

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études



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

Option : Production Végétale

Thème

Étude de l'état de conservation et de la structure de *Ceratonia siliqua* L. dans quelques régions de Tizi Ouzou

Réalisé par :

GHENA Lydia et HADDAD Lisa

Devant le jury composé de :

Promoteur :	Mr AIT SAID Samir	MCA (UMMTO)
Présidente :	Mme KROUCHI Fazia	Pr (UMMTO)
Examinatrice :	Mme AMIRAT Yassina	MAA (UMMTO)

Année : 2020/2021

Remerciements

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience nécessaire durant ces longues années d'étude pour pouvoir accomplir ce travail à la fin du cycle.

*Tout travail de recherche n'est jamais l'œuvre d'une seule personne. A cet effet, ce travail ne serait pas aussi riche et n'avait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr AIT SAID S.**, notre promoteur qui a suivi fidèlement notre travail, nous tenons à le remercier de la qualité de son encadrement, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Nous avons vraiment apprécié sa grande chaleur humaine et ses précieux conseils scientifiques et ses encouragements qui nous ont indiscutablement permis d'évoluer.*

*Nous présentons nos remerciements également à **Mme KROUCHI F.**, de l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider notre jury. Nous la remercions aussi de nous avoir suivi, conseillé et surtout de nous avoir accordé son temps, de son souci envers les étudiants et de ses qualités humaines et nous sommes très reconnaissantes de bien vouloir porter intérêt à ce travail.*

Veillez trouver ici, Professeur, l'expression de nos sincères remerciements.

*On remercie sincèrement **Mme AMIRAT Y.**, pour sa gentillesse, sa bienveillance et son amabilité qui a bien voulu accepter d'examiner ce modeste travail.*

*Nos chaleureux remerciements à **Mme ABDELKRIM N.**, qui a été toujours prête à nous rendre service.*

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve.

Nous tenons à remercier également nos familles et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail





Dédicaces

C'est avec profonde gratitude et sincères remerciements que je dédie ce travail à toutes les personnes qui me sont chers, qui ont contribué à ma réussite de près ou de loin.

À mes très chers parents

Ma reconnaissance ne pourra jamais égaler tous les sacrifices que vous avez faits pour moi, tout ce que vous m'avez enseigné et la grande affection que vous m'avez portée. Que Dieu vous garde pour moi et vous réserve une longue vie en bonne santé et que je puisse un jour vous combler à mon tour. Je vous aime très fort.

À mon cher frère Yacine

Les mots ne seront jamais assez pour te remercier de tout ce que tu as fait pour moi jusqu'à présent, de tout le soutien que tu m'apportes et surtout toutes les fois où tu as répondu présent. Comme je te l'ai toujours dit, tu es mon pilier dans cette vie. Puisse notre esprit de famille se fortifier au cours des années, et notre fraternité demeure éternellement. Puisse dieu te procure santé, bonheur, et réussite et que rien ne puisse nous séparer car tu es mon tout.

À ma cousine Lynda

Merci d'être toujours là pour moi, tu es la personne sur qui je peux compter et sur qui je peux m'appuyer. T'es la sœur que la vie a oublié de me donner.

A mes copines en particulier Salima

Je remercie Thafath et Alycia de m'avoir encouragé et aidé dans mes études surtout dans les modules où j'étais moins bonne. Merci de faire partie de ma vie.

Quant à Salima, je serai incapable d'imaginer ma vie sans toi, malgré les obstacles que la vie a mis sur mon chemin et sur le tien, tu es toujours restée à mes côtés et c'est là qu'on reconnaît les vrais amies sur lesquelles on peut compter.

***À ma binôme** Lydia qui est pour moi ma plus belle découverte. Jamais je n'aurais cru m'entendre aussi bien avec toi et créer un lien aussi fort. Je te remercie d'abord d'avoir supporté ma folie, merci pour toutes les fois où tu m'as aidé à calmer mon stress et pour toute l'énergie positive que tu me transmets au quotidien. Tu as toujours su me comprendre et surtout me surprendre de jour en jour. Je voudrai te dire que je suis tellement fière de nous, fière du travail que nous avons fait et fière du chemin que nous avons accompli ensemble.*

Notre amitié tiendra toujours une place primordiale dans ma vie, je suis très reconnaissante de la chance que j'ai de t'avoir connue.

Lisa



Dédicaces

C'est avec profonde gratitude et sincères remerciements que je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers, qui ont contribué à ma réussite de près ou de loin.

À mes très chers parents

Ma reconnaissance ne pourra jamais égaler tous les sacrifices que vous avez faits, tout ce que vous m'avez enseigné et la grande affection que vous m'avez portée. Que Dieu vous réserve une bonne santé et une longue vie à fin que je puisse vous combler à mon tour. Je vous aime très fort.

À Mon frère et mes sœurs Moumouh, Salwa et Imane

En témoignage des profonds sentiments fraternels que je ressens pour vous. Puisse notre esprit de famille se fortifie au cours des années, et notre fraternité demeure éternellement. Puisse Dieu vous procure santé, bonheur et réussite.

À ma grande mère maternelle

Chère Yih que Dieu te protège

Mes très chères tantes et chères oncles

Trouvez en ce travail l'expression de mon profond amour et mon grand respect. Merci pour votre encouragement et votre amour que vous ne cessé jamais de me fournir. Que Dieu le tout puissant vous procure santé, bonheur et prospérité.

À la mémoire de

Ma tante Dahbia, mes grands-parents paternelle et maternelle. Que le paradis soit votre demeure éternelle.

À mes adorables amis

Celia, Ryma, Sisi et Djoudjou pour leurs encouragements et leurs soutiens, merci d'être présentes dans ma vie je vous aime trop.

À mes cousins et cousines en particulier Hayet.

À ma binôme Lisa avec qui j'ai passé de très bons moments en réalisant se travail, merci d'être là pour moi dans mes moments difficiles. Je ne regrette jamais mon choix que tu sois ma binôme, mon amie et ma confidente. Que Dieu préserve cette amitié pour toujours.

Lydia

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Généralités sur le caroubier	3
1. Description botanique.....	4
1.1. Arbre	4
1.2. Feuille	5
1.3. Fleur.....	6
1.4. Fruit	7
1.5. Floraison et fécondation.....	7
1.6. Fructification	8
1.7. Rendement	8
2. Ecologie du caroubier.....	8
3. Origine, air de dispersion et production du caroubier.....	9
3.1. Origine du caroubier.....	9
3.2. Air de dispersion	9
3.3.1. Dans le monde.....	9
3.3.2. En Algérie.....	10
4. Production	10
5. Variétés du caroubier.....	11
6. Procédés de multiplication	12
6.1. Multiplication sexuée	12
6.2. Propagation végétative	13
6.2.1 Multiplication par greffage.....	13
6.2.2 Multiplication par bouturrage.....	13
7. Composition chimique.....	13
8. Intérêt et utilisation du caroubier	14
8.1. L'Arbre	15
8.2. Le fruit	15
8.2.1. La pulpe.....	15
8.2.2. La graine	15
8.3. Les autres parties de l'arbre	15
9. Les ennemis du caroubier.....	16
9.1. Les champignons	16
9.1.1. Oïdium ou le Blanc du caroubier.....	16
9.1.2. Sphaerella.....	16

9.1.3.	Polyporus.....	16
9.2.	Les insectes nuisibles.....	16
9.2.1.	Les cochenilles.....	16
9.2.2.	Les fourmis.....	17
9.2.3.	Les lépidoptères.....	17
9.2.4.	Les coléoptères.....	18
9.2.5.	Les diptères.....	20
9.3.	Les rongeurs (RODENTLA).....	21
9.3.1.	<i>Rattus</i>	21
9.3.2.	Les spermophiles.....	21
9.3.3.	La souris domestique.....	21
9.3.4.	Le rat égyptien.....	21
9.3.5.	La Psylla.....	21
Chapitre 2 Matériels et méthodes.....		22
1.	Phase de prospection sur le terrain.....	23
2.	Méthode d'échantillonnage.....	23
3.	Matériel utilisé.....	23
4.	Caractéristiques mesurées.....	24
5.	Les mesures effectuées sur le terrain.....	24
6.	Aperçu sur les sites d'études.....	25
6.1.	Sahel (Ivriden, Thivhirin n Sahel).....	25
6.2.	Mdouha.....	26
6.3.	Boudjima.....	26
7.	Analyse statistique.....	27
Chapitre 3 Résultats et discussion.....		28
1.	Etudes comparative des paramètres mesurés sur le caroubier dans les trois stations.....	29
1.1.	Identification du genre (sexe ratio).....	29
1.2.	Forme des tiges.....	29
1.3.	Types de l'arbre.....	30
1.4.	Etat phytosanitaire des arbres.....	31
1.5.	Importance de production.....	34
1.6.	Analyse des paramètres dendrométriques du caroubier.....	35
1.6.1.	Circonférence des arbres.....	35
1.6.2.	Hauteur des arbres.....	35
1.6.3.	Diamètre du houppier des arbres.....	35
Conclusion et perspectives.....		36
Résumé		
Références bibliographiques		

Listes des figures

Figure 1	Caractéristiques botaniques du caroubier	5
Figure 2	Feuilles du caroubier	6
Figure 3	Fleurs du caroubier	6
Figure 4	Gousses du caroubier	7
Figure 5	Fructification du caroubier	8
Figure 6	Air de répartition du caroubier dans le bassin méditerranéen	9
Figure 7	Carte d'Algérie montrant la localisation de plusieurs sites du caroubier	10
Figure 8	Variétés de Tizi Ouzou	12
Figure 9	Dispositif de plantation des pieds mâles et femelles	13
Figure 10	Cochenilles infestant le caroubier	16
Figure 11	Dégâts causés par la cochenille	17
Figure 12	Teigne du caroubier, dégât sur la gousse	17
Figure 13	Dégâts causés par les coléoptères	18
Figure 14	Troncs du caroubier infestés	19
Figure 15	<i>Xylasandrus compactus</i> attaquant le caroubier	20
Figure 16	Branche du caroubier endommagé par des rongeurs	21
Figure 17	Position des régions par satellite à partir de l'application Hawk Map	23
Figure 18	Diagramme ombrothermique de Tizi Ouzou (2001-2017)	25
Figure 19	Position des arbres à Mdouha par satellite à partir de l'application Hawk Map	26
Figure 20	Position des arbres à Mdouha par satellite à partir de l'application Hawk Map	26
Figure 21	Classement des arbres dans les trois stations selon le sexe	29
Figure 22	Forme des tiges dans les trois stations	29
Figure 23	Types des arbres femelles (sauvages / greffés) dans les trois stations	30
Figure 24	Etat des arbres échantillonnés dans les trois stations	31
Figure 25	Maladies fongiques du caroubier trouvées dans les trois régions (clichés personnels)	32
Figure 26	Quelques maladies fongiques du caroubier repérées dans les trois régions (clichés personnels)	33
Figure 27	Importance de la production des gousses dans les trois stations	34

Liste des tableaux

Tableau 1	Type de production du caroubier selon l'âge.	11
Tableau 2	Estimation de la production mondiale des fruits et des graines du caroubier.	11
Tableau 3	Nombre de variétés connues par pays et critères de sélection.	11
Tableau 4	Les différents domaines d'utilisation du caroubier.	14
Tableau 5	Paramètres statistiques des variables mesurées sur le caroubier dans les trois stations.	35

Liste des abréviations

% : Pourcentage

° : Degrés

°C : Degrés Celsius

a.v. J-C : Avant Jésus-Christ

cm : centimètre

CV : Coefficient de variation

DSA : Direction des services agricoles

E : Ecart type

Fig : Figure

g : Gramme

Gps : Global positioning System

ha : Hectare

kg : Kilogramme

km : kilomètre

m : Mètre

Max : Maximum

Mg : Milligramme

Min : Minimum

mm : Millimètre

Moy : Moyenne

Ph : Potentiel hydrogène

Syn : Synonyme

t : Tonne

Introduction générale

Introduction générale

Par sa situation géographique, sa diversité orotopographique, pédologique et bioclimatique, l'Algérie possède un éventail de zones naturelles. La biodiversité nationale globale compte environ 16000 espèces et taxons confondus. Les ressources phytogénétiques sont menacées par une combinaison de facteurs concourants. En général, les actions anthropiques qui semblent jouer un rôle déterminant dans l'érosion génétique, conjuguées aux effets des changements climatiques (Issolah et Abbas, 2018).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est l'une des ressources phytogénétiques la plus intéressante. C'est une espèce forestière spontanée et cultivée très répandue dans l'Algérie du Nord. C'est un arbre à feuillage abondant, persistant et très dense. Il peut atteindre dans des conditions propices une hauteur de 7 à 20 m. C'est un arbre d'une longévité très considérable pouvant vivre jusqu'à 200 ans (Ait Chitt *et al.*, 2007). Il peut être mâle, femelle ou hermaphrodite (Saratsi *et al.*, 2020). Cette espèce est très tolérante à la sécheresse et très adaptée aux milieux dégradés (Gugliuzzo *et al.*, 2019). Ses vertus médicinales sont innombrables. Administré par voie orale, le caroubier exerce un rôle de régulateur du transit intestinal grâce à sa haute teneur en fibres. Soigne les diarrhées chroniques, les infections gastro-intestinales et la constipation. La gomme de caroube présente des effets bénéfiques dans le traitement des reflux gastro-œsophagiens. Cette plante est surtout cultivée pour ses fruits, dits caroubes. Les pulpes renferment 7% de protéines, 35% d'amidon et 40% de sucres, notamment du saccharose et du glucose, ainsi que des fibres, des sels minéraux, des tanins et des graisses en proportion plus réduite (Abd Razik *et al.*, (2012) ; Zannou *et al.*, (2019) ; Azab,(2017).

C'est une espèce d'un grand intérêt socio-économique (Sbay, 2008 ; Gharnit et Ennabili, 2016). Dans les pays méditerranéens, l'importance économique de *C. siliqua* a considérablement augmenté, en raison du développement de l'industrie de la caroube pour laquelle la farine et les graines de caroube sont devenues des matières premières essentielles à utiliser (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

En Algérie, le caroubier est une espèce très répandue à l'état spontané mais malheureusement il se trouve très négligé malgré ses énormes intérêts. Cependant, au cours de ces dernières années, cette espèce a suscité l'intérêt des agriculteurs et des industriels. Au niveau de la région de Mascara, une unité de transformation est mise en place dans la commercialisation des sous-produits de cette espèce qui est destinée pour 20 pays dans le monde. Malheureusement, dans la région de Tizi-Ouzou, le caroubier est tellement négligé au point que la surface cultivée est estimée à 1ha et la production est de 20 (qx) (DSA de Tlemcen, 2009 *in* Dahim et Nait Larbi, 2018).

Notre travail porte sur l'étude de l'état et de la conservation du caroubier dans quelques régions de la wilaya de Tizi-Ouzou tels que Sahel, Mdouha et Boudjima dans le but de valoriser et de préserver cette espèce dans le cadre du développement durable.

Dans ce présent travail, nous aborderons en premier lieu les généralités sur le caroubier notamment ses caractéristiques botaniques, ses exigences écologiques, sa composition chimique, son importance économique et écologique, son utilisation dans divers domaines et enfin les maladies et les ennemis qui menacent cette espèce. Une description des zones d'études ainsi que les mesures réalisées seront évoquées dans le second chapitre. Les différents résultats obtenus seront exposés et discutés dans le troisième chapitre à la lumière d'autres travaux réalisés dans la même thématique. Enfin, nous terminerons avec quelques perspectives.

Chapitre 1

Généralités sur le caroubier

1. Description botanique

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des légumineuses (syn. Fabacées) ordre des Rosales. Les légumineuses est l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs et comprend 650 genres et plus de 18 000 espèces (Polhill *et al.*, 1981 *in* Batlle et Tous, 1997) qui est extrêmement variable dans sa morphologie et son écologie (Batlle et Tous, 1997).

Le caroubier est généralement placé dans la tribu des *Cassieae* de la sous-famille des *Caesalpinioideae* ; cependant, plusieurs auteurs doutent de la position de *Ceratonia* dans les *Cassieae* (Irwin et Barneby 1981 ; Tucker 1992a, 1992b *in* Batlle et Tous, 1997).

Les espèces du genre *Ceratonia* sont diploïdes à $2n=24$ alors que de nombreux membres du complexe *Cassieae* sont à $2n=48$ (Goldblatt 1981 *in* Batlle et Tous, 1997).

Il est considéré comme l'un des plus archaïques de la famille des légumineuses (Tucker, 1992 *in* Batlle et Tous, 1997). Sur le plan taxonomique, *Ceratonia* se distingue nettement des autres genres appartenant à cette famille (Zohary, 1973 *in* Batlle et Tous, 1997).

1.1. Arbre

Ceratonia siliqua est un arbre typiquement méditerranéen, xérophile et pérenne qui croît sous les climats chauds (Benmahioul *et al.*, 2011). Il peut atteindre une quinzaine de mètres de hauteur (Quézel et Santa, 1962 *in* Benmahioul *et al.*, 2011). Il possède une cime très étalée et arrondie. Le tronc est épais, très crevassé, tortueux comme l'olivier, car le caroubier pousse aussi lentement et vit longtemps, jusqu'à 500 ans avec une base qui peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence. Cette espèce ligneuse a une écorce lisse et grise à l'âge juvénile et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois est blanc-jaunâtre lorsqu'il est jeune et devient rose veiné puis rouge foncé et dur en vieillissant (Benmahioul *et al.*, 2011).

Le caroubier est une espèce dioïque avec quelques formes hermaphrodites ; ainsi les fleurs mâles, femelles et hermaphrodites sont généralement portées par des arbres différents (Batlle et Tous, 1997).

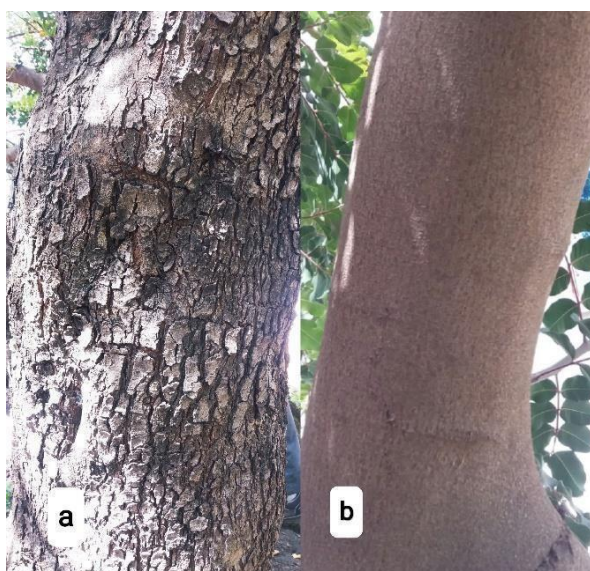
Le caroubier a des racines très profondes qui peuvent atteindre une profondeur de 18 m ou même plus. Sa croissance est très lente, en particulier au début de sa croissance. Il peut émettre des rejets de souche avec vigueur (Ait chitt *et al.*, 2007).



L'arbre du caroubier



Le tronc



a. Ecorce rugueuse, b. Ecorce lisse



Les racines

Figure 1: Caractéristiques botaniques du caroubier (cliché personnel, 2021).

1.2. Feuille

Les feuilles sont persistantes, de longueur de 10 à 20 cm, caractérisées par un pétiole sillonné sur la face interne et un rachis portant de 8 à 15 folioles, opposées, de 3 à 7 cm. Elles sont coriaces, entières, ovales à elliptiques, paripennées, légèrement échancrées au sommet avec une couleur vert noir brillante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure (Ait chitt *et al.*, 2007) et elles sont finement veinées avec des bords légèrement ondulés (Mitrakos, 1988 *in* Batlle et Tous, 1997).

Les feuilles sont sclérophylles et possèdent un épiderme supérieur très épais et monocouche, dont les cellules contiennent des composés phénoliques dans la plupart des cas. Les stomates ne sont présents que dans l'épiderme inférieur et sont disposés en grappes (Mitrakos, 1988 *in* Batlle et Tous, 1997).

En outre, le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne mais il les renouvelle partiellement au printemps tous les deux ans. Toutefois, il est à signaler que les vieilles feuilles peuvent avoir une longueur de 12 à 30 cm qui finissent par tomber en juillet (Diamantogulou et Mitrakos, 1981 *in* Batlle et Tous, 1997).



Figure 2 : Feuilles du caroubier (cliché personnel, 2021).

1.3. Fleur

La morphologie florale est complexe et varie largement d'une référence à une autre, il existe des:

- Inflorescences mâles à fleurs caractérisées par des étamines à longs filaments et à pistil non développé.
- Inflorescences mâles à fleurs caractérisées par des étamines courtes et un pistil non développé.
- Inflorescences hermaphrodites à fleurs avec des étamines et un pistil bien développé.
- Inflorescences femelles avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires.
- Inflorescences polygames comportant des fleurs femelles, des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites (Ait Chitt *et al.*, 2007).

Les fleurs unisexuées et bisexuelles sont rares dans l'inflorescence. Elles sont initialement bisexuées, mais l'un des deux sexes est généralement supprimé au cours du développement tardif des fleurs mâles ou femelles (Tucker, 1992a *in* Batlle et Tous, 1997).



Figure 3 : Fleurs du caroubier, **a** : mâles ; **b** : femelles (Photos prises par Mme Abdelkrim, 2020), **d** : hermaphrodites (Mahdad, 2013).

1.4. Fruit

Les caroubes sont les fruits du caroubier. Elles sont réunies en grappes simples. Elles sont de grande taille, d'une longueur de 10 à 30 cm avec une largeur de 1,5 à 3,5 cm et une épaisseur de 1 à 2,5 cm. Le poids est de 15 à 40 g (Ait chitt *et al.*, 2007). Le fruit est indéhiscent, d'abord vert puis brun foncé à noir à maturité, aplati, allongé ou courbé, séparé à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme 5 à 16 graines brunes, soit 10 à 20 % du poids de la gousse en fonction de cultivar, du climat et de la conduite technique (Ait chitt *et al.*, 2007).

Pour arriver à la maturité, la caroube nécessite généralement 9 à 10 mois, correspondant à 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).



Figure 4 : Gousses du caroubier (cliché personnel, 2021).

1.5. Floraison et fécondation

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 des fruits comestibles et sucrés (les caroubes). La pollinisation est généralement anémophile (Passos de carvalho, 1988 *in* Benmahioul *et al.*, 2011), mais elle est assurée aussi par les insectes (entomophile) (Retana *et al.*, 1990, 1994 ; REJEB *et al.*, 1991; ORTIZ *et al.*, 1996 *in* Benmahioul *et al.*, 2011). Les sujets hermaphrodites pourraient être envisagés en tant que pollinisateurs et producteurs (Benmahioul *et al.*, 2011).

Les floraisons du caroubier présentent des particularités originales et caractéristiques générales. Parfois, on constate sur le même arbre : des fleurs et des fruits muris en même temps. L'époque de la floraison dépend de la région, de l'altitude et de la situation géographique. En somme, on doit parler de la floraison automnale-hivernale, comme le cas chez de nombreuses plantes tropicales (Evreinoff, 1947).

Ceratonia siliqua présente une grande plasticité. Les inflorescences hermaphrodites sont très rares par rapport aux inflorescences mâles, femelles et polygames (Gharnit *et al.*, 2004).

Après la fécondation commence le développement très lent du fruit. Ce dernier se développe et pousse tout l'hiver jusqu'au printemps. C'est seulement après le mois de mars que son développement et sa maturation sont moins lents. Généralement, de la floraison jusqu'à la maturité complète du fruit, on compte un an et rarement moins de 10 mois (Evreinoff, 1947).

1.6. Fructification

Le caroubier est un arbre alternant. Cette alternance est contrôlée génétiquement, mais elle peut être accentuée par des facteurs climatiques, de stress ou des pratiques culturales inadéquates (Ait chitt *et al.*, 2007). Il en découle que le nombre de fleurs par inflorescence n'est pas proportionnel au pourcentage des fleurs développées en fruits. La production faible de fruits n'est pas due seulement à l'incompatibilité ou à la stérilité du pollen mais aussi à l'isolement de l'individu, la fréquentation peu efficace des fleurs par les insectes, etc. De plus, chez plusieurs plantes, les fruits développés dépendent de la disponibilité en nutriments, l'avortement sélectif et la chute des fleurs ou des fruits immatures (Stephenson, 1981 *in* Garnit *et al.*, 2010).



Figure 5 : Fructification
(cliché personnel, 2021).

1.7. Rendement

Le rendement dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions du milieu, les cultivars de l'année et les soins culturaux. En général, un arbre en pleine production peut produire environ 300 kg de caroubes par an (Benmahioul *et al.*, 2011).

D'après Ait Chitt *et al.* (2007), un verger de 50 arbres par ha, produisant en moyenne à l'âge adulte 70 kg/pied fournit 3,5 tonnes par hectare.

Dans des conditions favorables, certains arbres exceptionnels peuvent produire jusqu'à 1000 kg/an ; les pieds femelles ont un rendement supérieur à celui des hermaphrodites (Benmahioul *et al.*, 2011).

2. Ecologie du caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est une essence méditerranéenne bien définie dans l'étage humide, subhumide et semi-aride, très plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm de pluie/an) mais pas au froid (0° C minimum) (Benmahioul *et al.*, 2011).

Le caroubier, dont l'aire de répartition s'étend dans les secteurs des plateaux et en moyenne montagnes jusqu'à 1700 m d'altitude, est indifférent à la nature du substrat. Il tolère les sols pauvres, sableux, limoneux lourds, rocailleux et calcaires, schisteux, gréseux et des pH de 6,2 jusqu'à 8,6 mais il craint les sols acides et très humides (Baum, 1989 ; Sbay et Abrouch, 2006 ; Zouhair, 1996 *in* Rahal *et al.*, 2016).

Les études de Rejeb (1995) *in* Rahal *et al.* (2016) confirment que le caroubier se comporte comme une véritable espèce résistante à la sécheresse en s'adaptant morphologiquement et physiologiquement au manque d'eau que le chêne vert, le thuya et l'oléastre qui lui sont associés grâce aux :

- Stomates situés sur un seul côté,
- Nombre de stomates assez élevé et petits,
- Système racinaire développé,
- Dépôt de cire important,
- Absorption et échanges gazeux qui dépendent de l'état hydrique général.

3. Origine, air de dispersion et production du caroubier

3.1. Origine du caroubier

Il existe plusieurs hypothèses éminentes d'un désaccord entre différents auteurs sur l'origine du caroubier. Schweinfurth (1894) in Batlle et Tous (1997) a mentionné qu'il est originaire du Sud de l'Arabie (Yémen). Cependant, Zohary (1973) in Batlle et Tous (1997) a considéré le caroubier comme originaire de la flore d'Indo Malaisie, groupé avec *Olea*, *Laurus*, *Myrtus*. D'autres auteurs, comme Vavilov (1951) et Candolle (1983) in Batlle et Tous (1997), ont rapporté qu'il serait natif de la région Est méditerranéenne (Turquie et Syrie).

Sur une base de sources documentaires et de preuves archéologiques des restes carbonisés de bois et de fruits, Zohary (1996) in Batlle et Tous (1997) a révélé la présence du caroubier dans la méditerranée orientale au néolithique (4000 ans av. J.-C.), période initiale de la domestication des espèces ligneuses et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C.

3.2. Air de dispersion

3.3.1. Dans le monde

Le caroubier est cultivé depuis l'Antiquité dans la plupart des pays du bassin méditerranéen, généralement dans des endroits doux et secs aux sols pauvres. Sa valeur a été reconnue par les Grecs de l'Antiquité qui l'ont importé du Moyen-Orient. On le rencontre actuellement dans une zone allant de l'Espagne et du Portugal jusqu'en Turquie, en Syrie en passant par le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Lybie, l'Egypte, le Liban, la Grèce, l'Italie et la France. Plus récemment, le caroubier a été introduit dans de nombreux autres pays à climats chauds et semi-arides, principalement aux Etats-Unis (Floride et Californie), l'Australie et l'Argentine, l'Arizona, le Chili, le Mexique et l'Afrique du Sud (Batlle et Tous, 1997).



Figure 6: Air de répartition du caroubier dans le bassin méditerranéen (Benmahioul et al., 2011).

Selon Evreinoff (1947) la production du caroubier se présente comme suit :

Tableau 1 : Type de production du caroubier selon l'âge (Evreinoff, 1947).

Faible : en progression	Moyenne : en progression	Stable	Maximum : en progression	Forte : en régression
1-19 années	20-39 années	40-70 années	71-100 années	101-150 années

La production mondiale de caroube est estimée à 250 000 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, au Maroc, en Italie, au Portugal, en Grèce, en Turquie, au Chypre et en Algérie. Par ailleurs, de faibles productions ont été enregistrées au Liban, en Tunisie, en Australie et en Afrique du Sud (Benmahioul *et al.*, 2011).

Tableau 2 : Estimation de la production mondiale des fruits et des graines du caroubier (Benmahioul *et al.*, 2011).

Pays	Gousses (t)	%	Graines (t)	%
Espagne	90 000	36	9 000	28
Maroc	60 000	24	12 000	38
Italie	25 000	10	2 500	8
Portugal	25 000	10	2 500	8
Grèce	19 000	8	1 900	6
Turquie	14 000	6	1 400	4
Chypre	7 000	3	700	2
Algérie	10 000	4	1 000	3
Liban	1 000	<1	100	<1
Tunisie	3 000	<1	300	1
Autres pays	1 000	<1	100	<1
Total	250 000	100	31 500	100

5. Variétés du caroubier

Les variétés du caroubier ne sont pas étudiées. Jusqu'à présent l'ancien ouvrage sur le caroubier de Risso, paru dès 1826 présente une valeur d'actualité. Les variétés connues dans la culture et surtout dans le commerce ne sont pas nombreuses (Evreinoff, 1947).

Parmi les principales variétés utilisées on peut citer; « Negra » et « Matalafera » en Espagne, « Gibiliana » et « Racemosa » en Italie, « Mulata » et « Aida » au Portugal, « Hemere » et « Tylliria » en Grèce et à Chypre, « Sisam » en Turquie, « Sfax » en Tunisie, « Santa Fe » et « Bolser » en Californie, et « Bath » et « Princess » en Australie (Sbay, 2008).

Tableau 3 : Nombre de variétés connues par pays et critères de sélection (Sbay, 2008).

Pays	Nombre de variétés connues	Caractéristiques
Espagne	19	Adaptation
Portugal	13	Sexe
Italie	5	Pourcentage de grains et de pulpes
Chypre	3	Résistance aux maladies
Tunisie	1	Taux de sucre
USA	?	Quantité et qualité de la gomme
Maroc	?	

À Tizi-Ouzou, plusieurs citoyens de la commune de Boudjima nous ont révélés qu'il existe trois variétés :

Tounsi : cultivé, fruit très large, charnu, volumineux, très sucrée.

Lehlou : cultivé, fruit moyen long, peu large, vigueur moyenne, sucré.

Aqejud : sauvage, c'est le troisième choix dont le fruit est peu large, court, moins sucré.



Figure 8 : Variétés de Tizi Ouzou **a.** Gousses vertes variété aqejud, **b.** Gousse verte variété lehlou, **c.** Gousse mûr d'une année variété lehlou (cliché personnel, 2021).

6. Procédés de multiplication

Avant tout programme de multiplication, il est important de sélectionner les individus élites à multiplier (Ait Chitt *et al.*, 2007).

Les critères de sélection les plus importants sont:

- Rendement en fruit,
- Rendement en graine (pourcentage de graines par rapport au fruit),
- Alternance de production,
- D'autres critères de sélection peuvent être pris en considération tels que la résistance à l'*oidium* pour des plantations en zones côtières (Ait Chitt *et al.*, 2007).

Le caroubier peut se reproduire par deux voies : la multiplication sexuée et la propagation végétative (Benmahioul *et al.*, 2011).

6.1. Multiplication sexuée

Au niveau national, la seule méthode utilisée jusqu'à présent pour multiplier le caroubier est le semis (Ait Chitt *et al.*, 2007).

Toutefois cette technique présente un certain nombre d'inconvénients, à savoir :

- Le caroubier est une espèce dioïque et par conséquent, le semis donne des plants avec un ratio de 50% de femelles et 50% de mâles improductifs.
- La non-conformité génétique liée à l'hétérozygotie de l'espèce (Ait Chitt *et al.*, 2007) : Le semis donne généralement des plants hétérogènes et ne permet pas de reproduire avec certitude tous les caractères du pied mère (Benmahioul *et al.*, 2011).
- Entrée en production très tardive qui peut prendre de 6 à 8 ans pour produire des gousses (Ait Chitt *et al.*, 2007).

Pour assurer la pollinisation et la fructification des pieds femelles du caroubier, il est nécessaire d'avoir un ratio adéquat de pollinisateurs par rapport aux plants femelles. Nous recommandons un pied mâle pour 8 à 12 pieds femelles (Ait Chitt *et al.*, 2007).

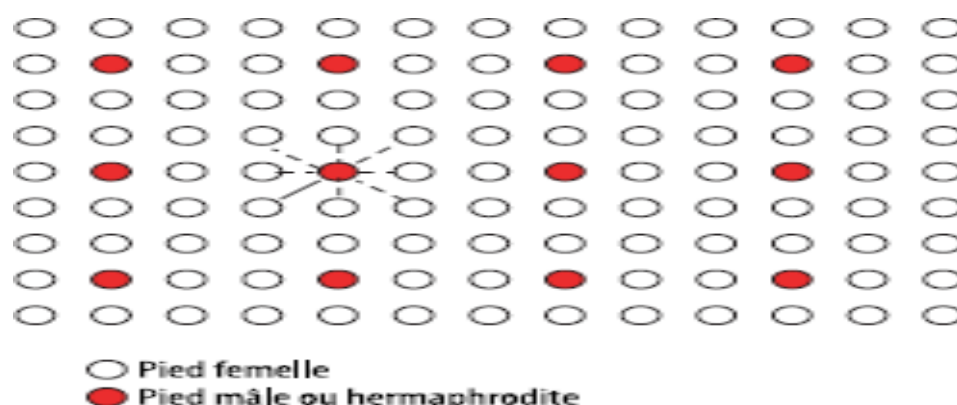


Figure 9 : Dispositif de plantation des pieds mâles et femelles (Ait Chitt *et al.*, 2007).

6.2. Propagation végétative

La multiplication végétative repose sur l'aptitude d'un végétal à pouvoir reconstituer un individu identique à lui-même à partir d'un organe (tige, racine, feuille, etc...), d'un tissu ou d'une cellule. Elle est utilisée depuis des siècles pour reproduire de nombreuses espèces en horticulture et arboriculture (Sbay, 2008).

6.2.1. Multiplication par greffage

Le greffage est le mode de multiplication le plus répandu. Il est employé à la suite des semis pour surgreffer les pieds mâles par les femelles. Les plants sont greffés 1 ou 2 ans après leur germination dans une pépinière puis transplantés dans les vergers (Batlle et Tous, 1997).

Il peut être réalisé soit :

- En pépinière sur des plants d'un an et demi lorsque la tige atteint 1 cm de diamètre à la base;
- Au champ sur des pieds mâles adultes (Sbay, 2008).

6.2.2. Multiplication par bouturage

L'art de la propagation par bouturage est une technique très ancienne et populaire dans le domaine de l'horticulture. Cependant, il existe de nombreuses espèces qui sont difficiles à enraciner mais dernièrement, il est devenu plus faciles par l'utilisation de produits chimiques d'induction des racines et la modification du milieu environnant. Ces tentatives ont permis d'obtenir un pourcentage plus élevé et précoce (El Deen *et al.*, 2014).

7. Composition biochimique

La composition chimique des gousses ainsi que leur teneur en différents éléments dépendent de plusieurs facteurs dont l'origine de l'échantillon, sa variété, la période de sa récolte et les pratiques culturales mais aussi des conditions édaphiques et climatiques (El Bouzdoudi *et al.*, 2017).

Les deux principaux constituants de la gousse de caroube sont la pulpe (90%) et les graines (10%) en poids (Aziz et Hicham, 2014). La pulpe de caroube a une teneur élevée en sucres, comprise entre 30% et 60%. Les principaux sucres étant le saccharose (65% à 75% des sucres totaux), le fructose et le glucose (respectivement 15% et 25% des sucres totaux réducteurs). Elle contient également des quantités appréciables de fibres (jusqu'à 40%), de protéines (2% à 7%) et une faible teneur en matières grasses (0,9 à 1,3 (El Bouzdoudi *et al.*, 2017). Il est aussi indiqué que le fruit est également riche en vitamines A, B, B2, B3, C et D (Sahin et Tasligil, 2016).

La farine de gousse de caroube broyée contient à peu près 4,45% de protéines dont les acides aminés suivants : acide aspartique, asparagine, alanine, acide glutamique et glutamine, leucine et valine ; ceux-ci représentent 57 % de la teneur totale en acides aminés des gousses. Enfin, la poudre de caroube contient environ 2% à 6 % de cendres selon le type de caroube dont nombreux sels minéraux essentiels. La gousse est une bonne source de potassium (802 mg/100 g), de calcium (440 mg/100 g) et de sodium (10,1 mg/100 g) (Albanell *et al.*, 1991).

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 (2% à 20% de M.S) (Salih et Jilal, 2020) mais aussi elle contient différents éléments minéraux dont leurs teneurs sont variables (El Bouzdoudi *et al.*, 2017).

Les graines de caroube sont extrêmement dures et son endosperme contient 30% à 40 % en poids de galactomannane qui est une molécule polysaccharidique composée de mannose et de galactose. Ainsi, ce produit est bien connu sous le nom de gomme de caroube (Karababa et Coskuner, 2013).

8. Intérêt et utilisation du caroubier

Le caroubier est une essence agro-sylvopastorale offrant de nombreux avantages et intérêts socio-économiques et écologiques (Benmahioul *et al.*, 2011). Il se révèle actuellement en étant l'arbre le plus performant parmi les arbres fruitiers et forestiers puisque toutes ses parties (feuille, fleur, fruit, bois, écorce et racine) sont utiles (Aafi, 1996) et dont les différentes utilisations sont citées ci-dessous (Tab.4) :

Tableau 4 : Différents domaines d'utilisations du caroubier (Sbay, 2008).

Utilisation industrielles	Applications
Pharmaceutiques	Contre les diarrhées, dentifrice
Cosmétiques	Emulsion et mousse de rasage
Textiles	Coloration
Papier	Traitement de surface
Chimiques	Colle, colorant, polissage, allumettes, pesticides
Pétrole	Additif pour augmenter la stabilité
Exploitation minière	Produit de flottement
Absorbant	Absorbe l'humidité
Epaississant	Solidifiant, gélifiant
Explosifs	Capteur d'eau pour les explosifs

8.1. L'Arbre

Les arbres sont très recommandés dans les reboisements des zones arides grâce à leur système racinaire profond et à leur association symbiotique avec des bactéries fixatrices d'azote (Mom *et al.*, 2020).

Grâce à sa couronne sphérique et son feuillage persistant, dense et brillant, le caroubier est utilisé comme arbre ornemental et comme brise-vent. En outre, cette espèce ligneuse joue un rôle vital dans la protection de l'environnement :

- Protection des sols contre l'érosion ;
- Le caroubier protège par son ombre les autres plantes ;
- Un rideau de caroubiers peut constituer un excellent pare-feu (Benmahioul *et al.*, 2011). Son bois est très apprécié en ébénisterie, marqueterie, armurerie, charronnage et aussi pour la fabrication du charbon (Benmahioul *et al.*, 2011).

8.2. Le fruit

Dans les pays producteurs, les gousses de caroube ont été traditionnellement utilisées non seulement en alimentation des animaux ruminants ou non ruminants mais aussi en alimentation humaine. Après l'écrasement des gousses graines, les produits dérivés de ces deux éléments sont principalement utilisés dans plusieurs domaines (Boublenza, 2012).

Le fruit est constitué d'une pulpe et des graines qui ont divers intérêts comme suit :

8.2.1. La pulpe

La pulpe sucrée de la caroube est employée depuis longtemps comme nourriture de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (Ait Chitt *et al.*, 2007). Elle est consommée par les enfants en-cas ou en période de famine (Battle et Tous, 1997).

La farine obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines (Ait Chitt *et al.*, 2007) est employée dans les industries agro-alimentaire et pharmaceutique, principalement contre les troubles gastro-intestinaux (diarrhée).

Elle est aussi préconisée contre la tuberculose pulmonaire (Benmahioul *et al.*, 2011). Elle a de nombreux effets positifs sur la glycémie, le taux de cholestérol et le cancer (Boublenza *et al.*, 2019).

La pulpe est également utilisée dans les gâteaux et les biscuits comme substitut du chocolat (Battle et Tous, 1997).

8.2.2. La graine

La graine est l'organe le plus riche de l'arbre. Tous ses composants (tégument, endosperme et cotylédon) jouent un rôle industriel et médical important (Boubkar *et al.*, 2021).

La gomme qui est extraite de l'endosperme de la graine après élimination de la cuticule et du germe contient entre 80% et 85% de galactomannanes qui est un additif alimentaire (E410) ; elles jouent un rôle essentiel dans la technologie alimentaire car ils peuvent être utilisés comme stabilisants, épaississants et gélifiants (Boublenza *et al.*, 2019). Ils sont également employés dans la préparation de produits alimentaires (fromage, mayonnaise, salade), pharmaceutiques (médicaments, sirop), cosmétiques (crèmes, dentifrices), textiles et peintures (Boubkar *et al.*, 2021).

8.3. Les autres parties de l'arbre

Les autres parties de l'arbre sont aussi exploitées. En effet, la fleur est utilisée par les apiculteurs pour la production du miel de caroube ou miel d'automne, alors que les feuilles sont utiles pour l'alimentation des animaux. L'écorce et les racines sont utilisées en tannerie grâce à leur teneur en tanins (Gaouar, 2011).

9. Les ennemis du caroubier

Bien que le caroubier soit une espèce résistante aux maladies, il peut cependant dans certaines conditions faire l'objet d'attaques par (Sbay, 2008) :

9.1. Les champignons

9.1.1. Oïdium ou le Blanc du caroubier (*Oidium ceratoniae*)

C'est la maladie la plus répandue, elle attaque surtout les jeunes feuilles qui se recouvrent d'une moisissure grise cendrée blanchâtre qui finissent par tomber prématurément. Parfois la maladie atteint les fleurs et les jeunes fruits (Evreinoff, 1947) et cause la déformation de jeunes gousses (Sbay, 2008). Cette maladie épuise l'arbre qui se guérit péniblement en deux ans (Evreinoff, 1947).

Lutte : On le traite au soufre pendant la rosée plusieurs fois au cours du printemps. Ce traitement peut être remplacé par le pentasulfure de potassium (200 gr pour 100 L d'eau) en hiver et au printemps (Evreinoff, 1947).

9.1.2 Sphaerella du caroubier (*Sphaerella cuprea*) qui macule de noir, parfois abondamment sur les folioles (Sbay, 2008).

9.1.3. Polyporus (*Polyporus ignarinis* et *P. sulphureus*) : sont aussi des champignons observés sur les troncs et les branches charpentières du caroubier. Cependant, les dégâts ne sont pas grands et il est facile de s'en débarrasser. Les arbres plantés dans un terrain défavorable sont les seuls atteints (Evreinoff, 1947).

9.2. Les insectes nuisibles : sont assez nombreux mais les dégâts les plus sérieux sont causés par la Cochenille du caroubier.

9.2.1. Les cochenilles (*Lecanium ceratoniae*) : sont des insectes piqueurs-suceurs qui absorbent pour la plus grande partie la sève élaborée riche en sucre (Kreiter, 2011).

Elles s'attaquent à tous types d'organes végétaux, et peuvent être localisées sur les fruits notamment sur les feuilles (Evreinoff, 1947). De même, le tronc peut être attaqué par la petite cochenille blanche (Sbay, 2008) qui est souvent présente en très petit nombre sur les caroubiers (Longo et Tirrò 2005 in Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Lutte : A cet effet, on utilise des émulsions d'huiles minérales, végétales et des composés organiques (genre de gésarol) qui possèdent un grand pouvoir de pénétration. Généralement elles sont appliquées pendant le repos de la végétation. Les traitements en été sont plus efficaces, il se fait en Mai-Juin (Evreinoff, 1947).

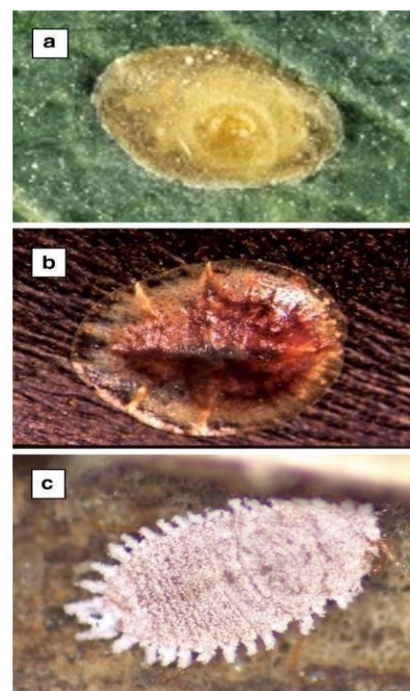


Figure 10 : Cochenilles infestant le caroubier : **a-** sur une feuille ; **b-** sur une gousse ; **c-** sur un rameau (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

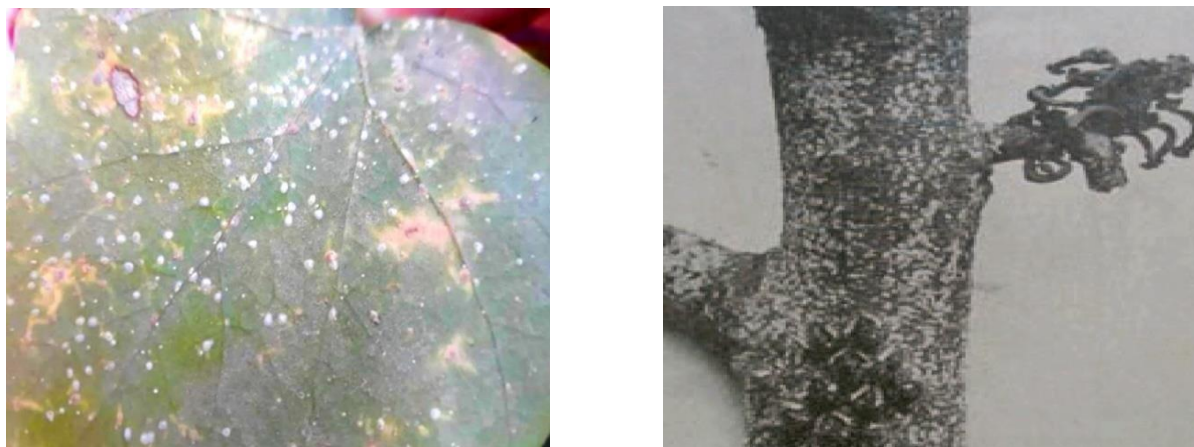


Figure 11 : Dégâts causés par la cochenille A gauche : Feuille contaminée (Mouissi et Ouradj., 2018), à droite : Rameau de caroubier contaminé (Sbay, 2008).

9.2.2. Les fourmis

Les fourmis sont sans doute les insectes les plus massivement présents dans les arbres. Elles peuvent directement utiliser les végétaux comme ressource alimentaire via l'exploitation (Corbara *et al.*, 1999) des tissus végétaux (pétales, tissu ovarien des fleurs (Kenne *et al.*, 1999) de sève, de graines (cas des fourmis granivores) ou de pulpe de fruit (Corbara *et al.*, 1999) car elles sont très attirées par le sucre (Lenoir, 2012). L'activité de ces fourmis entraîne une baisse de rendement de la plante ou le dessèchement de la partie attaquée (Kenne *et al.*, 1999).

9.2.3. Les lépidoptères, on retrouve :

La pyrale du caroubier *Ectomyelois ceratoniae zeller* est la plus importante et la plus destructrice des insectes ravageurs. Elle est une espèce polyphage qui peut atteindre dans de bonnes conditions quatre générations qui se succèdent au cours de l'année (Touahir et Kadri, 2020).

Cet insecte nuisible exerce une pression sur les productions agricoles, dépréciant la valeur nutritive des caroubes (Doumandji, 1978). Il pond des œufs sur les fleurs ou les gousses récemment formées, les larves pénètrent par la suite dans les gousses et les ruinent (Sbay, 2008).

Lutte : Afin de lutter contre ce ravageur, plusieurs techniques ont été élaborées tels que les traitements par modification de température, l'utilisation des huiles essentielles, le conditionnement sous atmosphère modifiée et l'utilisation des désinfectants qui ont prouvé leurs pouvoirs insecticides contre la pyrale (Hached *et al.*, 2018). La lutte biologique peut être considérée comme l'option de lutte la plus écologique et la plus prometteuse contre ce ravageur en utilisant des pesticides à base microbienne et/ou de parasitoïdes efficaces (Gugliuzzo *et al.*, 2019).



Figure 12 : Teigne du caroubier, dégâts sur la gousse (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

924. Les coléoptères ravageurs du caroubier, on retrouve :

- *Ptosima undecimmaculata* que l'on trouve occasionnellement sur du bois débilité ou mort (Longo et Tirrò 2005 in Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Les larves ont un comportement xylophage et se développent dans le bois des arbres morts mais aussi dans les branches vivantes plus précisément dans les troncs et les branches épaisses où elles creusent des tunnels sous l'écorce et deviennent adultes après deux ou trois ans et provoquent leur infection (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Lutte : Les arbres ont été sauvés en coupant et brûlant les branches infestées (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

- *Apate monachus* est un coléoptère xylophage dont les larves peuvent se développer sur plus de 80 plantes hôtes dont le caroubier. Il est considéré comme le ravageur le plus destructeur de la famille des Bostrichidae (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Les dégâts causés par les adultes d'*A. monachus* dans les arbres résultent du creusement de tunnels dans le tronc et les branches avant leur reproduction (**fig.13 : a**) (Bonsignore, 2012).

Lutte : Afin de réduire la densité de la population, il pourrait être suggéré d'éliminer le bois mort ou en décomposition où se trouvent normalement les œufs et les larves. La lutte chimique est possible contre ces adultes en pulvérisant le tronc et les branches avec des insecticides à longue durée (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

- **Capricornes :** Les espèces de Cerambycidae (**Fig. 13 : b**) trouvées sur le bois de caroubier sont polyphages sur les branches et les rameaux morts (Gugliuzzo *et al.*, 2019).
- **Le charançon** *Otiorhynchus ceratoniae* se nourrit des bords des feuilles du caroubier en produisant des encoches petites et semi-circulaires mordues à la périphérie (**Fig. 13 : c**), signes caractéristiques des dommages causés par *Otiorhynchus spp* (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

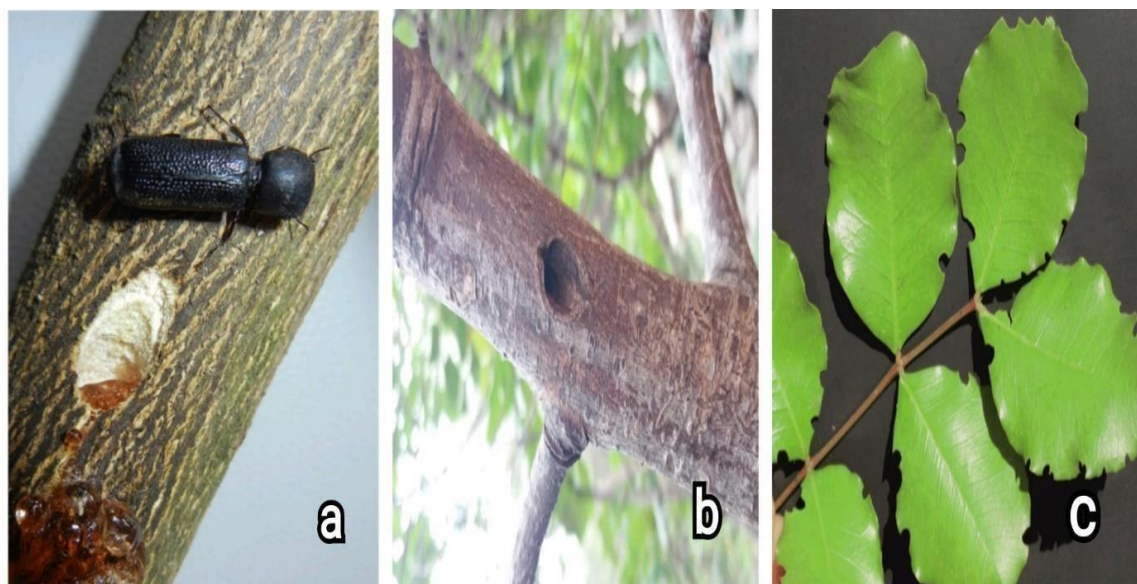


Figure 13 : Dégâts causés par les coléoptères : **a-** *Apate monachus* adulte sur rameau de caroubier, **b-** Trou de sortie d'un coléoptère cérambycide infestant le caroubier (Gugliuzzo *et al.*, 2019) et **c-** Feuilles de *Ceratonia siliqua* prétendument endommagées par les adultes d'*O. ceratoniae* sp (Davidian *et al.*, 2017).

- **Les scolytes:** Les *Xylosandrus* sont des insectes très polyphages (Nageleisen *et al.*, 2015). Deux scolytes envahissants, *Xylosandrus crassiusculus* et *X. compactus* ont été identifiés comme des ravageurs du caroubier (Francardi *et al.*, 2017 in Gugliuzzo *et al.*, 2019).
- ❖ **L'ambrosie granulée, *X. crassiusculus*** est une espèce très polyphage qui se reproduit dans les arbres feuillus, les forêts, les plantations et les vergers connue comme une espèce envahissante qui peut coloniser toutes les parties ligneuses de l'arbre. Des attaques ont été observées sur les rameaux, les branches et les troncs qui sont percés par un certain nombre de petits trous. Les arbres étaient facilement écorcés mais les galeries larvaires ne se trouvent ni dans le phloème ni dans l'écorce interne et les trous s'enfoncent profondément dans le bois (Gallego *et al.*, 2017).



Figure 14 : Troncs du caroubier infestés : **A-** Exsudat sortant des trous sur l'écorce. **B-**Trous sur le bois visibles après l'écorçage. **C-** Cordons de poussière compacte de forage émergeant des trous (Gallego *et al.*, 2017).

- ❖ **Le perceur de rameaux noirs *X. compactus*** est un polyphage qui se développe dans le bois généralement sur les rameaux et les petites branches (OEPP 2017 in Gugliuzzo *et al.*, 2019) et cause la nécrose des feuilles terminales, de la tige et la flagellation des branches (**Fig.15**) (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Les femelles adultes creusent des galeries dans les branches et les troncs jusqu'à l'aubier (Nageleisen *et al.*, 2015), cultivent des symbiotes fongiques à l'intérieur pour se nourrir (Castrillo *et al.*, 2016) et déposent leurs œufs dedans (Nageleisen *et al.*, 2015).

Les insectes xylémophages ne provoquent pas de mortalité rapide des plantes attaquées sauf pour les plus petits diamètres et uniquement en cas de pullulation. S'il s'agit d'un arbre à plusieurs mètres de hauteur tels que le caroubier, il cause en général un dessèchement progressif sur les grosses branches et les troncs (Nageleisen *et al.*, 2015) dont les diamètres est supérieurs à 30 cm et 80 cm, respectivement (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Lutte : Les coléoptères *Ambrosia Xylosandrus crassiusculus* et *X. germanus* sont parmi les ravageurs exotiques les plus importants et sont difficiles à contrôler à l'aide d'insecticides conventionnels en raison de leurs habitudes cryptiques (Castrillo *et al.*, 2016).

L'utilisation d'agents de lutte biologique peut s'avérer efficace en ciblant à la fois les coléoptères et les symbiotes fongiques à l'intérieur des galeries des arbres par l'application de champignons entomopathogènes contre *X. crassiusculus* qui a été évaluée dans des essais biologiques en laboratoire en utilisant deux souches commerciales de *Beauveria bassiana* et *Metarhizium brunneum* F52 (Castrillo *et al.*, 2016).

Les entomopathogènes testés étaient virulents pour *X. crassiusculus*, provoquant plus de 70% de mortalité 5 jours après l'inoculation (Castrillo *et al.*, 2016).

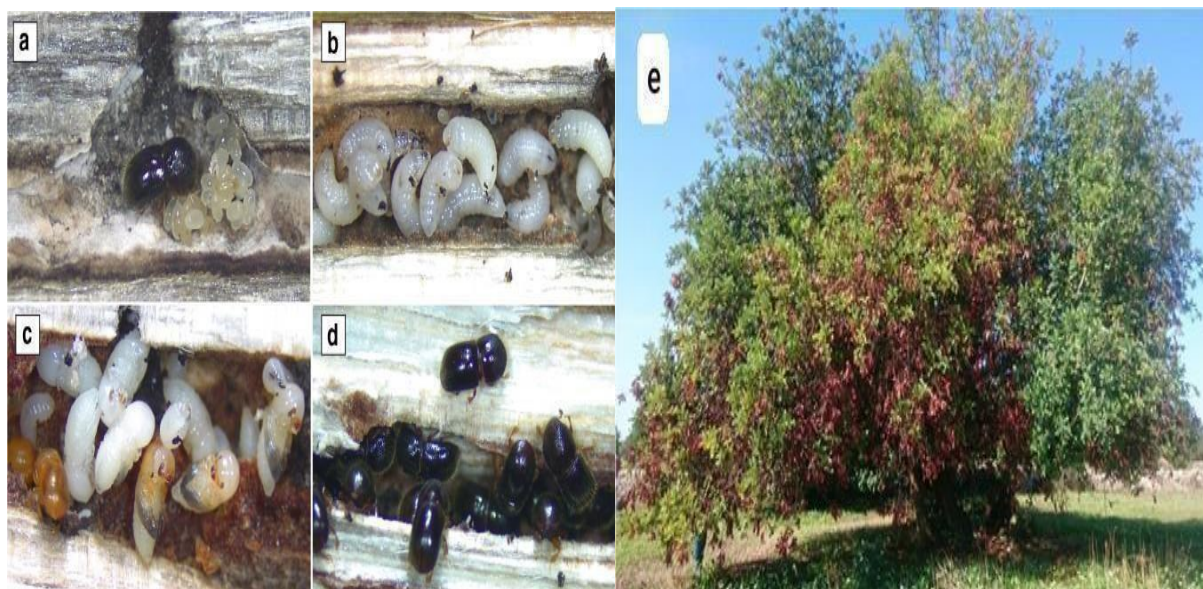


Figure 15 : *Xylosandrus compactus* attaquant le caroubier : a- Oeufs ; b- Larves ; c- Nymphes ; d- Adultes ; Caroubier endommagé par *Xylosandrus compactus* (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

925. Les diptères

- ***Asphondylia gennadii* (Marchal)**

La plupart des espèces d'*Asphondylia* sont monophages ou oligophages, induisant des galles sur des organes spécifiques. (Uechi *et al.*, 2017).

Les larves achèvent leur développement à l'intérieur des bourgeons en se nourrissant des tissus de la fleur puis nymphosent (Infantino *et al.*, 2007). Elles peuvent développer un maximum de sept générations par an provoquant des déformations et un développement de manière irrégulière des bourgeons causant le rabougrissement des gousses et leur déformation qui restent petites et deviennent brunes (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Lutte: Les stratégies de contrôle adoptées comprennent l'utilisation de pièges jaunes collants pour le piégeage de masse et le suivi des adultes pour déterminer leurs périodes de vol et rationaliser l'application d'insecticides (Infantino *et al.*, 2007).

De plus, l'utilisation de pratiques culturales telles que le labourage et la destruction des bourgeons et des fruits attaqués réduit la propagation et l'augmentation des populations de ce ravageur pour le reste de l'année (Infantino *et al.*, 2007).

9.3. Les rongeurs (RODENTIA) : Parmi les mammifères nuisibles, nous avons les petits rongeurs dont :

9.31. *Rattus* (L.) Dans le cas d'une forte densité de population et une faible disponibilité de nourriture, ils peuvent ronger la couche d'écorce externe et manger le bois (Longo et Tirrò, 2005 in Gugliuzzo *et al.*, 2019). L'activité de mastication perturbe la capacité de la plante à transporter les nutriments et l'eau entre les feuilles et les racines et entraîne également la mort de la partie de la plante située au-dessus du dommage (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

9.32. Les spermophiles (*Pitymys spp.*) : se sont de petits rongeurs qui peuvent gravement endommager le système racinaire des jeunes caroubiers (Batlle et Tous, 1997).

9.33. La souris domestique (*Musculus domesticus*) : capable d'endommager gravement les gousses du caroubier dans les structures de stockage ainsi que la souris des bois *Apodemus sylvaticus* (L.) et le rat des toits *Rattus* (Evreinoff, 1947).

9.34. Le rat égyptien (*Mus alexandrinus*) : Ravageur assez dangereux qui attaque les fruits mûrs (Evreinoff, 1947).

Lutte : la dératisation doit être appliquée très sévèrement avec tous les moyens possibles et efficaces contre ce rongeur redoutable (pièges, poison et enfin chasse par des chats) (Evreinoff, 1947).

Les autres ravageurs sont tout à fait secondaires et leurs attaques ne sont pas massives, mentionnons :

9.35. La Psylla (*Psylla ceratoniae*) : Les dégâts sont rarement importants, les larves se regroupent en colonies à la face inférieure des feuilles, sur les pousses et les corolles des fleurs sécrétant un miellat abondant qui brûle, provoquant parfois une chute prématurée des feuilles et des jeunes fruits (Evreinoff, 1947).

Lutte : On traite avec des insecticides de contact comme la nicotine ou la roténone (Evreinoff, 1947).



Figure 16 : Branche du caroubier endommagée par des rongeurs (Gugliuzzo *et al.*, 2019).

Chapitre 2

Matériel et méthodes

1. Phase de prospection sur le terrain

Pour décrire le caroubier à Tizi-Ouzou, nous avons entrepris une étude dans trois régions dont Sahel, Mdouha et Boudjima. Ces populations sont situées à différentes altitudes (y compris les basses terres, les collines et les montagnes) et évoluent sous différents bioclimats. Nous avons effectué donc trois sorties correspondant chacune à une région.

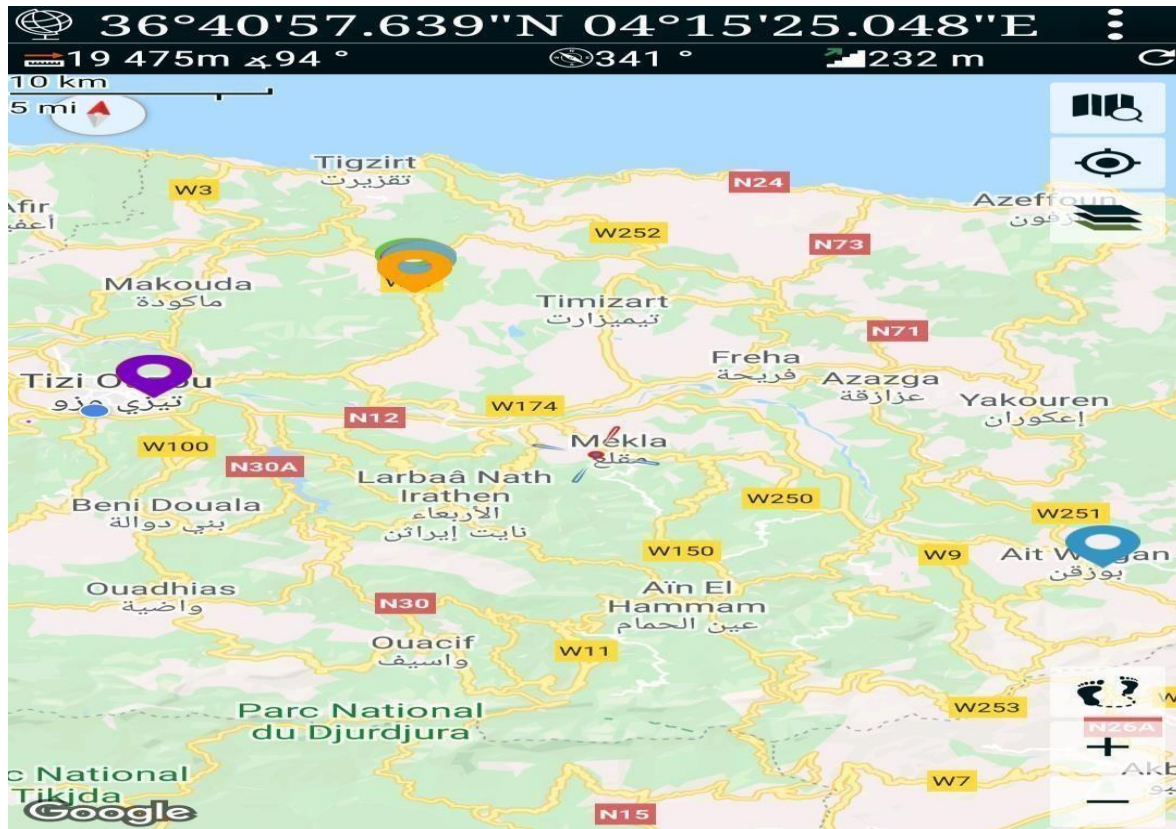


Figure 17: Positionnement des régions par satellite à partir de l'application Hawk Map.

2. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué à partir du mois de Mai 2021 dans trois régions. Nous avons opté pour la méthode d'échantillonnage aléatoire et nous avons parcouru des champs pour trouver les pieds du caroubier sachant bien que la plupart sont en bouquet.

3. Matériel utilisé

Pour réaliser le travail sur terrain nous avons utilisé le matériel suivant :

- Appareil photo ;
- Récepteur GPS ;
- Ruban mètre ;
- Télémètre.

4. Mesures

- **Mesures qualitatives**

Les arbres ont été caractérisés sur la base d'observations à l'œil nu pour les aspects suivants : forme du tronc, identification du genre (pieds mâles/pieds femelles), présence/absence de signes de reproduction y compris l'importance de la production des gousses.

- **Mesures quantitatives**

La description des arbres a été réalisée sur la base des variables suivantes : la hauteur de l'arbre, la circonférence et le diamètre du houppier.

5. Les mesures effectuées sur le terrain

- **Coordonnées géographiques**

Pour localiser les arbres, nous avons utilisé un récepteur GPS (Global Positioning System) Hawk Map qui est une application qui contient un système de navigation et de localisation par satellite.

- **Identification du genre mâle ou femelle**

Pour identifier le genre de l'arbre nous nous sommes basés sur le repérage des gousses ou des inflorescences (mâles ou femelles). Les sujets que nous avons identifiés comme mâle avaient sur les rameaux les restes des inflorescences mâles (étamines). Pour les sujets notés comme femelle, nous nous sommes basés sur la présence des gousses vertes sur les rameaux.

Et pour ce qui est des sujets qui n'ont ni gousses ni étamines, ils sont considérés comme non déterminés.

- **Forme des tiges**

Les formes des tiges observées ont été classées en quatre catégories : Rejets, multibrins, double brins et les monobrins.

- **Type des arbres**

En se basant sur les informations données par les habitants de ces régions, nous avons déterminé la nature de quelques arbres (sauvage / greffé). Tandis que les sujets restants, nous les avons classés comme pieds non déterminés.

- **Etat phytosanitaire des pieds**

L'état des arbres dans les trois stations a été évalué à l'œil nu selon les modalités suivantes : Bon état / Malade ; Vieux / Jeune.

- **Production et rendement des gousses**

La production femelle de l'année 2021 que nous avons visualisée dans ces régions a donné un nombre remarquable de gousses vertes en cours de maturité dans la plupart des pieds femelles. Cette production a été évaluée selon les modalités suivantes : (25%) faible, (50%) moyenne, (75%) bonne, (100%) très bonne.

- **La circonférence**

Pour la mesure de la circonférence de la tige, nous avons utilisé un ruban mètre que nous avons placé à la base des arbres.

Il a été de même difficile pour nous de déterminer la circonférence de certains arbres à cause de leur localisation sur des pentes raides surtout pour les arbres qui contiennent plusieurs rejets, voir même impossible dans certains cas.

- **La hauteur**

La hauteur totale d'un arbre est la distance entre sa base qui est au niveau du sol jusqu'à l'extrémité du bourgeon terminal. Elles sont mesurées à l'aide d'un télémètre qui est une application téléchargée; nous avons donc utilisé cette application au lieu d'une perche pour son utilité et surtout pour sa facilité d'utilisation.

• **Diamètre du houppier**

Le diamètre total du houppier est la largeur de ses deux extrémités que nous avons mesurées à l'aide d'un ruban mètres gradué en centimètres. Cela a été difficile, vu que certains pieds étaient positionnés sur des pentes raides.

6. Aperçu sur les sites d'études

Le travail a été fait au niveau de 3 régions dans la Wilaya de Tizi Ouzou, situé à une altitude de 229 m dotée d'un bioclimat de type méditerranéen. En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, elle se caractérise d'un hiver froid et humide, un été sec et humide avec orage en Juillet et Août (Haouche Safia, 2019).

Sur le plan climatique, cette région est caractérisée par une saison sèche de 4 mois allant du début Mai jusqu'à mi-Septembre, tandis que la période humide s'étale d'Octobre à la fin du mois d'Avril (fig. 18).

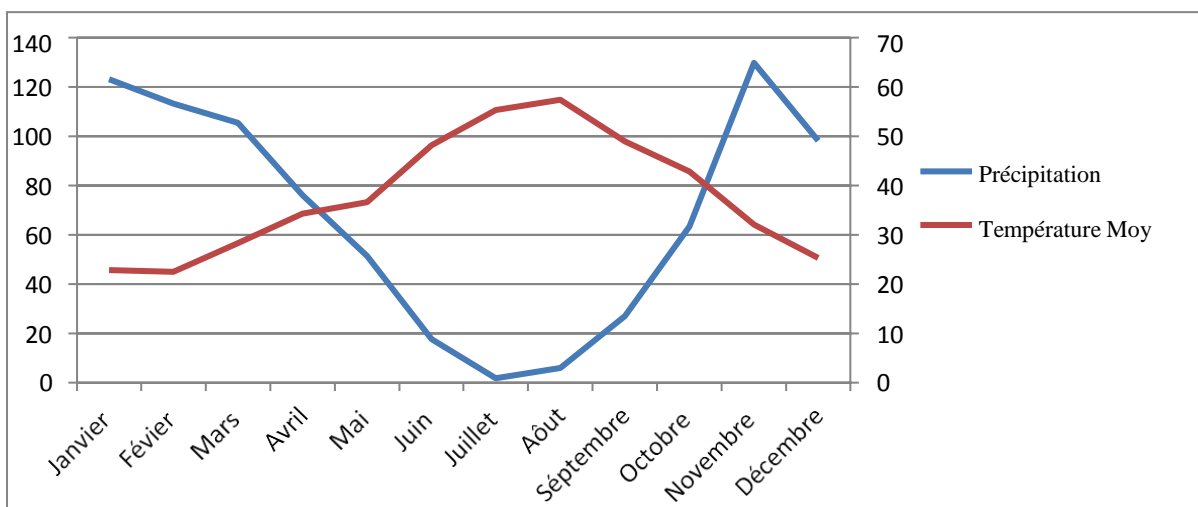


Figure18 : Diagramme ombrothermique de Tizi-Ouzou (2001-2017) (Haouche Safia, 2019).

6.1. Sahel (Ivriden, Thivhirin n Sahel)

Le village sahel, qui signifie (plaine) en Kabylie, fait partie de la commune et daïra de Bouzegene. Il est situé au sud-ouest de Bouzeguene à 5 km en allant vers Illoula-Oumalou, qui abrite une population de plus de 3000 habitants. Il est situé à environ 70 Km de la ville de Tizi Ouzou. Il s'étend sur 50 ha à une altitude d'environ 600 m (APC, 2020 in Hadim et Habbi, 2020).

Le couvert végétal et les activités agricoles sont très diversifiés dans cette région avec la dominance de l'oléiculture, la culture fruitière (figuiers), fourrage et maraichage (Aliouane et Azouaou, 2018).

Pour décrire les caractéristiques de cette espèce, en complément d'un travail qui a été fait par Habbi et Hadim (2020) sur 100 arbres du caroubier dans 8 champs de Sahel. Une sortie a été faite le 17 Mai 2021 où nous avons récoltés 12 échantillons de deux champs (Ivriden, Thivhirin n Sahel) qui nous ont été indiqués par deux guides de la région.

Concernant la station de Sahel qui a été sérieusement incendiée par les feux déclenchés au mois d'Aout 2021, nous n'avons malheureusement pas pu achever nos mesures déjà entamées avant ces incendies.

6.2. Mdouha

Mdouha est un quartier à Tizi-Ouzou, situé à une altitude de 158 m doté d'un couvert végétal dominé par l'Oléastre.

Pour décrire l'état de conservation du caroubier à Mdouha, une sortie a été faite le 26 Mai 2021 et une autre le 6 Octobre 2021 où nous avons visualisé 7 arbres qui se trouvent à côté des cimetières.

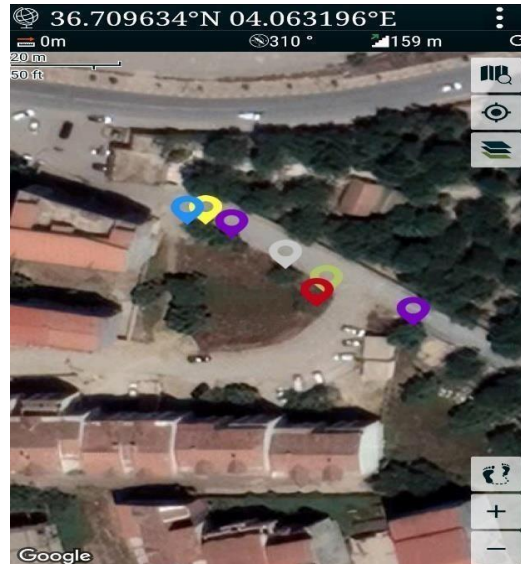


Figure 19 : Positionnement des arbres à Mdouha par satellite à partir de l'application Hawk Map

6.3. Boudjima

La région de Boudjima est une commune appartenant à la wilaya de Tizi Ouzou. Elle est située à 409 m d'altitude.

Pour décrire l'état des arbres dans cette station, nous avons fait une prospection sur le terrain le 3 Juin 2021 où 13 arbres ont été échantillonnés commençant par une station anthropisés (localisée parmi les habitations) jusqu'au long de la route du chemin de la commune.

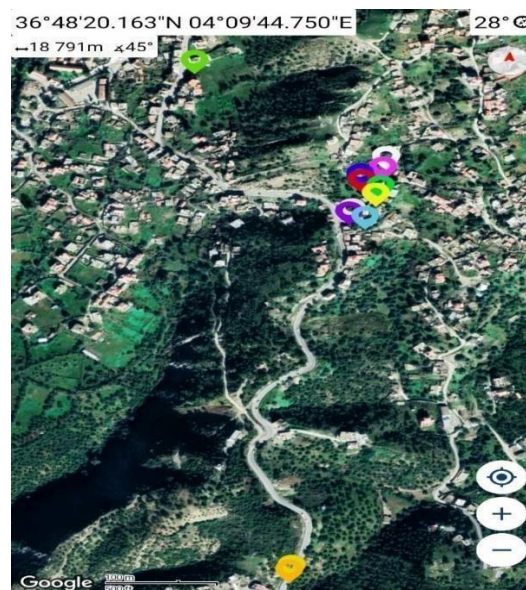


Figure 20 : Positionnement des arbres de Boudjima par satellite à partir de l'application Hawk Map.

7. Analyse statistique

Afin de comparer la variabilité des arbres du caroubier, les données obtenues sur les traits quantitatifs et qualitatifs ont été soumises à une analyse statistique.

Une analyse descriptive (moyenne et coefficient de variation) a été effectuée sur les traits quantitatifs.

Chapitre 3

Résultats et discussion

1. Etudes comparative des paramètres mesurés sur le caroubier dans les trois stations

1.1. Identification du genre (sexe ratio)

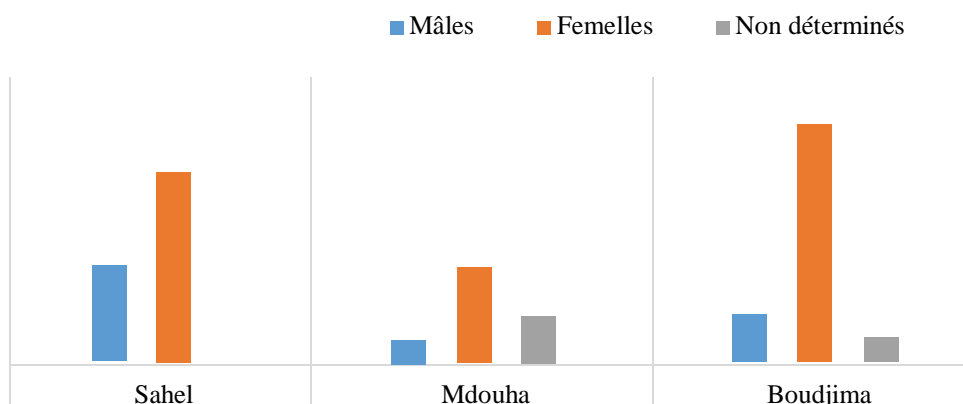


Figure 21 : Classements des arbres dans les trois stations selon le sexe.

L'étude comparative entre les trois stations d'étude révèle que le sexe ration est en faveur des pieds femelles. Vu l'absence des organes reproducteurs chez quelques sujets, ces derniers sont classés comme arbres de sexe non déterminés.

En effet, sur l'ensemble des sujets inventoriés, 69% sont des arbres femelles, 22% sont des mâles et seulement 9% sont les arbres à sexe indéterminé. Nos résultats corroborent ceux donnés dans la littérature. En effet, d'après Ait Chitt *et al.* (2007), il est nécessaire d'avoir un ratio adéquat de pollinisateurs par rapport aux plants femelles à savoir un pied mâle pour l'équivalent de 8 à 12 pieds femelles.

1.2. Forme des tiges

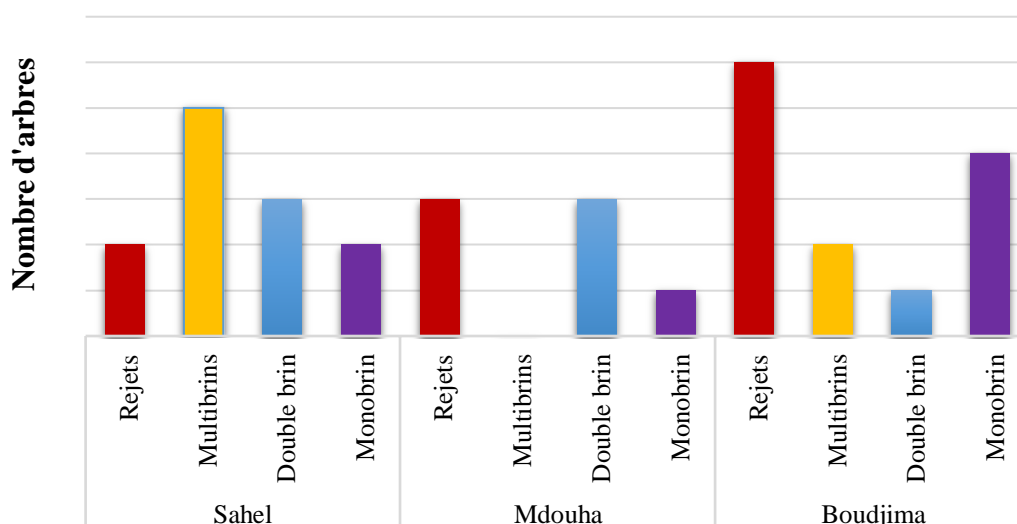


Figure 22 : Forme des tiges dans les trois stations.

Il ressort des observations effectuées sur le terrain, que la dominance diffère d'une station à une autre. À Sahel, les sujets multibrins sont les plus présents tandis qu'à Boudjima c'est les rejets qui dominent et pour ce qui est de Mdouha, c'est une codominance entre les rejets et les doublesbrins.

Les proportions de la forme de la tige sont variables selon les stations ce qui est peut-être dû à l'influence du sol affecté par les activités humaines. Cependant, selon Cohen *et al.* (2008) in Menezes *et al.* (2016), les activités anthropiques affectent l'auto-organisation des terres et les configurations spatiales des propriétés du sol, telles que le pH, les niveaux de nutriments et la matière organique.

1.3.Types de l'arbre

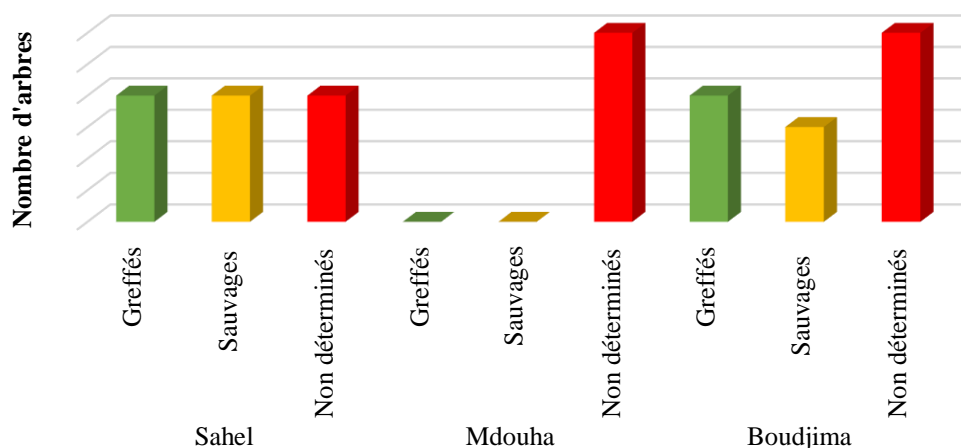


Figure 23 : Types d'arbres femelles (sauvages / greffés) dans les trois stations.

Dans les trois stations échantillonnées, nous n'avons pas pu identifier tous les arbres, nous nous sommes donc basés sur les informations qui nous ont été données par les habitants de ces régions.

Dans l'ensemble, nous avons plus d'arbres greffés que de sujets sauvages (fig.56), ceci dénote de l'intérêt et la place qu'occupe cette espèce chez les populations riveraines qui en greffant cette espèce améliore nettement ses qualités notamment la production de gousses charnues avec de meilleures caractéristiques organoleptiques. Les travaux de Ait Chitt *et al.* (2007) ; Gharnit (2003) ont mis en avant les avantages et l'intérêt de cette multiplication par greffage qui est actuellement considérée comme la meilleure technique de propagation du caroubier.

1.4. Etat phytosanitaire des arbres

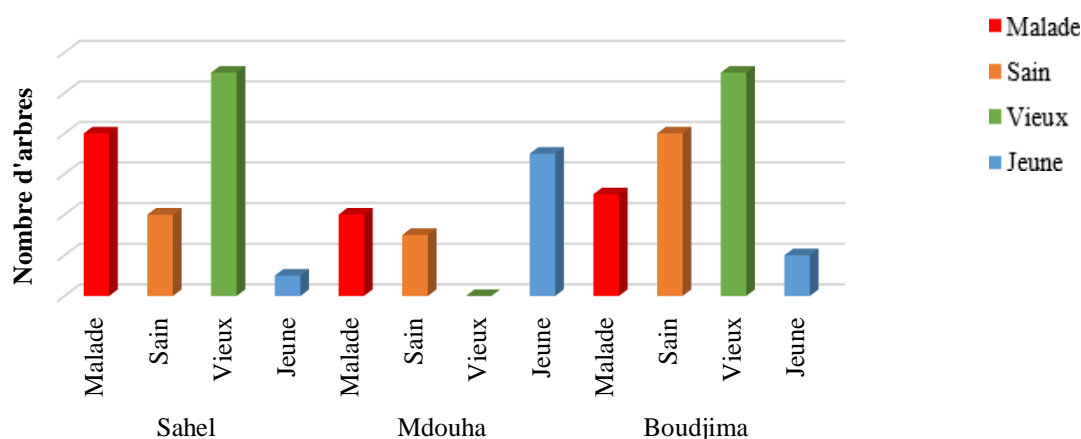


Figure 24 : Etat des arbres échantillonnés dans les trois stations.

L'état des arbres observés dans les trois régions d'étude montre que la majorité d'entre eux (53%) présentent des signes d'attaques fongiques et des insectes dont les symptômes sont essentiellement localisés au niveau des feuilles, branches, troncs et parfois sur les gousses. La plupart sont vieux soit 69% des arbres qui sont plantés depuis plus de 100 ans selon les habitants de ces régions.

Les travaux de Merimi et Boukroute (1996) montrent que l'âge des arbres est l'une des causes principales de leurs dépérissements. En effet, d'après leurs résultats, il ressort que les sujets dépassant la cinquantaine d'années, voient leurs troncs se vider de l'intérieur ce qui facilite leurs attaques par les ravageurs. Cependant les travaux de Batlle et Tous (1997) ; Albanell (1990) démontrent que les arbres adultes peuvent être endommagés lorsque les températures chutent en dessous de -2°C ou -4°C selon les variétés, il est considéré comme une des espèces méditerranéennes les plus vulnérables aux dommages causés par les basses températures.

Nous avons relevé les différents symptômes observés sur terrain. La plupart ont été comparés avec la littérature ce qui nous a permis de mettre en évidence les agents pathogènes responsables (fig.58-59).

Les arbres les plus atteints sont ceux de Mdouha dont les principaux agents sont les champignons, cochenille sur rameaux et par les insectes (ex. Fourmis) causant ainsi des tâches foliaires, déformation des gousses et altération des troncs. Tandis qu'à Boudjima, les pieds échantillonnés sembleraient être attaqués par la cochenille et présentent des signes de l'Oïdium au niveau des feuilles et des troncs.

A Sahel, différentes parties des arbres ont été touché par des ravageurs tels que la cochenille qui a atteint les troncs et les rameaux, l'Oïdium sur les gousses et d'autres attaques d'insectes qui ont colonisé les branches ont provoquant des trous sur la partie ligneuse.

- Quelques maladies fongiques repérées dans les trois stations



Feuilles et fruit du caroubier attaqué par l'Oïdium



Tâches foliaires



Champignon sur le tronc



Feuilles, tronc et rameau contaminés par la cochenille

Figure 25 : Maladies fongiques du caroubier trouvées dans les trois régions (Clichés personnels, 2021).



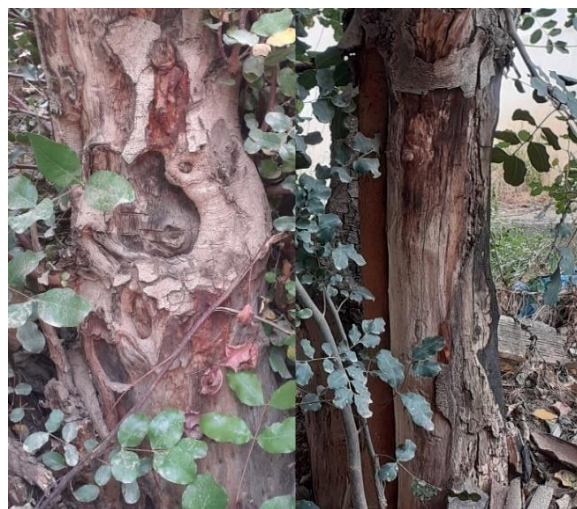
Gousses attaquées par les fourmis



Orifices de sortie d'insectes sur la branche



Gousses déformées



Tronc de caroubier endommagé

Figure 26 : Quelques maladies fongiques du caroubier repérées dans les trois régions (Clichés personnels, 2021).

1.5. Importance de production

La figure 60 montre l'importance de la production classée en cinq catégories.

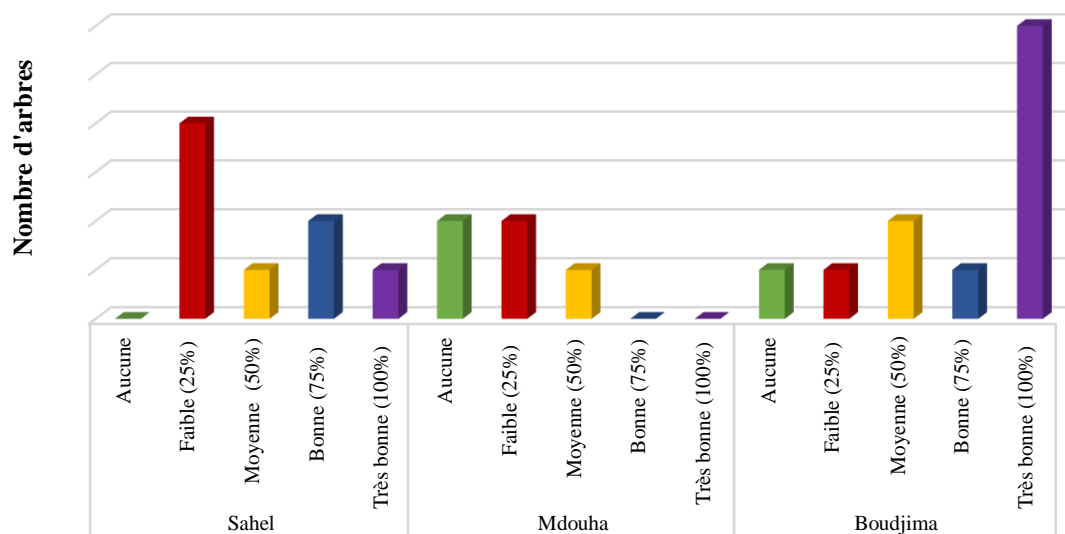


Figure 27 : Importance de la production des gousses dans les trois stations.

La production des gousses en quantité et en qualité est variable selon la station ; à Boudjima et Sahel on a remarqués une bonne à très bonne production alors qu'à Mdouha la production est faible.

La classe (aucune production) regroupe tous les arbres qu'on n'a pas pu déterminés car on ne sait pas s'ils s'agissent de pieds mâles ou de pieds femelles.

Dans l'ensemble, le rendement en gousses et notamment en graines varie selon l'état sanitaire des arbres, l'âge, le type (sauvage/ greffé), les conditions du milieu et son entretien.

Les données de la littérature confortent nos résultats. En effet, Naghmouchi *et al.* (2009) in Zemouri *et al.* (2020) ont mis en évidence que les caractéristiques agro-morphologique des gousses et des graines montrent une très grande diversité liée au type de population (spontanée ou cultivée) et à l'origine géographique des arbres. Aussi, dans Benani *et al.* (2021) ; Batlle et Tous (1997) ont confirmé que le rendement en gousses dépend exclusivement des conditions du milieu, des cultivars, de l'âge, de l'année et des soins culturaux appropriés.

1.6. Analyse des paramètres dendrométriques du caroubier

Tableau 5 : Paramètres statistiques des variables mesurées sur le caroubier des trois stations.

<i>Paramètres/Station</i>		<i>Sahel</i>	<i>Mdouha</i>	<i>Boudjima</i>	
Circonférence	Max		249	540	
	Min		60	35	
	Moy		155,4	230,5	
	E		68,86	149,62	
	CV (%)		44.31	64.91	
Hauteur	Max	Non mesurées	5,7	16	
	Min		4	5	
	Moy		4,44	8,38	
	E		0.71	3,46	
	CV (%)		15.16	41.29	
Diamètre du houppier	Max			8,2	13
	Min			5,3	3,5
	Moy			6,85	8,37
	E			1.15	2,70
	CV (%)			16.79	32.26

1.6.1. Circonférence des arbres

La circonférence moyenne des arbres échantillonnés dans les deux stations varie de 155.4 cm à 249 cm. La valeur maximale est de l'ordre de 540 cm dans la station de Boudjima et la valeur minimale de 35 cm dans la même station. Nos résultats sont comparables à ceux de Benmahioul *et al.* (2011) qui ont affirmé que le tronc du caroubier peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence.

Les valeurs de coefficients de variation sont élevées pour les deux stations étudiées soit 64.91% pour la station de Boudjima et 44.31% pour Mdouha, ceci témoigne d'une très grande hétérogénéité des valeurs de la circonférence des arbres dans ces deux stations.

1.6.2. Hauteur des arbres

Les deux stations étudiées ont une hauteur moyenne allant de 4.44 m à 8.38 m. La valeur maximale est enregistrée à Boudjima qui est de 16 m, tandis que la valeur minimale de 4 m est notée au niveau de la station de Mdouha ce qui concorde avec les données citées par Ait Chitt *et al.* (2007) qui ont souligné que le caroubier est un arbre de 7 à 20 m de hauteur.

De même, le coefficient de variation le plus élevé pour la variable hauteur des arbres est enregistré aussi dans la station de Boudjima avec une valeur de 41.29 % comparé à la station de Mdouha dont les valeurs sont plus ou moins homogènes.

1.6.3. Diamètre du houppier des arbres

La moyenne de diamètre du houppier des arbres enregistrée dans les deux stations varie de 6.85 m à 8.37 m. La valeur la plus élevée est enregistrée à Boudjima (13 m), la minimale est de 3.5 m. Nos résultats sont approximativement proches de ceux donnés par Evreinoff (1947) qui a souligné que les houppiers des caroubiers peuvent atteindre les 15 m.

Concernant le coefficient de variation du diamètre du houppier, les mêmes tendances sont enregistrées pour les deux stations à savoir une très grande hétérogénéité pour la station de Boudjima (32.26%) comparée à la station de Mdouha (16.79%).

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Le caroubier est cultivé depuis longtemps principalement dans les pays du bassin méditerranéen. Cette plante présente plusieurs avantages agro-écologiques, socio-économiques, ainsi que pour la santé humaine. C'est potentiellement un héritage évolutif important pour la conservation des ressources génétiques.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation de cette espèce. Dans l'ensemble, nous pouvons dire que les résultats obtenus montrent que les facteurs essentiels qui induisent le dépérissement des arbres sont variés. Nous avons remarqué que majorité des plantations prospectées sont de vieux arbres en très mauvais état qui souffrent du manque d'entretien, problèmes sanitaires et d'atteintes anthropiques. Ce constat indique que cette essence n'a pas encore eu l'importance qu'elle mérite de la part des populations locales et ce malgré l'engouement de son développement.

L'état sanitaire des arbres échantillonnés dans les trois régions nécessite un meilleur entretien et mis en charge de cette espèce. Cette culture peut être attaquée par un certain nombre de ravageurs (principalement des insectes ainsi qu'aux maladies fongiques), ce qui peut réduire considérablement la production et son rendement global.

Afin d'améliorer l'état des arbres, Il est dans l'obligation des autorités responsables de mettre en place des programmes de développement agricole, rassembler les efforts des personnes et institutions qui sont intéressées par la production, la transformation et la commercialisation de la caroube. En premier lieu, il faut penser au reboisement, étendre et replanter de nouveaux arbres car ceux qui sont desséchés ne sont pas encore remplacés. Les efforts devront porter également sur le problème de taille des arbres, pour faciliter le débourrement de nouveaux bourgeons.

De surcroit, le développement d'une méthode utile de propagation par bouturage aurait un impact favorable sur la culture du caroubier. Il faut aussi mettre en avant la réévaluation de la pulpe de caroube dans l'alimentation animale et de la poudre de caroube dans l'alimentation humaine qui pourrait contribuer à augmenter sa demande et la remettre en avant.

En perspectives, il serait intéressant de procéder à une étude plus complète en augmentant le nombre d'arbres de caroubier dans la région de Tizi Ouzou mais aussi d'étendre à d'autres régions de l'Algérie dans le but d'aboutir à des résultats plus fiables. Etablir une carte de répartition de cette espèce à travers les différents inventaires et autres outils tels les cartes satellitaires serait très intéressant à entreprendre à l'avenir. Il est recommandé d'identifier les différents agents pathogènes ainsi que les autres causes qui menacent cette espèce pour mieux conserver le caroubier dans sa globalité.

Une étude détaillée sur la viabilité des graines contenues dans les gousses est plus que nécessaire pour avoir une idée sur les potentialités de régénération sexuée et la pérennité du caroubier.

Résumé

Le présent travail a été réalisé afin de prendre connaissance de l'état du caroubier à travers son état sanitaire et à travers quelques caractères dendrométriques et ceci en vue de conserver cette espèce dans le cadre du développement durable.

Pour cela, un échantillonnage aléatoire des pieds de cette espèce a été fait au niveau de trois régions de Tizi Ouzou à savoir, Sahel, Mdouha et Boudjima.

Les résultats obtenus révèlent que la majorité des sujets inventoriés sont des vieux arbres dépassant parfois 100 ans, malades, attaqués par plusieurs ravageurs et sont mal entretenues. Cependant, malgré leurs états, ils présentent une bonne production en termes de gousses. Le nombre de brins est spécifique à la région. Le caroubier est en majorité à multibrins dans la région de Sahel, à rejets de souches dans la région de Boudjima et enfin les sujets à double brins et à rejets sont les plus dominants dans la région de Mdouha.

Mots clés : caroubier, état, conservation, état sanitaire, dendrométrie.

Summary

This work was carried out in order to understand and have knowledge of the the carob tree through its sanitary state and through some dendrometric characters in order to preserve this species within the framework of the sustainable development.

For this, a random sampling of the feet of this species was made at the level of three regions of Tizi Ouzou, namely, Sahel, Mdouha and Boudjima.

The results obtained reveal that the majority of the subjects inventoried are old trees sometimes exceeding over 100 years, sick, attacked by several pests and poorly maintained. However, despite their condition, they present a good production in terms of pods. The number of strands is specific to the region. The carob tree is mostly multi-stranded in the Sahel region, with stump sprouts in the Boudjima region and finally the double-stranded and sprouted subjects are the most dominant in the Mdouha region.

Key words: carob tree, condition, conservation, health status, dendrometry.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Aafi, A., 1996. Le caroubier: Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. Centre national de la recherche forestière, Maroc, 1-7.

Abd Razik, BM, Hasan, HA et Murtadha, MK., 2012. L'étude de l'activité antibactérienne de *Plantago major* et *Ceratonia siliqua*. La revue médicale postdoctorale irakienne, 11 (1), 130-5.

Ait Chitt, M., Belmir, H., et 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.

Albanell, E., 1990. Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L.) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.

Albanell, E., Caja, G., et Plaixats, J., 1991. Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. Options méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens, 16, 135-136.

Aliouane, D., et Azouaou, T., 2018. L'impact des fêtes et festivals sur le développement local: cas de la fête de la figue de barbarie au village SAHEL, commune de BOUZGUENE (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri), 61p.

Azab, A., 2017. Carob (*Ceratonia siliqua*) :Health, Medecine and Chemistry. European Chemical Bulletin, 6 (10), 456-469.

Aziz, H. A. S. I. B., et Hicham, E. B., 2014. Optimization of production of carob pulp syrup from different populations of Moroccan carob (*Ceratonia siliqua* L.). International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 4(3), 855-863.

Battle I. et Tous J., 1997. Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy 1-97.

Benani, L. D., Fayrouz, M. S., Djamila, B., Dalila, B., et Mohamed, S., 2021. Diagnostic sur les plantations du caroubier dans la région de Blida: production, état des lieux. Annales de la Recherche Forestière en Algérie, 11(1), 21-30.

Benmahioul, B., Kaid-Harche, M., et Daguin, F., 2011. Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. Forêt méditerranéenne, 32, 1.

Bonsignore, C. P., 2012. Apaté monachus (Fabricius, 1775), a bostrichid pest of pomegranate and carob trees in nurseries-Short Communication. Plant Protection Science, 48(2), 94-97.

Boubkar, F., Rachid, F., Fatima, A., Oudou, I. A., Saida, T., et Said, W., 2021. Bioclimatic Impact on the Carob Seeds Morphological Diversity in Morocco. Biosciences Biotechnology Research Asia, 18(1), 207.

Références bibliographiques

Boublenza, I., Ghezlaoui, S., Mahdad, M., Vasaï, F., et Chemat, F., 2019. Algerian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations. Morphological and chemical variability of their fruits and seeds. *Scientia Horticulturae*, 256, 108-537.

Boublenza, I., 2012 : Contribution à l'étude de multiplication du caroubier : *Ceratonia siliqua* L. (Mémoire de magister ingénieur d'état) ; Université ABOU-BEKR Belkaïd. Tlemcen, 69p.

Castrillo, LA, Griggs, MH et Vandenberg, JD., 2016. Compétition entre les champignons de lutte biologique et les symbiotes fongiques des coléoptères ambrosies *Xylosandrus crassiusculus* et *X. germanus* (Coleoptera : Curculionidae) : interactions mycéliennes et impact sur la production de couvain de coléoptères. *Contrôle biologique*, 103,138-146.

Corbara, B., Dejean, A., et Orivel, J., 1999. Les « jardins de fourmis, une association plantes-fourmis originale. *L'année Biologique*, 38(2), 73-89.

Dahim, I et Nait Larbi, A., 2017. Contribution physico chimique de la gousse de caroube (*Cératonia silliqua* L.). (Mémoire de master) ; université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 26p.

Davidian, GE, Gültekin, L., et Korotyaev, BA., 2017. Un nouveau sous-genre du genre charançon *Otiorhynchus* Germar, 1822 (Coleoptera : Curculionidae : Entiminae) pour une nouvelle espèce de Turquie méditerranéenne associée au caroubier, *Ceratonia siliqua* L. (Fabaceae). *Journal de la biodiversité des insectes*, 5 (4), 1-14.

Doumandji, S. E., 1978. Contribution à l'étude biologique de la pyrale des caroubes *Ectomyelois ceratoniae*, 53-64.

El Bouzdoudi, B., Saïdi, R., Khalid, E., El Mzibri, M., Nejjar, A. Z., El Kbiach, M. L., et Lamarti, A., 2017. Mineral composition of mature carob (*Ceratonia siliqua* L.) Pod: A Study. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 7(4), 91-103.

El Deen, E. M. Z., El-Sayed, O. M., El-Rahman, A., El-Sayed, I., et Hegazi, G. A. E. M., 2014. Studies on carob (*Ceratonia siliqua* L.) propagation. *International Organization of Scientific Research Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 7(5), 31-40.

Evreinoff, V. A., 1947. Le Caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 27(299), 389-401.

Galleo, D., Lencina, J. L., Mas, H., Ceveró, J., et Faccoli, M., 2017. First record of the granulate ambrosia beetle, *Xylosandrus crassiusculus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), in the Iberian Peninsula. *Zootaxa*, 4273(3), 431-434.

Gaouar, N., 2011. Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. Mémoire de Magister. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. Algérie, 95p.

Références bibliographiques

Gharnit, N., El Mtili, N., Ennabili, A., et Sayah, F., 2004. Floral characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L) from the province of Chefchaouen (NW of Morocco). Moroccan J. Biol, 1, 41-51.

Gharnit, N., El Mtili, N., Toubi Ennabili, A., et Ennabili, A., 2003. Exploitation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans la Commune d'Aïn Beïda, Province de Chefchaouen. Dans A. Boukroute (éd.), Arbres et espaces verts urbains: du chercheur au gestionnaire, Actes Editions, Rabat, 93-100.

Gharnit, N., et Ennabili, A., 2016. Categories of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from morocco. International Journal of Fruit Science, 16(3), 259-274.

Gugliuzzo, A., Mazzeo, G., Mansour, R., et Garzia, G. T., 2019. Carob pests in the Mediterranean region: bio-ecology, natural enemies and management options. Phytoparasitica, 47(5), 605-628.

Hadim, D., et Habbi, M., 2020. Contribution à l'analyse de l'état de conservation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) au village Sahel, commune de Bouzeguene, wilaya de Tizi Ouzou. (Mémoire de master) ; université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 33p.

Haouche, S., 2019. Evaluation de la pollution automobile en milieu urbain par la quantification de certains métaux lourds sur trois espèces végétales (*Fraxinus excelsior*, *Olea europaea*, *Pistacia lentiscus*) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri), 38p.

Infantino, A., Tomassoli, L., Peri, E., et Colazza, S., 2007. Viruses, fungi and insect pests affecting caper. The European Journal of Plant Science and Biotechnology, 1(2), 170-179.

Karababa, E., et Coşkuner, Y., 2013. Physical properties of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): An industrial gum-yielding crop. Industrial Crops and Products, 42, 440-446.

Kenne, M., Corbara, B., et Dejean, A., 1999. Impact des fourmis sur les plantes cultivées en milieu tropical. L'année Biologique, 38(3-4), 195-212.

Koucherane, R., Krouchi, F., et Derrij, A., 2019. Genetic resources of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) In Algeria : insight from pod and seed morphology. AgroBiologia, 9(2), 1581-1600.

Kreiter, P., 2011. La lutte biologique, E. L. C., et d'histoire, P. D. C. A. AFPP- Les cochenilles : Ravageurs principal ou secondaire. INRA- Institut National de Recherche Agronomique de Sophia Antipolis, Unité expérimentale de lutte biologique, Montpellier, 1-10.

Lenoir, A., 2012. Les plantes et les fourmis. In Université Tours, Conférence.

Mahdad, M. Y., 2013. Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans le Nord-ouest de l'Algérie (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid), 75p.

Menezes Rodrigues, K., Hurtado, S. M. C., Dechen, S. C. F., et Vieira, S. R., 2016. Spatial variability in soil fertility and particle size and their effects on sugarcane yield. Sugar tech, 18(1), 39-48.

Références bibliographiques

Merimi, J., et Boukroute, A., 1996. Inventaire et état sanitaire des arbres d'alignement dans la ville d'Oujda (Maroc Oriental). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 16(1), 41-47.

Mom, M. P., Romero, S. M., Larumbe, A. G., Iannone, L., Comerio, R., Smersu, C. S. S., ... et Vaamonde, G., 2020. Microbiological quality, fungal diversity and aflatoxins contamination in carob flour (*Prosopis flexuosa*). *International journal of food microbiology*, 326, 108-655.

Nageleisen, L. M., Bouget, C., et Noblecourt, T., 2015. Les scolytes du genre xylosandrus en France (Coleoptera Curculionidae Scolytinae). *L'Entomologiste*, 71(4), 267-271.

Rahal El Kahkahi, M. Moustaine, A. Mouhajir, S. Bachir, A. Lemrhari, R. Zouhair, M. Ait Chitt M., R Errakhi., 2016. Technical sheet on the culture carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.) in Morocco. N°153, IAV Rabat, 1-4.

Şahin, G., et Taşlıgil, N., 2016. Agricultural geography analysis of carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.) from Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(12), 1192-1200.

Salih, G., et Jilal, A., 2020. Utilisation alimentaire de la pulpe de caroube : Formulation et test consommateur. *Revue marocaine des sciences agronomiques et vétérinaires*, 8(2) : 249-252.

Saratsi, K., Hoste, H., Voutzourakis, N., Tzanidakis, N., Stefanakis, A., Thamsborg, S. M., ... et Sotiraki, S., 2020. Feeding of carob (*Ceratoniasiliqua* L.) to sheep infected with gastrointestinal nematodes reduces faecal egg counts and worm fecundity. *Veterinary Parasitology*, 284, 109-200.

Sbay, H., 2008. Le Caroubier au Maroc: un arbre d'avenir. La collection Maroc Nature est éditée par le Centre de Recherche Forestière, 47p.

Yahi-Guenafdi, N., 2018. Les ressources phytogénétiques en Algérie. Note introductive. Congrès national sur les ressources phytogénétiques en Algérie. INRAA-Alger, les 22, 23 et 24 octobre 2018. Editeurs : Issolah, R., et Abbas, K., 200 p.

Zannou, O., Güclü, G., Koca, I., et Selli, S., 2019. Carob beans (*Ceratoniasiliqua* L.): uses, health benefits, bioactive and aroma compounds. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(1), 26-34.

Zemouri, Z., Djabeur, A., Frimehdi, N., Khelil, O., et Kaid-Harche, M., 2020. The seed diversity of Carob (*Ceratoniasiliqua* L.) and the relationship between seeds color and coat dormancy. *Scientia Horticulturae*, 274, 109-679.

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