB F ., AMIR Y. (2022)** . Etude physico chimique de deux variétés de gousses de caroube locales (*Ceratonia siliqua* L.) et essai de fabrication de chocolat P 20/21.
- **Quezel P., Santa S. (1962)** . Nouvelle flore de l'Algérie et des zones désertiques méridionales. Paris, CNRS, Tome I et II, p 1170.
- **Owen R ., et al . (2003)** . Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food Chem Toxicol.* P 41, 1727–1738.
- **Rejeb M . (1994)** . Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration. Dans: Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris: p 79-85.
- **Rebour H. (1968)** . fruits Méditerranéen, la maison rustique Paris, p330.
- **Schweinfurth G. (1894)** . Sammlung arabisch aethiopischer Pflanzen, Ergebnisse von Reisen in dem Jahren 1881, 1888-89, 1891-92. *Bull, Herb. Boissier* 2 : p 1-114.
- **SBAY H ., LAMHAMEDI Mohammadi S. (2015)** . Guide pratique de multiplication végétative des espèces forestières et agroforestières : Technique de valorisation et de conservation des espèces à usages multiples face aux changements climatiques en Afrique du Nord. Haut-Commissariat aux Eaux et Forêt et à la Lutte Contre la Désertification, Centre de Recherche Forestière, Maroc, p 124 .

- **Santos M ., et al. (2005) .** Production of dextran and fructose from carob pod extract and cheese whey by *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512(f), *Biochemical Engineering Journal* p 25, 1–6.
- **THIRESIA-TERESA TZATZANI and GEORGIA OUZOUNIDOU (2023) .** Carob as an Agrifood Chain Product of Cultural, Agricultural and Economic Importance in the Mediterranean Region) p 14-16.
- **Vavilov N. (1951) .** The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants [translated from the Russian by K.S. Chester]. The Ronald Press Co, New York.
- **Yousif A ., Alghzawi H. (2000) .** Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*, p 69, 283–287.

Année universitaire : 2023-2024

Présenté par : BADAoui OUAHIBA DANIA

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en protection des écosystèmes

Résumé

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est un arbre emblématique de la région méditerranéenne, natif des zones semi-arides et arides du Proche-Orient. Grâce à sa robustesse et sa tolérance à la sécheresse, il s'est disséminé dans les pays du pourtour méditerranéen, y compris l'Algérie, s'adaptant aux conditions climatiques rigoureuses. Connue depuis l'Antiquité pour ses multiples usages traditionnels et artisanaux. Ce travail, autour du caroubier aux multiples facettes, aborde son origine, sa répartition géographique, ses caractéristiques botaniques et écologiques, ainsi que sa multiplication, sa distribution mondiale, mettant l'accent sur le bassin méditerranéen et l'Algérie. Le mémoire explore ensuite les différentes utilisations du caroubier, que ce soit dans l'agroalimentaire, l'industrie cosmétique ou pharmaceutique, soulignant son importance socio-économique. Une partie significative est consacrée à une étude de terrain menée dans la wilaya de Constantine, analysant la présence et l'état sanitaire des caroubiers dans deux sites spécifiques, Les causes potentielles de la rareté de l'espèce dans la région sont identifiées. Enfin, des pistes de valorisation durable du caroubier sont proposées, abordant les opportunités, les défis techniques, organisationnels et réglementaires, ainsi que les impacts socio-économiques et environnementaux associés.

Mots-clefs : Caroubier, valorisation, Algérie.

Laboratoires de recherche : Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques (U Constantine 1 Frères Mentouri).

Président du jury : Dr : ARFA Azzedine Mohamed Touffik (MC(A) - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : Dr : ALATOU Hana (MA(B) - UFM Constantine 1).

Examineur(s) : Dr : Bennalia N (MA(B) - UFM Constantine 1).