

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY Tizi Ouzou
Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques
Département des sciences agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master 2 en Sciences Agronomiques

Option : Production végétale

Thème

**Etude dendrométrique et état d'un arbre
sylvopastoral et état de conservation**

(*Ceratonia siliqua* L.)

Réalisé par : -ABDELMOUMENE Imene

-BELKACEM Lilia

Mémoire présenté le 12 /07/2023 devant un jury composé de:

Présidente : KROUCHI Fazia Professeur UMMTO

Examinatrice: AMIRAT Yassina MAA UMMTO

Promoteur : AIT SAID Samir MCA UMMTO

Promotion 2022/2023

Remerciements

Nous remercions « DIEU » tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience, la volonté pour accomplir ce travail.

Au terme de ce travail nous tenons à présenter Nos vifs remerciements a : Notre promoteur Mr AIT SAID Samir., Maître de conférences classe à l'U.M.M.T.O., d'avoir accepté de diriger ce travail.

Ses conseils et orientations qui nous en été d'une aide inestimable, qu'elle retrouve ici toutes nos gratitude.

On tient également à exprimer nos sincères remerciements a : Mme KROUCHI F., Professeur à l'U.M.M.T.O et Mme AMIRAT Y., Maitre assistante à l'U.M.M.T.O., Pour leur orientations, leur présence, leur disponibilité, leur aide et leur conseils qui nous en été très précieux.

Nous lui devons une immense reconnaissance et un très grand respect, Ainsi que pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Grace à Dieu le tout puissant, on a achevé la réalisation de ce modeste travail qu'on tient très

Chaleureusement à le dédier à :

Nos parents qui nous ont encouragé et soutenu tout au long de nos études et pour leurs patience que Dieu les protègent et les gardes pour nous.

A nos adorables frères et sœurs.

Et à nos très chères amis et camarades pour tous les moments d'échanges et de débats, et aux personnes qui nous ont toujours aidé et soutenu.

ABDELMOUMENE Imene

BELKACEM Lilia

Liste des figures

Figure : 01	Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).	P01
Figure : 02	Caractères botaniques du caroubier (Abdelmoumene & Belkacem, 2023)	P03
Figure : 03	Les organes reproducteurs du caroubier	P05
Figure : 04	Fruit et graines du caroubier (Abdelmoumene & Belkacem, 2023)	P07
Figure : 05	Dégâts causés par la cochenille (Abdelmoumene & Belkacem, 2023)	P09
Figure : 06	Les principaux ravageurs du caroubier (Batlle et Tous, 1997)	P10
Figure : 07	Produits de confiseries fabriqués à partir de caroube (Chocolat, biscuits, sirop,... ect)	P12
Figure : 08	Découpage administratif de la wilaya de Tizi-Ouzou	P14
Figure : 09	Photos du matériel utilisée (Abdelmoumene & Belkacem)	P15
Figure : 10	Signes de reproductions précédentes et nouvelles	P17
Figure : 11	Distribution des tiges selon l'état de l'arbre dans les stations.	P20
Figure : 12	Forme des tiges des deux stations.	P20
Figure : 13	Classement des arbres des stations selon le genre.	P21
Figure : 14	Présence ou absence de signes de reproduction femelles sur les arbres des deux stations.	P22
Figure : 15	Importance de la production des gousses dans les stations.	P22

Liste des tableaux

Tableau 01 : La systématique du caroubier selon Lewis et al. (2005).....	01
Tableau 02 : Composition chimique de la pulpe.....	10
Tableau 03 : Paramètres statistiques des variables mesurées (station « M'letta »).....	18
Tableau 04 : Paramètres statistiques des variables mesurées (station « Issoumatene»)	18

Liste des abréviations

A.N.R.H : Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques

J-C : Jésus-Christ

°C : Degré Celsius

mm : Millimètre

m : Mètre

ha : Hectare

fig : Figure

cm : Centimètre

Km : Kilomètre

GPS : Global Positioning system

CV : Coefficient de variation

E : Ecart type

Min : Minimale

Max : Maximale

Ph : Potentiel hydrogène

% : pourcentage

Cm : Centimètre

CV : Coefficient de variation

fig : Figure

g: Gramme

Moy : Moyenne

n° : Numéro

t : tonne

tab: tableau

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur le caroubier

I.1. Terminologie et taxonomie.....	01
I.2. Origine et distribution géographique.....	01
I.2.1. Origine du caroubier.....	01
I.2.2. En Algérie.....	02
I.3. Description botanique du caroubier.....	02
I.3.1. Arbre.....	02
I.3.2. Feuilles.....	02
I.3.3. Tronc.....	02
I.3.4. Système racinaire.....	02
I.3.5. Fleurs.....	03
I.3.5.1. La floraison.....	04
I.3.6. Fruit.....	06
I.3.7. Graines.....	06
I. 4. Ecologie du caroubier.....	08
I.5. Types du caroubier.....	08
I.5.1. Le caroubier sauvage.....	08
I.5.2. Le caroubier cultivé.....	08
I.6. Multiplication du caroubier.....	08
I.6.1. Le semis.....	08
I.6.2. Le bouturage.....	08
I.6.3. Le greffage.....	09

I.6.4. La micro propagation ou la culture in vitro du caroubier	09
I.7. Maladies du caroubier.....	09
I.8. Composition chimique du caroubier	10
I.9. Récolte et extraction des semences	11
I.10. Intérêt et utilisation du caroubier.....	11
I.10.1.Alimentaire	11
I.10.2. Médicale.....	12
I.10-3. Industriel.....	12
I.10-4.Ecologique.....	13

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Zoné d'étude.....	14
II.1.1. Limites administratives	14
II.1.2. Relief et paysage.....	14
II.2. Echantillonnage	15
II.2.1. Localisation des champs de caroubier	15
II.2.2. Mesures dendrométriques.....	16
II.2.3. Identification du genre mâle et femelle	16
II.2.4. Appréciation de l'importance de la production de gousses	17

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Analyse des paramètres dendrométriques du caroubier.....	18
1.1. Diamètre des arbres.....	18
1.2. Hauteur des arbres	19
1 .3 Diamètre de houppier.....	19
2. Etat de l'arbre.....	19
3. Forme de tiges.....	20

4. Distribution spatiale.....	20
5. Détermination du genre.....	21
6. Signes de reproduction.....	21
7. Importance de la production.....	22
Conclusion.....	23

Résumé

Références bibliographiques

Introduction générale

Introduction

L'Algérie est considérée comme un hot spot de biodiversité où on ne dénombre pas moins de 3 200 espèces, réparties dans trois grandes formations végétales : la forêt, la steppe et la végétation dont 640 sont rares et menacées et 168 espèces y sont endémiques. Ces espèces, subissent des menaces de plusieurs natures telles les incendies, érosion, surpâturages et d'autres menaces anthropiques.

Parmi ces ressources phytogénétiques, on note le caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. Le caroubier est un arbre mesurant généralement de cinq à sept mètres de hauteur et pouvant atteindre exceptionnellement quinze mètres, c'est une espèce xérophile, thermophile originaire des zones arides et semi-arides (Zouhair, 1996).

Le caroubier possède un intérêt socio-économique et écologique considérable, tous les constituants de graine de caroubier joue un rôle industriel et médical important, la grande valeur de la caroube est connue grâce aux gousses et aux graines, sa pulpe est un substitut naturel de cacao utilisé pour la préparation de chocolat et aussi utilisé traditionnellement comme médicament contre les diarrhées et certains maladies gastrique ainsi que pour la production de farine pour la préparation des gâteaux et l'alimentation animale. La gomme utilisée dans plusieurs produits quel que soit dans l'agroalimentaire comme un agent stabilisant ou bien dans le domaine médical et pharmaceutique. Berrougui H., (2007).

L'objectif de notre travail est de décrire, à travers quelques mesures dendrométriques, l'état du caroubier dans la région d'Azeffoun et d'envisager quelques stratégies de sa conservation.

Ce travail est scindé en trois chapitres :

1. Dans le premier chapitre, nous abordons des rappels bibliographiques de l'espèce *Ceratonia siliqua* ;
2. Dans le second chapitre, nous détaillons la zone d'étude, le matériel et les méthodes de mesures utilisées ;
3. Enfin, dans le troisième chapitre, les résultats obtenus sont comparés aux travaux déjà réalisés en relation avec notre thématique de recherche.

Chapitre I : Généralités sur le caroubier

I.1. Terminologie et taxonomie

Le caroubier est connu sous le nom scientifique *Ceratonia siliqua*, il résulte du mot grec “Keras” qui signifie corne et ‘siliqua’ qui signifie gousse.

Tableau 01 : La systématique du caroubier selon Lewis et al. (2005) est comme suit :

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta, angiospermes, phanérogames</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabaceae</i>
Sous-famille	<i>Caesalpinioideae</i>
Genre	<i>Ceratonia</i>
Espèce	<i>Ceratonia siliqua</i>

I.2. Origine et distribution géographique

I.2.1. Origine du caroubier

Le caroubier est un arbre originaire du bassin méditerranéen qui produit des gousses riches en nutriments. Il est connu depuis l'Antiquité et était très apprécié par les Romains pour son goût sucré.

I.2.2. En Algérie

L'Algérie est un pays où le caroubier est très répandu et a une grande importance culturelle, économique et environnementale. Il est bien adapté au climat doux et aux sols, permettant une production abondante depuis plusieurs siècles.

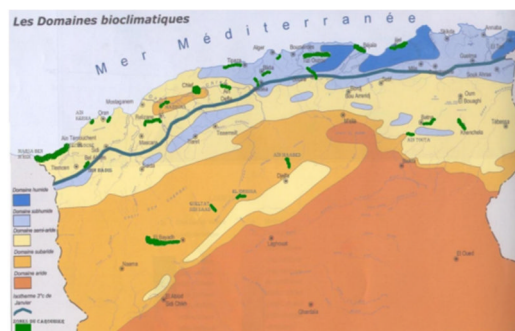


Figure 01 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).

<https://www.ummt0.dz/dspace/bitstream/handle/ummt0/18536/Ait%20Boussad%20Houria%200%26%20Hocine%20Saliha%20Yasmine.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Page 05)

I.3. Description botanique du caroubier

I.3.1. Arbre

Le caroubier est un arbre à feuillage abondant, persistant et très dense. Il peut atteindre dans des conditions propices une hauteur de de 15 à 20 m, et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. C'est un arbre xérophytique, pérenne dont sa longévité peut aller jusqu'à 200 ans (Figure 2a).

I.3.2. Feuilles

Les feuilles de *Ceratonia siliqua* ont une longueur allant de 10 à 20 cm. elles se caractérisent par un pétiole sillonné sur la face interne et un rachis portant 8 à 15 folioles opposés dont la longueur varie 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 (Figure 2b).

Le caroubier est une espèce sempervirente, ne perd pas ses feuilles en automne sauf en juillet chaque deux ans, lesquelles sont renouvelées au printemps de la même année, en avril et mai (Ait Chitt et al., 2007).

I.3.3. Tronc

Le tronc peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence (Albanell, 1990). Il est robuste avec des canaux de circulation de la sève associés aux racines les plus épaisses, ce qui leur donne un aspect tortueux, particulièrement marqué chez certaines variétés (Figure 2c). L'écorce est rugueuse à la base de couleur grise à rougeâtre (Melgarejo et Salazar, 2003).

I.3.4. Système racinaire

Le caroubier développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18 m de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003). La structure des racines et la composition des exsudats racinaires changent durant le développement de la plante et restent modulées par les conditions environnementales telles que la disponibilité de l'eau et la température.

- des arbres femelles avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires ; ils sont les plus abondants ;
- des arbres hermaphrodites à fleurs avec étamines et pistils bien développés;
- des arbres polygames avec des fleurs femelles, mâles et hermaphrodites; ils sont rares.

I.3.5.1. La floraison :

Le caroubier est considéré comme le seul arbre méditerranéen qui fleurisse en été : du mois d'août à octobre (Aafi, 1996) ou en automne : de septembre à novembre (Fournier, 1977). Cependant, le temps et la durée de la période de floraison dépendent des conditions climatiques locales ce qui est le cas pour la plupart des arbres fruitiers (Battle et al., 1997).

Les pieds mâles sont stériles et improductifs (Rejeb, 1995). La fructification chez le caroubier se déroule durant la période allant du mois de juillet au décembre de l'année qui suit la floraison, selon les régions et les cultivars (Aafi, 1996).

Les pieds femelles commencent la floraison à partir du juillet, les mâles fleurissent à leur tour à partir du mois d'août à septembre. Il est à signaler que le taux d'avortement des fleurs atteint 83 % chez les types qui sont productifs (Battle et Tous, 1997).

Les gousses sont vertes puis deviennent matures de couleur marron à compter de mois d'août.



a). Inflorescence mâle

(Abdelmoumene & Belkacem)



b). Inflorescence femelle

c). Fleur hermaphrodite

(Photos web)

Figure 03 : Les organes reproducteurs du caroubier

I.3.6. Fruit

Le fruit du caroubier est classifié habituellement compte tenu de sa faible teneur en eau au moment de sa collecte comme un fruit sec et cela malgré son aspect pulpeux (Albanell, 1990).

La caroube est un fruit indéhiscent d'une grande taille allant de 10 à 30 cm de long et de 2 à 3,5 cm de large. Au début, il est de couleur verte puis brun et enfin vire, en maturité, vers la couleur brun foncé, rouge ou noir selon les variétés (figure 04).

Il est sinueux autour des bordures, aplati, droit ou courbé et présente un tissu pulpeux sucré et rafraichissant (Batlle et Tous, 1997).

La gousse est divisée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et contient de 5 à 16 graines, soit 10 à 20 % du poids de la gousse en fonction de la variété, des conditions environnementales, l'efficacité de la pollinisation (Melgarejo et Salazar, 2003; Ait Chitt et al., 2007).

Le fruit du caroubier croît très lentement à ses débuts durant l'automne. Sa croissance s'accélère au printemps et croît d'une manière visible jusqu'au début de l'été où il atteint sa taille maximale. La maturité est atteinte à partir du début septembre. Entre la nouaison et la maturité, peut s'écouler une période de 11 mois (Melgarejo et Salazar, 2003).

La caroube accumule de sucres et de tanins dans les taux sont différents d'une variété à une autre (Melgarejo et Salazar, 2003).

Nous distinguons trois parties dans le fruit :

- 1. Epicarpe ou peau**, de nature fibreuse et coloré;
- 2. Mésocarpe** ou pulpe, de nature charnue, riche en sucres. Il représente environ 70 à 95% du fruit entier;
- 3. Endocarpe**, de nature fibreuse; il recouvre l'intérieur du fruit en le divisant en segments ou loges carpellaires où se situent les graines (dites, garrofinas en Espagnol) (Caja, 1985).

Le nombre de fruits résultant de chaque inflorescence est variable selon la variété et il est généralement compris entre 1 et 6 fruits (Melgarejo et Salazar, 2003).

I.3.7. Graines :

Les graines du caroubier sont petites et aplaties, d'une forme presque ovale, avec un pôle basal tronqué et écrasé en zone apicale. Son tégument est normalement lisse, dur, de couleur brun rougeâtre et brillant (Albanell, 1990).

La taille de la graine varie de 8 à 10 mm de long, 6 à 8 mm de largeur et 3 à 5 mm d'épaisseur.

Nous y retrouvons trois parties (Melgarejo et Salazar, 2003) :

1. Episperme ou tégument, il recouvre la graine et est constitué principalement de cellulose, de lignine et de tanin. Il se compose de deux enveloppes distinguées, l'une externe appelée testa, colorée et dure et l'autre interne nommée tegmen qui est plus blanche et moue. Le tégument représente 30 à 33 % de la graine.

2. Endosperme ou albumen, il se situe sous l'épisperme et constitue le tissu de réserve pour la germination de l'embryon. Economiquement, c'est la partie la plus intéressante de la graine grâce à sa teneur élevée en galactomannane ou gomme de caroube. L'endosperme représente 42 à 46 % de la graine.

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

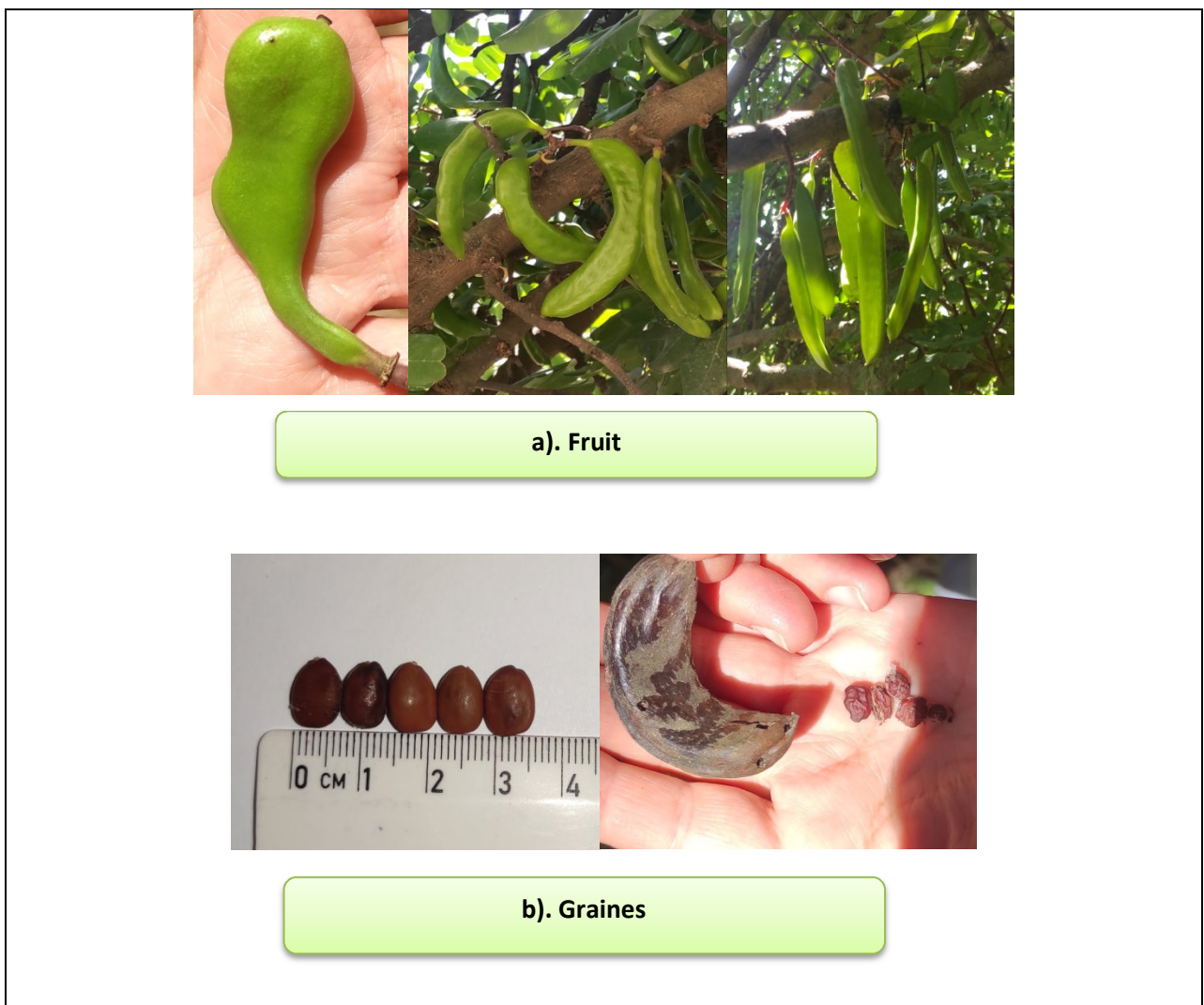


Figure 04 : Fruit et graines du caroubier (Abdelmoumene & Belkacem, 2023)

I. 4. Ecologie du caroubier :

Le caroubier est une essence méditerranéenne, très plastique, héliophile, thermophile, et très résistante à la sécheresse (200 mm de pluie) mais pas au froid (Sbay & Abourouh, 2005).

Il s'adapte à plusieurs types de sol tels sablonneux, limoneux lourd, pauvres, rocaillieux, calcaires et à des pH de 6,2 - 8,6 (Baum., 1998, Sbay et Abrouch., 2006). Il se retrouve généralement dans les régions humides, sub-humide et même dans le semi-aride.

Le caroubier préfère les sols calcaires, bien drainés et aérés et pas trop argileux. Il redoute les gelées printanières dans certaines localités. Sa croissance est d'autant plus lente qu'il est placé dans de mauvaises conditions. L'arbre fixe l'azote de l'air et résiste aux maladies et au feu (Albanell, 1990).

I.5. Types du caroubier :

I.5.1. Le caroubier sauvage :

Les types sauvages sont connus pour leur grande production de graines et leur faible teneur en pulpe qui sont non charnues (Marakis et al, 1988 ; Ouchkif, 1988 ; Di Lorenzo, 1991). De plus, les graines des types sauvages sont caractérisées par des péricarpes non charnues (Marakis et al, 1988 ; Di Lorenzo, 1991 ; Tous et al, 1995 ; Batlle et Tous, 1997 ; Gharnit et al, 2001).

I.5.2. Le caroubier cultivé :

Les gousses du caroubier cultivé sont plus charnues et plus riches en sucre et sont largement utilisées comme matière première pour la production de sirops (Roseiro, Girio, et Collaco, 1991). La domestication de certains arbres sauvages non cultivés a été pratiquée dans le but d'augmenter le rendement des graines et de la qualité de gomme pour l'exploitation industrielle (Batista et al, 1996 ; Makris and Kefalas, 2004 in Ghouli et Hamieh, 2013).

I.6. Multiplication du caroubier

Elle peut se faire par semis, bouturage, greffage, ou par micro propagation.

I.6.1. Le semis : C'est une méthode classique la plus utilisée pour la multiplication du caroubier. En effet la germination par semis est facilement réalisable, mais elle est entravée par l'impossibilité de connaître le sexe de la plante avant la maturation et la production tardive, qui peut prendre plus de 8 ans (Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003).

I.6.2. Le bouturage : Moins utilisé, car il demande des soins très minutieux et une température édaphique élevée (Rejeb, 1995). Le bouturage consiste à prélever des portions de rameaux dans des conditions précises leur permettant de former un bourrelet cicatriciel et de pouvoir émettre des racines (Batlle et Tous, 1997).

I.6.3. Le greffage : Il consiste à greffer les pieds mâles par les femelles. En effet il s'agit de transférer les bourgeons prélevés sur les pieds femelles et de les greffer sur les pieds mâles. Les 1ers rameaux apparaissent au bout de la 3ème semaine. Cette méthode permet aux arbres mâles de donner des fruits à partir de la troisième année, de produire des races garantissant la fructification et la préservation de la conformité des caractères sélectionnés chez la plante mère (Gharnit, 2003 ; Ait Chitt et al., 2007).

I.6.4. La micro propagation ou la culture in vitro du caroubier :

Les techniques de culture in vitro ou «micro propagation» consistent à placer un fragment de plante dans un milieu nutritif en conditions plus ou moins aseptiques et à multiplier ainsi la plante-mère en un an en plusieurs millions d'exemplaires et cela à l'infini. Elles permettent également de reconstituer des clones indemnes de maladies (fongiques, bactériennes, virales...) à partir de pieds-mères malades. Une des limitations de l'application de cette méthode, hormis les problèmes techniques, est sans doute le coût du plant produit, qui est souvent nettement supérieur à celui obtenu par les techniques classiques de multiplication.

I.7. Maladies du caroubier :

La maladie du caroubier peut être causée par des champignons, des bactéries ou des parasites. Elle se propage souvent par le vent, l'eau ou les insectes. Les symptômes de la maladie comprennent des taches brunes sur les feuilles, une décoloration des fleurs et une baisse de la production de fruits. Il est important de reconnaître ces signes pour prendre des mesures appropriées. La figure ci-dessus représente les dégâts causés par la cochenille :



Figure 05 : Dégâts causés par la cochenille (Abdelmoumene & Belkacem, 2023)

Voici les principaux ravageurs du caroubier :

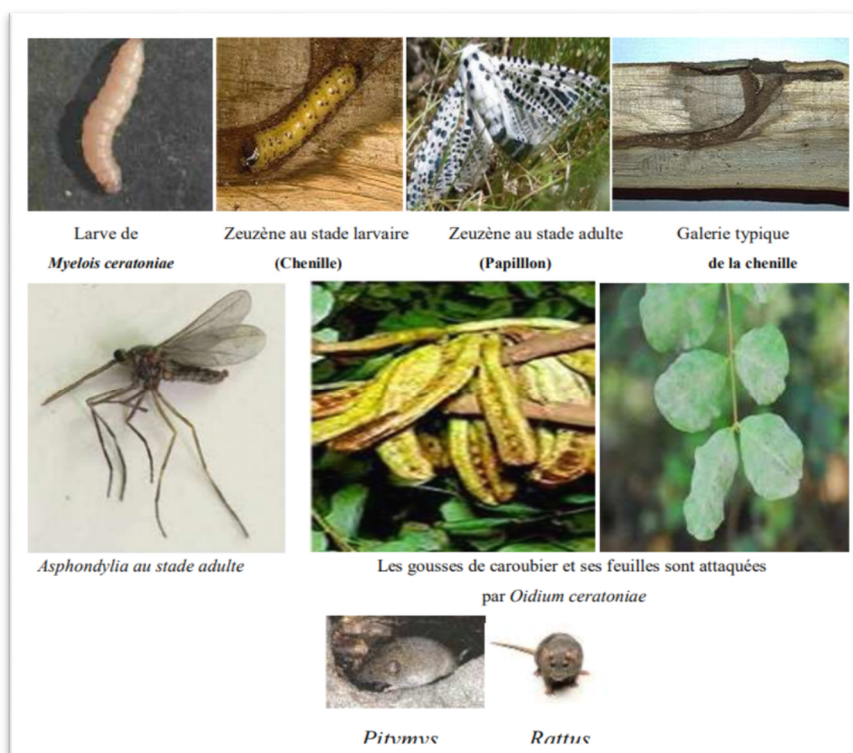


Figure 06: Les principaux ravageurs du caroubier (Batlle et Tous, 1997)

I.8. Composition chimique du caroubier :

Chaque caroube pèse une quinzaine de grammes et contient de la pulpe charnue constituée de 40 % de sucres (glucose et du saccharose), 35 % d'amidon, 7 % de protéines, et, d'autres éléments (des graisses, des tannins et des sels minéraux) mais avec des proportions faibles. La caroube est riche en calcium, phosphore, magnésium, silice, fer et pectine. En contrepartie, la graine renferme principalement le galactomannane 88%, Protéine 6%, Cendre 1%, et autres polysaccharides 5%. (Biner et al., 2007).

Tableau 02 : Composition chimique de la pulpe

Constituants	%
Le total en sucre	48-56
Saccharose	32-38
Glucose	5-6
Fructose	5-7
Inositol	5-7
Tanins concentré	18-20
Non-amidon polysaccharides	18
Cendre	2-3
Graisse	0.2-0.6

Source : Batlle et Tous (1997)

I.9. Récolte et extraction des semences :

La récolte a lieu manuellement à partir du mois d'avril jusqu'au mois de septembre en fonction des conditions climatiques de la région. Le processus d'extraction des graines porte sur différentes étapes :

- Les gousses sèches passent tout d'abord 2 à 3 fois dans la désileuse où elles sont cassées en petits morceaux.
- Le produit est ensuite trié pour séparer les graines des morceaux de la pulpe. Les semences une fois séchées au soleil, pour réduire leur teneur en eau jusqu'à 8%, sont conservées dans la chambre froide à une température de 4°C (Santos et al, 2005).

Après la récolte, les caroubes ont un taux d'humidité élevé (10-20%) et variable en fonction des conditions de récolte et des précipitations d'automne. Pour éviter la décomposition, les gousses exigent davantage de séchage et sont stockées sous abri dans des endroits secs et aérés pour ramener l'humidité à environ 8%.

I.10. Intérêt et utilisation du caroubier :

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants, puisque ses parties ou organes (feuilles, fleurs, bois, écorce et racines) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (Aafi, 1996), tel que le domaine alimentaire, médicale, industriel et écologique.

I.10.1. Alimentaire :

Les gousses de caroube sont utilisées depuis longtemps comme matière première production d'additifs alimentaires (Biner et al., 2007). En raison de sa douceur et sa saveur semblable au chocolat, ainsi que son bas prix, les gousses moulues en farine sont largement utilisées en méditerranée substituant du cacao dans les confiseries, les biscuits et les produits transformés (boissons) (Ayaz et al., 2009). De plus, l'avantage d'utiliser de la poudre de caroube comme substituant du cacao c'est qu'il ne contient ni caféine ni théobromine (Bengoechea et al., 2008). C'est un épaississant, stabilisant et aromatisant naturel, qui est couramment ajouté à une grande variété de produits, par exemple : crèmes glacées, des bonbons et des soupes (Biner et al., 2007).

La farine de caroube est traditionnellement utilisée comme additif protéique dans les aliments pour animaux et les aliments destinés à la consommation humaine en raison de sa teneur en acides aminés bien équilibrée (Feillet et Rolland 1998 ; Wang et al., 2001).

La farine de germe de caroube a été identifiée comme possédant des propriétés similaires au gluten dans un brevet de 1935. Lorsqu'il était utilisé dans un système de pain levé à la levure contenant environ 30 % de farine de germe de caroube et environ 70 % farine

sans gluten, un pain présentant des qualités similaires à celles d'un pain de seigle européen (Bienenstock et al., 1935).



Figure 07: Produits de confiseries fabriqués à partir de caroube (Chocolat, biscuits, sirop, ...ect)

<https://world-fr.openfoodfacts.org/>

I.10.2. Médicale :

Actuellement, la caroube est considérée comme une plante d'investigation de nouveaux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe de la graine et la pulpe du fruit. Cette activité antioxydant est attribuée à la présence de composés phénoliques et des fibres (Custodio, 2011).

En tant que produit médicinal, la caroube est utilisée contre certains problèmes gastriques qu'il s'agisse de constipation, de diarrhée, d'irritations, de flux gastro-œsophagiens ou d'acidité gastrique, ce fruit est aussi un véritable allié dans les régimes minceur. Elle est utilisée également dans le traitement de certaines maladies comme les angines, l'entérite et les rhumes (Ait Chitt et al, 2007).

Les graines de caroube sont utilisées comme agent stabilisateur, gélifiant dans l'industrie pharmaceutique : Sirops, médicaments (Batlle et Tous, 1997).

I.10-3. Industriel :

Deux principaux produits sont tirés de la caroube. La gomme, extraite de l'endosperme de la graine, est fort recherchée en industriel notamment pour ses propriétés texturant (Avallone et al., 1997) ainsi que dans le secteur pharmaceutique (Prajapati et al., 2013), cinématographiques, textiles et cosmétiques.

La graine de caroube est utilisée également en imprimerie, photographie, papier, matière plastique et comme matière adhésive.

I.10-4. Ecologique :

Le caroubier est souvent utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (Rejeb et al., 1991 ; Biner et al., 2007). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (Batlle et Tous, 1997).

Son bois appelé « carouge » est dur à grain fin ; il est utilisé pour la fabrication du charbon, d'ustensiles et la production de combustible (Batlle et Tous, 1997). L'écorce est utilisée en tannerie, particulièrement dans l'achèvement et l'émaillage des peaux (Batlle, 1997).

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Zoné d'étude

II.1.1. Limites administratives

Notre échantillonnage a été réalisé dans la région d'Azeffoun.

La ville d'Azeffoun est une petite ville côtière située à 70 Km au nord-est de la ville de Tizi-Ouzou et à 168 Km à l'ouest de Bejaïa.

Du point de vue administratif, elle est délimitée par :

- La commune AIT CHAFFAA a l'Est.
- La daïra Iflisen a l'Ouest.
- La commune Aghribs et Akerrou.
- La mer méditerranéenne au nord



Figure 08: Découpage administratif de la wilaya de Tizi-Ouzou
Source : Institut national de la cartographie.

II.1.2. Relief et paysage

Malgré sa position géographique, la configuration physique d'AZEFFOUN est plutôt Montagneuse, elle est constituée de trois types de reliefs :

- Les collines et piémonts occupants 9% de la surface totale dont les terres sont également fertiles.
- Les plaines qui occupent 4% de sa surface dont la terre est fertile.
- Les montagnes qui s'étalent sur le reste du territoire d'Azeffoun.

➤ La partie haute :

Du côté est, nord -est, sud, sud-est elle désigne le relief montagneux avec des hauteurs qui atteignent les 400m.

➤ **La partie basse :**

Du côté est, nord-est, sud, sud-est elle désigne le relief montagneux avec des hauteurs qui atteignent les 400m.

➤ **Les cours d'eau :**

La ville d'Azeffoun est traversée par un réseau hydrographique (cours d'eau): Oued TIFREST, Oued GOURAR, Oued TSARAR.

II.2. Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué au mois d'Avril 2023 dans deux stations dans la région d'Azeffoun: M'letta et Issoumatene. Nous avons opté pour la méthode d'échantillonnage aléatoire. Les sujets repérés ont été localisés par un GPS en vue d'un éventuel suivi à l'avenir.

Pour réaliser notre échantillonnage, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Récepteur GPS ;
- appareil photos ;
- ruban mètre ;
- compas forestier ;
- vertex III.

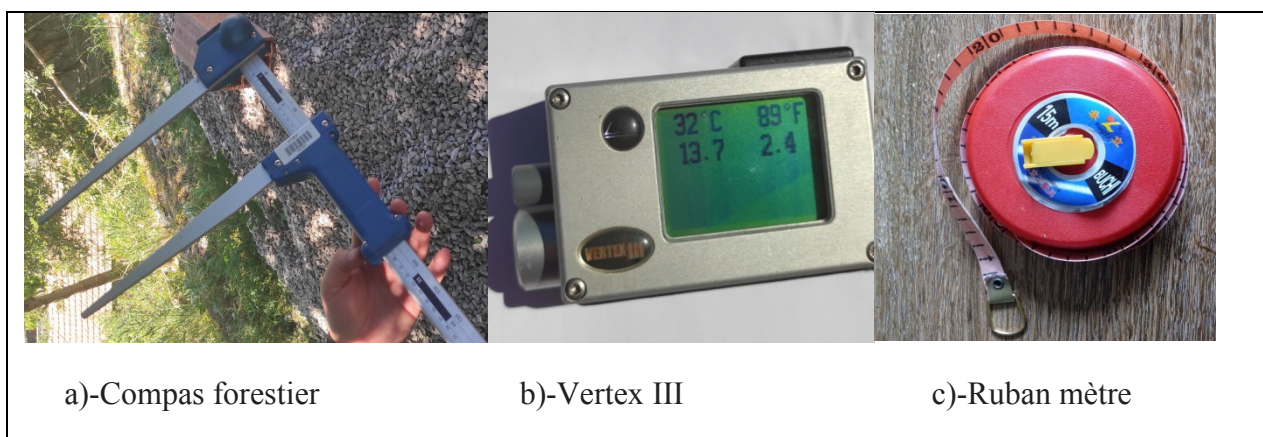


Figure 09 : Photos du matériel utilisée (Abdelmoumene & Belkacem)

Pour chaque arbre repéré, il a fait objet de :

- Localisation via un récepteur GPS ;
- mesures dendrométriques (hauteur, circonférence, diamètre du houppier) ;
- identification du genre de l'arbre : mâle ou femelle ;

- évaluation de l'importance de la production de gousses ;
- état de santé de l'arbre (vigoureux et bienvenant vs malvenant et rabougri) ;
- position sociale de l'arbre (isolé ou en bouquet).

II.2.1. Localisation des champs de caroubier :

Pour localiser les champs où se trouvent les sujets de caroubier, nous avons utilisé un récepteur **GPS (Global Positioning System)** Mgrs&Utm Map téléchargé à partir de Play store qui est un système de navigation et de localisation par satellites.

Chaque champ est identifié par son nom local et localisé par des coordonnées de type ci-après : (**Longitude** : 04° 45' 53,37'' est l'**altitude** : 36° 60' 21,85'' nord).

II.2.2. Mesures dendrométriques :

- a) Circonférence des tiges :** Nous avons opté pour une mesure de la circonférence à la hauteur de poitrine de la tige à l'aide d'un ruban-mètre (fig.08c), le caroubier est une espèce qui rejette et drageonne beaucoup, il a été difficile dans certains cas de discerner les individus proches qui laissaient supposer qu'ils sont issus de la même souche qui a drageonné et donné de nouveaux brins, nous avons remédié à ce problème en dénombrant les brins issus de la même racine comme un seul pied à plusieurs brins et donc plusieurs circonférences, nous citons en exemple l'individu n°29 qui compte (23) brins issus d'une même souche, par l'addition on a obtenu une somme de circonférence de 115.5cm.
- b) Diamètre :** pour mesurer le diamètre, nous avons utilisé un compas forestier (fig.09a).
- c) Hauteur des tiges :** La hauteur totale d'un arbre est la longueur de la ligne droite, joignant le pied de l'arbre (niveau du sol) à l'extrémité du bourgeon terminal. Les hauteurs ont été mesurées à l'aide d'un Vertex III.
- d) Diamètre du houppier :** Le diamètre total du houppier est la largeur des deux extrémités de ce dernier. Nous l'avons mesuré à l'aide d'un ruban- mètre (fig.09c).

II.2.3. Identification du genre mâle et femelle :

Cette identification s'est basée sur le repérage des gousses ou d'inflorescences (mâles ou femelles). Les sujets notés comme mâles sont ceux qui n'avaient ni gousse sur pied ni gousses au sol ni signe de floraison femelle mais qui avaient sur les rameaux les restes des inflorescences mâles des années précédentes. Pour les sujets notés comme femelles, nous sommes basés sur la présence d'inflorescences de cette année ou bien la présence des

gousses des années précédentes au sol et quelques-unes sur les rameaux. Pour les autres sujets qui n'ont pas des signes de reproduction.

II.2.4. Appréciation de l'importance de la production de gousses :

Nous avons enregistré un nombre important des gousses dans la plupart des champs, ce qui résulte une très bonne production, un arbre productif, mais aussi un nombre beaucoup moins important dans d'autres champs.

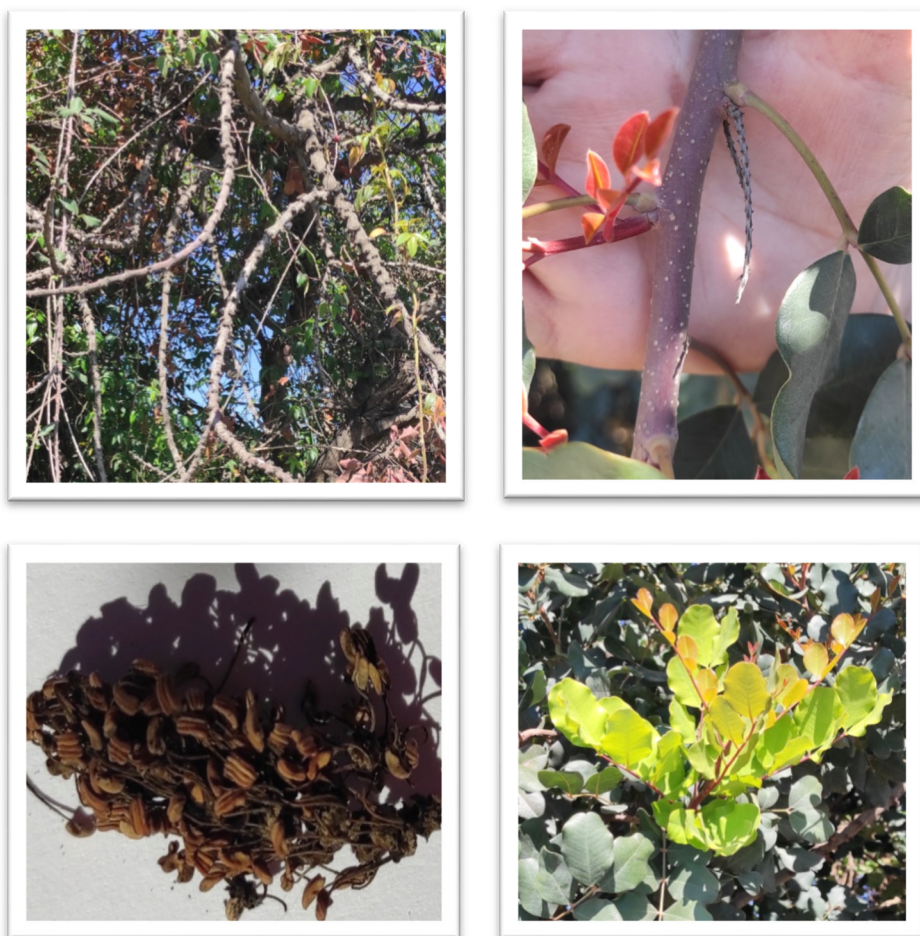


Figure 10 : Signes de reproductions précédentes et nouvelles

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Analyse des paramètres dendrométriques du caroubier

Les résultats des paramètres dendrométriques mesurés sur le caroubier (diamètre, hauteur de l'arbre et diamètre du houppier) sont présentés dans les tableaux **03** et **04** :

Tableau 03 : Paramètres statistiques des variables mesurées (station « M'letta »).

<i>Paramètres</i>	diamètre	hauteur
Moyenne	79,35	9,02
Médiane	60,5	8,1
Ecart type	54,29	4,18
Minimum	40	4,3
Maximum	175,15	13,7
Cv (%)	68	46

Tableau 04 : Paramètres statistiques des variables mesurées (station « Issoumatene»)

<i>Paramètres</i>	diamètre	hauteur	dhoup
Moyenne	84,04	6,96	6,66
Médiane	76,43	7	6
Ecart type	45,36	2,63	3,40
Minimum	18,5	2	2,5
Maximum	175	12	15
Cv (%)	53	37	51

1.1. Diamètre des arbres

Le diamètre moyen des arbres est de 79,35 cm pour la station M'letta et de 84,04 cm pour la station Issoumatene.

La valeur minimale est de l'ordre de 18,5 cm obtenue au niveau de la station Issoumatene et la valeur maximale de 175,15 cm dans la station M'letta équivalente à 5,5m circonférence.

Les valeurs élevées des écart-types et des coefficients de variation montrent l'existence de grand écart dans les répartitions des tiges dans les deux stations.

La valeur du coefficient de variation est plus élevée dans la station de M'letta (cv=68%) en comparaison avec celle d'Issoumatene (cv=53%). Ces résultats indiquent l'existence d'un grand écart dans la répartition des grosseurs des tiges à l'intérieur des deux stations (**Tab.4**).

1.2. Hauteur des arbres

La hauteur moyenne des arbres est de 6,96 m pour la station Issoumatene et de 9,02 m pour la station M'letta.

Les valeurs maximales la hauteur des arbres sont de l'ordre de 12 m et 13 m pour les deux stations. Ces résultats rentrent dans l'intervalle donné par **Evreinoff (1947)** qui dit que le caroubier est un arbre dont la hauteur moyenne varie de 10 à 15 m et pouvant atteindre les 20 m.

Les valeurs de coefficient de variation sont plus élevées dans la station de M'letta (cv=46%) en comparaison avec la station Issoumatene (cv=37), ce qui renseigne sur l'irrégularité de répartition des hauteurs des tiges dans les deux stations.

1.3 Diamètre de houppier

Dans la station Issoumatene, le diamètre de houppier des arbres varie d'un minimum de 2,5 m et d'un maximum de 15 m avec une valeur moyenne de 6,66 m pour l'ensemble des tiges.

La valeur élevée de l'écart-type et du coefficient de variation montre l'existence de grand écart dans les répartitions des diamètres des houppiers à l'intérieur de la station.

2. Etat de l'arbre

Dans les deux stations la majorité des arbres présentent des tiges vigoureuses avec des couronnes bien développées (figure 11).

Les sujets rabougris sont présent dans une seule station sur deux avec uniquement 1 sujet dans la station Issoumatene.

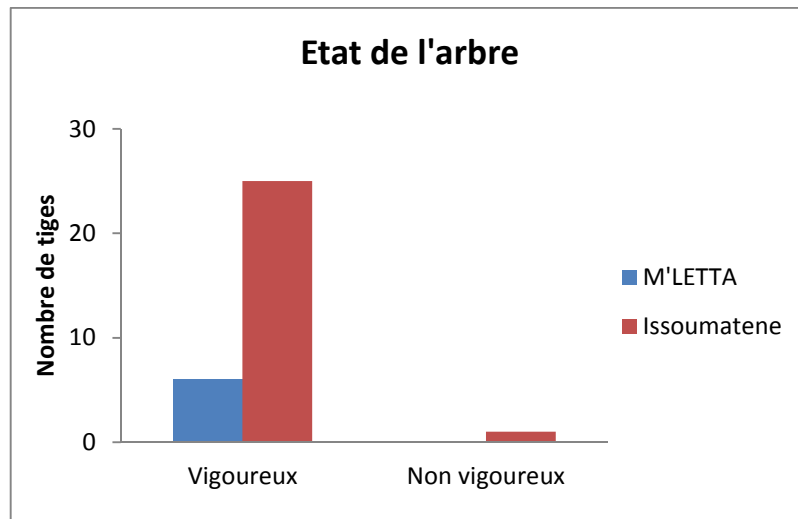


Figure 11 : Distribution des tiges selon l'état de l'arbre dans les stations.

3. Forme de tiges

La forme des tiges ont été classées en deux catégories : monobrins et multibrins. Ces deux formes sont présentes uniquement dans la station Issoumatene avec la dominance des tiges multibrins, tandis qu'au niveau de la station M'letta on trouve uniquement des tiges multibrins (**figure 12**).

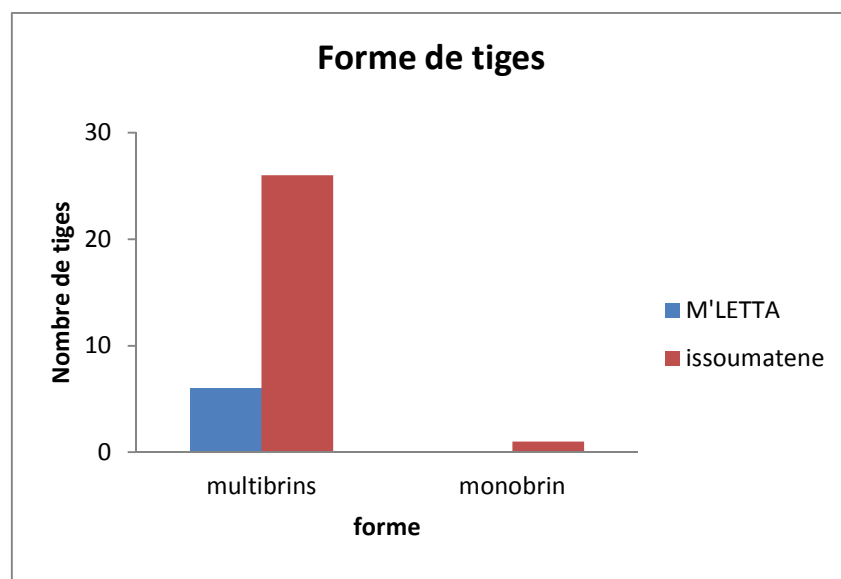


Figure 12 : Forme des tiges des deux stations.

4. Distribution spatiale

La majorité des arbres dans les deux stations sont à l'état d'individus isolés, on trouve 2 sur 6 des arbres dans la station M'letta et 4 sur 33 dans la station Issoumatene qui sont entourés.

5. Détermination du genre

La figure (13) montre que dans les deux stations la majorité des pieds sont femelle alors que les pieds mâles sont faiblement représentés.

L'absence de signes de reproduction chez certains sujets n'a pas permis de déterminer leur genre, nous les avons mis dans la catégorie à genre indéterminé en attendant la confirmation de sexe à la période de floraison, leur nombre est relativement élevé dans la station d'Issoumatene. Concernant les pieds hermaphrodites on les a rencontrés uniquement dans la station de M'letta avec un nombre relativement faible.

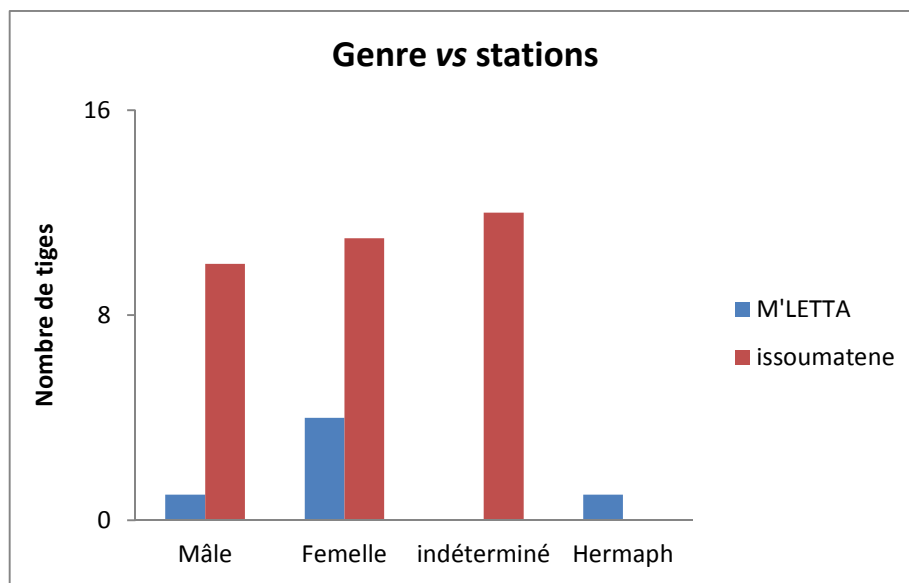


Figure 13: Classement des arbres des stations selon le genre.

6. Signes de reproduction

Notre échantillonnage a été réalisé au printemps ce qui a rendu difficile d'observer les fleurs mâles et femelles mais nous avons cherché d'autres indicateurs de leurs présences comme la présence de nouvelles gousses sur l'arbre ou d'anciennes sous l'arbre.

Des signes de reproduction sont observés chez la totalité des pieds de la station de M'letta, tandis qu'ils sont absents chez presque un tiers des pieds de la station d'Issoumatene.

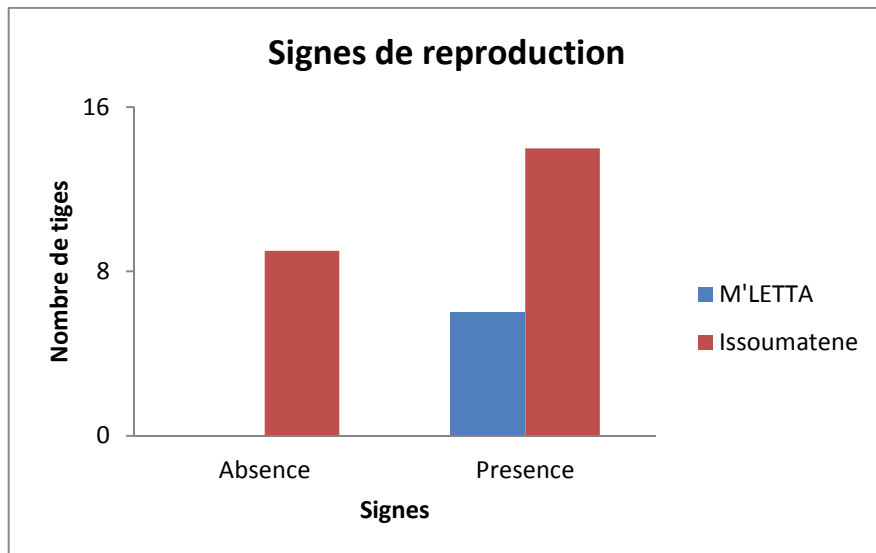


Figure 14 : Présence ou absence de signes de reproduction femelles sur les arbres des deux stations.

7. Importance de la production

L'importance de la production femelle dans les deux stations (**figure 15**) a été classée en quatre catégories : aucune, faible, moyenne et forte production.

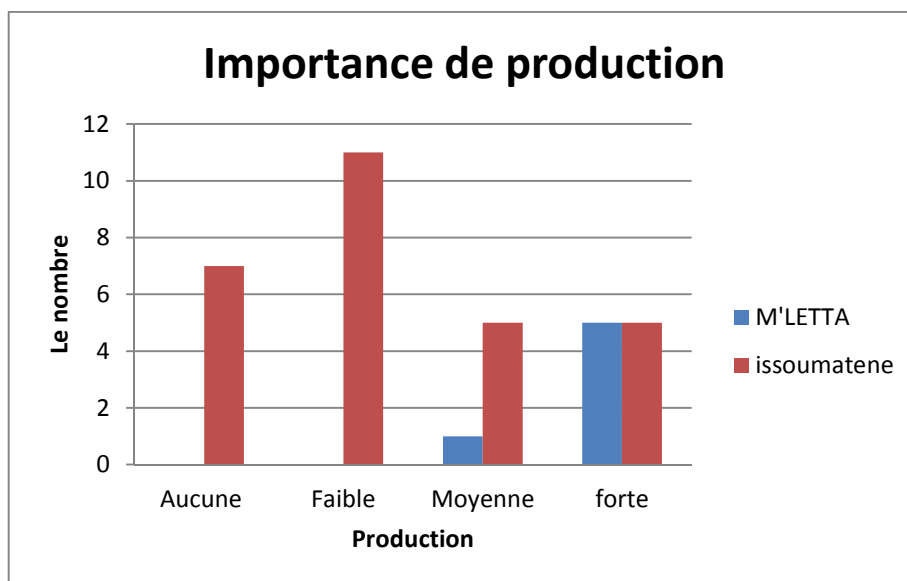


Figure 15: Importance de la production des gousses dans les stations.

La classe « aucune production » regroupe tous les arbres dont le genre est indéterminé. Un grand nombre d'arbres qui ont donné une faible production sont présents dans la station Issoumatene. La production moyenne est plus importante à Issoumatene qu'à M'letta, tandis qu'un nombre faible de pieds qui ont donné une forte production est le même dans les deux stations.

Résultats et discussion

Nous avons mesuré la hauteur, le diamètre et le volume du tronc de plusieurs caroubiers dans la région d'Azzefoun en utilisant une technique dendrométrie. Cette approche non-invasive permet une évaluation précise de la santé et de la croissance des arbres.

La comparaison de nos résultats des paramètres dendrométriques mesurés sur les caroubiers d'Azzefoun avec ceux de la région de Bouzeguene (travail réalisé de la part d'autres étudiants : **Habbi et Hadim**. Mémoire 2020).

En ce qui concerne le diamètre des arbres on trouve que le diamètre des caroubiers à Azzefoun ont une valeur plus élevée à celle de la région de Bouzeguene, leurs diamètre moyen varie d'un maximum de 175,15 cm contrairement à ceux de Bouzeguene la valeur maximale est de l'ordre de 110 cm.

Par rapport à la hauteur des arbres, les valeurs maximales avoisinant les 13 m ont été enregistrés dans les deux régions.

Le diamètre de houppier : la moyenne minimale est enregistrée dans la région d'Azzefoun d'un minimum de 2,5m et la moyenne maximale est enregistrée également dans la région d'Azzefoun d'un maximum de 15m.

L'état de l'arbre : la majorité des sujets présentent des tiges vigoureuses avec des couronnes bien développés dans les deux régions.

Forme des arbres : les deux formes des tiges monobrins et multibrins sont présentes dans les deux régions avec la dominance des tiges multibrins.

Distribution spatiale : Concernant la distribution des arbres, la majorité des sujets dans la région de Bouzeguene sont entourés contrairement à ceux d'Azzefoun la majorité des arbres sont à l'état d'individus isolés.

Détermination du genre : la majorité des pieds des deux régions sont des pieds femelles et les pieds mâles sont faiblement représentés.

Signes de reproduction : les signes de reproduction (présence de nouvelles ou anciennes gousses) ont été observées et nombreux dans les deux régions.

Importance de la production : la forte production est enregistrée dans la région de Bouzeguene.

Un grand nombre d'arbres qui ont donné une faible production dans la région d'Azzefoun.

Les résultats de notre étude révèlent une croissance saine des caroubiers dans la région d’Azeffoun, ce qui est encourageant pour la durabilité à long terme de la région. Toutefois, des précautions doivent être prises pour préserver la diversité des espèces et éviter une surexploitation de la forêt.

La mesure dendrométrique Peut aider à identifier les problèmes potentiels dans la gestion de la forêt méditerranéenne.

La production de caroubier en Algérie offre de nombreuses opportunités de développement. En exploitant les avantages uniques de chaque région, en investissant dans la recherche et en renforçant la coopération, l’Algérie peut accroître sa production et tirer parti des opportunités sur le marché mondial des produits à base de caroubier.

Conclusion générale :

Le caroubier est cultivé depuis longtemps principalement dans les pays du bassin méditerranéen. Cette plante présente plusieurs avantages agro-écologiques, socioéconomiques, 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 du caroubier. Une étude dendrométrique du caroubier a été menée au niveau de la région d'Azefoun dans le but de connaître l'état des arbres et d'envisager quelques stratégies de sa conservation. Au total 36 arbres ont été mesurés appartenant à 2 stations différentes. Les résultats obtenus par l'analyse statistiques des données ont révélé que le diamètre moyen des deux stations vari d'un minimum de 29,25 cm à un maximum de 175,07cm, la hauteur moyenne varie d'un minimum de 3,4m à un maximum de 14,08m et le diamètre du houppier entre 2,5m et 15m.

Dans la perspective d'une meilleure connaissance de l'espèce, son comportement et son état de développement, il est souhaitable d'élargir l'étude à d'autres villages de la Kabylie et à d'autres régions d'Algérie dans le but de connaître les limites du caroubier et pouvoir par la suite tracé des carte de distribution détaillées qui faciliteront les travaux à venir visant la conservation et la valorisation 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 la région d'Azeffoun à savoir, Issoumatene, M'letta.

Les résultats obtenus révèlent que la majorité des sujets inventoriés sont des jeunes arbres, vigoureux. Cependant, malgré leurs états, la majorité des arbres présentent une faible production en termes de gousses. Le caroubier est en majorité à multibrins dans les deux stations.

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

Les références bibliographiques

- Aafi A., 1996.** Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L), Centre Nationale de la recherche Forestière. Rabat (Maroc). 10p.
- Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrak A., 2007.** Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture, N°153, IAV Rabat, pp.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.
- Avallone R., Plessi M., Baraldi M., and Monzani A., 1997.** « Determination of chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua* L.): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal of food composition and analysis», Vol. 10, pp 166-172.
- Battle I., et Tous J., 1997.** « Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops». 17. Institut of plant Genetic and crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Ressources Institut. Rome. Italy. 97 p.
- Baum N., 1989.** «Arbres et arbustes de l’Egypte ancienne», pp. 354.
- Berrougui H (2007),** Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales. Maghreb Canada Express 5, n°9
- Biner B, Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M., (2007),** Sugar profiles of the pods Of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, Food Chemistry N°100, pp.1453-1455.
- Blaizi M., Bolein M. R. et Boxus P., 1994.** « Régénération in vitro et acclimatation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) », in Quel avenir pour l’amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp : 227-232.
- Corbara, B., Dejean, A., et Orivel, J., 1999.** Les « jardins de fourmis, une association plantes-fourmis originale. L’année Biologique, 38(2), 73-89.
- Doumandji, S. E., 1978.** Contribution à l’étude biologique de la pyrale des caroubes *Ectomyelois ceratoniae*, 53-64.
- Evreinoff, V. A., 1947.** Le Caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, 27(299), 389-401.
- Fournier, 1977.** Les quatre flores de la France (générale, alpine,méditerranéenne,

Gharnit N., 2003. Caractérisation et essai de régénération in vivo du caoubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de chefchaouen (Nord-ouest du Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université AbdelmalekEssaadi. Tanger.

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.

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.

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

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

Makris D.P. & Kefalas P., 2004. Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidant. *Food Technol. Biotechnol.* 42: 105-108

Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162

Ortiz P.L., Arista M. & Talavera S., 1996. Producción de néctar y frecuencia de polinizadores en *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 54: 540- 546.

Rejeb MN., Laffray D., Louguet P. (1991). Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie. In: Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre, Paris, pp 417-426. avenir pour l'amélioration des plantes? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp. 79-85.

Rejeb M.N., 1995. Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration. Dans: Quel

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