

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DE SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'un master en production végétale.

**Étude de la variabilité intra-spécifique de la gousse de *Ceratonia siliqua* L.
dans le village de Sahel, région de Bouzeguène, Tizi-ouzou.**

Réalisé par : M^{me} BERRABAH Leticia.

Sous la direction de : M^r AIT SAID Samir.

Mémoire présenté le 14 /12/2020 devant un jury composé de :

M ^{me} KROUCHI Fazia	Professeur	(Présidente)	UMMTO
M ^{me} BOUTEBTOUB Wahiba	MCB	(Examineur)	UMMTO
M ^{me} ABDELKRIM Nadia	Doctorante	(Examineur)	UMMTO

Année universitaire 2019-2020

Remerciements

« Mon apprentissage n'a d'autre fruit que de me faire sentir combien il me reste à apprendre » Michel De Montaigne

Je remercie Dieu de m'avoir donné le courage d'avancer, d'apprendre et toujours aller de l'avant sans jamais baisser les bras.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude à mon encadreur Mr Ait Said Samir pour le temps qu'il m'a accordé ainsi que pour son aide, mais surtout pour la transmission de son savoir.

Je voudrais remercier Mme Krouchi Fazia pour sa prise en charge de la sortie, pour son aide et sa générosité.

Je remercie aussi la confédération des randonneurs de Kabylie et particulièrement Mr Nat Ali. H et Mr Ramdani. M, ainsi que ma camarade Massiva pour nous avoir accompagné et guidé tout au long de notre sortie.

Je remercie également Mme Boutebtoub pour sa présence et sa bienveillance envers ses étudiants pendant nos deux années de master.

Mes remerciements les plus sincères à mon papa Ismail et ma maman Tassadit, les mots ne suffiront pas pour vous exprimer toute ma gratitude pour votre gentillesse votre soutien et votre amour, je vous remercie pour tout.

À mon frère Ameziane pour son soutien tout en joie et en amour, à mes sœurs Sonia et Celia qui sont mes deux rocs, ainsi qu'à mes beaux-frères Fares et Benyammine-Idriss.

À mes deux neveux merveilleux, Kylian et Naël, qui me comblent chaque jour d'amour et de joie.

Mais aussi, mes grands-mères pour leurs soutiens et leurs douaas.

Je remercie mes sœurs de cœur Feriel, Sofia, Dhelia et Sihem ainsi que Adel , Fateh et Yamsel.

Je remercie particulièrement mon compagnon Chakib pour sa présence, sa bienveillance, son soutien et sa gentillesse à mon égard.

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mon papa, ma maman, mon frère, mes sœurs
et leurs conjoints, mes merveilleux neveux, mes grands-mères
mes amis(es) et mon partenaire.*

*Ce travail est surtout dédié à la communauté universitaire
ainsi qu'à la communauté scientifique d'ici
et par-delà nos frontières.*

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Liste des figures

Figure 01 : Arbre du caroubier (<i>Ceratonia.siliqua</i> L.) (Photo prise sur internet).....	17
Figure 02 : Carte de la distribution du caroubier dans le monde (Batlle et al., 1997).....	19
Figure 03 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines climatiques (A.N.R.H /2004).	19
Figure 04 : Carte géographique de la distribution du caroubier par Wilayas (Photo prise sur internet).	20
Figure 05 : Tronc d'un caroubier dans le village de sahel Bouzeguène	22
Figure 06 : Feuille du caroubier comprenant 8 folioles	23
Figure 07 : Foliole de la feuille du caroubier à droite face dorsale à gauche face ventrale (Photo prise sur internet).....	24
Figure 08 : Inflorescence du caroubier (Photo prise dans le village de sahel).....	24
Figure 09 : Inflorescence du caroubier (photos prises sur internet).	25
Figure 10 : Inflorescence de fleurs (Roger Prat et Jean-Pierre Rubinstein, 2012).	25
Figure 11 : Inflorescence de fleur mâle sur un pied mâle. (Roger Prat et Jean-Pierre Rubinstein, 2012).	26
Figure 12 : Gousse de caroubier (Photo prise sur internet).	27
Figure 13 : Gousse de caroube à différents stades de développements (Photos prises sur internet).....	27
Figure 14 : lots de caroube	28
Figure 15 : Lot de graine de caroube	30
Figure 16 : Pays producteurs de caroube dans la monde en tonnes (FAO, 2014).....	37

Figure 17 : Photo de la caroube avant et après le processus de transformation en farine (Photo prise sur internet).....	40
Figure 18 : Produits alimentaires dérivés de la caroube (Photos prises sur internet).	41
Figure 19 : Transformation de la graine de la carroube en farine (Photo prise sur internet).....	43
Figure 20 : Diagramme ombrothermique GAUSSEN et BAGNOULS dans un intervalle compris entre (2012-2019) dans la région de Bouzeguène Tizi-Ouzou (ONM, 2020).	45
Figure 21 : Mesure de la longueur de la gousse avec un pied à coulisse.	46
Figure 22 : Photos des différentes étapes de peser des paramètres (PGP, PGV, PG) avec une balance de précision.	47
Figure23 : Variation de la couleur des gousses de (<i>Ceratonia siliqua</i>) dans le village de Sahel.....	49
Figure 24 : Boite à moustache de la longueur des gousses.....	50
Figure 25 : Boite à moustache de la largeur des gousses.	51
Figure 26 : Boite à moustache de l'épaisseur des gousses.	52
Figure 27 : Illustration de la variation morphologique de la gousse de la carroube dans la station de Bouzeguène.....	53
Figure 28 : Boite à moustache du poids des gousses pleines.....	54
Figure 29 : Boite à moustache du poids des gousses vides.....	55
Figure 30 : Boite à moustache du nombre de graines par gousse.....	56
Figure 31 : Boite à moustache du poids des graines par gousse.	57

Liste des tableaux

Tableau 01 : Résumé des valeurs de la composition de la pulpe de caroube (%)	29
Tableau 02 : Résumé des valeurs de la teneur en minéraux de la pulpe de caroube (mg).....	30
Tableau 03 : Tableau comparative de la production de caroube entre l'année 2004 ,2008,2010 et 2011.....	36
Tableau 04 : Surface et production de caroube en Algérie	38
Tableau 05 : Matrice de corrélation entre les paramètres	58

Liste des abréviations

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

A: Arbre

C° : Degré celsius

cm: Centimètre

FAO: Food and Agriculture Organization

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

g : Gramme

h: heures

ha : Hectares

J.C : Jésus-Christ

kg : Kilogramme

Kj : Kilojoule

Lg : Longueur **lg** : Largueur **Ep** : Epaisseur **m**: Mètre

LgG : Longueur de la gousse **lgG** : Largueur de la gousse **EG** : Epaisseur de la gousse

M.S : Matière sèche

mg : Milligramme

mm : Millimètre

NGG : Nombre de graines par gousse

PG : Poids des graines

PGP : Poids de la gousse pleine

PGV : Poids de la gousse vide

pH : Potentiel hydrogène

q : Quintal

t: Température

% : Pourcentage

+ : Signe d'addition

< : Signe inférieur

> : Signe supérieur

± : Plus ou moins

µm : Micromètre

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale..... 14

Chapitre I : généralité du caroubier 17

1.Taxonomie et terminologie 17

2.Origine et distribution 18

3.Description botanique 20

3.1. L'arbre 20

3.2. Le système racinaire 21

3.3. Le tronc 21

3.4. Les feuilles..... 22

3.5. Inflorescence..... 24

3.6. Le fruit 27

3.6.1. La gousse 27

3.6.2. La graine 30

4.Floraison et fructification 32

5.. Écologie..... 35

6.Production 36

7.Utilisations 38

7.6. L'arbre 38

7.7. Le bois 38

7.8. Les feuilles et fleurs..... 39

7.9. Les fruits 39

7.10. La pulpe	40
7.11. La graine	42
Chapitre II : matériel et méthodes.....	45
1.Zone d'étude.....	45
1.1. Zone d'étude	45
2.Collecte du matériel végétal.....	46
3.Mesures du matériel végétal.....	46
Chapitre III : analyses et résultats.....	49
1.analyse et résultat du paramètre qualitatif.....	49
2.analyses et résultats des paramètres quantitatifs	50
Chapitre IV : Discussion.....	60
Conclusion générale	63
Références bibliographiques	
Glossaire	

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

La population mondiale est en constante augmentation. Selon les projections, elle devrait augmenter de 02 milliards de personnes au cours des trente prochaines années, passant de 7,7 milliards actuellement à 9,7 milliards en 2050. Elle pourrait atteindre un nombre proche de 11 milliards d'individus vers l'an 2100, selon un nouveau rapport des Nations Unies publié en 2019. Il devient nécessaire de tenir compte des chiffres dans le but d'optimiser l'utilisation des ressources phytogénétiques.

La région méditerranéenne est considérée comme un point chaud (hot spot) de biodiversité (Scognamiglio et al., 2013) et ce par l'abondance de la variabilité des ressources phylogénétiques. Les composants typiques de la forêt méditerranéenne et des écosystèmes boisés comprennent des feuilles, des conifères, des arbustes sclérophylles et une végétation herbacée de pelouses ou prairies. Elles représentent 1,8% des zones forestières mondiales. On n'y dénombre pas moins de 22 500 espèces dont 52% sont endémiques.

Algérie de par sa situation géographique, orothopographique, pédologique et bioclimatique, abrite une biodiversité très riche, avec un total de 290 espèces d'arbres recensées. Cette diversité de ressources phytogénétiques est menacée par plusieurs facteurs notamment par l'apparition de nouveaux prédateurs, de plantes adventices et de nouvelles maladies, mais aussi à l'urbanisation et à la modification du paysage agricole, ainsi que la déforestation. Ceci fragmente et dégrade l'habitat naturel mettant ainsi en péril la survie des espèces, dont 2000 sont déjà en voie d'extinction.

Le dédain des autorités à l'égard de certaines espèces et le manque de programmes de recherche et de développement dans la région méditerranéenne engendre l'érosion des ressources phytogénétiques. En dépit de son importance socio-économique et environnementale, le caroubier éprouve des difficultés à trouver sa place en Algérie, malgré qu'il soit un arbre à usage multiple.

Cette espèce est essentiellement cultivée dans la région du Tell et la région subsaharienne. Elle est très tolérante au stress salin et à la sécheresse et peut être cultivée sur tous les types de sols excepté les sols humides. Occupant une aire de répartition très vaste en Algérie, cette espèce est sans doute d'une grande diversité morphologique.

Le caroubier qui tient son nom de la langue arabe El kharroub et connu par les scientifiques sous le nom de *Ceratonia siliqua*. Cette espèce appartient au genre, *Ceratonia* (Quezel ., 1963) est l'un des plus anciens arbres dans le monde. Il a été cultivé depuis le néolithique autour du bassin méditerranéen où il est considéré comme une espèce importée. On

Introduction générale

le retrouve aussi dans les régions où le climat est identique à celui de la méditerranée (Batlle et al., 1997) en étroite association avec l'olivier et le lentisque.

Le caroubier est un arbre rustique et résistant, il est très apprécié en ornement pour son feuillage majestueusement sempervirent, et dans le reboisement des zones arides et dégradées (Winer, 1980 ; Girolamo et Laura, 2002).

Hauteur à l'état sauvage et entre 10 et 15 mètres en culture. C'est une espèce à croissance lente, mais avec une longévité importante allant jusqu' à 200 ans (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous J, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007)

Cette étude fait suite aux précédents travaux réalisés par Kocherane., (2019). Elle vise à explorer la variabilité intra-spécifique de la gousse et de la graine du caroubier dans la station de Bouzeguène dans la Wilaya de Tizi-Ouzou par des mesures morphologiques et biométriques.

L'étude est structurée en quatre chapitres dont :

- Le premier est un rappel bibliographique sur la botanique l'écologie et l'intérêt de *Ceratonia siliqua* L. ;
- La méthode d'échantillonnage, la description de la zone d'étude et les mesures sont expliquées dans le deuxième chapitre ;
- Dans le troisième et quatrième chapitre, les résultats obtenus ont été présentés graphiquement et analysés par des outils statistiques. Ils sont discutés à la lumière d'autres travaux ayant une relation directe avec la thématique de recherche

CHAPITRE I :

GENERALITE DU CAROUBIER

1. TAXONOMIE ET TERMINOLOGIE

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) doit son nom à la forme de ses gousses qui, une fois arrivées à maturité, ressemblent à des cornes. Étymologiquement, le terme latin *Ceratonia* provient du grec *keratia* qui signifie petite corne. Quant au nom d'espèce *siliqua*, il désigne en latin, une silique c'est-à-dire une gousse. (Batlle et Tous J., 1997).



Figure 01 : Arbre du caroubier (*Ceratonia.siliqua* L.) (Photo prise sur internet).

La dénomination vernaculaire du caroubier diffère d'une région à une autre dans le monde :

- Dans les pays francophones, il est dit : caroubier, carouge et/ou figuier d'Égypte.
- Dans les pays anglophones : carob et/ou locust bean.
- En Allemagne : Johannisbrotbaum.
- Dans les pays arabes : kharrub dérive de l'hébreu kharuv, le caroubier peut avoir aussi une dénomination vernaculaire différente d'une région à une autre dans un même pays, comme c'est le cas en Algérie où il est connu sous le nom de kharrûb par les arabophones et tislighwa par les amazighophones.

Cette espèce appartient au genre *Ceratonia* de la sous-famille des *Caesalpinioïdae*, de la famille des *Fabaceae* (légumineuses), qui fait partie de l'ordre des *Fabales* (Rosales), classe des *Magnoliopsid* (Quezel P, 1963).

Le genre *Ceratonia* est considéré comme l'un des genres de légumineuses les plus archaïques (Tucker, 1992). Les légumineuses sont des membres importants des régions tropicales, subtropicales et végétations tempérées dans le monde. C'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). Taxonomiquement, *Ceratonia* est complètement isolée de tous les autres genres de sa famille (Zohary, 1973), Hillcoat et coll., (1980) et Tucker, (1992) considéraient la caroube comme un vestige très isolé d'une partie de la famille des légumineuses aujourd'hui largement éteinte.

2. ORIGINE ET DISTRIBUTION

Le caroubier est une espèce ligneuse, qui a été domestiquée depuis le néolithique (4000 ans avant J.C.). Sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. (Batlle et Tous J., 1997). Elle est considérée comme étant l'une des espèces les plus importantes du bassin méditerranéen (Candolle et al., 1983 et Vavilov et al., 1951).

Hillcoat (1980) a suggéré que l'aire de répartition du caroubier à l'état sauvage est : la Turquie, Chypre, la Syrie, le Liban, Israël, le sud de la Jordanie, l'Égypte, l'Arabie, la Tunisie et la Libye et qu'il s'est déplacé par la suite vers l'ouest à un stade précoce.

On croit que le caroubier a été répandu par les grecs en Grèce et en Italie, puis par les arabes et les berbères le long de la côte Nord-Africaine, dans le sud et l'est de l'Espagne, d'où il a migré vers le sud du Portugal et au sud-est de la France.

Aujourd'hui, l'aire de répartition géographique du caroubier est plus vaste (Figure 02), car on le trouve sur les cinq continents, surtout dans les régions où le climat est semblable au climat méditerranéen. Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *C. siliqua* est limitée par des stress liés aux froids (Mitrakos, 1981). Dans les zones basses méditerranéennes (0 m-500m, rarement 900m d'altitude), le caroubier constitue une essence dominante et caractéristique du maquis des arbres sclérophylles (Zohary et Orshan, 1959 ; Folch et Guillen, 1981).



Figure 02 : Carte de la distribution du caroubier dans le monde (Batlle et al., 1997)

L'aire de répartition du caroubier en Algérie est déterminée par les critères climatiques, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée, et une température comprise entre 5°C et 20°C et une pluviométrie de 80 mm à 600 mm/an (Rebour, 1968). On le retrouve un peu partout dans les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sub-littorales : Sahel Algérois (Tipaza) Dahra, grande et petite Kabylie (Tizi-Ouzou, Bejaia, Bouira) vallée de la Soummam (1074 ha) et de Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem. À étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Metidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend jusqu'à Boussaâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha) (Zitouni, 2010). Il est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le Tell (Quezel et Santa, 1962). (Figure 03/04).

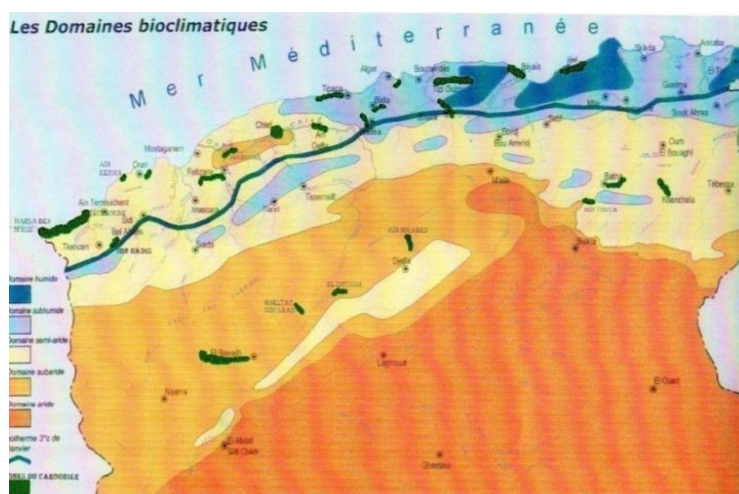


Figure 03 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines climatiques (A.N.R.H /2004).

En Algérie, la superficie totale de culture du caroubier a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAOSTAT). Comme dans plusieurs pays méditerranéens, le caroubier croît dans des conditions naturelles à l'état sauvage sous des bioclimats du type subhumide, semi-aride et aride, il est souvent en association avec l'olivier et le lentisque.

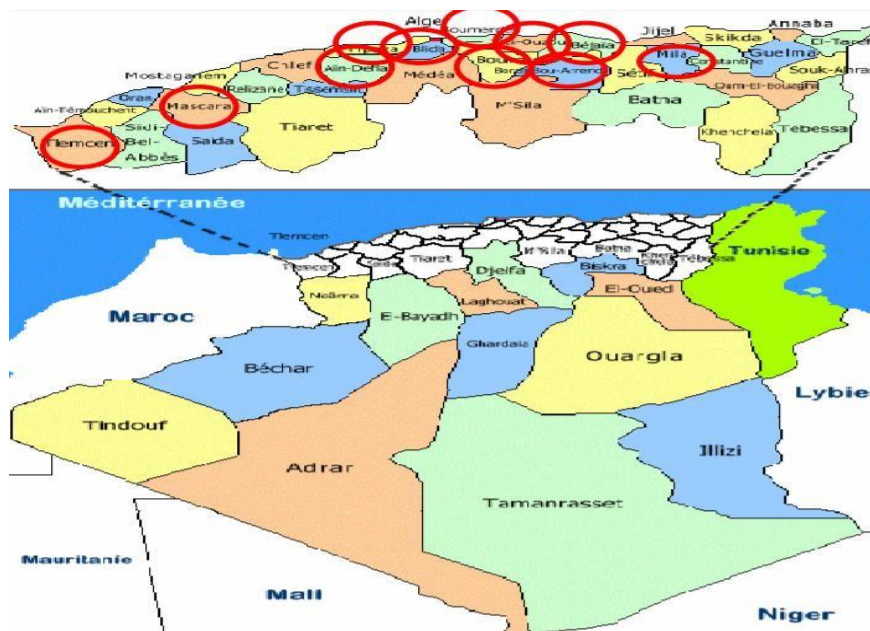


Figure 04 : Carte géographique de la distribution du caroubier par Wilayas (Photo prise sur internet).

3. DESCRIPTION BOTANIQUE

3.1. L'ARBRE

Ceratonia siliqua est un arbre ou arbuste sclérophylle, xérophytique, à feuillage persistant (Emberger 1938, Quezel et al., 1963 et AEFCS, 1978). En condition propice, il peut atteindre jusqu'à 17 mètres à l'état sauvage, et entre 10 et 15 mètres de hauteur en culture. D'une circonférence de deux à trois mètres à la base du tronc.

Son bois de couleur rougeâtre est très dur, sa croissance est lente, mais, il a une durée de vie pouvant aller jusqu'à 200 ans, (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et al., 1997 ; Ait Chitt et al., 2007). Le caroubier pousse en changeant de direction au niveau des nouvelles branches, ce qui donne à l'arbre un aspect enchevêtré.

Le climat méditerranéen, par ses étés chauds et secs et ses hivers doux et humide, permet un bon développement de l'arbre. Le caroubier étant robuste, supporte des conditions climatiques extrêmes allant jusqu'à -6°C en courte durée. Il résiste également à de nombreux

jours de sécheresse.

Une exposition aérée, mais aussi abritée du vent est nécessaire à son bon développement.

La culture du caroubier réussit aussi bien en plaine que sur les coteaux. Le caroubier est présent à une altitude allant de 0 à < 500m.

3.2. LE SYSTÈME RACINAIRE

Le caroubier est cultivé sur un sol sec, pauvre et bien drainé, il s'y fixe grâce à une racine pivotante, profonde, forte et qui pénètre jusqu'à 18 m (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2007). Les racines se caractérisent par une croissance lente. Avec un développement important au niveau des extrémités, de sorte que le volume des racines dépasse rapidement le double ou le triple de celui de l'houpier. Ce qui permet de classer cette espèce parmi celles qui présentent un système racinaire très étendu et spécialement distribué en surface (Melgarejo et Salazar, 2003).

La racine principale est ramifiée en plusieurs racines latérales ou secondaires de grande longueur, et avec une tendance à être superficielles, en particulier sur les sols compacts ou peu profonds. Les racines latérales très ramifiées, avec de nombreux poils absorbants sont capables de s'étendre sur une longueur de 30 à 40 m et peuvent atteindre un développement quatre fois supérieur à celui des rameaux (Albanell, 1990).

Bien que le caroubier ait été classé dans la famille des légumineuses, cependant, il n'a pas été possible de démontrer qu'il possédait des nodules symbiotiques de *Rhizobium* excepté

dans un seul cas. En effet, selon Martins Loução et Rodríguez-Barrueco (1982), Martins-Loução et al., (1996) et Hirsch et al., (2001), le caroubier est une légumineuse non nodulante.

Toutefois, Missbah et al (1996) ont pu isoler dans la région de Debdou (Maroc) des souches de rhizobium nodulant le caroubier. Konate, (2007) réactiva et purifia la collection des souches isolées par Missbah et al., (1996), ensuite, il procéda à un test d'authentification en les inoculant sur deux accessions du caroubier (Marrakech et Taounate) cultivées dans des conditions axéniques. L'examen du système racinaire des plantes, effectué à 2, 4 et 6 mois après l'inoculation n'a montré aucune formation de nodosité. El Idriss et al., (1996) quant à eux ont identifié des arbres plus récemment avec des nodules contenant des bactéries considérées comme ceux du genre *Rhizobium*.

3.3. LE TRONC

Le caroubier est un arbre qui se développe et se maintient sur un seul tronc, épais et

robuste avec de clairs canaux de circulation de la sève associés aux racines les plus épaisses, ce qui leur donne un aspect tortueux, particulièrement marqué chez certaines variétés (Melgarejo et Salazar, 2003).

L'écorce est lisse et grise lorsque la plante est jeune, puis brune et rugueuse à l'âge adulte. Son bois est de couleur rougeâtre et très dur (Ait Chitt et al., 2007 ; Melgarejo et Salazar, 2003) puis brin-grisâtre Albanell, 1990 et brin selon Batlle et Tous J., (1997).

À l'âge adulte, le tronc est tortueux et sinusoïdal (figure 06) (Melgarejo et Salazar, 2003). Ce dernier est généralement d'un diamètre moyen de 50 centimètres en fonction de l'âge de l'arbre (Albanell, 1990). Sa circonférence à sa base est comprise entre 2 et 3 mètres (Ait Chitt et al., 2007). À titre d'exemple, un sujet de 3m20 de circonférence a été observé dans la station d'échantillonnage du village Sahel à Bouzeguène. (Voir figure 05).



Figure 05 : Tronc d'un caroubier dans le village de sahel Bouzeguène .

3.4. LES FEUILLES

Le caroubier est un arbre très apprécié pour son feuillage majestueusement sempervirent. Les feuilles sont coriaces, paripennées, pennatinervées, alternes, et sont caractérisées par un pétiole sillonné. Elles mesurent entre 10 cm à 30 cm de longueur, le rachis porte entre 04 à 10 folioles de 03 cm à 07 cm de longueur. Les vieilles feuilles quant à elles mesurent généralement entre 12 cm et 30 cm (Diamantogoulou et Mitrakos, 1981).

Occasionnellement, chez les arbres cultivés et plus fréquemment chez les caroubiers sauvages, le nombre de folioles peut être impair chez quelques feuilles (Albanell, 1990), de formes ovales et entières, elles sont aussi légèrement échancrées au sommet.



Figure 06 : Feuille du caroubier comprenant 8 folioles (Berrabah, 2020).

Les feuilles sont de couleur vert foncé et luisant sur la face dorsale, et vert pâle à la face ventrale (Figure 07) (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et al., 1997 ; Ait Chitt et al., 2007). Elles sont aussi sclérophylles et ont un épiderme supérieur monocouche très épais, ce qui les rend résistantes à la sécheresse, mais peu tolérantes au froid (Biner et al., 2007).

Les cellules contiennent des composés phénoliques dans les grandes vacuoles, avec d'importants dépôts de cires (Rejeb et al., 1995) réduisant la perméabilité cuticulaire et protégeant ainsi la plante de la transpiration excessive (Baker et Procopiu., 1980).

Plusieurs études ont montré que les caroubiers peuvent maintenir leurs stomates ouverts, et avoir une forte teneur en eau au niveau des feuilles, même en cas de faible disponibilité d'eau dans le sol (Nunes et al., 1989). Ceci est permis par une réduction du potentiel hydrique des feuilles en réponse à de faibles pertes d'eau (Lo Gullo et Salleo., 1988).



Figure 07 : Foliolle de la feuille du caroubier à droite face dorsale à gauche face ventrale (Photo prise sur internet).

Le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne, mais seulement en juillet, et ce tous les deux ans, et ne renouvelle ses feuilles que partiellement au printemps (avril et mai).

3.5. INFLORESCENCE

Initialement, les fleurs de caroubier sont bisexuelles, il y a suppression d'un axe durant le développement et le fonctionnement des cellules pour aboutir à des fleurs mâles ou femelles (Tucker, 1990a ; Ait Chitt et al., 2007).

Les fleurs naissent sur du vieux bois à partir de bourgeons floraux, volumineux et caractéristiques du caroubier.



Figure 08 : Inflorescence du caroubier (Photo prise dans le village de sahel (Berrabah, 2020).

Les fleurs (6/16 mm de longueur) sont petites et réunies en grappes de 20 à 50 fleurs axillaires cylindriques, et sont habituellement dressées ou ascendantes, ressemblant à des chatons, de couleurs vertes et rouges. Elles sont pentamères et constituées d'un calice pourpre sans corolle. À la fin de leurs développements, les fleurs sont plus courtes que les feuilles à l'aisselle (Battle et Tous J., 1997)



Figure 09 : Inflorescence du caroubier (photos prises sur internet).

Les fleurs femelles (Figure 10) sont constituées d'un pistil (06 mm/ 8,5mm) porté sur un disque, et d'étamines rudimentaires, entourées de 05 sépales velus (Battle et Tous J., 1997). L'ovaire est courbé, et composé de deux carpelles de 05 mm à 7 mm de long et contient plusieurs ovules.



Figure 10 : Inflorescence de fleurs (Roger Prat et Jean-Pierre Rubinstein, 2012).

Les fleurs mâles se composent d'un disque nectarien contenant 5 étamines avec un filament délicat entouré de sépales velus. Il est aussi composé d'un pistil rudimentaire au centre du disque (Aafi A, 1996).



Figure 11 : Inflorescence de fleur mâle sur un pied mâle. (Roger Prat et Jean-Pierre Rubinstein, 2012).

Dans certains cas, il est possible d'observer des fleurs hermaphrodites, qui sont une combinaison des deux types, elles contiennent un pistil et un complément de 05 étamines.

Les grains de pollen libérés par les anthères sont de forme sphéroïdale et sont tétracolpates (Ferguson 1980). Le diamètre du pollen est de $28\mu\text{m}$ à $29\mu\text{m}$ aux pôles et de $25\mu\text{m}$ à $28\mu\text{m}$ à l'équateur (Ferguson 1980 ; Linskens et Scholten, 1980).

La morphologie florale du caroubier est très complexe, largement différente des cinq types d'inflorescences :

- Inflorescence polygame : composée de fleurs mâles, femelle et hermaphrodite.
- Inflorescence hermaphrodite : fleurs avec des étamines et un pistil bien développé.
- Inflorescence mâle : fleurs avec des étamines courtes et un pistil non développé.
- Inflorescence mâle : fleurs à étamines longues et à pistil non développé.
- Inflorescence femelle avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires. (Batlle et Tous J, 1997).

Une classification simplifiée du type d'inflorescence de caroube serait :

- Inflorescences mâles.
- Inflorescences féminines.
- Inflorescence hermaphrodite (Batlle et Tous J., 1997).

Les fleurs du caroubier apparaissent d'août à octobre (K. Ghédira · P. Goetz Lavoisier SAS, 2019). Il semble aussi que les fleurs de caroubier soient inhabituelles sans pétales (Battle et Tous J, 1997).

3.6. LE FRUIT

3.6.1. LA GOUSSE

Le caroubier est apprécié pour son fruit appelé Caroube, qui est une légumineuse qui contient entre 05 et 16 graines brunes, dures et divisées à l'intérieur par des cloisons pulpeuses (Melgarejo et Salazar, 2003 ; Ait Chitt et al., 2007), (Figure 12).

Ce sont des gousses droites ou incurvées et indéhiscente. Les gousses ont une variabilité morphologique importante, d'une longueur comprise entre 10 cm et 30 cm, de longueur et 1,5 cm à 3,5 cm de largeur et de 6 mm à 20 mm d'épaisseur.



Figure 12 : Gousse de caroubier (Photo prise sur internet).

Les gousses sont initialement de couleur verte avec une surface lisse à ridés, qui, à maturité devient coriace et se colore d'un brun foncé, rouge ou noir selon les cultivars (Figure 13), tout en gardant leur brillance. Elles sont sinueuses autour des bordures, aplaties, et présentent un tissu pulpeux sucré et rafraichissant (Battle et Tous J, 1997).



Figure 13 : Gousse de caroube à différents stades de développements (Photos prises sur internet).

La caroube est composée principalement de trois parties :

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 en loges carpellaires où se situent les graines (dites, garrofines en Espagnol) (Caja, 1985). Selon Batlle (1997),

Des variations de couleurs, de textures et de goûts diffèrent d'un cultivar à l'autre et selon les conditions climatiques.

Plusieurs travaux effectués en Algérie viennent soutenir ce constat, à l'instar de l'analyse morphologique de la gousse et de la graine de caroube, dans plusieurs stations du pays (Annaba, Blida, Jijel, Relizane, Sétif, Tlemcen Tipaza) qui ont révélé des variations entre et intra-populations. (Kocherane et al., 2019). Ces variations ont été observées sur le terrain au niveau du site d'échantillonnage du village Sahel.



Figure 14 : lots de caroube (Berrabah, 2020).

La gousse est composée principalement de pulpe à 90% et de graines à 10%.

La composition chimique de la pulpe dépend du cultivar, de l'origine et du moment de la récolte (Orphanos et Papaconstantinou 1969 ; Davies et al., 1971 ; Vardar et al., 1972 ; Calixto et Cañellas, 1982 ; Albanell et coll, 1991).

En valeur alimentaire, les caroubes sont similaires à la plupart des graines de céréale (Nas, 1979). Elles présentent une valeur énergétique importante de l'ordre de 17.5 kJ/g de M.S (Biner al., 2007). La pulpe a une teneur en sucre comprise entre de 48 % et 56 %, environ 500 g/kg (Petit et Pinilla, 1995). La caroube est composée principalement de saccharose, fructose et glucose mais reste pauvre en lipides ou protéines (Leroy, 1929 ; Avallone et al., 1997). (Tableau 01)

La pulpe est aussi composée de tannins, de cellulose et d'hémicellulose, ces deux derniers composés lui confèrent au début de son cycle un aspect charnu différentiable d'une variété à autre, ce qui présente un intérêt au moment de l'étude pomologique du fruit immature (état vert) (Melgarejo et Salazar, 2003).

Tableau01 : Résumé des valeurs de la composition de la pulpe de caroube (%).
(FAOSTAT, 2011)

Composants	%
Saccharose	27-40
Fructose	3-8
Glucose	3-5
Lipides	0,4-0,6
Proteines	2-6
Cellulose/Hémicellulose	18
Tannins	18-20

La pulpe est composée de plusieurs minéraux, (Puhan et Wielinga (1996), Rendina et coll. (1969) (Tableau 02). On trouve aussi des lipides qui se composent de proportions approximativement égales d'acides saturés et insaturés. (Vardar et coll. (1972).

On souligne également la présence de cinq acides aminés dans les extraits de gousses (alanine, glycine, leucine, proline et valine) et (Charalambous et Papaconstantinou, (1966) ont aussi rapporté la présence de (tyrosine et phénylalanine).

Les fibres de caroube contiennent une quantité remarquable de tanins condensés, (16 %/ 20% du poids sec). Elle est l'une des fibres alimentaires ayant la plus forte teneur en polyphénols (Papagiannopoulos, 2004).

Tableau 02 : Résumé des valeurs de la teneur en minéraux de la pulpe de caroube (mg). (FAOSTAT, 2011)

Élément	mg
Potassium (K)	1100
Calcium (Ca)	307
Magnésium (Mg)	42
Sodium(Na)	13
Cuivre (Cu)	0,23
Fer (F)	104
Manganèse (Mn)	0,4
Zinc(Zn)	0,9

3.6.2. LA GRAINE

Dans l'Antiquité, les graines de caroubes généralement de tailles et de poids régulier, soit 0,20 g firent utilisées comme unité de mesure dans le commerce des pierres précieuses. Leur nom est à l'origine du carat (emprunté à l'arabe qîrât), qui représentait le poids d'une graine de caroube (Göhl, 1982).



Figure 15 : Lot de graine de caroube (Berrabah, 2020).

Sur le plan morphologique, les graines sont ovoïdes, aplaties, biconvexes, rigides. Elles sont lisses, dures et brillantes (Albanell, 1990) (Figure 15). Leurs couleurs diffèrent d'une variété à une autre, elles peuvent être de couleur marron, rougeâtre, ou noir. Leur longueur et

leur largeur sont respectivement de 08 mm à 10 mm de longueur et 07 mm à 08 mm de largeur (Batlle et Tous J, 1997). On compte de 05 à 18 graines par gousse qui sont séparées les unes des autres par des cloisons pulpeuses.

Des travaux effectués dans plusieurs stations en Algérie sur la morphologie de la graine ont démontré trois modalités de formes de graines ; en nombre dominant les graines de forme arrondies concernent les échantillons prélevés à Sétif et Relizane. Quant aux graines de forme ovale, elles étaient dominantes à Blida et elliptiques à Tipaza (Kocherane et al. , 2019).

La diversité de la couleur des graines de caroube (*Ceratonia siliqua* L.) pourrait avoir une relation avec la dormance selon Zemmouri (2020) qui a mené une étude, qui consiste précisément à évaluer les caractéristiques morphologiques des graines de neuf populations de gousses de caroube algérienne du nord-ouest (*Ceratonia siliqua* L.). Une relation entre la couleur des graines et la dormance des couches de la graine a été constatée. Quatre couleurs de graines ont été identifiées au cours de cette étude : brun chocolat, brun clair, brun verdâtre et brun jaunâtre.

L'étude a révélé que les graines de couleur claire (brun jaunâtre) ont montré une dormance plus élevée que les autres graines, leur pourcentage maximum de germination étaient de 2 % tandis que les graines avec une couleur brun chocolat, ne présentaient pas de dormance, leur pourcentage maximum de germination était entre 80 % et 88 % sans aucun prétraitement.

Les caractéristiques histochimiques des couches de graines ont indiqué qu'il n'y avait pas de différence anatomique entre les 04 couleurs de graines.

La graine est composée essentiellement d'antioxydants et de polysaccharides. Elle a diverses propriétés importantes, à savoir une haute viscosité dans l'eau, même à température et à pH variables (García-Ochao et Casas, 1992). Elle a également une forte capacité de former des solutions stables visqueuses à partir de solutions très diluées (Puhan et Wielinga, 1996).

La graine de caroube est composée de trois parties qui sont :

- Episperme ou tégument : Il est de 30 % à 33% (Neukom, 1988) enveloppe tégumentaire, 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 molle.

- Endosperme ou albumen : Il est de 42 % à 45 % (Neukom, 1988). Il se situe sous l'épisperme et constitue le tissu de réserve pour la germination de l'embryon. La gomme issue de l'endosperme constitue un 1/3 du poids total de la graine. À savoir que 100 kg de graines produisent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche (Jones, 1953). Économiquement, c'est la partie la plus intéressante de la graine grâce à sa teneur élevée en galactomannane ou gomme de caroube (Melgarejo et Salazar, 2003).
- Germe ou embryon : Il est de 23% à 25% (Neukom, 1988). Les tissus de réserves sont directement dans les cotylédons de l'embryon. La germination est le phénomène par lequel l'embryon contenu dans la graine sort de sa période de vie ralentie et se développe grâce aux réserves de la graine.

4. FLORAISON ET FRUCTIFICATION

Étant présent et répandu dans le paysage rural et urbain depuis des milliers d'années, il est nécessaire d'étudier la reproduction biologique du caroubier.

D'après Batlle (1997), de nombreux aspects liés à la reproduction, tels que la floraison, la pollinisation, la compatibilité entre les différents sexes ou encore entre les cultivars, ainsi que la fructification restent largement inconnues. Plusieurs travaux ont été réalisés par Mc Lean Thompson (1944), Russo (1954), Schroeder (1959), Meikle, (1977), Leshem et Ophir, (1977), Haselberg (1988), Passos de Carvalho (1988), Linskens et Scholten (1980), Retana et al. (1990, 1994), Bosch et al., (1996), Ortiz et al. (1996) et Rovira et Tous K, (1996).

Le caroubier a deux modes de multiplication : la reproduction sexuelle, basée sur le développement des plantes à partir de graines, elle a l'avantage de produire des graines, lesquelles peuvent se disséminer et attendre que les conditions soient favorables, pour germer (Campbell et Reece, 2004). La reproduction asexuée, quant à elle, présente l'avantage pour la plante de s'adapter à un milieu, et de produire des copies conformes (Campbell et Reece, 2004).

Le *Ceratonia* est un arbre dioïque et de type hermaphrodite occasionnel. Ainsi, les fleurs femelles, mâles et hermaphrodites sont portées sur des pieds séparés. Le besoin de la pollinisation et la fertilisation du caroubier ont été clairement montrées par Russo, (1954).

Semblable à de nombreuses plantes tropicales, il est le seul arbre méditerranéen qui fleurit en été : d'août à octobre (Aafi, 1996) ou en automne : de septembre à novembre (Fournier, 1977). Chez le caroubier, les fleurs mâles apparaissent d'août à septembre et la durée

d'émission du pollen semble dépasser celle de la réceptivité des stigmates. Certaines observations ont été faites des anthères mûres de juillet à décembre.

Cette période de floraison dépend surtout des conditions climatiques. (Batlle et Tous J, 1997). Elle peut aussi être prolongée pour compenser ses aléas climatiques. Ceci permet de garantir la pollinisation de certaines fleurs en période de beau temps et d'activité des insectes (abeilles, mouches, guêpes et papillons nocturnes) qui assurent en grande partie cette dernière (Retana et al., 1990, 1994 ; Rejeb et al., 1991 ; Ortiz et al., 1996)(Figure 18) mais elle peut aussi être assurée par le vent (Passos de Carvalho, 1988; Batlle et Tous J., 1990).

Les fleurs des trois sexes sécrètent du nectar. Les volumes de nectar et de sucre, sont plus importants chez les femelles. Concernant les fleurs mâles, quatre points semblent importants à étudier :

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

Les inflorescences femelles et hermaphrodites portent en moyenne entre 17 et 20 fleurs, le nombre reste moins important chez le mâle, mais peu d'entre elles produisent une gousse, et seulement une petite proportion d'inflorescences donne plus de deux fruits (Retana et al., 1994). (Bosch et coll. 1996). Ce qui pourrait être expliqué par le taux élevé de gibberellines endogènes dans les feuilles et les inflorescences des caroubiers femelles que des caroubiers mâles.

Concernant la pollinisation et plus précisément le grain de pollen, Ferguson (1980) a signalé que 36% de grains de pollen sont morphologiquement anormaux chez les plants mâles de caroube, bien que cela ne semble pas être lié à une réduction de fertilité du pollen. Une étude faite au nord-ouest du Maroc dans la région de Chefchaouen en 2005 ou Gharnit a affirmé que le diamètre pollinique est de $28.3\mu\text{m} \pm 2.43\mu\text{m}$ et le taux de pollen avorté a été surestimé à 15 %.

Chez le caroubier femelle, trois types de fleurs ont été définis suivant la forme de pistil. S'agissant de la phénologie fructifère, le taux d'avortement des fleurs atteint 83 % chez les types productifs. Une comparaison faite sur deux espèces locales *dkar* et *lanta* a démontré que le taux de germination des semis d'origine "dkar" productif est plus élevé par rapport à celui des semis d'origine "lanta".

Dans les vergers, on rencontre trois modalités de pollinisateurs, à savoir 05 % à 12 % d'arbres mâles disséminés, ou bien des branches mâles, provenant du porte-greffe, qui ont été maintenu sur des pieds femelles, ou bien encore des greffes de branches mâles sur des pieds femelles. Les arbres hermaphrodites pourraient être envisagés en tant que pollinisateurs et producteurs.

Cependant, les conditions environnementales défavorables peuvent réduire considérablement le rendement en réduisant la nouaison, augmentant ainsi le risque de production dans les sites de culture marginal. Ilahi et Vardar (1976) ont déterminé que le développement des gousses de caroube suit une courbe de croissance sigmoïdale comme beaucoup d'autres fruits et pourrait être divisée en trois étapes.

La gousse de caroube ayant un développement long, arrive à maturité entre 9 et 10 mois comme les autres espèces fruitières, la caroube passe par plusieurs étapes de développement :

- Le premier stade correspond à une croissance lente en automne et en hiver durant lequel la gousse montre une légère augmentation du poids.
- Le deuxième stade correspond à une croissance rapide entre avril et août caractérisée par une période d'activité de la gousse en début de printemps.
- Au troisième stade, la gousse s'accroît lentement, mûrit et se durcit en juin, change de couleur en passant du vert au brun.

Ainsi, la gousse devient mûre après dix mois. Le caroubier est un arbre alternant. Cette alternance est contrôlée génétiquement, mais elle peut être accentuée par des facteurs climatiques et de stress ou des pratiques culturales inadéquates.

Bosch et coll, (1996) ont signalé un schéma similaire de croissance des gousses. La gousse mûrit après environ 10 mois. Les gousses vertes sont beaucoup plus lourdes que les mûres, contenant environ 70 % d'eau tandis que la teneur en eau des gousses à maturité est d'environ 12 % à 18%.

La chute des fleurs de caroube et des jeunes fruits se produit principalement d'octobre à décembre, puis ralentit en janvier et février et se produit rarement de juin à début d'août (Bosch et al.,1996 ; Rovira et Tous J, 1996) ; Bosch et coll. (1996). Un gaulage des arbres est effectué au mois de septembre, ce qui permet la chute des fruits qui ne se sont pas encore détachés par abscission naturelle, les caroubes sont ensuite ramassées.

5. . ECOLOGIE

Le Caroubier dans son aire de répartition naturelle est une espèce typique de la flore méditerranéenne caractéristique de l'étage thermo-méditerranéen, il pousse aussi bien dans les régions chaudes et tempérées que subtropicales, le caroubier est un arbre qui tolère les zones côtières chaudes et humides grâce à sa régulation hydrique efficace par ajustement stomatique, sa structure et son anatomie foliaires (Catarino et al., 1981). La synthèse de la cire au niveau des feuilles réduit la perméabilité cuticulaire et protège ainsi la plante de la transpiration excessive (Baker et Procopiu, 1980).

C.siliqua, avec *Olea europea* var. *sylvestris*, et *Pistacia lentiscus* constituent l'une des associations les plus caractéristiques de la zone basse de végétation méditerranéenne, cette association est donc considérée comme une communauté climacique (Boudy, 1950 ; Rejeb et al., 1991). Rejeb, (1995).

Le caroubier tolère des sols pauvres, sableux, limoneux, lourds, rocaillieux, calcaires, schisteux, gréseux et des pH compris entre 6,2 et 8,6 ; mais il craint les sols acides et très humides (Baum, 1989 ; Sbay et Abrouch, 2006 ; Zouhair, 1996). Le caroubier est un arbre rustique et résistant à la sécheresse, toute fois, il ne permet pas de culture commerciale à moins qu'ils reçoivent au moins 500-550 mm/an, mais 350 mm de précipitations annuelles est considérés comme suffisant pour sa fructification, si l'arbre est mal irrigué, ses fruits sont secs et ridés, ayant peu de valeur commerciale, et les rendements sont très faibles.

Le caroubier ne peut pas résister à l'engorgement bien que le système racinaire est généralement profond, les racines se développent dans des conditions stressantes pour explorer les couches les plus profondes où l'eau peut être disponible, il peut donc survivre à de longues périodes de sécheresse. En outre, les feuilles peuvent maintenir leur turgescence dans des situations de sécheresse, en utilisant des stratégies différentes en fonction de la saison.

Sa sensibilité au gel est un grave problème dans cette culture. L'étendue des dégâts dus au gel dépend de la température à l'intérieur du verger et l'état physiologique des arbres.

Étant rustique, résistant à la sécheresse et à la salinité, avec de faibles exigences de gestion des vergers (qui permet une agriculture à temps partiel), le caroubier est un bon candidat pour la diversification de l'agriculture dans les zones côtières semi-arides. Les caroubiers peuvent également être utiles dans les zones dégradées menacées par l'érosion des sols et la désertification (Battle et al., 1997).

6. PRODUCTION

Le *Ceratonia siliqua* est connu depuis des milliers d'années et est cultivé en masse dans tous les pays du monde où le climat est favorable à son développement.

La superficie totale de production de caroube dans le monde est d'environ 200 000 ha. En Europe (Espagne, Italie, Portugal et Grèce), environ 148 000 ha des surfaces sont cultivés, ce qui représentent environ 74% de la superficie de culture mondiale et environ 70% de la production mondiale (FAOSTAT, 2010). Les rendements sont estimés en moyenne à 310 000 t de caroubes destinées à la commercialisation, et ce, principalement en Espagne, Italie, Portugal, Maroc, Grèce, Chypre, Turquie et Algérie. D'autres pays sont aussi producteurs, mais en quantité moindre tel que l'Australie, l'Afrique Du Sud et la Californie.

Malgré des chiffres très satisfaisants, la production de caroube est en forte régression depuis ces 50 dernières années. (Tableau 03)

Tableau 03 : Tableau comparative de la production de caroube entre l'année 2004, 2008, 2010 et 2011 (FAOSTAT, 2011).

PAYS	Production en tonnes (2004)	Production en tonnes (2008)	Production en tonnes (2010)	Production en tonnes (2011)
Espagne	67 000	72 000	95 000	75 000
Italie	24 000	31 224	45 000	30 000
Maroc	40 000	25 000	75 000	40 000
Portugal	20 000	23 000	45 000	45 000
Grèce	19 000	15 000	10 000	12 000
Turquie	14 000	12 100	18 000	14 000
Algérie	4600	3 600	18 000	7 000
Tunisie	1000	1 000	5 000	3 500
Monde	182 680	191 167	318 000	229 500

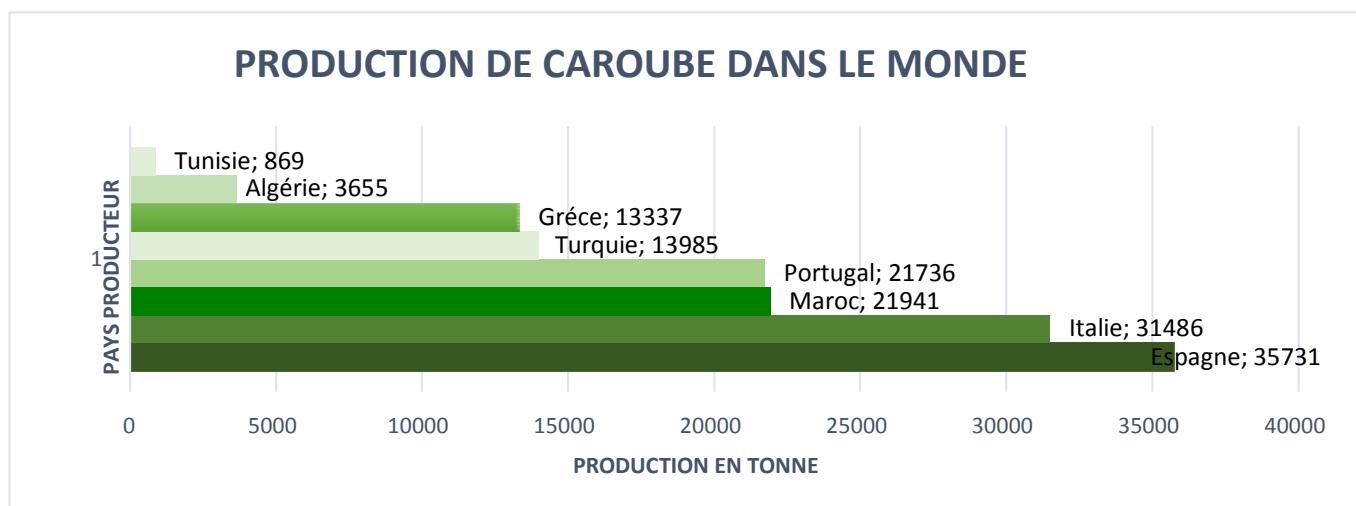


Figure 16 : Pays producteurs de caroubes dans la monde en tonnes (FAO, 2014).

D'après Batlle, (1997), cette diminution est due aux prix bas associés à l'agriculture, à la mécanisation et au développement de l'aménagement du littoral.

Le caroubier devient productif à partir de l'âge de 06 ans, la production croît progressivement, elle est insignifiante jusqu'à l'âge de 07 ans où elle est de l'ordre de 10 à 40 kg/arbre, et ce, jusqu'à l'âge de 20 ans. À 30 ans, l'arbre produit entre 50 à 80 kg et atteint 100 à 200 kg/arbre à partir de 50 ans.

Les rendements dépendent aussi des conditions du milieu, des cultivars, de l'année et des soins culturaux. Dans des conditions favorables, certains sujets isolés peuvent produire jusqu'à 1000 kg/an. Un effet de saison est aussi observé sur les récoltes, qui dans la région de Bouzeguène varient entre 05 et 50q / arbre. Ce phénomène est naturel, mais il peut aussi se produire à la suite d'accidents physiologiques comme la réduction de la nouaison.

Avec 2 176 t, en 2012 l'Algérie, malgré son vaste territoire et son climat favorable reste loin derrière ses voisins marocains, italiens et espagnols. Selon les statistiques fournies par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), en 2000 la surface cultivée était de l'ordre de 1 210 ha pour une production de 3 952 t, douze ans plus tard, la surface s'est rétrécie à 821 ha et 3 136 t en 2012. (Tableau 04). Cette régression est essentiellement due aux feux de forêts et l'abandon de cette culture à cause de la présence terroriste dans les montagnes.

Tableau 04 : Surface de et production de caroube en Algérie. (FAOSTAT, 2011).

Ville	Surface cultivée(ha)	Production (qx)
Bejaia	654	18417
Tipaza	105	5600
Blida	100	8050
Boumerdes	32	1080
Bouira	22	144
Mila	10	80
Tlemcen	05	100
B.B.Arreridj	04	20
Ain Defla	02	300
Masscara	01	30
Tizi-Ouzou	01	20
Totale	927	33841

7. UTILISATIONS

Le caroubier est un arbre zéro déchets. Il est ainsi considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants (Aafi, 1996). Malheureusement il est dévalorisé, peu cultivé et sous-exploité.

7.6. L'ARBRE

Le caroubier est un arbre très utilisé en ornement et en ombrage (Batlle et al., 1997), il est aussi utilisé comme brise-vent pour la protection des vergers des aléas climatiques, (NAS 1979 ; Esbenshade et Wilson, 1986), il pourrait même être utilisé pour amortir le bruit des usines, des routes et des chemins de fer grâce à son feuillage dense.

Étant un arbre robuste, il est souvent utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (Boudy, 1950 ; Rejeb et al., 1991 ; Biner et al., 2007).

7.7. LE BOIS

C. siliqua est un arbre rustique, son bois lourd, de couleur rougeâtre, dur à grains serré est très convoité et souvent utilisé dans la fabrication de meuble ou d'autres ustensiles en tous

genre (Battle et al., 1997). Le bois du caroubier était traditionnellement utilisé pour faire du charbon de bois à combustion lente. (Hariri A, Ouis N, Sahnouni F, D.Bouhadi, 2009).

7.8. LES FEUILLES ET FLEURS

Les feuilles de caroubier sont généralement utilisées dans le fourrage pour le bétail, plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées au polyéthylène glycol (PEG) améliore, la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles (Priolo et al., 2000). Les extraits foliaires ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxiques et antimicrobiennes (Kivçak et Mart, 2002). Elles sont également utilisées en Turquie dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique (Baytop, 1984).

Le caroubier est une plante mellifère : le miel produit à partir des fleurs de caroubier est de bonne qualité.

7.9. LES FRUITS

Si l'arbre du caroubier est peu connu, son fruit est quant à lui utilisé depuis plusieurs milliers d'années et reste très apprécié pour son goût sucré et mielleux qui se rapproche fortement du chocolat.

La caroube se compose à 90% d'une pulpe enveloppant des graines régulières qui représente 10% de la composition. Les gousses sont utilisées pour l'alimentation des animaux ruminants (Louca et Papas, 1973) ou non ruminants (Sahle et al., 1992). Il semble aussi que la farine de caroube soit un produit parfaitement adapté à l'alimentation des porcelets (Lizardo R, Cañellas J, Mas FD, et al., 2002). Son incorporation dans les régimes s'avère très utile dans le soutien de la consommation, de la croissance et de la santé en post-sevrage.

La caroube est aussi une source bon marché d'hydrates de carbone pour la production de bioéthanol, (Lee et al., 1990 ; Janv. et Euroduna, 2000 ; Vourdoubas et al., 2002 ; Biner et al., 2007).

Plusieurs étapes précèdent la transformation de la gousse, elles sont d'abord retirées manuellement ou mécaniquement des branches et collectées dans des filets placés sous les arbres. La récolte doit être faite avec soin pour éviter d'endommager les fleurs de l'année suivante. Les gousses tombées sont séchées à l'air pendant 48 à 72 h dans un endroit ventilé (Shepperd, 2008 ; Battle et al., 1997). Une fois séchées (environ 92% MS), les caroubes sont amenées à l'usine de transformation où elles seront broyées pour séparer les graines de la pulpe

qui sera broyée en différentes tailles selon la destination final (aliment ou denrées alimentaires) (Battle et al., 1997).



Figure 17 : Photo de la caroube avant et après le processus de transformation en farine (Photo prise sur internet).

Les graines quant à elles, ont un pelage dur qui doit être éliminé par traitement acide ou torréfaction. Les graines décortiquées sont ensuite divisées : l'endosperme est broyé pour produire de la gomme, et les germes, sont broyés et séchés pour faire de la farine de germe de caroube (Battle et al., 1997).

7.10. 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).

Les gousses de caroube après les avoir débarrassées de leurs graines, sont séchées, torréfiées et moulues afin d'obtenir une poudre fine pour une utilisation comme farine en nutrition humaine.

Elle est ensuite employée en agroalimentaire (Sbay et Abourouh, 2006), dans la préparation de jus sucrés, d'acide citrique, dans la confiserie (chocolat, biscuits) et comme substitut de cacao (Berrougui, 2007).

La farine de caroube présente des avantages par rapport au chocolat, car elle contient moins de calories, de caféine et de théobromine (Whiteside 1981 ; Craig et Nguyen, 1984). Sa saveur n'est pas aussi riche que le chocolat noir, mais elle se rapproche du chocolat au lait. Elle

est aussi incorporée comme ingrédient dans certaines préparations telles que les gâteaux, les bonbons, les crèmes glacées, boissons ou encore la farine lactée (Youssif et al., 2000 ; Makris et Kefalas, 2004 ; Dakia et al., 2007).



Figure 18 : Produits alimentaires dérivés de la caroube (Photos prises sur internet).

À titre d'exemple en Egypte, on extrait des fruits de caroube un sirop qui est employé pour confire les fruits. Les Arabes quant à eux fabriquent à partir de la pulpe une boisson alcoolisée. Les Kabyles fabriquent à partir du fruit un plat appelé tomina (Bonnier, 1990) ou plus précisément "Ademine", un plat préparé à base de farine de caroube, d'huile d'olive et de sucre qui est souvent servi pour des occasions spéciales et qui reste très apprécié.

La pulpe de caroube est aussi connue pour ses vertus médicinales. De nombreuses études cliniques ont souligné l'efficacité de la poudre de caroube dans le traitement des diarrhées aiguës infantiles (Serairi et al., 2000). Ces études viennent appuyer celle de Loeb, (1989) qui affirme que chez des enfants âgés de trois à vingt-quatre mois, le poids de l'enfant s'améliore plus vite après l'administration de la poudre de caroube par voie orale. Rejeb, (1995) quant à lui a recommandé la pulpe contre la tuberculose pulmonaire et les affections des bronches.

Étant riche en antioxydants (composés phénoliques), sucres, protéines, fibres, potassiums et calcium, cette plante est connue en thérapeutique pour son effet hypocholestérolémiant, anti prolifératif, anti diarrhéique et troubles digestifs (Berrougui, 2007).

D'autres études expérimentales ont démontré les capacités bactéricides de la pulpe de caroube vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, la caroube absorberait aussi les entérotoxines produites par certaines souches d'*Escherichia coli* et de *Staphylocoques* ainsi que par le vibron cholérique. Ce mécanisme d'adsorption pourrait être expliqué par la présence de tanins dans la partie insoluble et active de la caroube (Tolentino, 1950).

Son pouvoir nématocide a été démontré par les travaux d'El Allagui et al., (2007) qui est dû à sa teneur en composés phénoliques. La caroube possède aussi selon Ben Hsouna et al., (1986). Une activité antimicrobienne et antioxydante.

7.11. LA GRAINE

Un tiers de la graine est constitué de gomme, qui est obtenu à partir du noyau après élimination de la couche et du meulage. Cent kg de graines donnent en moyenne 20 kg de gomme sèche pure (Jones, 1953). La gomme de caroube (CBG) ou gomme de caroube (LBG) reste le produit le plus utilisé dans la gousse. Cette gomme provient de l'endosperme de la graine et elle est chimiquement un polysaccharide et un galactomannane (Biner et al., 2007 ; Avallone et al., 1997) dont la structure des chaînes, en fait un additif très demandé dans le domaine agroalimentaire, connu sous le code normalisé E 410, Elle est aussi très appréciée au Sénégal pour la fabrication d'un condiment aromatique appelé nététu (Ndir et al., 2000).

Par son aspect mucilagineux, la gomme de caroube est utilisée dans une large gamme de produits commerciaux comme épaississant, stabilisant, liant, gélifiant ou agent dispersant. Le CBG entre dans la composition de plusieurs produits agroalimentaire tel que : glaces, soupes, sauces, fromage, tartes aux fruits, viandes en conserve, confiserie, produits de boulangerie et aliments pour animaux de compagnie. (Batlle et al., 1997).

Mais l'utilisation de CBG ne s'arrête pas qu'au domaine de l'agro-alimentaire, il est aussi utilisé dans le domaine du cosmétique pour sa capacité à former une solution très visqueuse, à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (Multon, 1984 ; Goycoola et al., 1995 ; Batlle et al., 1997) et cela pour la fabrication de savon, de dentifrice ou de crème en tous genre (Calixto et Canellas, 1982). Dans le secteur pharmaceutique, il est souvent inclus dans la composition des médicaments, des sirops...Etc. Il est aussi très convoité pour ses propriétés amincissantes dans les préparations alimentaires diététiques, pour diminuer l'apport alimentaire dans le traitement de l'obésité, et en cas d'insuffisance rénale chronique, elle retiendra dans le tube digestif, l'urée, la créatinine, l'acide urique, l'ammoniaque et les phosphates provoquant ainsi un abaissement important et bénéfique du taux d'urée dans le sang (Berrougui, 2007).

Grâce à ses propriétés épaississantes et gonflantes, la gomme est aussi utilisée en imprimerie, photographie, matière plastique, encre, cirage, pour la croissance bactérienne et d'autres applications dans le textile (Calixto et Canellas, 1982). La tannerie (Biner et al., 2007 ; Dakia et al., 2007).



Figure 19 : Transformation de la graine de la carroube en farine
(Photo prise sur internet)

CHAPITRE II :

MATERIEL ET METHODES

1. ZONE D'ETUDE

1.1. ZONE D'ETUDE

La daïra de Bouzeguène constitue un véritable carrefour du fait qu'elle met en liaison plusieurs daïras de la wilaya de Tizi-Ouzou, à savoir la daïra d'Azazga au Nord, les daïras de Aïn-El-Hammam, Iferhounene et Mekla à l'Ouest. Enfin, par le Sud, la daïra de Bouzeguène est limitée par la wilaya de Béjaïa.

Son relief est montagneux avec des terrains accidentés, ses altitudes varient entre 500 et plus de 1500 mètres au col de Tizivart (le plus haut sommet de la daïra de Bouzeguène).

Le climat y est à la fois méditerranéen tempéré et montagnard caractérisé par deux saisons ; un hiver froid et humide avec des températures très basses et un été chaud et sec. Les données sur la pluviométrie et les températures dans un intervalle compris entre (2012-2019) fournis par l'Office National de Météorologie (ONM) de Tizi-Ouzou basé à Boukhalfa nous ont permis d'établir deux diagrammes ombrothermiques comme ci-dessous :

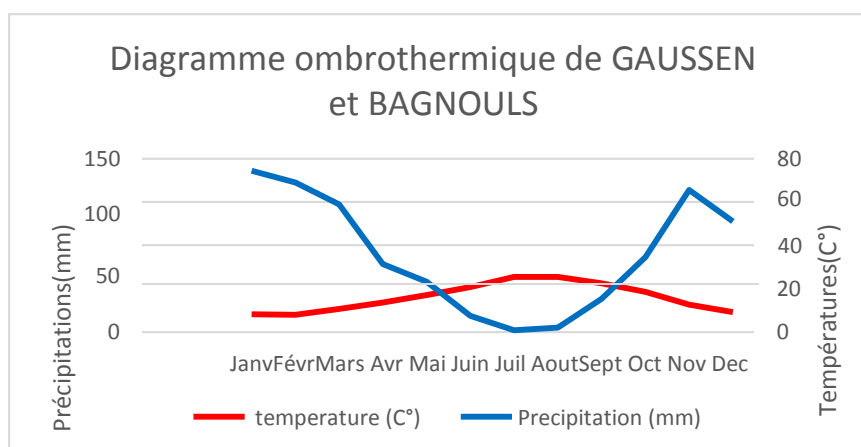


Figure 20 : Diagramme ombrothermique GAUSSEN et BAGNOULS dans un intervalle compris entre (2012-2019) dans la région de Bouzeguène Tizi-Ouzou(ONM, 2020)

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls nous montre que la période sèche dans la région de Bouzeguène est comprise entre la mi-mai et la mi-septembre.

1. COLLECTE DU MATERIEL VEGETAL.

Les gousses de caroube (*Ceratonia siliqua*) ont été récoltées à maturité sur 12 pieds différents dans le village de Sahel et ses alentours, selon la méthode habituelle et traditionnelle utilisée par les villageois. Elle consiste à secouer l'arbre dans le but de faire tomber les gousses. À maturité, les gousses de caroube se détachent facilement et tombent par terre, sur les 12 pieds, 16 gousses par pied ont été retenues au hasard et ont été étiquetées afin de rappeler le numéro de sac, la date. Ces dernières ont ensuite été stockées dans un endroit sec à température ambiante pour conserver le fruit.

2. MESURES DU MATERIEL VEGETAL.

Notre étude qui consiste à déterminer la variabilité intra-spécifique de la gousse et de la graine du caroubier (*Ceratonia siliqua*) dans la station de Bouzeguène, nécessite des mesures précises et minutieuses, de ce fait huit variables sont examinées sur la base de deux études :

- Étude qualitative : la couleur de la gousse (basées sur des observations à l'œil nu).
- Étude quantitative : longueur, largeur, épaisseur de la gousse, le poids de la gousse pleine et vide et le poids des graines

Ce travail a été scindé en deux parties :

Mesure de la caroube : On détermine la couleur des gousses des caroubes, puis on mesure la longueur (Lg), la largeur (lg) et l'épaisseur (ép.) de la caroube (cm) à l'aide d'un pied à coulisse et cela en écartant ses becs, puis ramener la coulisse pour que ces derniers pincent la gousse de manière uniforme et légère.



Figure 21 : Mesure de la longueur de la gousse avec un pied à coulisse.

Pesé de la caroube et des graines : Dans un premier temps, les gousses encore pleines sont déposées individuellement sur une lentille afin de déterminer le poids de chacune. Par la suite, ces dernières sont manuellement décortiquées puis vidées (les graines sont comptées) afin de déterminer à nouveau leur poids à vide (les débris engendrés lors du décorticage seront inclus à la pesée). Afin d'obtenir un résultat fiable, une balance de précision a été utilisée. Cette dernière est nettoyée après chaque pesée et remise à zéro avant une nouvelle.



Figure 22 : Photos des différentes étapes de peser des paramètres (PGP, PGV, PG) avec une balance de précision.

Les données suivantes sont soumises à une analyse statistique effectuée avec le logiciel R.

CHAPITRE III :

ANALYSES ET RESULTATS

1. ANALYSE ET RESULTAT DU PARAMETRE QUALITATIF

Sur le plan qualitatif, nous avons étudié une seule variable qui est la couleur de la gousse nous avons quatre couleurs distinctes. Le brun, le brun rougeâtre, le brun clair et le brun jaunâtre.

Le diagramme ci-dessous nous montre que les gosses de couleurs brun foncé sont représentées avec une proportion importante 50% ce qui représente la moitié de l'effectif. L'autre moitié est représentée à 25% par les gosses de couleur brun rougeâtre, 17% par les gosses de brun jaunâtre, et la catégorie ou le nombre d'effectif est le plus petit sont les gosses de couleur brun jaunâtre avec 08%.

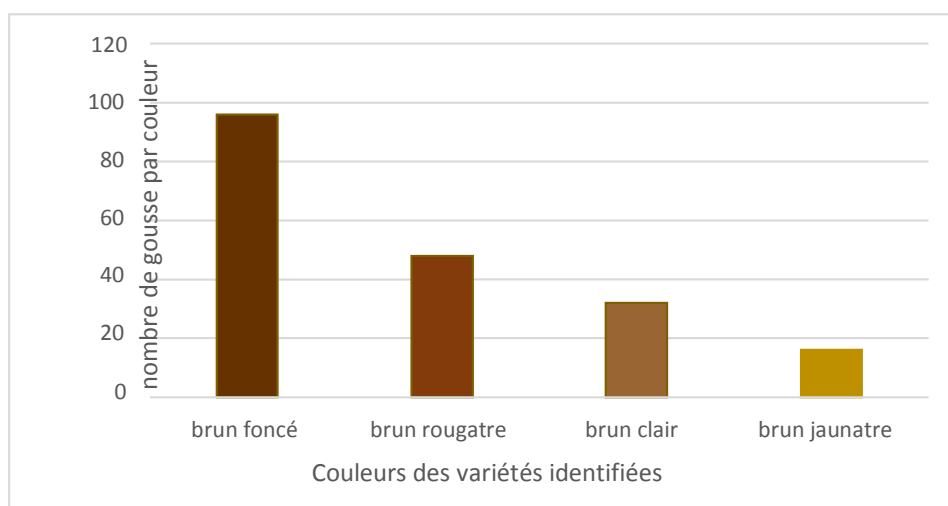


Figure 23 : Variation de la couleur des gosses de (*Ceratonia siliqua*) dans le village de Sahel

Résultat :

En s'appuyant sur le diagramme, quatre couleurs des gosses ont été retenues. Nous constatons une importante hétérogénéité, des gosses de couleur brun foncé, brun rougeâtre, brun clair, brun jaunâtre avec une dominance de la couleur brune foncé à 50%.

2. ANALYSES ET RESULTATS DES PARAMETRES QUANTITATIFS

Analyse de la longueur de la gousse

La valeur moyenne globale de la longueur des gousses est de 11,87 cm. l'A 01 enregistre la valeur moyenne maximale qui est de l'ordre de 15,15 cm. La valeur moyenne minimale (9,02 cm) est observée chez l'A10.

L'analyse statistique des données révèle des différences hautement significatives de la longueur de la gousse. Les tests post hoc révèlent trois groupes homogènes.

Résultat

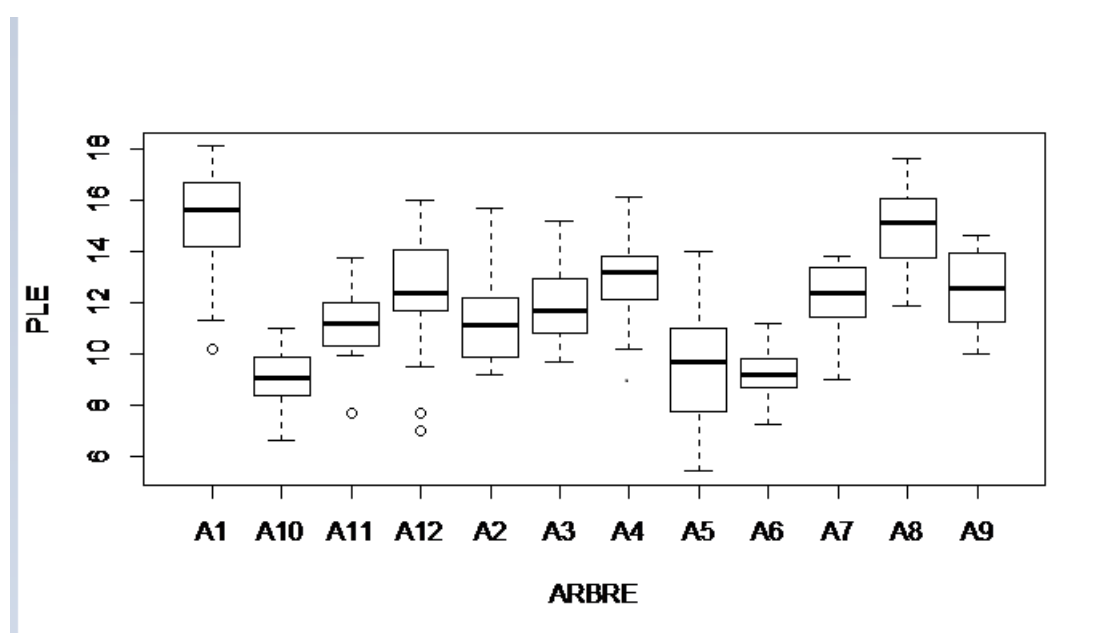


Figure 24 : Boîte à moustache de la longueur des gousses

En s'appuyant sur le graphique et plus précisément sur la médiane (qui est représentée par la ligne dans la boîte), la distribution de la longueur des gousses est hétérogène au niveau des variétés à l'exception de A11/A2/A3/A7/ A9 ou une homogénéité de distribution du paramètre mesuré est observé.

Néanmoins, la distribution entre les pieds est hétérogène pour la longueur de la gousse.

Analyse de la largeur de la gousse

La valeur moyenne globale de la largeur des gousses est de 2,17 cm. L'A 08 enregistre la valeur moyenne maximale qui est de l'ordre de 2,92 cm. La valeur moyenne minimale (1,54 cm) est observée chez l'A 10.

L'analyse statistique des données révèle des différences hautement significatives de la largeur de la gousse. Les tests post hoc révèlent trois groupes homogènes.

Résultat

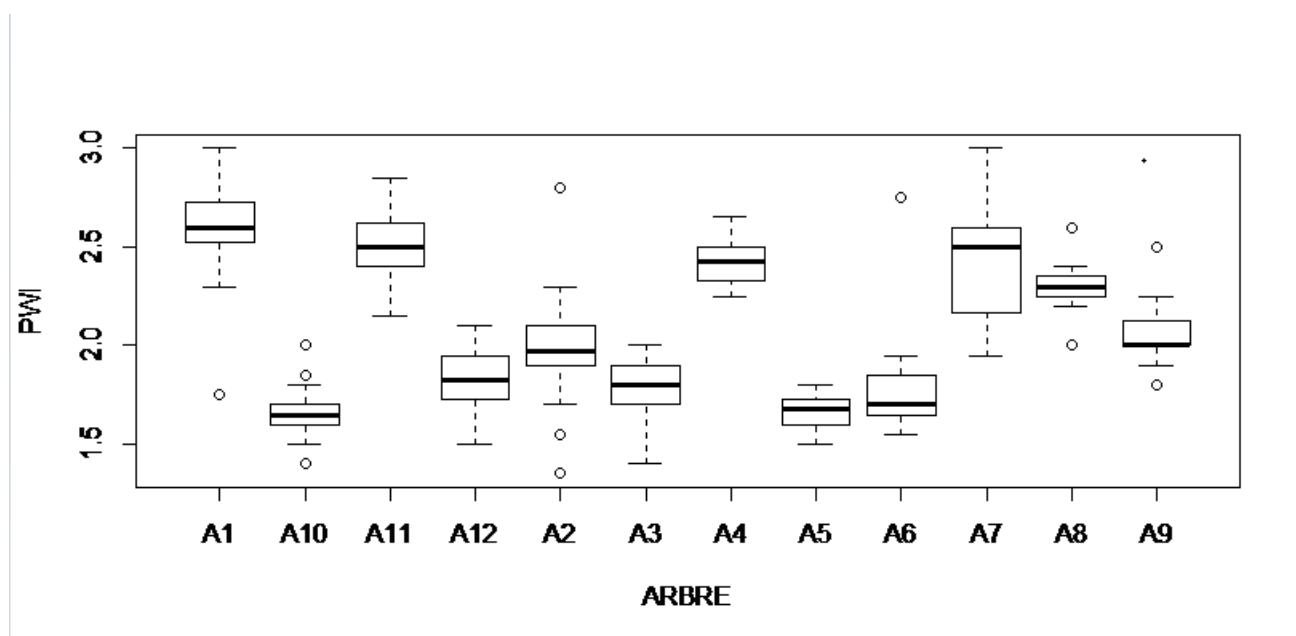


Figure 25 : Boîte à moustache de la largeur des gousses

En s'appuyant sur le graphique et plus précisément sur la médiane (qui est représentée par la ligne dans la boîte), la distribution de la largeur des gousses est plus au moins homogène pour ce caractère.

Analyse de l'épaisseur de la gousse

La valeur moyenne globale de l'épaisseur des gousses est de 0,64 cm. L' A 07 enregistre la valeur moyenne maximale qui est de l'ordre de 0,88 cm. La valeur moyenne minimale (0,41 cm) est observée chez l' A 02.

L'analyse statistique des données révèle des différences hautement significatives de l'épaisseur de la gousse. Les tests post hoc révèlent trois groupes homogènes.

Résultat

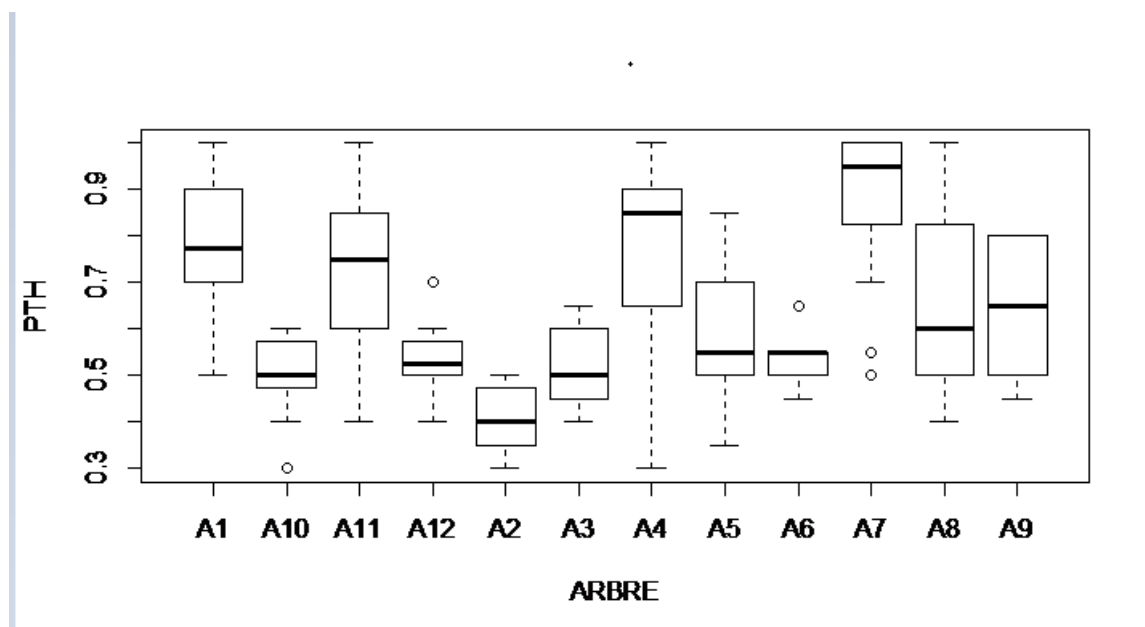


Figure 26 : Boîte à moustache de l'épaisseur des gousses

En s'appuyant sur le graphique et plus précisément sur la médiane (qui est représentée par la ligne dans la boîte), la distribution de l'épaisseur des gousses est hétérogène pour ce caractère.



Figure 27 : Illustration de la variation morphologique de la gousse de la carroube dans la station de Bouzeguène

Analyse du poids de la gousse pleine

La valeur moyenne globale du poids des gousses pleines est de 10,98 g. L' A 01 enregistre la valeur moyenne maximale qui est de l'ordre de 19,28 g. La valeur moyenne minimale est de 5,03 g, elle est observée chez l' A10.

L'analyse statistique des données révèle des différences très hautement significatives du poids de la gousse pleine. Les tests post hoc révèlent quatre groupes homogènes (voire annexes).

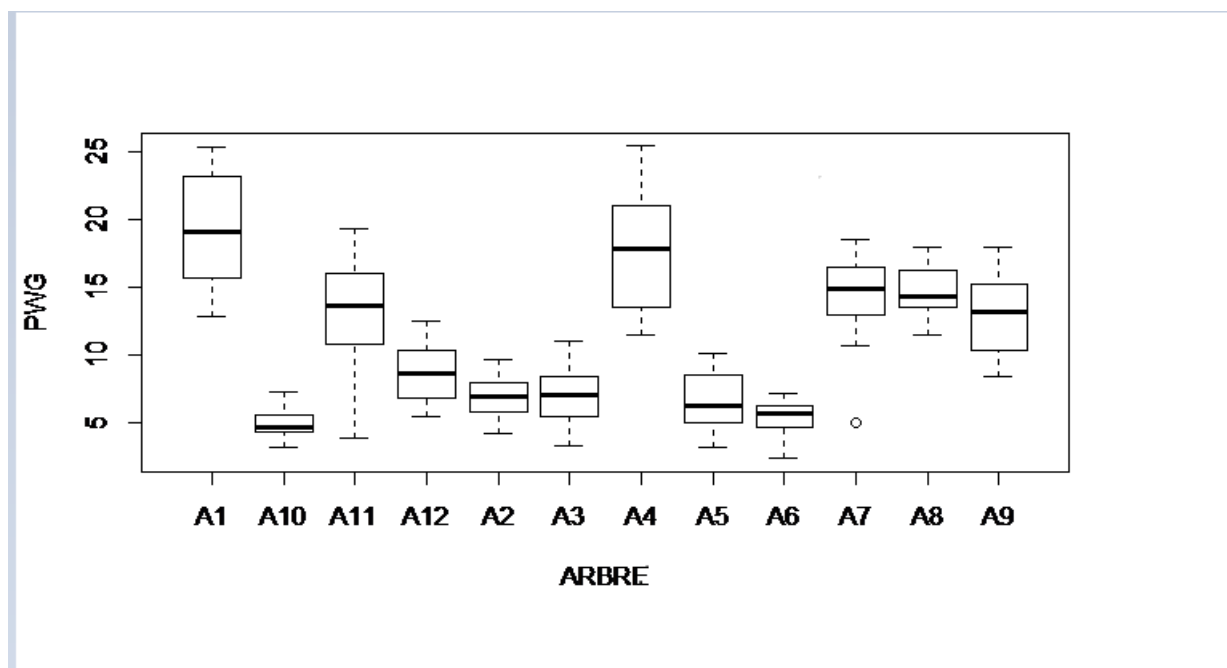


Figure 28 : Boîte à moustache du poids des gousses pleines

En s'appuyant sur le graphique et plus précisément sur la médiane (qui est représentée par la ligne dans la boîte), la distribution du poids des gousses est hétérogène au niveau de toutes les variétés.

Néanmoins, la distribution entre les pieds est hétérogène pour la longueur de la gousse.

Analyse du poids de la gousse vide

La valeur moyenne globale du poids des gousses vide est de 9,03 g. L'A 01 enregistre la valeur moyenne maximale qui est de l'ordre de 16,12 g. La valeur moyenne minimale (3,51 g) est observée chez l'A 10.

L'analyse statistique des données révèle des différences très hautement significatives du poids de la gousse vide. Les tests post hoc révèlent quatre groupes homogènes.

Résultat

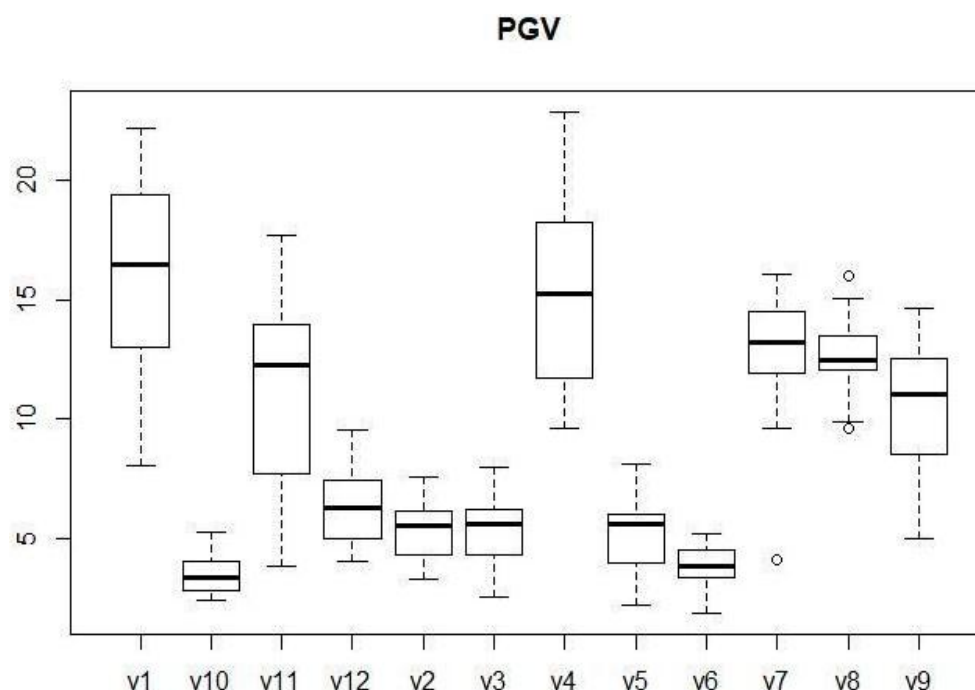


Figure 29 : Boite à moustache du poids des gousses vides

En s'appuyant sur le graphique et plus précisément sur la médiane (qui est représentée par la ligne dans la boîte), la distribution du poids des gousses vides est hétérogène au niveau des variétés à l'exception de la A17 et de la A12 où une homogénéité de distribution du paramètre mesuré est observé.

Néanmoins, la distribution entre les pieds est hétérogène pour le poids de la gousse vide.

Analyse du nombre de graines par gousse

La valeur moyenne globale du nombre de graines est de 10,60 graines par gousse. L' A 06 enregistre la valeur moyenne maximale qui est de l'ordre de 12,06 graines. La valeur moyenne minimale (7,81 graines) est observée chez l' A 7.

L'analyse statistique des données révèle des différences hautement significatives du nombre de graines par gousse. Les tests post hoc révèlent trois groupes homogènes.

Résultat

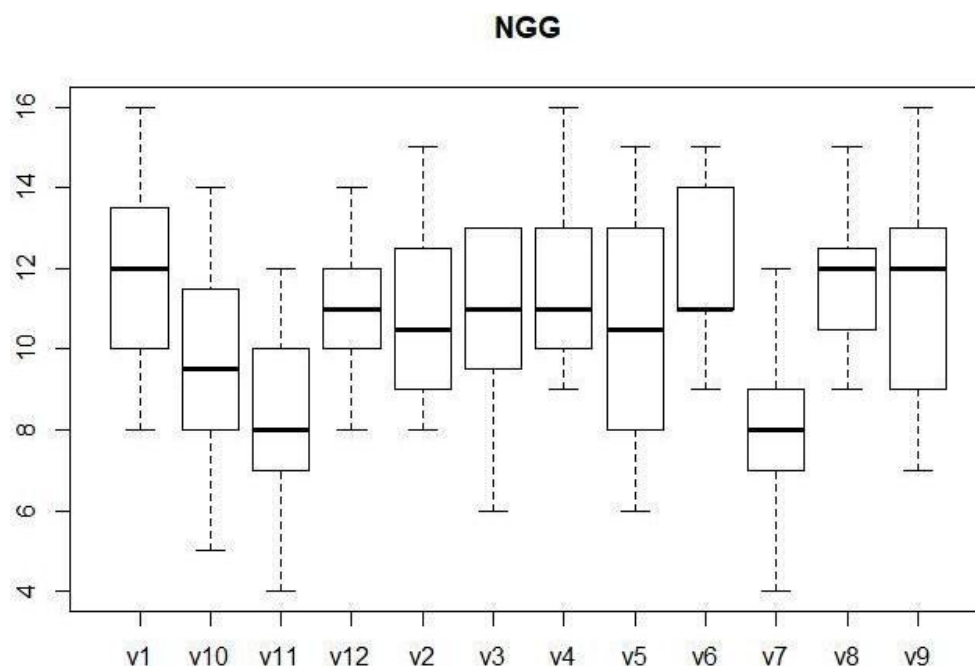


Figure 30 : Boîte à moustache du nombre de graines par gousse

En s'appuyant sur le graphique et plus précisément sur la médiane (qui est représentée par la ligne dans la boîte), on observe que la médiane au niveau des boîtes à moustaches est proche les unes des autres, elle est d'ailleurs égale chez l'A3 et A4 ce qui nous montre que les valeurs sont très proches les unes des autres, la distribution du paramètre mesuré est homogène chez la variété P7 et A12.

Néanmoins, la distribution entre les pieds est hétérogène pour le nombre de graines par gousses.

Analyse du poids des graines

La valeur moyenne globale des graines par gousses est de 1,74 g. L'A1 enregistre la valeur moyenne maximale qui est de l'ordre de 2,36 g. La valeur moyenne minimale est de 1,32 g observée chez l'A11.

L'analyse statistique des données révèle des différences hautement significatives du poids de la gousse vide. Les tests post hoc révèlent trois groupes homogènes.

Résultat

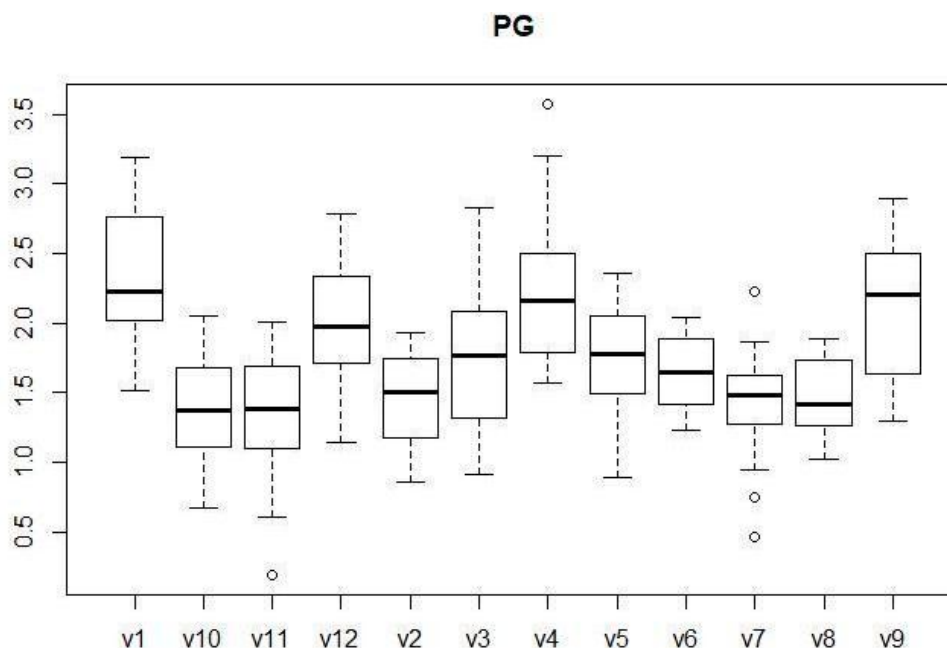


Figure 31 : Boîte à moustache du poids des graines par gousse

En s'appuyant sur le graphique et plus précisément sur la médiane (qui est représentée par la ligne dans la boîte), on observe une égalité de la médiane chez l'A10 et A11, la distribution de poids des graines par gousse est hétérogène au niveau des variétés à l'exception de A5 et de A6 où une homogénéité de distribution du paramètre mesuré est observé.

Néanmoins, la distribution entre les pieds est hétérogène pour le poids des graines par gousses.

Corrélation

Les résultats de la matrice de corrélation (tableau 05), révèlent de forte corrélation positive entre certaines variables entre :

La longueur des gousses et le poids des gousses plein ($r=0,71$) ;

Le poids des gousses pleines et le poids des gousses vides ($r=0,98$) ;

Le poids des graines et le nombre de graines ($r= 0,71$) ;

Des corrélations négativement ont aussi été observé entre :

Le largueur des gousses et le nombre de graines ($r = -0.99$) ;

Le largueur des gousses et le poids des graines ($r = -0,55$) ;

L'épais de la gousse et le nombre de graines ($r = -45$).

Tableau 05 : Matrice de corrélation entre les paramètres (Berrabah, 2020)

	LgG	IgG	EG	PGP	PGV	NGG	PG
LgG	1.0000000	0.19095647	0.19968339	0.7196242	0.6969074	0.42167116	0.46368808
IgG	0.1909565	1.00000000	0.20754461	0.3367229	0.3542016	- 0.09619337	- 0.05499664
EG	0.1996834	0.20754461	1.00000000	0.5279854	0.5373081	- 0.04615289	0.15015527
PGP	0.7196242	0.33672290	0.52798538	1.0000000	0.9880161	0.29858595	0.49120937
PGV	0.6969074	0.35420158	0.53730813	0.9880161	1.0000000	0.24643374	0.42905525
NGG	0.4216712	- 0.09619337	- 0.04615289	0.2985859	0.2464337	1.00000000	0.71245719
PG	0.4636881	- 0.05499664	0.15015527	0.4912094	0.4290552	0.71245719	1.00000000

Chapitre IV :

Discussion

Discussion

La caractérisation des ressources génétiques des fruits par l'analyse de la morphologie des plantes est l'approche la plus simple et la plus facile (Ercisli et al., 2012 ; Butiuc-Keul et al., 2019 ; Fazenda et al., 2019), car les marqueurs morphologiques, tels que le mode de croissance, la couleur des fruits et des graines, le poids des fruits et des graines, la forme des fruits et des graines, les dates de récolte, le goût, la hauteur de la plante, la réponse aux maladies, etc., sont évalués visuellement. Tous ces caractères sont généralement notés rapidement, simplement et sans équipement de laboratoire (Bhat et al., 2010).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) présente une forte variation génétique des caractères morphologiques et agronomiques. Pour les experts, ces traits agros morphologiques permettent de différencier le caroubier du type sauvage du type cultivar. (Marakis et al., 1988 ; Tous J et al., 1995 ; Tous J et al., 1996 ; Batlle et Tous J, 1997 ; Gharnit et al., 2001).

La présente étude nous montre des différences morphologiques significatives entre les pieds, sur le plan qualitatif, la couleur des gousses montre une importante variabilité entre les variétés, quatre couleurs ont été enregistrées ; le brun foncé dominant à 50%, suivi du brun rougeâtre à 25%, le brun clair à 17%, et enfin brun jaunâtre 8%).

Les couleurs de gousses brun foncé, brun clair et brun rougeâtre ont déjà été signalées chez certains cultivars et génotypes de caroube (Batlle et Tous J, 1997 ; Chitt et al., 2007), les mêmes couleurs sont enregistrées par Kocherane et al., (2019) chez certaines provenances algériennes (Sétif, Jijel, Relizane, Annaba, Tipaza, Blida et Tlemcen).

Au Maroc, cette diversité s'est relevée être plus importante avec sept différentes couleurs de gousses : Marron (gousses d'Akchort et Demnate), Marron clair (gousses de Taourirt), marron foncé (gousses d'Essaouira), brune (gousses d'Aïn Safa), brun foncé (gousses d'Ouazzane), acajou (gousses d'al Houceima) est chocolatée (gousses de Sidi Bou humane). (Koudane, 2007).

Sur le plan quantitatif, des variations importantes ont été dessellées, les moyennes obtenues pour la longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids de la gousse pleine sont de 11,86 cm ; 2,16 cm 0,63 cm, et 10,97 mg respectivement. Ces valeurs ont été comparées à celles d'autres pays du bassin méditerranéen. La Malfa et coll, (2012) ont étudié les caractéristiques morphologiques et technologiques de huit cultivars de caroube cultivés en Sicile, en Italie, et ont rapporté le poids moyen, la largeur, la longueur et l'épaisseur des gousses de 13,7 g–33,4 g, 19,3 mm / 26,8 mm, 14,9 cm–22,9 cm et 6,8 mm / 14,0 mm, respectivement.

Barracosa et coll, (2007) quant à eux, ont signalé que la moyenne de ces variables pour 15 cultivars de caroube du Portugal, est respectivement de 13,20 g à 26,39 g ; 16,16 mm / 23,38 mm ; 12,95 cm / 20, 35 cm et 7,19 mm/ 10, 86 mm. Les valeurs les plus élevées, le poids (14,88 g), la longueur (15,83 cm) et la largeur des gousses (21,10 mm) sont enregistrés chez les populations d'Espagne. (Albanell et coll, 1991).

Au Maghreb des études faites au Maroc en Algérie et en Tunisie, nous permettant de comparer les paramètres quantitatifs et ainsi avoir une idée de la diversité du caroubier dans ces régions.

Les valeurs moyennes des longueurs (17,1 cm) et des largeurs (22,7 mm) ont été enregistrées au Maroc (Russo et Polignano, 1996). D'autres valeurs ont été enregistrées chez d'autres populations du Maroc et sont respectivement de l'ordre de 13,5 cm, 19,5 mm et 6,9 mm (Gharnit et coll, 2006).

En Tunisie, dix-neuf populations de caroube dans différents sites ont été étudiées pour évaluer leurs variabilités génétiques sur la base des mesures des gousses et des grains. La moyenne des principales valeurs morphologiques descriptives des gousses était, le poids (16,39 g), la longueur (168,9 mm), la largeur (20,5 mm), l'épaisseur centrale (5,8 mm) (Barracosa.2007)

Au Liban, Haddarah et al., (2013) ont enregistré que le poids (8,93–36, 85 g), la longueur (11,42 / 24, 25 cm), la largeur (17,30/ 27, 40 mm) et l'épaisseur des gousses (4,8/ 9, 2 mm) sont observés chez le caroubier sauvage.

Concernant le nombre de graines par gousse, la moyenne est de 10, 59 ce qui se rapproche des résultats obtenus chez les autres variétés, pour le poids des graines la moyenne est de 1,79g.

Barracosa et coll, (2007) ont indiqué que le poids total des graines parmi 15 cultivars de caroube au Portugal est de 1,83 à 2,99 g. tant dit qu'au Marco, Gharnit et coll, (2006) ont rapporté que le poids total moyen des semences est de 1,88 et 28 g. Boublenza et coll, (2019) ont étudié les caroubes d'Algérie et déterminé le poids total des graines à 0,98/ 2, 30 g.

Nos résultats semblent être inférieurs aux résultats obtenus dans les pays européens, et Maghrébins. Néanmoins, ils restent dans la moyenne et en accord avec les études susmentionnées. Les principaux critères de sélection des caroubes sont traditionnellement concentrés sur la grande taille des gousses, la forte teneur en pulpe et en sucre. La taille des gousses de caroube est également importante pour résister aux vents violents au printemps afin

d'éviter la chute prématurée des fruits (Batlle et al., 1997).

Pour ce qui est des corrélations, elles sont importantes et fortes entre les paramètres quantitatifs. La longueur est le paramètre qui se corréle le mieux avec les autres paramètres (longueur des graines, épaisseur des graines, poids des gousses pleines, poids des gousses vides, nombre de graines par gousses, poids des graines). Mais il semble que la corrélation la plus forte soit celle de la longueur de la gousse et du poids de la gousse pleine qui est de l'ordre de ($r=0,72$). On distingue aussi une corrélation positive et importante entre le nombre de graines par gousse et poids des graines ($r=0,71$).

Une corrélation négative importante est enregistrée entre le nombre de graines dans la gousse et l'épaisseur ($r=-0,96$),

Cette tendance est en accord avec Carlson et al., (1986) qui n'a observé aucune relation apparente, Au Liban, les résultats obtenus montrent que les gousses les plus longues, les plus lourdes avec un volume élevé et un indice de taille élevée ont les nombres de graines les plus importantes, de plus, le rendement de graines est négativement corrélé à la largeur des gousses. Nos résultats sont en accord avec ceux de Barracosa et coll, (2007).

Les analyses de corrélation établies par variété ont fourni une compréhension spécifique de la façon dont les caractéristiques des fruits et des graines se corrélent de manière globale. Cette approche peut être utile pour le développement d'un programme de sélection, visant à augmenter le rendement en graines, l'épaisseur des graines, le poids individuel et total des graines par fruit, caractéristiques qui sont déterminantes pour améliorer l'exploitation industrielle de la caroube.

La plupart des paramètres mesurés ont montré des différences significatives qui indiquent une grande diversité génétique, nous supposons que cette diversité est due aux facteurs biotiques et abiotiques, la tendance observée est également en accord avec les auteurs qui ont réalisé des études similaires observées parmi les populations tunisiennes.

Les facteurs environnementaux ont également été suggérés comme source possible de diversité chez la caroube. De même, Haddarah et al., (2013) ont observé chez les variétés Libanaises un effet latitudinal et longitudinal sur les caractères des gousses et des graines. Le type et l'origine géographique des arbres peut-être aussi pris comme source de variation.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Les résultats obtenus dans notre étude basée sur l'étude de la variabilité intra-spécifique la gousse de *Ceratonia siliqua* L. Dans le village de Sahel, région de Bouzeguène, Tizi-ouzou, montre une importante diversité des caractères biométriques et de certains traits qualitatifs des gousses et des graines du caroubier.

Cette diversité au sein de la population pourrait servir de base pour de futures études permettant l'établissement de programme d'amélioration génétique.

L'Algérie jouissant d'une superficie considérable et de conditions propices à la culture du caroubier. En vue de l'utilité et de l'importance de l'espèce, il est nécessaire d'approfondir ce travail et s'apporter plus de détails et de recherches pour pouvoir améliorer cette culture et la promouvoir auprès des jeunes générations dans le but de l'intensifier à l'échelle nationale. Nous préconisons, à l'avenir de :

- Compléter ce travail sur un nombre important d'arbres et de variétés afin d'avoir une meilleure estimation des caractères étudiés ;
- Compléter cette étude en tenant compte des autres caractères qualitatifs (forme de la gousse et graine, aspect de la gousse et graine et ceci afin de mieux caractériser cette espèce ;
- Enrichir cette étude par d'autres marqueurs biochimiques et moléculaires pour une meilleure approche des variétés ;
- Prendre en considération l'influence d'autres facteurs biotiques et abiotiques tels le genre, type de sol, altitude, exposition...etc pour peuvent être des sources potentielles de variation des paramètres étudiés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Aafi A. (1996), Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) Centre Nationale de la Recherche Forestière, Rabat(Maroc), pp. 10
- 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., Caja G. et Plaixats J., (1991),Characterization of Spanishcarobpod and nutritive value of carobkibbles, Options Méditerranéennes N°16, pp. 135- 136
- Avallone R., Plessi M., Baraldi M., Monzani A. 1997. Determination of chemical composition of carob (*Ceratoniasiliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. J. Food Comp. Anal., 10 (2): 166-172.
- Baillièrè J.B., 1975. Atlas d'arboriculture fruitière : volume 1 : définition, historique, la multiplication, la préparation du terrain, la fertilisation, les tracés de plantations, généralités sur les tailles et interventions diverses, la création des formes fruitières, la protection sanitaire, la protection
- Baker, EA et J. Procopiou. 1980. Effet de l'état d'humidité du sol sur le rendement en cire à la surface des feuillesde certaines espèces résistantes à la sécheresse. Note de recherche. J. Hort.Sci, 55 (1): 85-87
- Battle I. et Tous J., 1997.Carob tree. *Ceratoniasiliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops». 17.Institut of plant Genetic and crops Plant Research. Gatersleben/International Plant RessourcesInstitut. Rome. Italy. 97 p.
- Baum N., 1989. «Arbres et arbustes de l'Egypte ancienne», pp. 354.
- Baytop T. 1984. Therapy with medicinal plant in Turkey (Past and Present). Publication
- Ben Hsouna A., M. Trigui, S. Jaoua, (1986), Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of the ethyl acetate extract of endemic *Ceratonia siliqua* leaves Journal of agricultural and food chemistry, vol. 34, N° 5, pp. 827-829
- BENYAHIA R.H.2014 ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIMICROBIENNE DES EXTRAITS PHENOLIQUES DE LA FARINE DE LA PULPE DE LA CAROUBE PAR INTERACTION PREBIOTIQUE-PATHOGENES , Université de Tlemecen
- Berrougui H. (2007), Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N° 9.

Références bibliographiques

- 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.
- Bolonos M., 1955. Rapport sur le caroubier. Institutoforestal de Investigaciones y experiencias Madrid (Espagne) 9p.
- Bosch, J., F. García del Pino, J. Ramoneda et J. Retana. 1996. Phénologie de la fructification et fruitsun ensemble de caroube, *Ceratonia siliqua* L. (Cesalpinaceae). Israël J. Plant Sci. 44: 359-368.
- Boudy P., 1950. « Economie forestière Nord-Africain (tomeII) : Monographie et traitement des essences forestière ». Ed. Larose, Paris, pp.443-445.
- Bravo, L., Grados, N. and Calixto, F.S. 1994. Composition and Potential Uses of MesquitePods (*Prosopis pallid* L): Comparison with Carob Pods (*Ceratonia siliqua* L.). J. Sci Food Agric., 65, 303-306.
- Caja G., 1985. La Garrofa: Composición, procesado y usos agroindustriales. Jornadas de la Garrofa. LLiria, Valencia - España.
- Calixto F.S. and J. Canellas, (1982), Components of nutritional interest in carob pods *Ceratonia siliqua* , Journal of the Science of Food Agriculture N°33, pp. 1319– 1323.
- Catarino, FM, OA Correia, E. Webb et M. David. 1981. Morphologique et physiologiqueréponses de la sclérophylle à feuilles persistantes de la Méditerranée, *Ceratonia siliqua* , à différentes lumièresintensités. Pp. 5-15 dans Composantes de la productivité des régions climatiques méditerranéennes.Aspects fondamentaux et appliqués (NS Margaris et HA Mooney, éd.). Éditeurs indésirables, TheLa Haye.re
- Craig, WJ et TT Nguyen. 1984. Niveaux de caféine et de théobromine dans le cacao et la caroubedes produits. J. of Food Sci. 49: 302-305
- Dahim Imene. Nait Larbi Anouar 2018 Contribution physico chimique de la gousse de caroube UMMTO
- Dakia P.A; Wathel et B and. Paquot M.(2007). «Isolation and chemical evaluation of, carob (*Ceratoniasiliqua* L.) seed germ food Chemistry ,Vol. 102, N°4, pp. 1368-1374.
- Davies, WLN, PI Orphanos et J. Papaconstantinou. 1971. Composition chimique dedéveloppement de gousses de caroube. J. Sci. Food Agric. 22: 83-86.

Références bibliographiques

- Diamantoglou, S. et K. Mitrakos. 1981. Longévité des feuilles dans l'Evergreen méditerranéen sclérophylles. Pp. 17-19 dans Composantes de la productivité du climat méditerranéen Régions - Aspects fondamentaux et appliqués (NS Margaris et HA Mooney, eds.). Déchet Editeurs, La Haye
- Ecocrop, 2011. Base de données Ecocrop. FAO
- El Allagui N. et al. (2007), Action de différents extraits végétaux sur la mortalité des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* ssp., Rev. Tela Botanica Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France BDNFF, Vol. 4. N°4.
- El Idrissi, MM; Aujjar, N.; Belabed, A.; Dessaux, Y. et Filali-Maltouf, A., 1996. Caractérisation du rhizobia isolé du caroubier (*Ceratonia siliqua*). J. Appl. Microbiol., 80: 165–173
- El mann H. T., Kester D. E., 1983. «Plant propagation, principales and practices ». 4th Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffts, N.J.
- Esbenshade, HW et G. Wilson. 1986. Cultiver des caroubes en Australie. Ed. Goddard et Dobson, Victoria, Australie.
- Faostat: The Statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United
- Ferguson I.K. (1980). The pollen morphology of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinoideae). Kew bull. 35(2), pp: 273-277.
- Ferguson, L. et M. Arpaia. 1990. Nouvelles cultures arboricoles subtropicales en Californie. Pp. 331-337 dans *Advances in New Crops* (J. Janick et JE Simon, eds.). Timber Press Inc., Portland, Oregon
- Fournier, 1977. Les quatre flores de la France (générale, alpine, méditerranéenne,
- Frutos, D. 1988. Efecto de los ácidos sulfúrico y giberelico (GA3) en la germinación del algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.). Pp. 265-280 dans *Proceedings of the II International Caroube Symposium* (P. Fito et A. Mulet, eds.). Valence, Espagne
- García-Ochao F. et Casas J. A., (1992). Viscosity of locust bean (*Ceratoniasiliqua*) gum solutions. J. Sci. Food Agri. 59: 97- 100
- Gharnit N. & Ennabili A., 2009. Essais préliminaires de culture in vitro du caroubier (*Ceratonia siliqua*) originaire du nord-ouest du Maroc. *Biomatec Echo*. 3: 18-25.
- 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 Abdelmalek Essaadi. Tanger.
- Göhl, B., 1982. Les aliments du bétail sous les tropiques. FAO, Division de Production et Santé Animale, Roma, Italie

Références bibliographiques

- Goor, AY et CW Barney. 1968. Plantation d'arbres forestiers dans les zones arides. Ronald Press Co., Nouveau York.
- Goor A., R. J. Ticho and Y.G. Garmi., 1958. «The carob. Agric. Publications Section, Ministry of agriculture. Tel Aviv, Israel, 72 Pp. (in Jewish with 4 pages English Summary).
- Graniti A., 1959. « La nebbia del carrubo ». Iform. Fitopatologico 9 :317
- Hariri A, Ouis N, Sahnouni F, D.Bouhadi (2009), mise en œuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux à base des extraits de caroube. Rev Microbiol Ind. Santé Environn 37-55
- Hillcoat D., Lewis G. & Verdcourt B., 1980. A new species of *Ceratonia* (Leguminosae Caesalpinoideae) from Arabia and the Somali Republic. Kew bull. 35: 261-271
- Hong, TD, S. Linington et RH Ellis. 1996. Comportement de stockage des semences: un compendium. Handbooks for Genebanks: No. 4. Institut international des ressources phytogénétiques, Rome.
- Iipumbu, L., Sigge, G.O., & Britz, T.J. 2008. Compositional analysis of locally cultivated carob (*Ceratonia Siliqua*) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors. South Africa: Faculty of AgriSciences, department of Food Sciences, Stellenbosch University
- Jan, D., Euroduna, R., 2000. Carob tree hides unknown nutritional secrets. Feed Tech. 4, 20–22. In S. Naghmouchi et al., 2009. Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of pods and kernel .
- Jones, DK 1953. Culture de caroube à Chypre. FAO 53/2/1225. FAO, Rome
- Kew Bull. 35: 273-277.
- Kivçak B. and Mert T. (2002). Antimicrobial and cytotoxic activities of *Ceratonia siliqua* L. extracts. Turk J. Biol. 26:197-200
- Kocherane Rima , Krouchi Fazia and Derridja arezki 2016 . genetic resources of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in Algeria: insight from pod and seed morphology. revue agrobiologia (2019) 9(2): 1581-1600
- Konate I., 2007. « Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia*
- Konaté, I. (2001) Amélioration de la culture du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) via la multiplication in vitro et la fixation biologique de l'azote. Dans la mémoire du DESA, Univ. Ibn Toufail, Fac. Sci. Kénitra, Maroc. [Heure (s) de citation: 1]
- l'Arbre, Paris, France. P:417-426.

Références bibliographiques

- Lee C. L., Paul J., Hackett W. P., 1977. «Promoting of rooting in stem cuttings of several ornamental plants by pretreatment with acid or Base». –HortScience, 12 (1): pp. 41-42.
- Lee, C.Y., Kagan, V., Jawarski, A.W., Brown, S.K., 1990. Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and polyphenol oxidase activity among various peach cultivars. J. Agric. Food Chem. 88, 99–101. in S.Naghmouchi et al.,2009.Tunisian carob
- Leshem, Y. et D. Ophir. 1977. Différences des niveaux endogènes d'activité de la gibbérellinepartenaires mâles et femelles de deux espèces d'arbres dioïques. Ann. Bot. 41: 375-379
- Linskens, HF et W. Scholten. 1980. La fleur de caroube. Portug. Acta Biol. (A) XVIII-4: 95-102 littorale) Le Chevalier, Paris.
- Lizardo R, Cañellas J, Mas FD, et al (2002) L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets. J Rech Porcine 34:97–101
- Loeb H., Vandenplas Y., Wursch P., Guesry P. (1989), Tannin-rich carob pod for the treatment of acute-onset diarrhea. J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. N°8, pp. 480-485
- Loreto F., H.H. Burdsall and A. Tirro., 1993. «Armillaria infection and water stress influence gas exchange properties of Mediterranean trees». Hort Science 28 (3):222- 224.
- Louca A, and A. Pappas., 1973. «The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats., Anim. Prod. 17:139-146
- M. Ait Chitt, h. belmir mr a. lazrak, 2007 bulletin mensuel d'information et de liaison du pntta transfert de technologie en agriculture . production de plants sélectionnés et greffés de caroubier p 1-4
- Mapa., 1994. «Ministerio de Agricultura, pesca Y Alimentation ». Anuario de Estadística Agraria. Ed . Secretaria General Técnica, Madrid, Spain
- Markis D.P et Kefalas P. (2004). Carob pods (Ceratoniasiliqua L.) as a source of polyphenolic Antioxidants. Food technol, 42 (2): pp, 105-108.
- Martorell J., 1987. « El algarrobo, victim del llamado desarrollo agrario ». Pp. 62-84 in Congreso Int. de Tecnología de Alimentos Naturales Y Biológicos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), Madrid
- McLean Thompson, J. 1944. Vers une interprétation physiologique moderne de la floraison. Proc. Linnean Soc. 156: 46-69. Meikle, RD 1977. Flora of Cyprus I, pp. 589-591. Royal Botanic Gardens Kew, Angleterre
- Meikle, RD 1977. Flora of Cyprus I, pp. 589-591. Royal Botanic Gardens Kew, Angleterre.

Références bibliographiques

- Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.
- Mitrakos, K. 1981. Réponses de germination de la température dans trois plantes à feuilles persistantes méditerranéennes sclérophylles. Pp. 277-279 dans Composantes de la productivité du climat méditerranéen
- Mitrakos, K. 1988. The botany of Ceratonia. Pp.209-218 in Proceedings of the II International
- Mohammed V-Agdal Faculté des sciences Rabat, thèse de doctorat.h
- Nas. 1979. Tropical legumes: resources for the future, pp. 109- 116. National Academy of Sciences, Washington DC. USA
- NAS. 1979. Tropical Legumes: Resources for the Future, pp. 109-116. Académie nationale de Sciences, Washington DC, États-Unis
- Nations. 2013. (www.faostat.fao.org).
- Neukom H., (1988), Carob bean gum: properties and application. Pp. 551- 555 in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain
- of the Istanbul University. No: 3255. Istanbul
- Orphanos P.I. & Papaconstantinou J., 1969. The carob varieties of Cyprus. Tech. Bull.5. Cyprus Agricultural Research Institute. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Nicosia.
- 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.
- Orwa, C.; Mutua, A. ; Kindt, R. ; Jamnadass, R. ; Anthony, S., 2009. Base de données Agroforestry: une référence d'arbre et un guide de sélection version 4.0. Centre mondial d'agroforesterie, Kenya
- Papagiannopoulos M., H.R. Wollseifen, A. Mellenthin, B. Haber and R. Galensa 2004. Identification and quantification of polyphenols in carob fruits (*Ceratonia siliqua* L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/ MSn, J. Agric. Food Chem. 52, 3784-3791
- Passos de Carvalho, J. 1988. Aspects de la pollinisation de la caroube. Pp. 281-289 dans Proceedings of the II Symposium international sur la caroube (P. Fito et A. Mulet, eds.). Valence, Espagne.
- Petit M. D. & Pinilla J. M., 1995. Production and Purification of Sugar Pods Syrup from Carob Pods Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 28, 145-152.

Références bibliographiques

- Polhill, RM, PH Raven et CH Stirton. 1981. Évolution et systématique de la Légumineuses. Pp. 1-26 dans *Advances in Legume Systematics*. Vol. 1 (RM Polhill et PH Raven, éd.). Royal Botanic Gardens, Kew, Angleterre.
- Priolo A., Waghorn G. C., Lanza M., Biondi L. and Pennisi P. (2000). Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: Effects on lamb growth performance and meat quality. *J. Anim. Sci.* 78: 810- 816.
- Puhan, Z. and M.W. Wielinga (1996). Products derived from carob pods with particularemphasis on carob bean gum (CBG). Report Technical Committee of INEC(unpublished).
- Quezel P. et S. Santa (1963), *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (tome1), Editions du centre national de la recherche scientifique, pp.557
- Rebour H. (1968), *fruits Méditerranéen, la maison rustique* Paris, 330pp.
- Rebour, H. 1971. *Frutales mediterráneos*, pp. 207-210. Presse Mundi-Prensa, Madrid
- Rejeb et al.,1991 *Physiologie du caroubier (Ceratonia siliqua L.) en Tunisie. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*, Group d'Etude de l'Arbre, Paris, France. P:417-426.
- Rejeb M. N. (1995), *Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration*, in *Quel avenir pour l'amélioration des plantes?* Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 79-85
- Rejeb M. N., 1994. *Le caroubier en Tunisie :Situations et perspectives d'amélioration*. Dans:*Quel avenir pour l'amélioration des plantes ?*Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext.Paris: 79-85.
- Rejeb M. N., Laffray D. and Louget P., 1991. «*Physiologie du caroubier (Ceratonia siliqua L.)*» en Tunisie. *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semiarides* ». Group d'Etude de l'arbre, Paris, France : pp. 417-426.
- Rendina, N., A. Lucisano, P. Amato et M. Vallentrisco. 1969. *Acides gras dans Ceratonia siliquades fruits. Etude chromatographique en phase gazeuse*. *Nuova Chem.* 45: 92-94
- Retana J., Ramoneda J. & Garcia del Pino F., 1990. *Importancia de los insectos en la polinizacion del algarrobo*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 16: 143-150.
- Retana, J., J. Ramoneda, F. García del Pino et J. Bosch. 1994. *Phénologie florale de la caroube, Ceratonia siliqua L. (Caesalpinaceae)*. *J. Hort. Sci.* 69 (1): 97-103

Références bibliographiques

- Rovira, M. et J. Tous. 1996. Évolution des inflorescences de deux caroubes (*Ceratonia siliqua*L.) cultivars. Dans les actes du III Symposium international sur la caroube. Cabanas-Tavira, Le Portugal. (dans la presse).
- Russo, F. 1954. Aspetti biologici e colturali del carrubo en Sicile. Ann. SpérimentazioneAgraria 8: 947-967.
- Sahle M., J. Coleon and C. Haas. 1992. «Carob pod (*Cratonia siliqua* L.) meal in geese diets. Brit. Poultry Sci. 33:531-541.
- Saidi R., Lamarti A., Badoe A., 2007. « Micropropagation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 146 : pp. 113-129.
- Sbay H. et Abourouh M. (2006). Apport des espèces à usages multiples pour ledéveloppement durable : cas du pin pignon et du caroubier, Centre de Recherche Forestière Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la désertification, Rabat, pp.1-9
- Scognamiglio, M., D'Abrosca, B. Esposito, A., Pacifico, S., Monaco, P., and Fiorentino. A., 2013. Plant growth inhibitors: allelopathic role or phytotoxic effects? Focus on Mediterranean biomes. *Phytochemistry Reviews* 12: 803–830.
- Sebastian K. T. and Mc Comb J. A., 1986. «A micropropagation system for carob (*Ceratonia siliqua* L.)». *Scientia Hort.* 28:127-131.
- Serairi-Be ji R., L. Mekki-Zouiten, L. Tekaya-Manoubi, M.H. Loueslati, F. Guemira, A. Ben Mansour, (2000), peut-on associer la pulpe de caroube et la Solution de réhydratation orale dans le traitement de la diarrhée aigue, *Med. Trop.* N°60, pp.125.128.
- Shepperd, WD, 2008. *Ceratonia siliqua* L. Carob. USDA FS Agriculture Handbook 727 - The Woody Plant Seed Manual, un manuel sur les semences d'arbres et d'arbustes
- *siliqua* L.) et des Bactéries endophytes qui lui sont associées ». Université
- Tolentino P. (1950), Mécanismes et limites de l'action thérapeutique de la farine de caroube dans les diarrhées infantiles: étude clinique et expérimentale, *Ann. Paed.* N°175, pp. 200-222.
- Tucker, SC 1992a. La base développementale de l'expression sexuelle chez *Ceratonia siliqua*(Légumineuses: Caesalpinioideae: Cassieae). *Un m. J. Bot.* 79 (3): 318-327
- Tucker, SC 1992b. Le rôle du développement floral dans les études de l'évolution des légumineuses. *Pouvez. J. Bot.*70: 692-700.
- Vardar, Y., Ö. Seçmen et M. Ahmed. 1972. Résultats préliminaires sur la composition chimiquedes haricots de caroube turcs. *Qual. Plante. Mater. Veg.* XXI (4): 367-379

Références bibliographiques

- Vavilov N.I., 1951. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants [translated from the Russian by K.S. Chester]. The Ronald Press Co., New York
- Vidal, D. 1985. El troceado como etapa previa al aprovechamiento industrial de la garrofa. Dans Jornadas sobre la garrofa. Liria (Valence) (non publié)
- Vourdoubas, J., Makris, P., Kefalas, J., Kaliakatsos, G., 2002. In: Proceedings of the 12th National Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy. Industry and Climate Protection, Amsterdam, pp. 489–493. In S. Naghmouchi et al. 2009. Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of pods and kernel.
- Whiteside, L. 1981. Le livre de cuisine de la caroube. Ed. Thorsons Publishers Limited, Wellingborough, Northamptonshire
- Winer, N. 1980. Le potentiel du caroubier (*Ceratonia siliqua*). Int. Cultures d'arbres J.1: 15-26
- Yousif A.K. et Alghzawi H.M. (2000). Processing and characterization of carob powder, Food chemistry, 3 (69): pp 283-287.
- Zohair O., 1996. « Le caroubier, situation actuelle et perspectives d'avenir », Document interne, Eaux de Forêt, Maroc, pp 22.
- Zohary M, Orshan P. (1959) The maquis of *Ceratonia siliqua* in Israel. Palest J Bot Jerusalem 8:385–979. Folch I, Guillen R (1981) La vegetació de la Països Catalans, Ed. Ketres, Barcelona
- Zohary M., 1973. Geobotanical Foundations of the Middle East, 2 vols. Stuttgart
- <https://www.iucn.org/fr/regions/mediterranee/a-propos>

GLOSSAIRE

Glossaire

- Dénomination vernaculaire : Langue parlée seulement à l'intérieur d'une communauté en général réduite.
- Taxonomie : Science de la classification.
- Vestige : Elément restant de ce qui est détruit.
- Plante ligneuse : Se dit d'une plante contenant suffisamment de faisceaux lignifiés pour que ses tiges soient résistantes.
- Néolithique : Période comprise entre le mésolithique et l'âge des métaux.
- Domestiquée : Processus par lequel un organisme acquiert des caractéristiques d'intérêts pour l'Homme.
- Précoce : Qui survient plus tôt qu'on ne l'aurait souhaité.
- Arborescentes : Qui prend la taille, l'apparence d'un arbre.
- Maquis : Formation d'arbustes et de buissons résultant de la dégradation de la forêt méditerranéenne de chêne-liège sur sols siliceux, consécutive à l'action du feu et des hommes (abattage et pâturage).
- Sclérophylles : Se dit d'un végétal à feuilles dures et épaisses, bien adapté à la sécheresse.
- Vallons : Petite vallée.
- Xérophytique : En botanique, relatif aux xérophytes, plantes qui poussent dans les endroits secs.
- Persistante : Se dit de feuilles qui restent vertes en hiver.
- Rugueuse : Dont la surface présente des aspérités, des irrégularités et qui est rude au toucher.
- Enchevêtré : Emmêler quelque chose, des choses : Enchevêtrer le fil d'une ligne dans les branches d'un arbre.
- Coteaux : Versant d'une colline, d'un plateau drainer.
- Nodules : Les nodosités ou nodules sont l'expression d'une symbiose rhizobienne se formant sur les racines de nombreuses espèces de plantes, notamment les Fabacées, sous l'action de bactéries dont les genres *Rhizobium* et *Bradyrhizobium*.
- *Rhizobium* : Bactérie fixatrice d'azote atmosphérique vivant en symbiose sur les racines des légumineuses où elle forme des nodosités.

Glossaire

- Sempervirent : Se dit des plantes qui portent des feuilles vertes toute l'année.
- Paripennées : Se dit des feuilles pennées qui se terminent au sommet par deux folioles opposées. (Ce type de feuilles est très rare.)
- Pennatinervées : Dont les nervures sont disposées comme les barbes d'une plume alternes.
- Pétiole : Partie de la feuille, généralement rétrécie, qui unit le limbe à la gaine chez les plantes dicotylédones. (C'est la « queue » de la feuille. Les feuilles sans pétiole sont dites sessiles.)
- Rachis : En botanique, le rachis qualifie un axe supportant de part et d'autres des organes entiers, fleurs, folioles, pennes, etc. Il est un axe supportant les pennes des frondes, les folioles des feuilles ou les fleurs de certaines inflorescences (grappe).
- Hypo stomates : Ayant des stomates bien évolué.
- Potentiel hydrique : Le potentiel hydrique est la mesure du pouvoir de l'eau à quitter cette solution, pour passer vers une solution de potentiel hydrique inférieur.
- Bisexuelles : concernant les deux sexes.
- Bourgeons : Excroissance qui apparaît sur certaines parties des végétaux, et qui par la suite donne naissance à tous aux feuilles, aux fleurs, aux fruits et aux branches. Il existe différents types de bourgeons.
- Ascendant axillaires : Qui va en montant, en progressant.
- Pentamères : Se dit d'une fleur, d'une étoile de mer ou de tout autre organe ou organisme à symétrie radiale d'ordre cinq.
- Calice : Verticille externe ou unique de la fleur, formé de pièces le plus souvent vertes (sépalés) et assurant la protection des autres verticilles dans le bouton floral.
- Pourpre : nom masculin d'une couleur.
- Corolle : Objet dont la forme circulaire rappelle l'ensemble des pétales d'une fleur ouverte
- Pistil : Organe femelle des plantes à fleurs.
- Lobes : Est une division arrondie et peu profonde du limbe d'une feuille ; ou encore, il forme une division d'une feuille ou d'autres organes, dont le format est plus grand qu'une dent (voir denté) et dépourvu de tige distincte.
- Rudimentaire : Se dit d'un organe réduit, plus ou moins complètement atrophié. (Par exemple doigts latéraux du cheval, appendice cæcal de l'homme.).

Glossaire

- Hermaphrodites : Se dit d'une fleur ayant à la fois étamines et pistil, d'un individu végétal ou animal, d'une espèce ou d'un être humain présentant les caractères de l'hermaphrodisme.
- Anthères : Partie supérieure fertile de l'étamine des fleurs, où se forment les grains de pollen, et qui s'ouvre à maturité par déhiscence en libérant ces derniers.
- Sphéroïdale : Se dit de la forme arrondie d'un constituant de structure.
- Polygame : Se dit des plantes qui, sur le même pied, portent des fleurs bisexuées ainsi que des fleurs mâles et/ou femelles.
- Incurvées : Courber quelque chose de dehors en dedans.
- Indéhiscentes : Se dit d'un fruit qui ne s'ouvre pas spontanément.
- Sinueux : Qui forme, dessine une série de courbes et de replis.
- Gustatives : Qui relève du goût.
- Tannins, : Substance amorphe très répandue dans le bois, l'écorce, les feuilles et/ou les racines de nombreux végétaux, apte à transformer la peau en cuir.
- Hémicellulose : Substance contenue dans la membrane des cellules végétales, soluble dans les alcalis et souvent associée à des gommes ou à des mucilages.
- Pomologique : Partie de l'arboriculture qui traite de la connaissance des fruits comestibles.
- Biconvexes : Qui offre deux faces convexes opposées.
- Histochimiques : Partie de l'histologie qui étudie les substances chimiques contenues dans les cellules et les tissus.
- Antioxydants : Un antioxydant est un agent qui empêche ou ralentit l'oxydation en neutralisant des radicaux libres.
- Un polysaccharide : Désigne des macromolécules formées par la polymérisation de glucides simples ou oses, Les polysaccharides sont des biomolécules formées par l'union d'un grand nombre de monosaccharides.
- Tégument : Enveloppe entourant l'ovule, puis la graine. (
- Embryon : Très jeune organisme animal ou végétal vivant encore à l'état enclos, nourri soit par l'organisme maternel, soit à partir de réserves nutritives, et n'ayant pas encore tous les organes nécessaires à une vie libre.
- Cotylédons : Organe embryonnaire commun à toutes les espèces de plantes à graines.
- Dioïque : Se dit des espèces végétales (chanvre, dattier, mercuriale, lychnis) composées de pieds mâles et de pieds femelles séparés.

Glossaire

- Stigmates : Chez les angiospermes, partie supérieure terminale du pistil, souvent élargie et visqueuse, sur laquelle les grains de pollen sont retenus et amenés à germer.
- Anthères : Partie supérieure fertile de l'étamine des fleurs, où se forment les grains de pollen, et qui s'ouvre à maturité par déhiscence en libérant ces derniers.
- Phénologie : Étude scientifique des variations (durée, époque, etc.) Que les divers climats font subir à la floraison et à la feuillaison des végétaux.
- Hétérozygotie : Se dit d'un individu dont les allèles (gènes de même fonction, situés au même niveau et portés sur les chromosomes d'une même paire) sont différents.
- Brindilles : Très petit rameau ligneux, généralement terminal.
- Rameaux : Branche de second ordre des arbres, des plantes herbacées. (Un rameau peut être axillaire [né à l'aisselle d'une feuille] ou terminal ; en arboriculture fruitière, les rameaux à bois ne portent que des feuilles, les rameaux mixtes donnent naissance à la fois à des feuilles et à des fleurs.).
- Engorgement : Qui a l'aspect ou les propriétés d'un schiste, qui est constitué de schistes.
- Antiprolifératif : Produit qui empêche la prolifération d'un phénomène.
- Hypocholestérolémiant : Médicament capable de diminuer une hyperlipidémie (augmentation du taux des lipides dans le sang).
- Escherichia coli : L'Escherichia coli (E. Coli) est une bactérie qu'on retrouve naturellement au sein de la flore intestinale.
- Staphylocoques : Les staphylocoques sont des bactéries impliquées dans des pathologies variées et de degrés de gravité divers.
- Vibron : Bactérie en forme de bâtonnet recourbé en virgule, muni à son extrémité d'un ou de plusieurs cils qui lui confèrent sa mobilité.
- Cholérique : Relatif au choléra ; atteint du choléra.
- Maladie cryptogamique : Maladie des plantes due à un champignon microscopique (mildiou, oïdium, rouilles, blancs, caries, charbons, piétin, ergots, etc.).
- Appâts : Produit qui sert pour attirer le gibier, le poisson, et qui se fixe sur le piège même, sur l'hameçon.
- Source : Larousse 2019

Résumé

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est un arbre connu et cultivé depuis des millénaires, les avantages et les bienfaits de son fruit on fait de lui un arbre très apprécié dans les pays du pourtour méditerranéens. En Algérie, le caroubier est en danger ! Il est peu valorisé et est souvent délaissé par les autorités, la perte de son terrain est de plus en plus importante.

Dans ma thématique, je me suis penchée sur la variabilité morphologique de la gousse et de la graine dans la station de Bouzeguène, et ce par une étude des paramètres qualitatifs (couleur), mais aussi quantitative (longueur, largeur, épaisseur de la gousse, poids de la gousse pleine, poids de la gousse vide, poids des graines par gousse, et nombre de graines).

Les résultats après avoir été soumis à une étude statistique ont montré une grande hétérogénéité de ces paramètres, et de ce fait une importante variabilité intra-spécifique. Cette diversité pourrait être avantageuse pour la mise au point de nouvelles variétés avec des critères agronomiques et technologiques.

Le caroubier est une espèce importante sur le plan socio-génomique et environnemental, il est donc nécessaire de la valoriser et de la protéger pour le bien des générations à venir.

Mots clé :

Méditerranée, *Ceratonia siliqua*, caroubier, gousse, graine, paramètres qualitatifs, paramètres quantitatifs, variabilité génétique, ressource phytogenetique

Abstract

The carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) is a tree known and cultivated for thousands of years, the advantages and benefits of its fruit have made it a very popular tree in the countries surrounding the Mediterranean. In Algeria, the carob tree is in danger! It's neglected by the authorities, the loss of ground is more and more important.

In my theme, I looked at the morphological variability of the pod and the seed in the Bouzeguène station, by a study of the qualitative parameters (color), but also quantitative (length, width, thickness of the pod, weight of the full pod, weight of the empty pod, weight of seeds per pod, and number of seeds).

The results after being subjected to a statistical study showed a great heterogeneity of these parameters, and as a result a significant intraspecific variability, this diversity could be advantageous for the development of new variety with agronomic and technological criteria.

The carob tree is a socio-genomically and environmentally important species, it is therefore necessary to enhance and protect it for the sake of future generations.

Key words:

Mediterranean, *Ceratonia siliqua*, carob tree, pod, seed, qualitative parameters, quantitative parameters, genetic variability, phytogenetic resource.