

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



## **Mémoire de fin d'études**

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

**Option : Production Végétale**

### **Thème**

**Etude de la variabilité de la biométrie et des taux des sucres des gousses chez *Ceratonia siliqua* L. dans la région de Tizirt**

Réalisé par :

AIT BOUSSAD Houria

HOCINE Saliha Yasmine

Devant le jury composé de :

Promoteur : Mr AIT SAID Samir MCA (UMMTO)

Présidente : Mme KROUCHI Fazia Pr (UMMTO)

Examinatrice : Mme AMIRAT Yassina MAA (UMMTO)

Co-promotrice : Mme ABDELKRIM Nadia Doc (UMMTO)

Promotion 2020/2021

## Remerciements

*Nous rendons grâce à dieu le tout puissant pour le courage et la patience qu'il nous a accordé pour mener bien à notre travail.*

*Nos profondes gratitudes vont à notre promoteur Mr AIT SAID Samir pour l'honneur qui nous a fait de nous encadrer.*

*Et on est très profondément reconnaissantes à Mme ABDELKRIM Nadia doctorante à l'université UMMTO pour son soutien.*

*On tient également à exprimer nos sincères remerciement à :*

- *Mme KROUCHI Fazia professeur à l'université UMMTO*
  
- *Mme AMIRAT Yassina MMA (UMMTO)*

*Nous exprimons nos reconnaissances particulièrement aux deux responsables de laboratoire commun du département des sciences biologiques.*

*Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de notre travail.*



*Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents MOHAMMED et HAKIMA que Dieu les protège et les garde en bonne santé et longue durée de vie. Je leur suis et je leur resterai toujours reconnaissante, pour leur soutien et encouragements à aller loin dans mes études.*

*A mon cher frère WASSIM*

*A ma chère grand-mère OUZNA*

*A la mémoire de ma grand mère TASSADIT et mes grands pères HAMOUCHE et AHCENE qui nous ont quitté mais qui ont laissé derrière eux de très beaux souvenirs*

*A mes oncles et mes tantes, cousins et cousines maternels et paternels*

*A mes copines et mes amis qui m'ont soutenu dans ce travail*

*A ma chère binôme Yasmine et sa famille*

*Enfin à toutes les personnes qui m'ont soutenu et aidé sans attendre rien au retour.*

*Houria*

A decorative border with a repeating pattern of stylized flowers and leaves, framing the text.

## *Dédicaces*

*C'est avec une grande émotion que je dédie ce modeste travail à mon père qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir est fier de fruit de son éducation que Dieu le garde.*

*A l'être la plus chère de ma vie ma mère qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui grâce à ses dévouement et sacrifices, son éducation ainsi les bons principes qu'elle a semés à moi que dieu la protège.*

*Je leur suis et je leur resterai toujours reconnaissante, pour leur soutien et encouragements à aller loin dans mes études.*

*A ma sœur Kenza et mon cher frère Salem qui ont toujours à mes côtés, qui m'ont incessamment soutenu dans mes choix et qui me réconfort et m'encouragent perpétuellement.*

*A la mémoire de mes grandes mères et mes grands pères qui nous ont quittés mais qui ont laissé derrière eux de très beaux souvenirs*

*A mes oncles et mes tantes, cousins et cousines maternels et paternels*

*A mes copines et mes amis qui m'ont soutenu dans ce travail*

*A ma chère binôme Houria et sa famille*

*Enfin à toutes les personnes qui m'ont soutenu et aidé sans attendre rien au retour.*

*Yasmine.*

## **Abréviations :**

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**A.N.R.H** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

**C°** : Degrée Celsius.

**Cr** : Corde.

**Cm** : centimètre.

**ED** : Eau distillée.

**Ep**: Epaisseur.

**FAO: Food** and Agriculture Organization.

**Gr** : Graine.

**Gs** : Gousse.

**G** : gramme.

**HCL** : Acide Chlorhydrique.

**ha** : Hectares.

**Km**: Kilomètre.

**kJ** : Kilo Joule.

**Kg** : kilogramme.

**L** : Longueur.

**l** : Largeur.

**Min** : Minute.

**mL** : millilitre.

**M.S** : Matière Sèche.

**N** : Normalisation.

**NaOH** : Hydroxyde de Potassium.

**R** : Rendement.

**R%** : Rendement en graine.

**P** : poids.

**Pm** : poids moyen.

**Pp** : poids pulpe.

**SR** : Sucres réducteurs.

**TS** : Taux de sucre.

**V** : Volume.

**Vmax** : valeur maximale.

**Vmin** : valeur minimale.

**%** : pourcentage.

➤ Liste des figures :

<b>Figure 01</b>	Centres d'origines et la distribution du caroubier dans le monde.
<b>Figure 02</b>	Distribution du caroubier en Algérie suivant les données bioclimatiques..
<b>Figure 03</b>	Arbre du caroubier ( <i>Ceratonia siliqua</i> L.)
<b>Figure 04</b>	Tronc du caroubier.
<b>Figure 05</b>	Feuilles du caroubier.
<b>Figure 06</b>	Inflorescences du caroubier : a) inflorescence femelle. ; b) inflorescence male ; c)inflorescence hermaphrodite.
<b>Figure 07</b>	Les gousses du caroubier : a) gousses vertes ; b) gousses mûres.
<b>Figure 08</b>	Graines du caroubier.
<b>Figure 09</b>	Racines du caroubier.
<b>Figure 10</b>	Carte géographique de la région de Tigzirt indiquant la station d'échantillonnage.
<b>Figure 11</b>	Les dimensions de la graine et de la gousse : a) La gousse ; b) la graine.
<b>Figure 12</b>	Mesures de la gousse et de la graine.
<b>Figure 13</b>	L'aspect de la forme des graines et des gousses.
<b>Figure 14</b>	Les étapes du dosage des sucres réducteurs : a) mesure de l'échantillon ; b) ajustement avec de l'ED ; c) filtration de la solution ; d) chauffage des Fehling A et B ; e) virement de couleur; f) ajout de quelques gouttes de bleu de méthylène ; g) apparition de couleur rouge brique.
<b>Figure 15</b>	Couleurs des gousses (%).
<b>Figure 16</b>	Longueurs des gousses en fonction des arbres.

<b>Figure 17</b>	Largeurs des gousses en fonction des arbres.
<b>Figure 18</b>	Epaisseurs des gousses en fonction des arbres
<b>Figure 19</b>	Cordes des gousses en fonction des arbres.
<b>Figure 20</b>	Poids des gousses en fonction des arbres.
<b>Figure 21</b>	Poids de la pulpe en fonction des arbres.
<b>Figure 22</b>	Couleurs des graines (%).
<b>Figure 23</b>	Poids des graines par gousses en fonction des arbres.
<b>Figure 24</b>	Rendements des graines en fonction des arbres.
<b>Figure 25</b>	Poids des graines en fonction des arbres.
<b>Figure 26</b>	Longueurs des graines en fonction des arbres.
<b>Figure 27</b>	Largeurs des graines en fonction des arbres.
<b>Figure 28</b>	Epaisseurs des graines en fonction des arbres.
<b>Figure 29</b>	Taux des sucres réducteurs des différents arbres.

➤ **Liste des tableaux :**

<b>Tableau n°01 :</b>	Classification taxonomique du genre <i>Ceratonia</i> .
<b>Tableau n°02 :</b>	Principaux produits de la caroube (pulpe et graines) et leurs utilisations.
<b>Tableau n°03 :</b>	Composition moyenne de la pulpe de caroube.
<b>Tableau n°04 :</b>	Les différentes formes de la gousse.
<b>Tableau n°05 :</b>	Corrélation entre les variables biométriques des gousses et des graines.
<b>Tableau n°06 :</b>	Corrélation entre la biométrie et le taux de sucre des gousses.

## Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
---------------------------	----------

### **Chapitre I : Généralités sur le caroubier :**

1.Taxonomie .....	3
2.Origine et distribution géographique .....	3
2.1.Origine du caroubier.....	3
2.2.Répartition mondiale .....	4
2.3.Répartition en Algérie .....	5
3.Production mondiale.....	5
4.Description botanique.....	6
4.1.Tronc.....	7
4.2.Feuilles .....	8
4.3.Racines .....	8
4.4.Fleurs .....	10
4.5.Fruits .....	11
4.6.Graines.....	12
5.Production du caroubier .....	13
6.Ecologie .....	14
7.Intérêt du caroubier .....	14
8.Multiplication du caroubier .....	16
8.1.Semis .....	16
8.2.Bouturage .....	16
8.3.Culture in Vitro .....	16
8.4.Multiplication par greffage.....	16
9.Reproduction du caroubier .....	17
10.Composition chimique .....	17

## **Chapitre II : Matériels et méthodes :**

1.Site d'échantillonnage .....	19
2.Echantillonnage .....	21
3.Mesures biométriques et chimiques .....	21
3.1.Mesures biométriques .....	21
4.Détermination des sucres réducteurs.....	24
4.1.Préparation du matériel végétal.....	24
4.2.Dosages des sucres réducteurs .....	24

## **Chapitre III: Résultats et discussion**

### **I. Résultats**

1. Mesure des variables agro-morphologiques.....	26
1.1. Gousse .....	26
1.1.1. Formes des gousses .....	26
1.1.2. Couleurs des gousses .....	27
1.1.3. Surfaces des gousses .....	27
1.1.4. Longueurs des gousses .....	28
1.1.5. Largeurs des gousses .....	28
1.1.6. Epaisseurs des gousses .....	29
1.1.7. Cordes des gousses.....	29
1.1.8. Poids des gousses .....	30
1.1.9. Poids de la pulpe .....	30
1.2.Graine .....	31
1.2.1. Couleurs des graines .....	31
1.2.2. Formes des graines .....	31
1.2.3. Nombres des graines par gousses .....	31
1.2.4. Poids des graines par gousses .....	32
1.2.5. Rendements des graines .....	32

1.2.6. Poids des graines .....	33
1.2.7. Longueurs des graines .....	33
1.2.8. Largeurs des graines.....	34
1.2.9. Epaisseurs des graines .....	34
2. Taux des sucres réducteurs .....	35
3. Corrélation entre les variables biométriques des gousses et des graines .....	35
4. Corrélation entre la biométrie et les taux de sucres .....	38
<b>II. Discussion .....</b>	<b>38</b>
Conclusion et perspective.....	45
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	



# ***Introduction***

## Introduction

---

Le bassin méditerranéen a été identifié comme un point chaud mondial de biodiversité (Myers et al., 2000). Il possède une grande diversité biologique avec 25000 espèces au total (Médail et Quézel 1997), et constitue le 3ème point chaud possédant le plus de taxons végétaux au monde (Myers et al., 2000).

Avec la diversité pédologique et bioclimatique, l'Algérie recèle une importante richesse en biodiversité et cela grâce à sa situation géographique et à sa diversité pédoclimatique (les zones côtières, les zones de plaines, les zones de montagne, les zones steppiques, les zones Sahariennes). Cette biodiversité est importante pour l'économie algérienne et pour le maintien de l'équilibre écologique de ces zones dans le contexte des changements climatiques (Yahi-Guenafdi, 2018).

Selon les statistiques fournis par FAO, en 2000 la surface cultivée en caroubier en Algérie était de l'ordre de 1210ha. 12 ans plus tard la surface s'est rétrécie à 821 ha seulement. La production quant à elle, est passée de 3952 tonnes en 2000 et 3136 en 2012.

Selon la (FAOSTAT), la superficie cultivée totale du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAOSTAT). En 2009, cette superficie était de 927 ha dont 645 ha de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaia, tandis qu'il reste très négligeable dans la wilaya de Tizi Ouzou avec une superficie de 1ha et 33841Qx de production. (Mehdad, 2013).

*Ceratonia siliqua* L. généralement connu sous le nom du caroubier, fait partie des légumineuses, c'est un arbre xérophile et commun dans les pays méditerranéens depuis des siècles. Le bassin méditerranéen est considéré comme un habitat original pour le caroubier, car il est un arbre pérenne qui ne nécessite pas de soins particuliers et peut supporter des conditions climatiques difficiles. Il présente un intérêt de plus en plus grandissant en raison non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (Biner et al., 2007).

## Introduction

---

Le caroubier a démontré dans le passé et continu, à travers ces multiples usage de prouver son importance économique sociale et environnement notamment dans le bassin méditerranéen. Cependant, la méconnaissance dont il fait l'objet freine son éventuelle amélioration et la possibilité de recouvrer et d'étendre son aire de répartition.

L'objectif de notre travail est de caractériser l'espèce *Ceratonia siliqua* dans la région de Tizirt par des mesures biométriques couplées aux dosages des sucres des gousses.

Ce travail est scindé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à des généralités sur le caroubier.
- Dans le second chapitre, nous décrivons le site d'échantillonnage et le protocole expérimental utilisé.
- Les résultats obtenus sont discutés dans le troisième chapitre. Enfin, nous terminons avec des perspectives.

# *Chapitre 01*

## *Généralités sur le caroubier*

## 1. Taxonomie

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des Légumineuses (Fabacées) de l'ordre des Rosales. Ce genre renferme en plus de *Ceratonia siliqua*, deux autres espèces : *Ceratonia oreothauma* et *Ceratonia somalensis* originaire (Batlle et Tous, 1997).

*Ceratonia siliqua*, son nom latin *Ceratonia* vient du grec keratia signifiant «petite corne» (en référence à ses caroubes, gousses en forme de cornes à maturité). Le nom d'espèce, *siliqua*, désigne en latin une silique ou gousse (tableau01).

<b>Règne</b>	<b>Plantae</b>
<b>Sous-règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliosida
<b>Sous-classe</b>	Rosidae
<b>Ordre</b>	Rosales
<b>Famille</b>	Legumineuses
<b>Sous-famille</b>	Caesalpinioideae
<b>Sous-tribu</b>	Ceratoniinae
<b>Genre</b>	<i>Ceratonia</i>

**Tableau n°01** : Classification taxonomique du genre *Ceratonia* (Sbay, 2008).

## 2. Origine et distribution géographique :

### 2.1. Origine du caroubier :

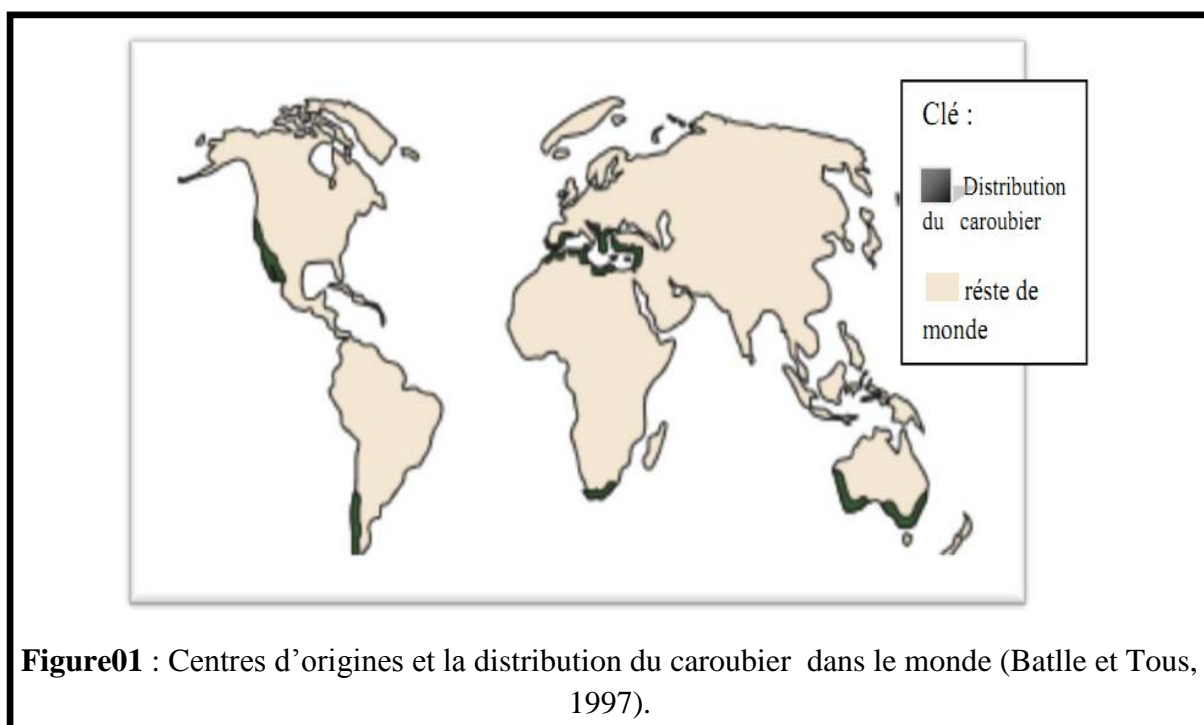
Selon certains auteurs le caroubier dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestiqué depuis le néolithique 4000ans avant J.C, et sa culture extensive date au moins de 200ans avant J.C (Batlle et Tous, 1997). Il était connu dans le proche Orient et les îles de la méditerranée. En Egypte, les Pharaons ont utilisé de la poudre de fruit pour durcir les bâtons

momifiés (17ème Siècle avant J.C), les Numides s'en servaient pour l'alimentation des bêtes de valeur et, selon Gsell, il entrait dans la préparation de la nourriture humaine (Lavallée, 1962).

## 2.2. Répartition mondiale :

Les caroubiers sont largement répandus à l'état sauvage, en Turquie, en chypre, en Syrie, au Liban, en Israël, dans le sud de la Jordanie, Egypte, Arabie , Tunisie et Lybie avant d'atteindre l'Ouest Méditerranéen. Puis il a été introduit avec succès dans les pays à climat Méditerranéen. Le caroubier est actuellement aux Philippines et en Iran (Batlle et Tous, 1997).

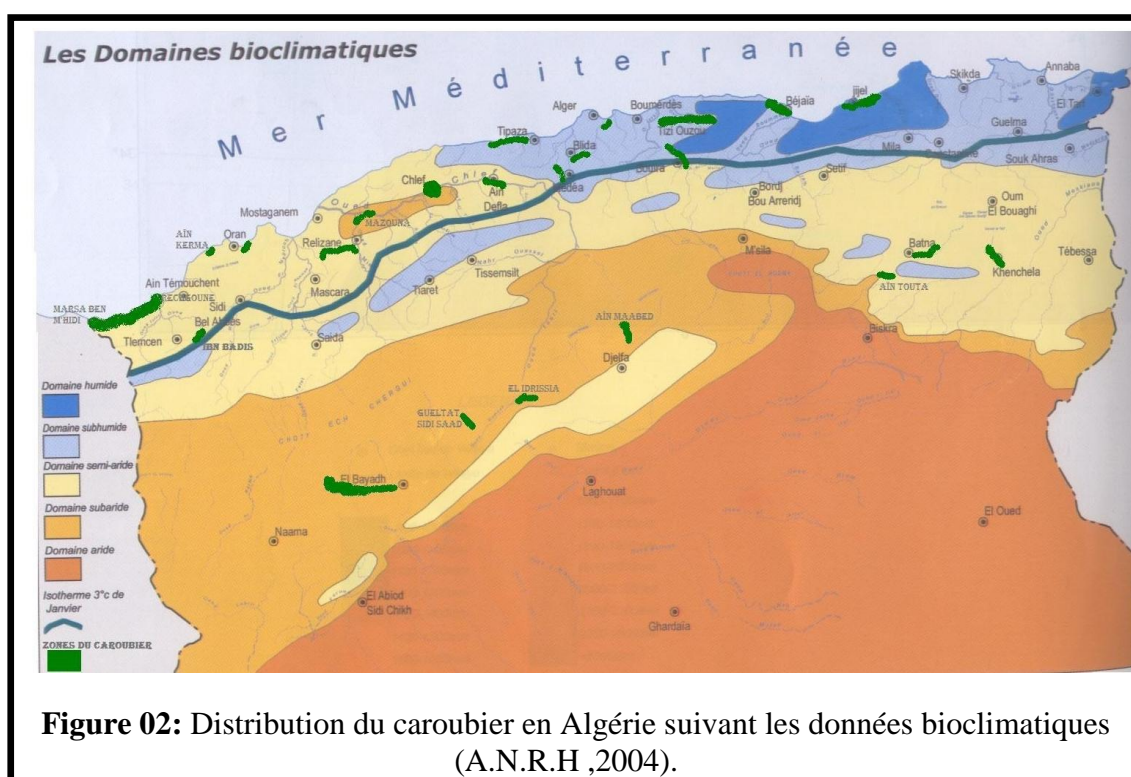
Dans les zones méditerranéennes basses (0-500m, rarement 900m au dessus du niveau de la mer), le caroubier est l'espèce d'arbre dominante et caractéristique de la brousse sclérophylle (Folch L et Guillen R, 1981). Il s'adapte à plusieurs types de sols. (figure01).



### 2.3. Répartition en Algérie :

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (Quezel et Santa,1962) ,on le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, *Olea europea* et *Pistacia lentiscus* dans les étages semi-aride chaud, subhumide et humide, avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80mm à 600mm/an (Rebour, 1968).

L'aire de répartition du caroubier en Algérie est représenté dans la figure02.



### 3. Production mondiale :

Selon Batlle et Tous (1997), la superficie totale de la production mondiale de caroube est estimée à 210000ha. La plus grande superficie est de 148000ha se trouve dans les pays méridionaux de l'union Européenne (Espagne, Italie, Portugal, et Grèce), représentant 74% de la superficie plantée et 70% de la production fruitière mondiale.

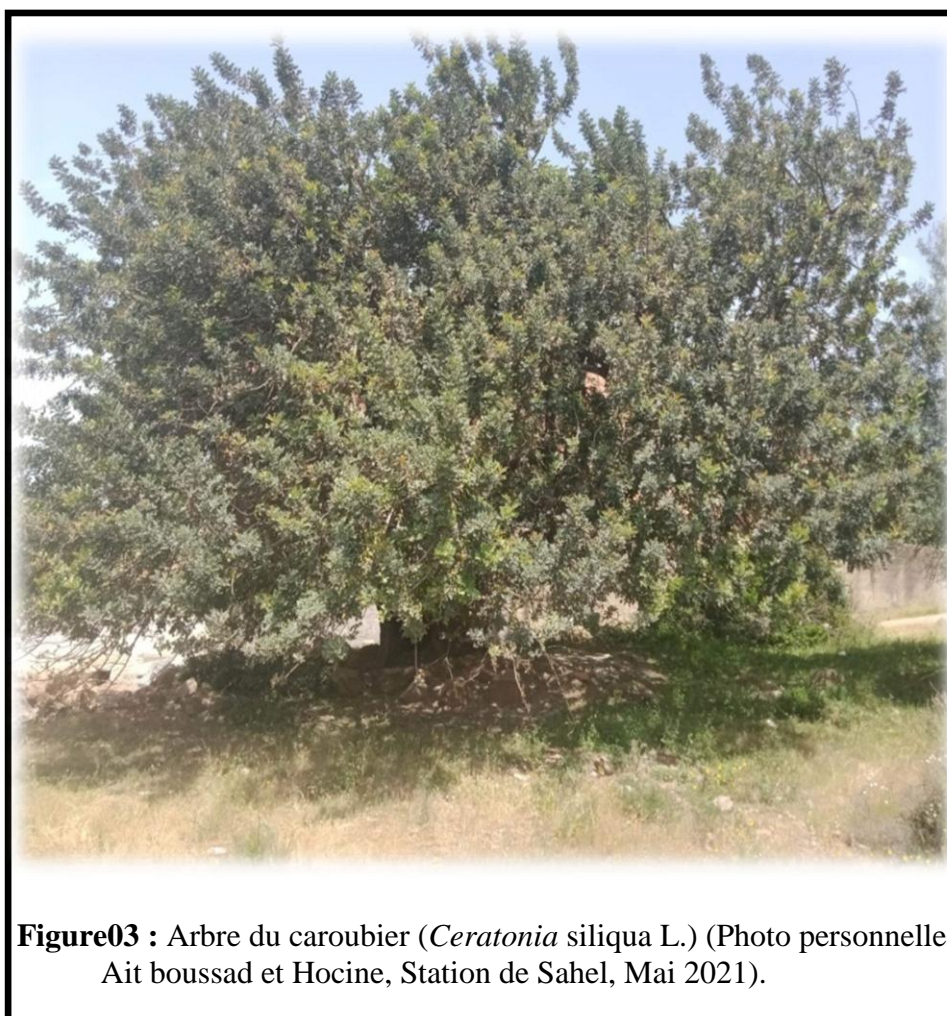
La production mondiale de caroube est estimée à 210,000 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, en Italie, au Portugal, au Maroc, en Grèce, au Chypre,

en Turquie, en Algérie et autres. Par ailleurs les faibles productions ont été enregistrées en Croatie, en Tunisie, à Malte, en Australie, en Californie et en Afrique du Sud.

En 2006, la production mondiale est estimée à 186279 tonnes, produites dans environs 103931 ha, soit 1,8 tonnes/ha. L'Espagne est le premier producteur avec 70000 tonnes alors que le Maroc est la troisième place avec 26000 tonnes (Sbay,2008).

#### 4. Description botanique :

Le caroubier est un arbre ou arbuste (fig.03) sclérophylle sempervirent, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. Il est mellifère, son miel est de bonne qualité. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007).



#### 4.1. Tronc

Le tronc peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence (fig04), le caroubier doit se développer et se maintenir sur un seul tronc. Il faut surtout éviter que des branches démarrent des portes greffes au détriment de la variété (Ait chitt et al., 2007), le diamètre moyen est de 50 centimètres en fonction de l'âge de l'arbre (Albanell, 1990).

Le tronc du caroubier est épais, robuste avec des canaux de circulation de la sève associés aux racines les plus épaisses, ce qui leur donne un aspect tortueux, particulièrement marqué chez certaines variétés. L'écorce est rugueuse à la base de couleur grise à rougeâtre (Melgarejo et Salazar, 2003).



**Figure04** : Tronc du caroubier(photo personnelle Ait boussad et Hocine, Station Thala testane, Mai2021)

## 4.2. Feuilles

Les feuilles de *Ceratonia siliqua* (fig.05) sont persistantes, de longueur allant de 10 à 20 cm, se caractérisent par un pétiole sillonné sur la face interne et un rachis portant de 8 à 15 folioles, opposés, de 3 à 7 cm. Elles sont coriaces, entières, ovales à elliptiques, paripennées, légèrement échancrées au sommet avec une couleur vert noir brillante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure. Le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne sauf en juillet chaque deux ans, lesquelles sont renouvelées au printemps de la même année, en avril et mai (Ait Chitt et al., 2007).



**Figure05** : feuilles du caroubier (Photo personnelle Ait boussad et Hocine, Station de Boudjima, Juin 2021).

## 4.3. Racines

Cet arbre développe un système racinaire pivotant (Fig.09), qui peut atteindre 18 m de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003) . La structure des racines et la composition des exsudats racinaires changent durant le développement de la plante ainsi qu'en fonction de conditions environnementales telles que la disponibilité de l'eau et la température.

La pénétration passive a eu lieu au niveau des craquelures que provoque l'émergence des racines latérales ou secondaires, de la zone d'élongation des racines et des espaces cellules corticales et épidermiques (Chaintreuil et al.,2000).



**Figure09** :Racines du caroubier (photo personnelle Ait boussad et Hocine, Station de Thala testane, Juin 2021).

#### 4.4. Fleurs

Le caroubier est un arbre dioïque, parfois hermaphrodite et rarement monoïque (Linskens and Scholten, 1980 ; Batlle et Tous, 1988). Les pieds mâles sont stériles et improductifs (Rejeb, 1995).

On distingue trois formes de fleurs : fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites (fig.06) qui sont portées sur différents pieds.

Les fleurs femelles sont constituées d'un pistil court et recourbé avec un petit ovaire (5 à 7 mm) bicarpellé. Les stigmates sont bilobés et couverts par des papilles. A la base, le disque nectarifère est entouré de 5 à 6 sépales rudimentaires, par contre, la corolle est absente, et les fleurs mâles portent 5 étamines, à filets allongés (Aafi, 1996).

La morphologie florale du caroubier est très complexe, selon la littérature cinq types d'inflorescences se distinguent:

Inflorescence polygame : composée de fleurs mâle, 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 (Ait chitt et al., 2007).

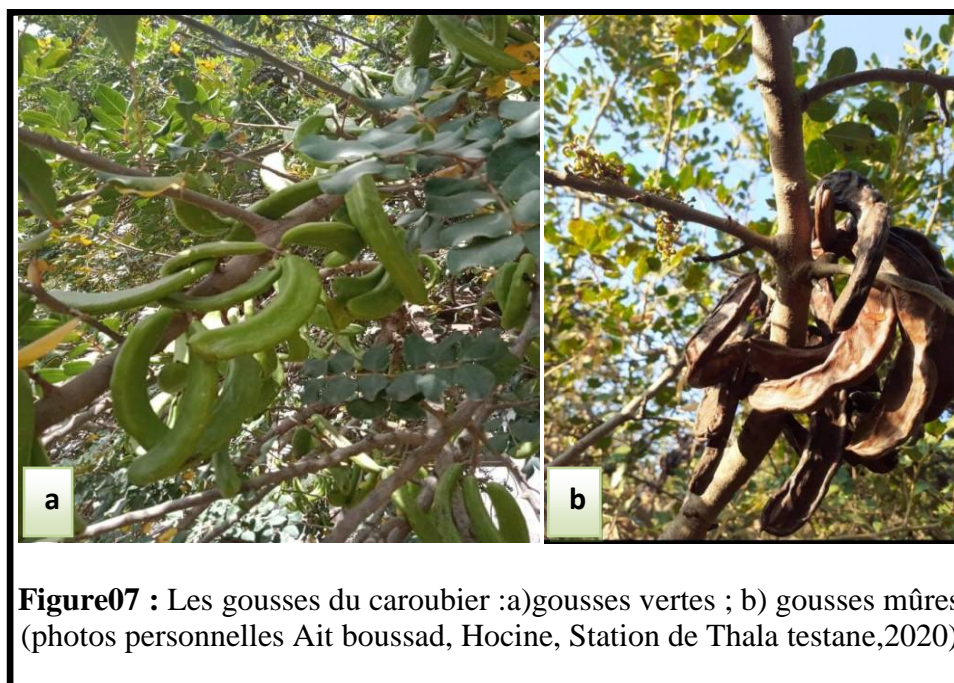


**Figure06** : Inflorescences du caroubier : a) Inflorescence femelle ; b) Inflorescence mâle (Ait Chitt et al., 2007) ; c) Inflorescence hermaphrodite (Ait boussad et Hocine Thala testane 2021) .

#### 4.5. Fruits

Le fruit est une gousse indéhiscente, allongée, comprimée, droite ou recourbée, épaissie au niveau des sutures, 10-30 cm de long, 1,5-3,5 cm de large et environ 1 cm d'épaisseur avec apex émoussé ou subaigu. Les fruits sont verts au début puis deviennent marron à maturité (fig.07).

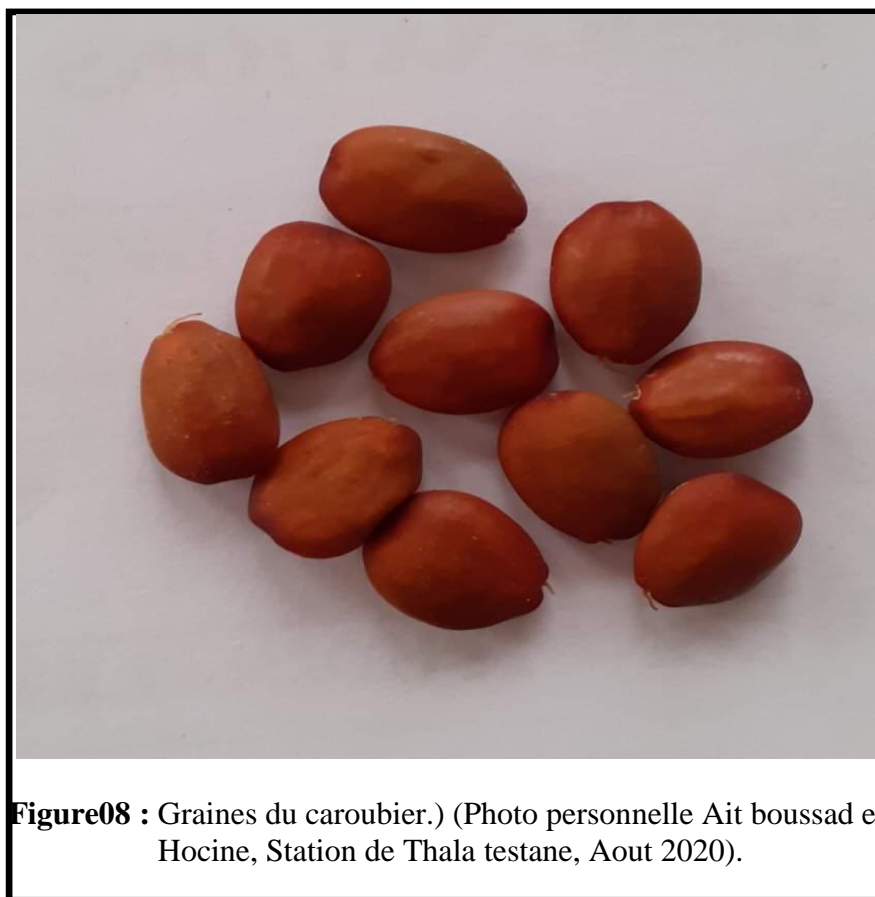
La pulpe comprend une couche externe coriace (péricarpe) et plus douce région interne (mésocarpe). Les graines se trouvent dans la gousse transversalement, séparées par le mésocarpe. Ils sont très durs et nombreux, comprimés ovales-oblongs, longs de 8 à 10 mm, 7-8 mm de large et 3-5 mm d'épaisseur; le testa est dur et lisse, brun brillant, le hile minute (Batlle et Tous, 1997).



**Figure07** : Les gousses du caroubier :a)gousses vertes ; b) gousses mûres (photos personnelles Ait boussad, Hocine, Station de Thala testane,2020)

#### 4.6. Graines

Les graines sont ovoïdes (fig.08), rigides, d'une couleur qui dépend de la variété, elle peut être marron, rougeâtre ou noir dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm (Batlle et Tous, 1997).



### 5. Reproduction du caroubier

Le caroubier est considéré comme le seul arbre méditerranéen qui fleurit en été : d'Août à Octobre (Aafi, 1996) ou en automne : de Septembre à Novembre (Fournier, 1977). Cependant, le temps et la durée de la période de floraison dépendent des conditions climatiques locales ce qui est le cas pour la plupart des arbres fruitiers (Batlle et al., 1997).

Les pieds mâles du caroubier sont stériles et improductifs. Cet aspect a été bien étudié par Schroede (1959). La pollinisation chez le caroubier est assurée en grande partie par les insectes ( Rejeb et al., 1991) mais aussi par le vent (Batlle et al.,1990).

La fructification chez le caroubier se situe entre juillet et décembre de l'année qui suit la floraison selon les régions et les cultivars (Aafi, 1996).

## 6. Ecologie :

Le caroubier est une essence, très plastique, héliophile, thermophile et très résistante à la sécheresse (200mm de pluie) mais pas au froid (Sbay et Abourouh, 2006).

Le caroubier appartient à l'écosystème «maquis du littoral méditerranéen» sur sol calcaires ; c'est un arbre pérenne à feuilles persistantes , il croit dans les régions tempérées et subtropicales et tolère les zones côtières chaudes et humides mais très sensibles au froid d'hiver , de sorte qu'il peut vivre seulement à proximités des côtes avec des altitudes de moins de 500m, bien que dans certaines zones sa culture occupe des terrains plus élevés mais toujours avec des expositions adéquates (Melgarejo et Salazar,2003) .

Le caroubier avec *Pistacia lentiscus* L.et *Olea europeae* L. constituent une des associations les plus caractéristiques de la zone inférieure de la végétation méditerranéenne et pour autant elle est considérée comme une communauté climatique (*Oleo-Ceratonion*) (Batlle et Tous, 1997).

## 7. Intérêt et utilisations du caroubier :

Le caroubier est une essence agro-sylvopastorale offrant de nombreux avantages et intérêts socio-économiques et écologiques. Il est cultivé depuis longtemps, surtout pour ses fruits comestibles et sucrés qui sont riches en calcium, phosphore, potassium, magnésium, et pectine. La production mondiale de caroube est estimée à 250 000 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, au Maroc, en Italie, au Portugal, en Grèce, en Turquie, au Chypre et en Algérie. Par ailleurs, de faibles productions ont été enregistrées au Liban, en Tunisie, en Australie et en Afrique du Sud (Ben mahioul et al.,2011).

La farine du fruit, est employée dans les industries agro-alimentaire et pharmaceutique, principalement contre les troubles gastro-intestinaux (diarrhée). Nous signalons aussi que la pulpe est préconisée contre la tuberculose pulmonaire. On tire de la caroube un autre produit essentiel : la gomme. Extraite de l'endosperme de la graine, elle est largement utilisée en agro-alimentaire, en imprimerie, dans les industries textile et cosmétique. 100 kg de graines produisent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche (Jones, 1953).

Le caroubier est une plante mellifère : son miel est de bonne qualité. L'écorce et les racines de cet arbre sont employées en tannerie. *Ceratonia siliqua* est une espèce pastorale. La valeur fourragère de ses feuilles et de ses fruits est respectivement de 0,29 et de 1,15 unité fourragère par kilogramme de matière sèche (Putod, 1982). Compte tenu de sa couronne sphérique et de son feuillage persistant, dense et brillant, le caroubier est utilisé également comme arbre ornemental et comme brise-vent. En outre, cette espèce ligneuse joue un rôle vital dans la protection de l'environnement (Ben mahioul et al., 2011).

**Tableau n° 02:** les principaux produits de la caroube (pulpe et graines) et leurs utilisations majeurs (Batlle et Tous, 1997).

Produits	Traitements reçus	Utilisations
<b>Pulpe</b> Brute	Aucun	Alimentation animale (cheval et ruminants).
	Moulage	Alimentation humaine et animale (ruminants et non ruminants).
	Extraction et purification	Sucre et mélasse
	Fermentation et Distillation	Alcool et production de protéines Microbienne
	Extraction	Tanins comme anti-diarrhée
Poudre	Lavage, séchage,	Ingrédients alimentaires; substituant
	Torréfaction et moulage.	du cacao ; préparation de produits diététiques et pharmaceutiques.
<b>Graines</b>		
Endosperme	Moulage	Aditifs alimentaires ; fibre diététique ; aliments pour mascottes ; produits pharmaceutiques et cosmétiques.
Embryon	Moulage	germe ; nutrition humaine et animale
Episperme	Extraction	Tanins pour le tannage des cuirs.

## 8. Multiplication du caroubier

### 8.1. Le semis

Selon Ait Chitt et al.,(2007),Au niveau national, la seule méthode utilisée jusqu'à présent pour multiplier le caroubier est le semis. Cette technique, par voie sexuée, présente un certain nombre d'inconvénients, à savoir:

- Le caroubier est une espèce dioïque, et par conséquent le semis donne des plants avec un ratio de 50% de femelles et 50% des mâles improductifs.
- La non conformité génétique liée à l'hétérozygotie de l'espèce, et donc une grande hétérogénéité de la descendance.
- Entrée en production très tardive, qui peut prendre plus de 8 ans.

### 8.2. Le bouturage

Les travaux menés sur le bouturage au Domaine El Bassatine démontrent les limites techniques et physiologiques du bouturage du caroubier. Les résultats varient en fonction des arbres (génétique), de la nature de la bouture et de la concentration en auxine.

### 8.3. La culture in vitro

La multiplication de cette espèce n'est pas encore bien maîtrisée surtout au stade enracinement.

Cette approche ne sera valable économiquement que lorsque le matériel végétal ne permet pas de procéder au greffage.

### 8.4. Multiplication par greffage

La technique mise au point au Domaine El Bassatine est maintenant utilisée comme routine pour la propagation du caroubier.

Cette approche permet:

- La préservation de la conformité du plant produit par rapport au plant mère sélectionné pour ses caractéristiques de production et de qualité.

- La conservation des avantages offerts par le plant issus de semis (racines profondes, rusticités, résistances aux maladies) en l'utilisant comme porte greffe. Le choix de la greffe en fente apicale par rapport à l'écusson a été guidé par les avantages suivants:
- ❖ Il permet de greffer sur des francs très jeunes (9- 10 mois) par rapport au greffage en écusson qui demande un diamètre de porte greffe plus grand (donc une durée d'élevage plus longue).
- ❖ IL permet d'avoir une bonne soudure greffon - porte greffe (Ait Chitt et al., 2007).

### 9. Reproduction du caroubier

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

Les pieds mâles du caroubier sont stériles et improductifs. La pollinisation chez le caroubier est assurée en grande partie par les insectes (Rejeb et al., 1991), mais aussi par le vent (Batlle et al., 1990).

La fructification, chez le caroubier, se situe entre juillet et décembre de l'année qui suit la floraison, selon les régions et les cultivars (Aafi, 1996).

### 10. Composition de la caroube:

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend en général du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (Albanell et al., 1991).

La gousse est riche en carbohydrates et particulièrement en sucres hydrolysables (sucrose 34%, D-glucose 64%, D-fructose 6% par contre elle présente une faible proportion en lipides 3%). La gousse du caroubier présente une valeur énergétique importante (17,5 kJ/g de M.S), (Biner et al., 2007).

La pulpe est très utilisée soit comme aliment diététique, soit comme remplaçant du chocolat, soit encore en alimentation animale. Elle est très riche en sucres (40-60%) en particulier, saccharose (27-40%), fructose (3-8%) et glucose (3-5%) mais pauvre en lipides (0,4-0,6%) ou protéines (2-6%) ; (Leroy ,1929 ; Avallone et al., 1997). la pulpe présente également une teneur très élevée en fibres (27-50%) et une quantité non négligeable de tanins(Saura-Calixto, 1988)(tableau03).

La composition chimique de la graine est pauvre en minéraux, en fibres et en protéines, par contre elle contient une quantité appréciable de lipides (Bouzouita et al.,2007).

**Tableau n°03** : composition moyenne de la pulpe de caroube (Puhan et Wielinga, 1996 in Batlle et al.,1997).

Constituant	%
Sucres totaux	48-56
Sucrose	32-38
Glucose	5-6
Fructose	5-7
Pintol	5-7
Tannins	18-20
Polysaccharides non amines	18
Cendre	2-3
Lipides	0,2-0,6



***Chapitre 02***  
***Matériels et méthodes***

Notre travail a pour objectif d'étudier la variabilité de la biométrie et des taux des sucres des gousses chez *Ceratonia siliqua* dans la région de Tizirt.

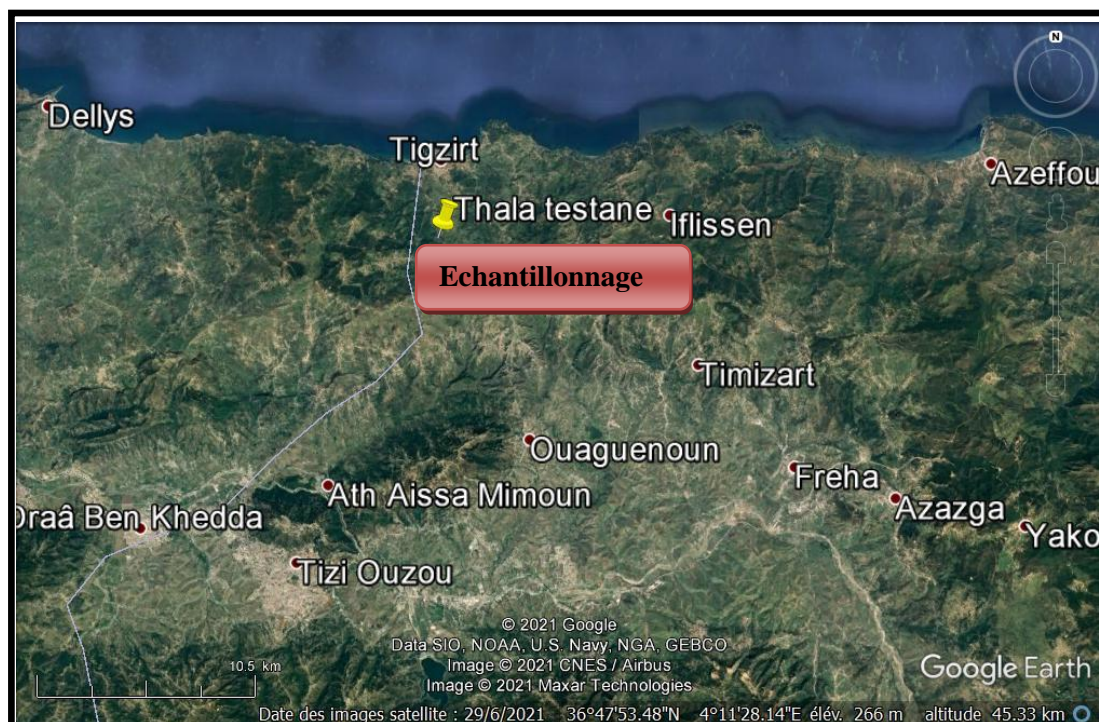
Nous nous sommes intéressées dans cette étude à la caractérisation de quelques paramètres biométriques des gousses et des graines du caroubier afin de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre les mesures biométriques ainsi entre la biométrie et les taux des sucres.

### 1. Site d'échantillonnage

Tizirt est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, ville côtière de Kabylie en Algérie, situé à 40 Km au Nord de Tizi Ouzou, à 120Km à l'Est d'Alger et à 116Km à l'Ouest de Béjaia avec une superficie de 41,68Km<sup>2</sup>.

La station d'étude se trouve au niveau du village Thala testane, qui se situe à 4Km au sud de la ville du Tizirt.

Délimitée au Nord par la ville de Tizirt, à l'Est par la commune et la forêt de Mizrana, à l'Ouest par le village de Tifra et au sud par le village d'Elkalaa, de la même commune (figure10).



**Figure 10:** Localisation de la région de Tizirt indiquant la station d'échantillonnage (Google Earth 2021).

Vue l'absence de données climatiques pour la région de Tizirt, nous avons utilisé celles de la station la plus proche à notre zone d'étude qui est celle de Tizi Ouzou pour une période allée de 1990 à 2014.

La région de Thala testane est caractérisée par deux périodes une période pluvieuse qui dure 8 mois en allant du mois d'Octobre au mois de Mai, et une période sèche de 4 mois soit de Juin à Septembre.

La température moyenne maximale la plus élevée pour la région d'étude est de 33,46°C au mois d'Août, qui représente le mois le plus chaud. La moyenne minimale la plus faible est enregistrée durant le mois de Janvier 5,05°C qui correspond au mois le plus froid de l'année.

En général, le minimum des précipitations est observé au mois de Juin à Septembre. Pour notre région d'étude, la valeur minimale des précipitations est enregistrée en mois de Juin (16,2mm). La valeur maximale des précipitations est enregistrée durant le mois de Décembre avec 145mm.

L'humidité de l'air pour la période 1997-2009 : la plus élevée est enregistrée au mois de Décembre avec 80%. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées en période estival (Juin, Juillet, Août) avec moins de 60%. (Hamel Hayet, 2016). Notre région d'étude se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré.

Le massif de Thala testane repose sur un substrat géologique formé de grés numidiens. Les grés numidiens donnent des sols siliceux, frais et profond, présentant des conditions favorables pour le chêne liège. ce sont des sols brunifiés, fertiles, riches en matières organiques et à bonne capacité minéralisatrice (Abed, 1993 in Hamel Hayet, 2016).

## **2. Echantillonnage**

Nous avons échantillonné, au mois d'Août 2020, des gousses mûres du caroubier dans le village de Thala testane, commune de Tizirt. 9 arbres ont été pris en considération et 30 gousses sont prélevées par arbre, soit un total de 270 gousses échantillonnées pour l'ensemble des arbres.

### 3. Mesures biométriques et chimiques

Les gousses prélevées ont fait objet de quelques mesures biométriques et chimiques

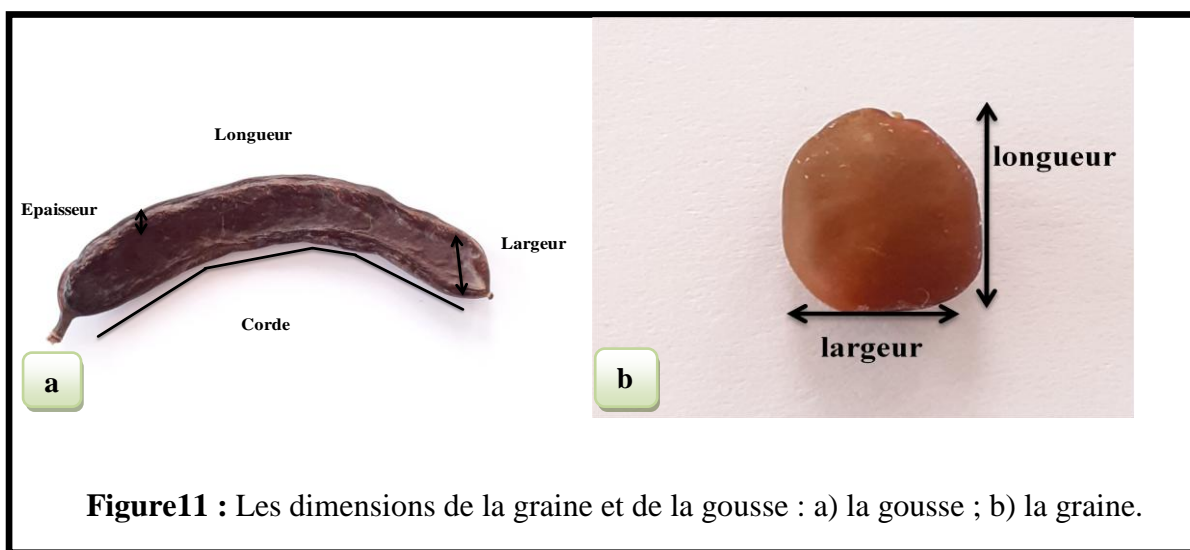
#### 3.1. Mesures biométriques

Nous avons mesuré à l'aide d'un pied à coulisse électronique les variables biométriques suivantes (figure12):

- Longueur de la gousse ( $L_g$ ), largeur de la gousse ( $l_g$ ),
- L'épaisseur de la gousse ( $E_p$ ), la corde de la gousse ( $C_g$ ),
- Le poids de la gousse ( $P_g$ ), le poids de la pulpe ( $P_{pl}$ ).

Les graines contenues dans ces gousses ont aussi fait objet d'autres mesures biométriques à savoir :

- Longueur de la graine ( $L_{gr}$ ), la largeur de la graine ( $l_{gr}$ ),
- L'épaisseur de la graine ( $E_{pgr}$ ), le poids moyen ( $P_{mgr}$ ),
- Le rendement des graines ( $R_{gr}$ ).



**Figure11** : Les dimensions de la graine et de la gousse : a) la gousse ; b) la graine.



Nous nous sommes intéressés également à d'autres variables qualitatives telles : la couleur, l'aspect et la forme de la gousse et aussi de la graine (figure13).



**Figure13** : L'aspect, la forme et la couleur des graines et des gousses (Photos personnelles Ait boussad et Hocine, Thala testane, juin 2021)

#### 4. Détermination des sucres réducteurs

##### 4.1. Préparation du matériel végétal :

Les gousses de caroube ont été d'abord séchées au soleil, concassées pour séparer la pulpe et les graines. La pulpe est broyée à l'aide d'un broyeur électrique (Moulinex).

##### 4.2. Dosage des sucres réducteurs

Les gousses ont été finement broyées. 10g de cette poudre ont été introduits dans un bécher de 100 mL, auquel nous avons ajouté 2,5mL d'acétate de zinc (30%), le volume est ajusté à 2/3 du volume du bécher avec de l'eau distillée. Ensuite, le mélange est agité à plusieurs reprises et laissé reposer pendant 15 minutes, puis ajusté avec de l'eau distillée jusqu'à 100mL suivi d'une homogénéisation. La solution est filtrée et le filtrat obtenu est récupéré.

Pour doser les sucres réducteurs contenus dans cette poudre, nous avons adopté le protocole suivant (AFNOR, 1982) :

- Prélever 5 mL de la solution de Fehling A et de la solution de Fehling B dans un bécher.
- Ajuster le volume jusqu'à 100 mL avec de l'eau.
- Chauffer sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition.
- Titrer la solution de Fehling avec le filtrat obtenu précédemment jusqu'à ce que la couleur bleue disparaisse.
- Ajouter quelques gouttes de bleu de méthylène et on continue le titrage jusqu'à apparition d'une couleur rouge brique (figure14).

Noter le volume du filtrat dépensé pour le titrage et on calcule le taux de sucres réducteurs.

##### Expression des résultats :

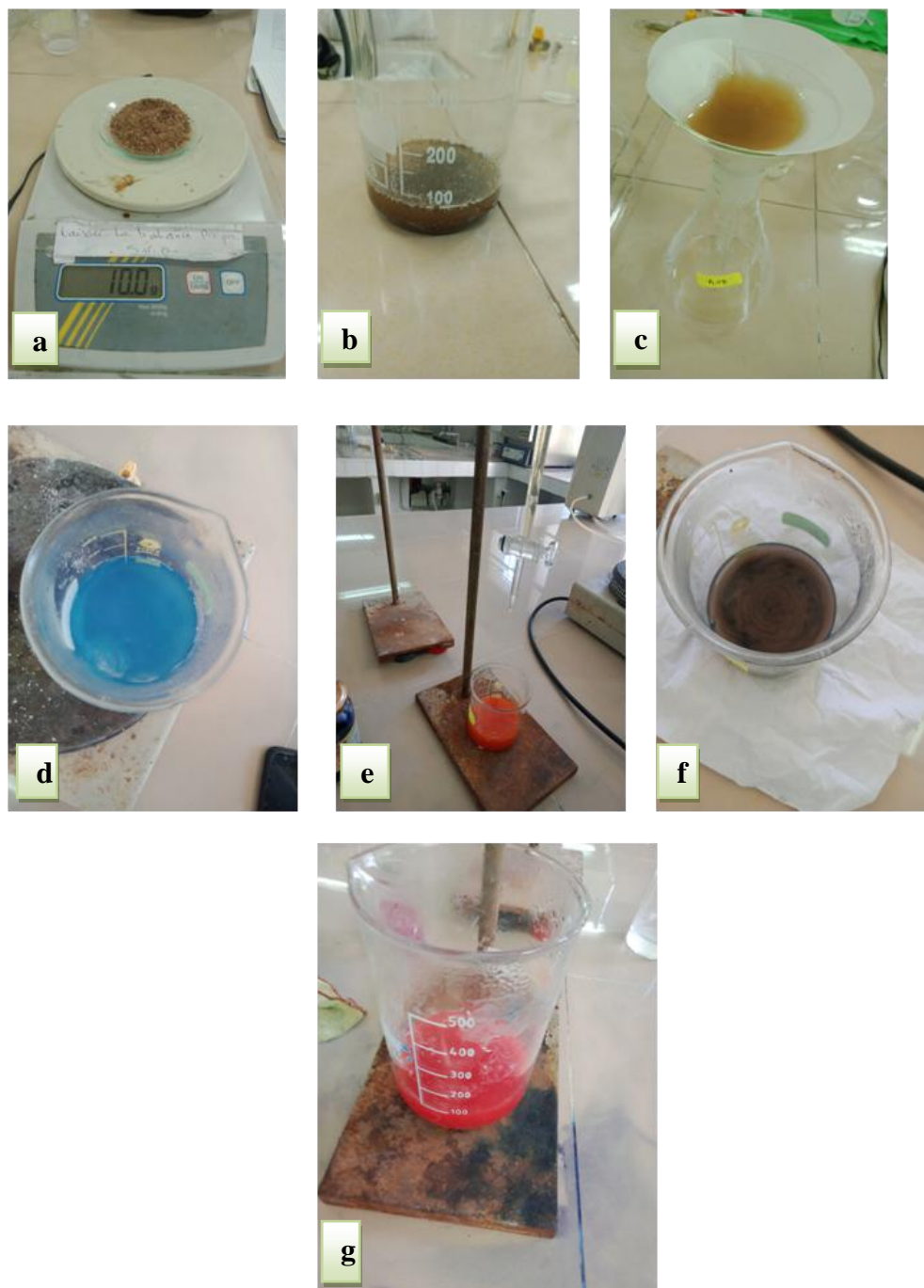
$$SR = 240 / V (V2 - 0.05) * 10$$

Soit :

**SR** : sucre réducteur.

**V** : volume de la solution mère (mL) ;

**V1** : volume du filtrat dépensé (mL) .



**Figure 14:** Les étapes du dosage des sucres réducteurs :a)mesure de l'échantillon; b) ajustement avec de l'ED ; c)filtration de la solution ; d) chauffage des Fehling A et B ; e) virement de couleur ; f) ajout de quelques gouttes de bleu de méthylène; g) apparition de couleur rouge brique.

Les données obtenues ont fait objet d'analyses statistiques.



***Chapitre 03***  
***Résultats et discussions***

## I. Résultats

### 1. Mesure des variables agro-morphologiques

Selon Batlle et Tous 1990, les caractères morphologiques et physiologiques sont importants et ont été traditionnellement utilisée pour l'identification des variétés de la caroube.

Les gousses ont été caractérisées par six caractères morpho métriques : la longueur (cm), la largeur (cm), épaisseur (cm), corde (cm), le poids de la gousse et de la pulpe (g).

Pour la graine cinq caractères morpho métriques : la longueur(mm), la largeur(mm), l'épaisseur (mm), poids moyen (g) et le rendement.

#### 1.1. La gousse :

##### 1.1.1. Forme des gousses

Dans notre travail, nous avons déterminé deux catégories de formes de gousses (tableau04)

Arbre	Forme courbée (%)	Forme droite (%)
A1	73,33	26 ,66
A2	46,66	53,33
A3	43,33	56,66
A4	100	0
A5	90	10
A6	90	10
A7	76,66	23,33
A8	60	40
A9	70	30

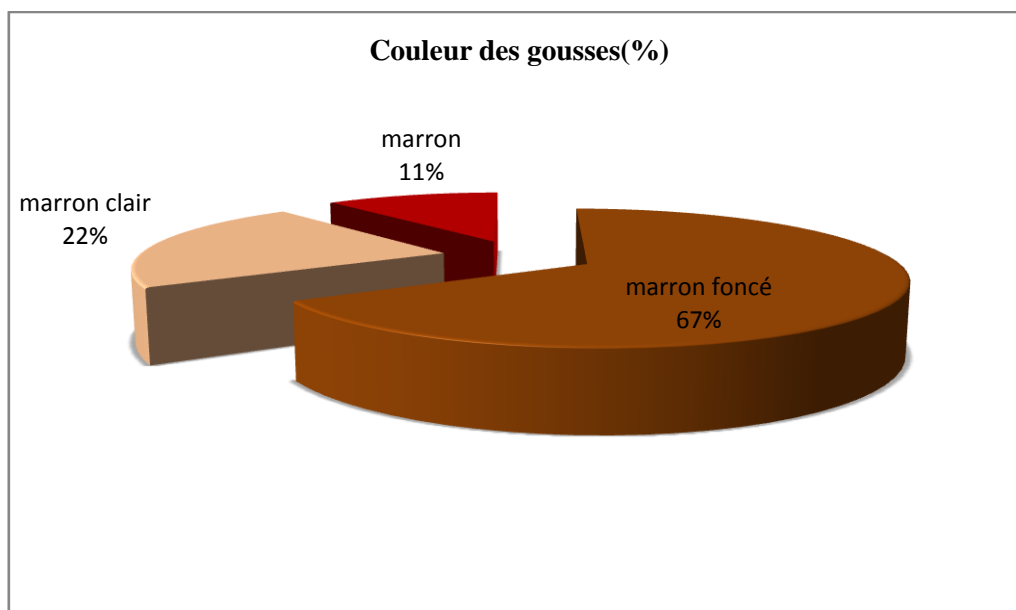
**Tableau n°04 :** Les différentes formes de la gousse.

- Première catégorie dite forme droite de gousses enregistrée pour l'arbre A3 (56,66%) , pour l'arbre A2 (53,33%).
- Seconde catégorie dite forme courbée de gousses indique une dominance qui est enregistrée pour les arbres suivants : A4 (100%), A5 et A6(90%), A7(76.66%), A1(73,33%), A9(70%) et A8(60%).

### 1.1.2. Couleurs des gosses

Nous avons identifié 3 modalités de couleurs de la gousse :

Les gosses de couleur marron foncé sont les plus dominantes avec les proportions de 66,66%, les gosses de couleur marron clair sont mieux représentées avec des proportions de 22,22%, tandis que les gosses de couleur marron sont moins représentées avec des proportions de 11,11% (fig15).

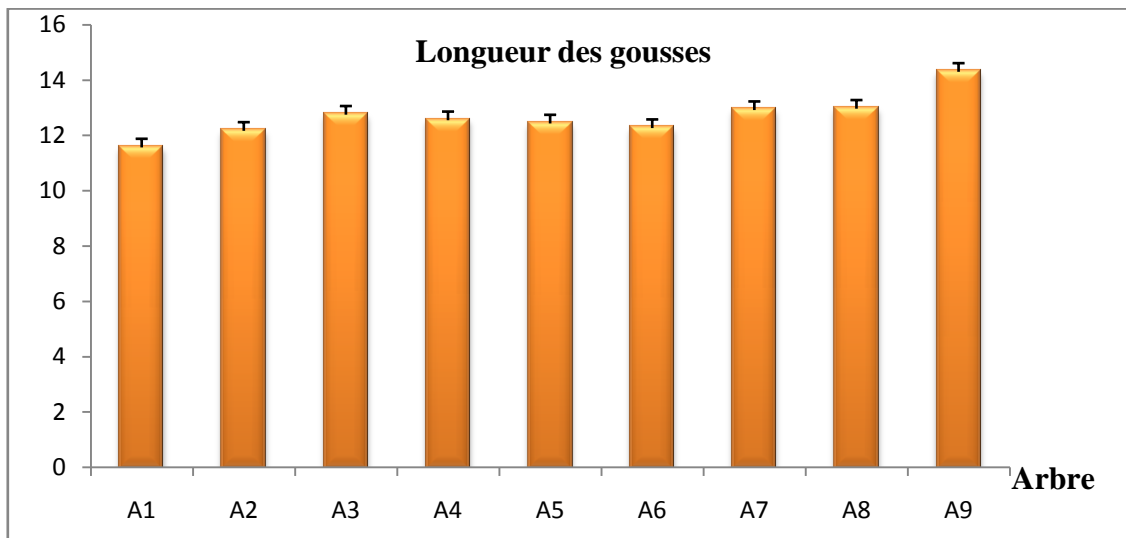


**Figure15 :** Couleurs des gosses (%).

### 1.1.3. Surface des gosses

Pour la surface des gosses, nous avons enregistré 2 modalités: ridée qui est dominante avec 55,18% et lisse avec 44,81%.

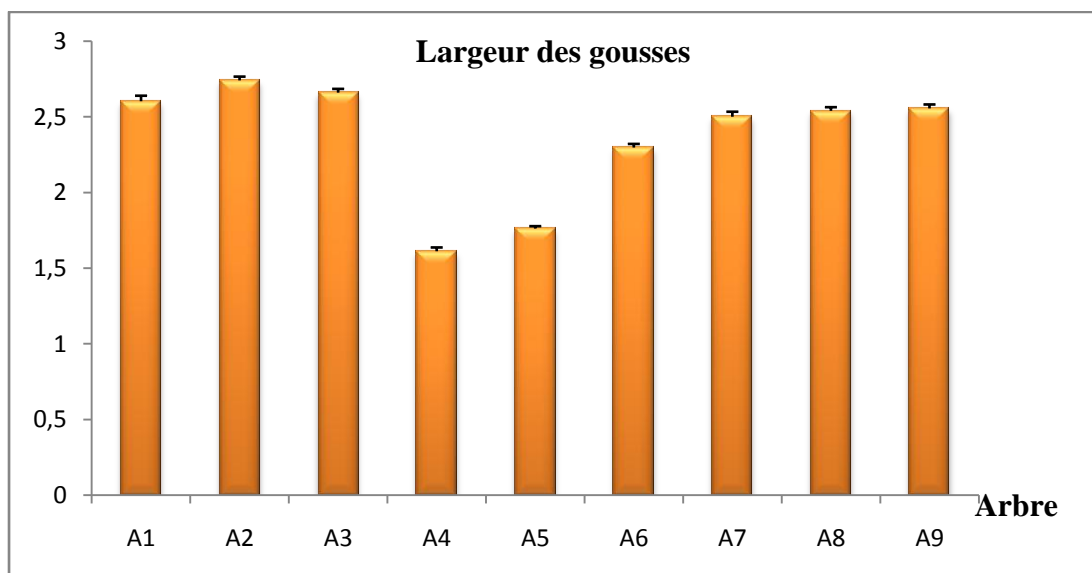
#### 1.1.4. Longueurs des gousses



**Figure16 :** Longueurs des gousses en fonction des arbres

Nous avons enregistré une variabilité importante de la longueur des gousses entre les neuf arbres échantillonnés. La valeur moyenne est de l'ordre 12,56cm, la valeur maximale (14,3cm) est enregistrée pour l'arbre, tandis que la valeur minimale (11,56cm) est enregistrée pour l'arbre A1. Le coefficient de variation est de valeur 10,59%.

#### 1.1.5. Largeurs des gousses

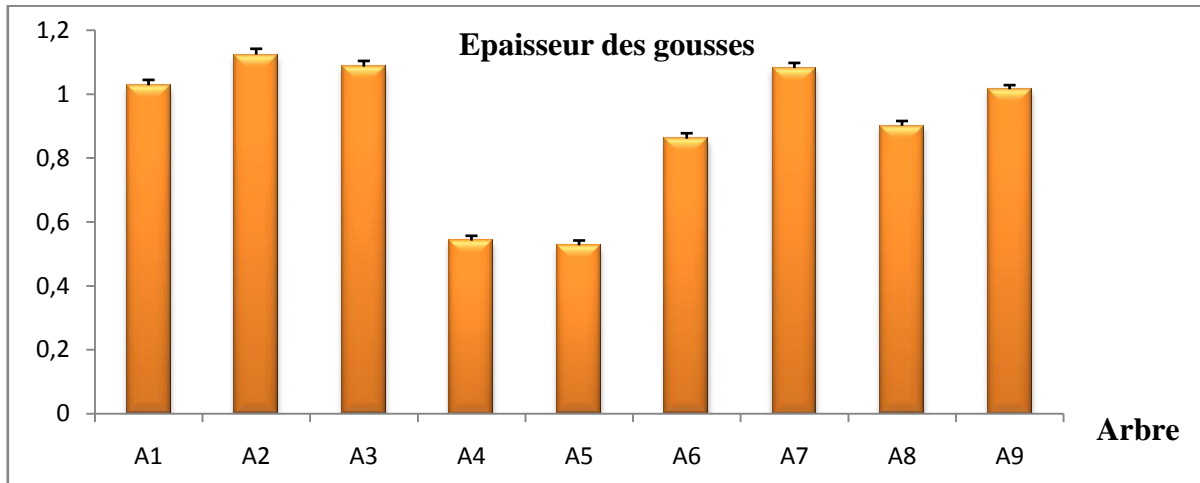


**Figure17 :** Largeurs des gousses en fonction des arbres

Nous avons enregistré une variabilité assez importante de la largeur des gousses entre les neuf arbres étudiés. La moyenne de la largeur des gousses est de 2,36cm. La valeur des gousses la plus large est de (2,74 cm) est enregistrée pour l'arbre A2, tandis que la plus faible

largeur est de (1,61cm) est enregistrée pour l'arbre A4. Le coefficient de variation est de valeur de 15,38%.

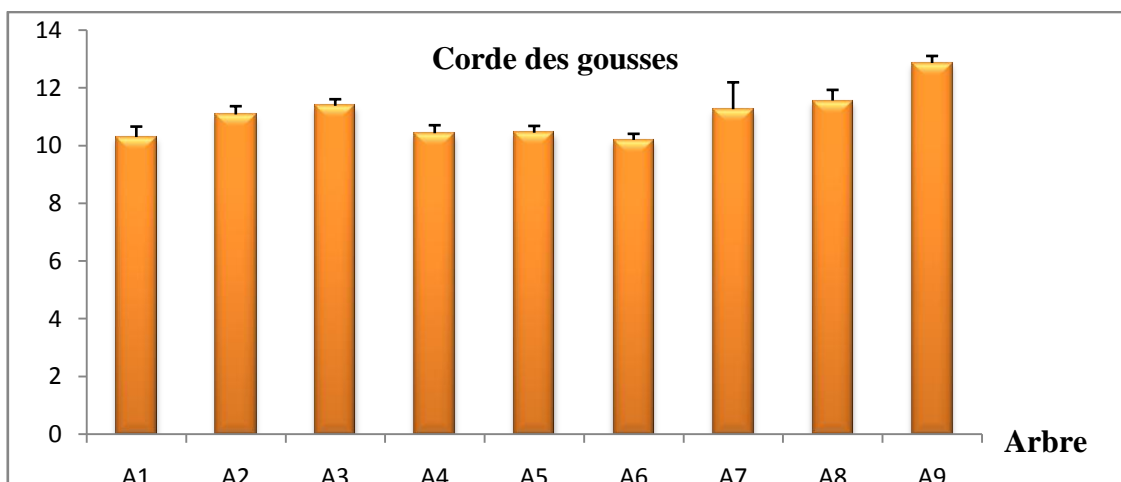
### 1.1.6. Epaisseurs des gousses



**Figure 18:** Epaisseurs des gousses en fonction des arbres

Nous avons enregistré une variabilité importante de l'épaisseur des gousses entre les neuf arbres étudiés. La valeur moyenne est de l'ordre de 0,83cm, la valeur maximale (1,41cm) est enregistrée pour l'arbre A2 ; tandis que la valeur minimale (0,52cm) est enregistrée pour l'arbre A5. Le coefficient de variation calculé est de 32,53%.

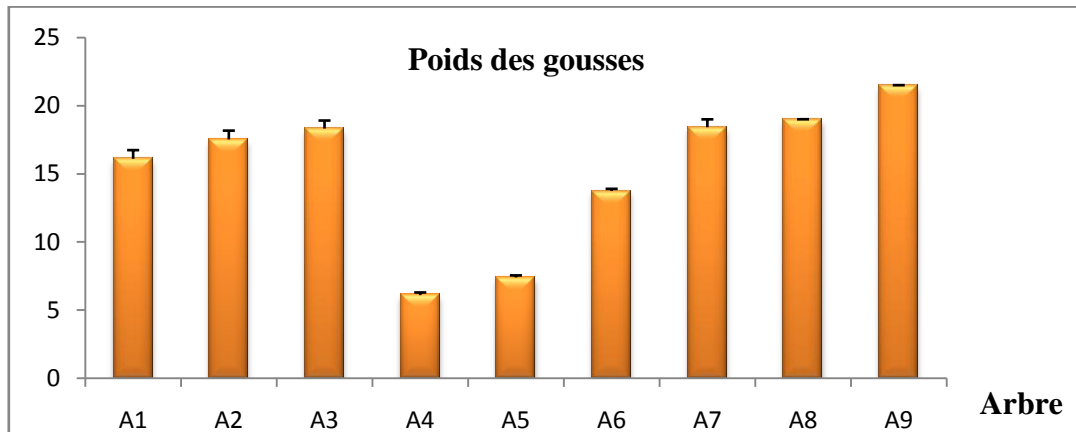
### 1.1.7. Corde des gousses



**Figure19:** Cordes des gousses en fonctions des arbres .

Les valeurs obtenues de la corde des gousses montrent une variabilité significative entre les arbres échantillonnés. La valeur moyenne est de 11,05cm. Les valeurs extrêmes sont de l'ordre de (10,2cm) est enregistrée pour l'arbre A6, ainsi que la valeur maximale est de (12,86 cm) est enregistrée pour l'arbre A9. Le coefficient de variation est de valeur 13,65%.

### 1.1.8. Poids des gousses

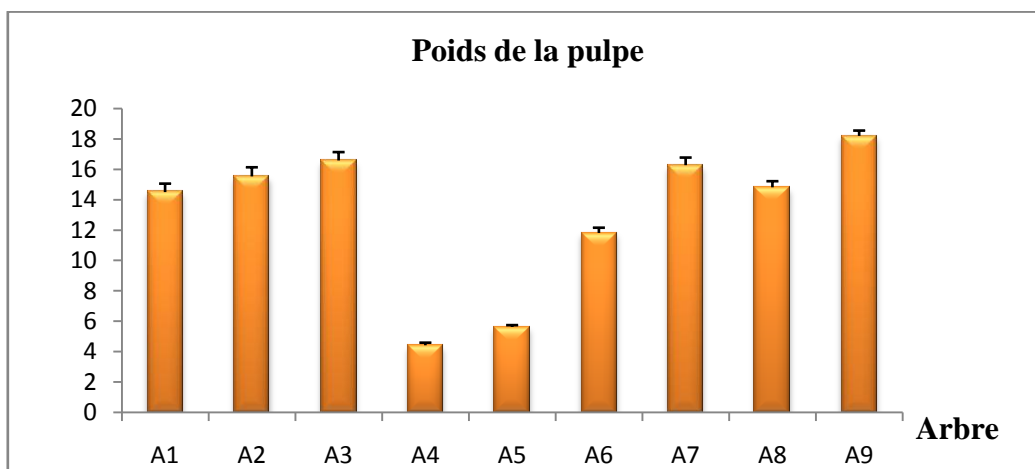


**Figure20 :** Poids des gousses en fonction des arbres

Nous avons enregistré une variabilité assez importante de poids des gousses entre les différents arbres étudiés. La moyenne est de 15,34g.

Le poids des gousses est important pour l'arbre A9 avec une valeur de 21,5g et faible pour l'arbre A4 avec une valeur de 6,19 g. Le coefficient de variation est de valeur 12,48%.

### 1.1.9. Poids de la pulpe



**Figure21 :** Poids de la pulpe en fonction des arbres

Pour les neuf arbres étudiés, nous avons enregistré une variabilité assez importante pour le poids de la pulpe, la moyenne du poids est de 13,05. La valeur maximale est de 18,2g enregistrée pour l'arbre A9, tandis que la valeur minimale est de 4,41g. Le coefficient de variation est de valeur 16,84%.

## 1.2. La graine :

### 1.2.1. Couleurs des graines

Nous avons enregistré 4 couleurs distinctes de la graine : marron clair qui est la couleur dominante avec une proportion de 36,37% , noirâtre avec une proportion de 33,28%, marron foncé avec une proportion de 19,09% et le marron avec une proportion de 11,24%(fig22).

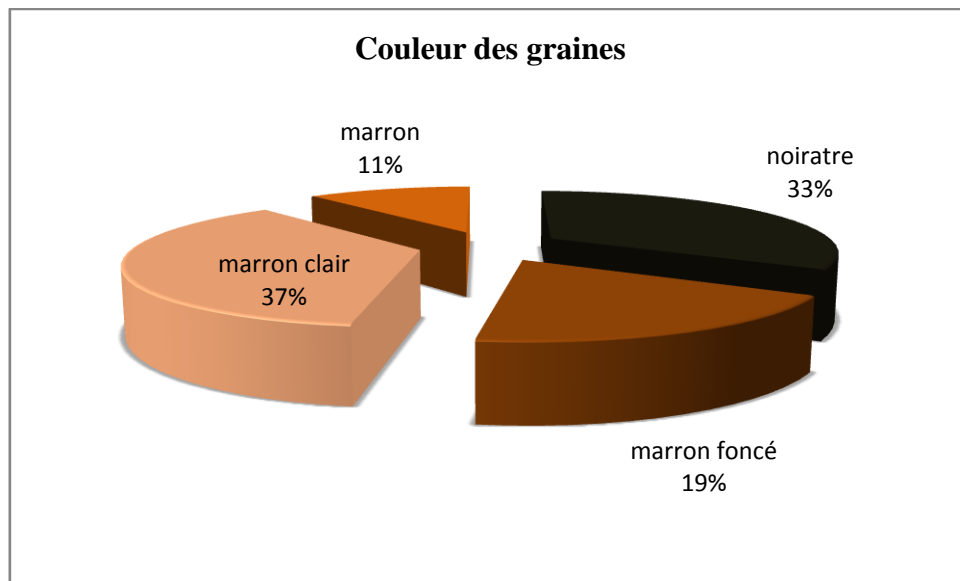


Figure22 : Couleurs des graines (%) .

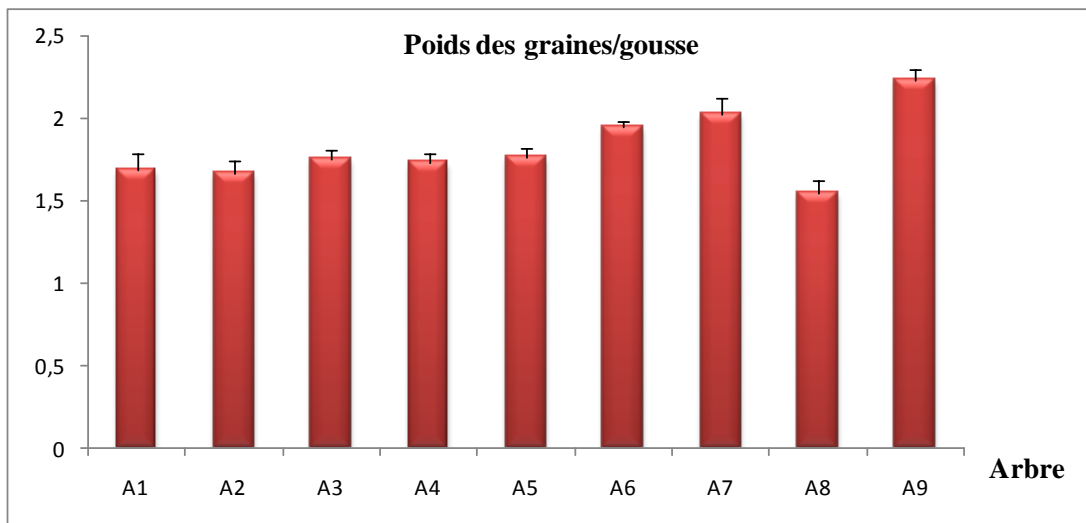
### 1.2.2. Formes des graines

Pour la forme des graines nous avons identifié uniquement une forme qui est la forme ovale enregistré pour toutes les graines.

### 1.2.3. Nombre de graines par gousses

Pour le nombre de graines par gousses, en moyenne, nous avons enregistré 9,58 graines par gousses.

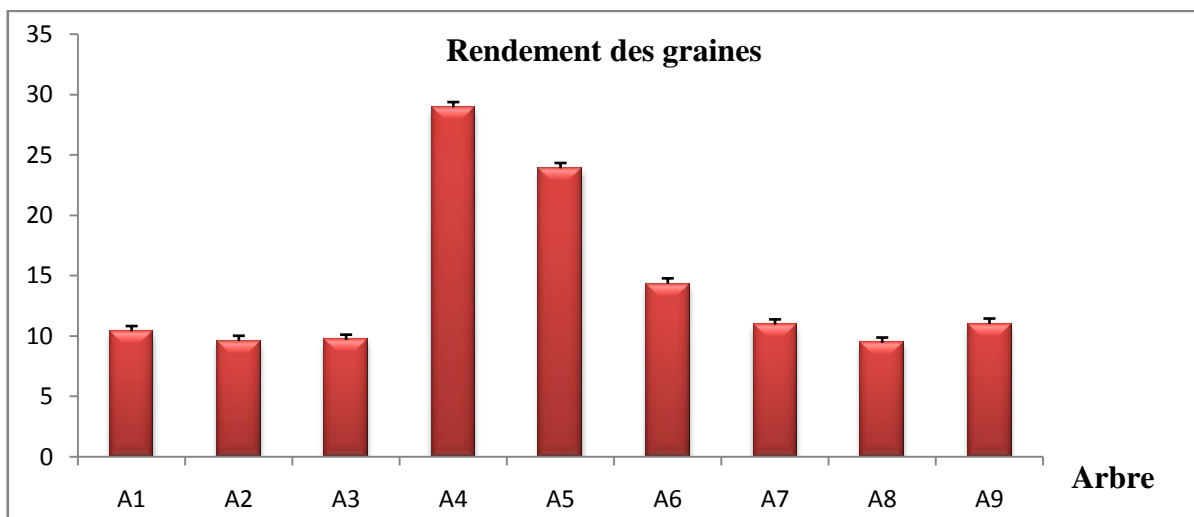
### 1.2.4. Poids des graines par gousses



**Figure 23:** Poids des graines par gousses en fonction des arbres

Les valeurs obtenues de poids des graines par gousses montrent une variabilité assez importante entre les arbres étudiés. La valeur moyenne est de 1,81g. Les valeurs extrêmes sont de l'ordre de (1,55g) pour la valeur minimale est enregistrée pour l'arbre A8 et que la valeur maximale est de (2,23 g) est enregistrée pour l'arbre A9 .Le coefficient de variation est de valeur 14,91%.

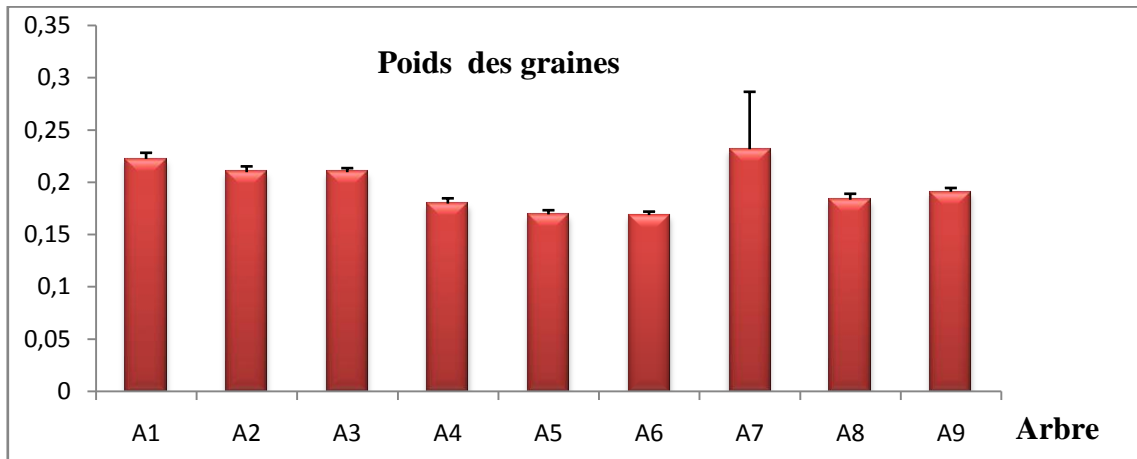
### 1.2.5. Rendement des graines



**Figure24 :** Rendements des graines en fonction des arbres

Les valeurs obtenues de rendement des graines montrent une variabilité significative entre les arbres échantillonnés. La valeur moyenne est de valeur 14,24%, la valeur maximale est de (28,93%) est enregistrée pour l'arbre A4 et la valeur minimale ( 9,41%) est enregistrée pour l'arbre A8 .Le coefficient de variation est de valeur 17,45%.

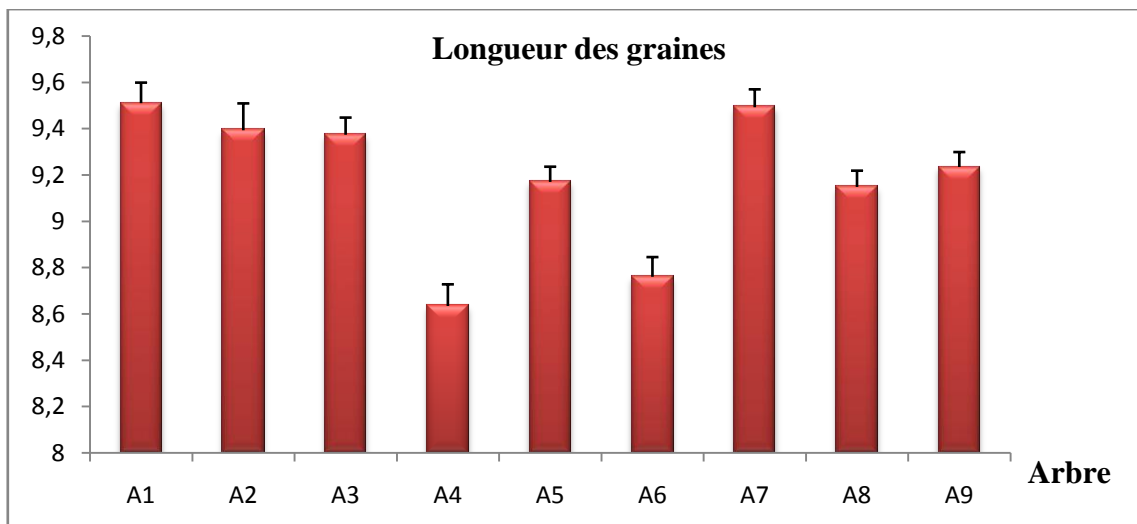
### 1.2.6. Poids des graines



**Figure25 :** Poids des graines en fonction des arbres

Nous avons enregistré une variabilité assez importante pour le poids moyen des graines pour les neuf arbres échantillonnés. La valeur moyenne est de 0,19g. La valeur maximale est de l'ordre de (0,16g) est enregistrée pour l'arbre A5, tandis que la valeur minimale est de l'ordre de (0,23g) est enregistrée pour l'arbre A7. Le coefficient de variation est de valeur 11,69%.

### 1.2.7. Longueurs des graines



**Figure26 :** Longueurs des graines en fonction des arbres

Nous avons enregistré une variabilité assez importante pour la longueur des graines des différents arbres étudiés. La valeur moyenne est de 9,18mm, et la valeur maximale est de 9,50mm est enregistrée pour l'arbre A1, tandis que la valeur minimale est de 8,63mm est enregistrée pour l'arbre A4. Le coefficient de variation est de valeur de 4,81%.

1.2.8. Largeurs des graines

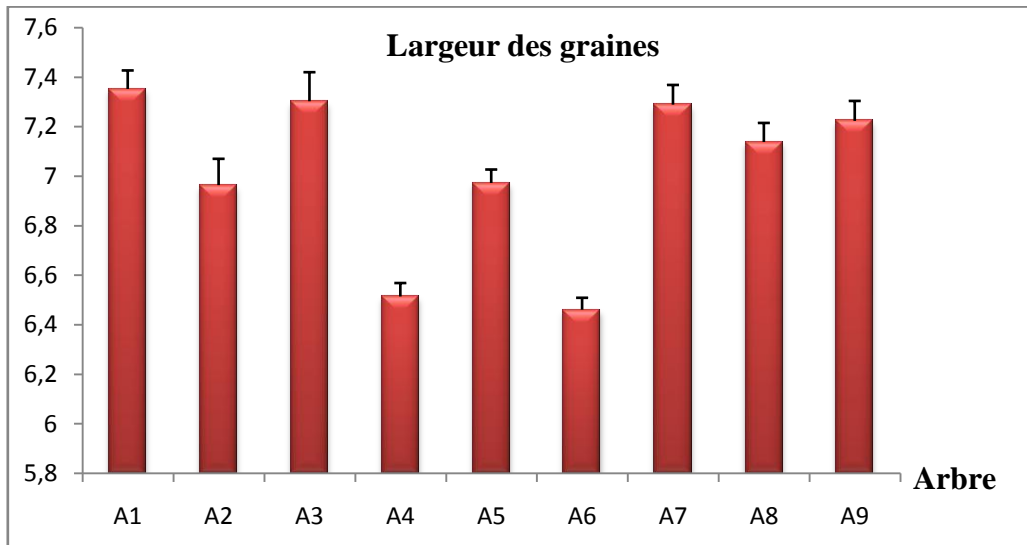


Figure27 : Largeurs des graines en fonction des arbres

Une variabilité assez importante de la largeur des graines pour les 9 arbres étudiés. La valeur moyenne est de 7,02mm. La valeur maximale est de 7,35cm est enregistrée pour l’arbre A1, ainsi que la valeur minimale est de 6,43cm est enregistrée pour l’arbre A6 .Le coefficient de variation est de valeur 5,9%.

1.2.9. Epaisseurs des graines

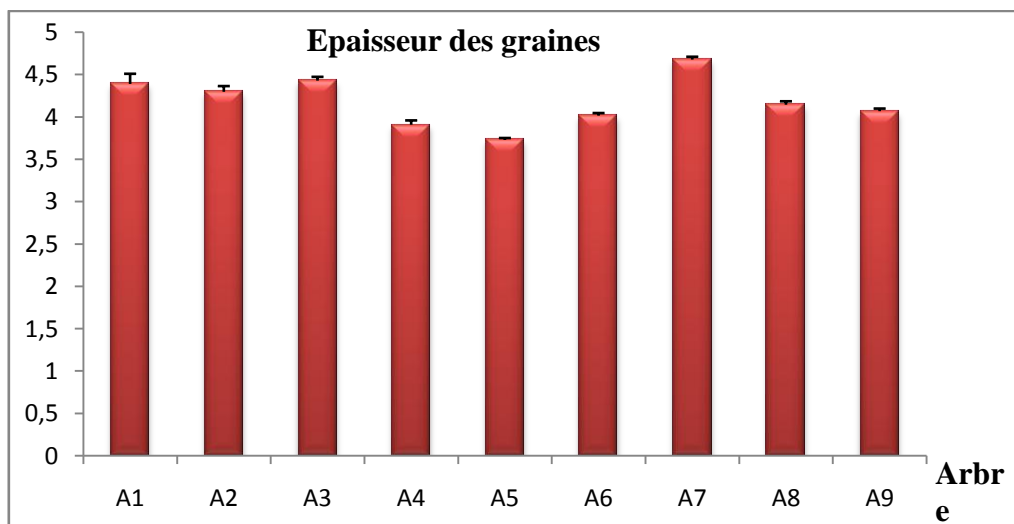
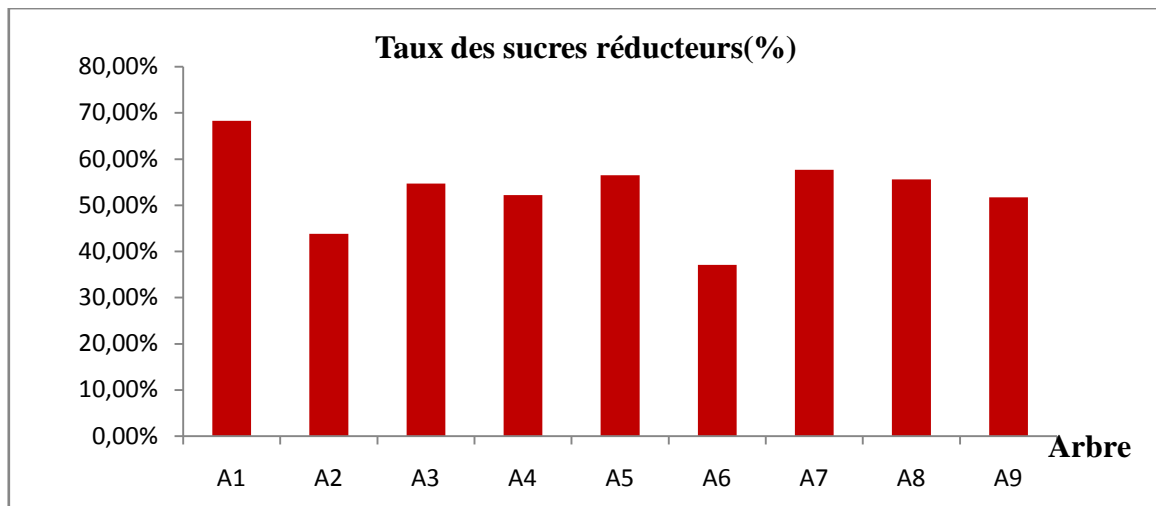


Figure28 : Epaisseurs des graines en fonction des arbres

Une variabilité assez importante de l’épaisseur des gousses des 9 arbres étudiés. La valeur moyenne de l’épaisseur est de 4,17mm. La valeur maximale est de 4,67mm est enregistrée pour l’arbre A7 tandis que la valeur minimale est de 3,73mm est enregistrée pour l’arbre A5. Le coefficient de variation est de valeur 6,40%.

## 2. Taux des sucres réducteurs :

Nous avons enregistré une variabilité assez importante de taux des sucres réducteurs entre les différents arbres de *Ceratonia siliqua* échantillonnés dans la région de Thala testane à Tizirt (Fig29).



**Figure29 :** Taux des sucres réducteurs des différents arbres

La valeur moyenne des taux des sucres réducteurs est de l'ordre 53,06%, la valeur minimale est de l'ordre 37,10% est enregistrée pour l'arbre A6 et la valeur maximale est de l'ordre de 68,25% qui est enregistrée pour l'arbre A1.

## 3. Corrélation entre les variables biométriques des gousses et des graines

Après avoir analysé les résultats biométriques des différents paramètres de la gousse et de la graine, la matrice de corrélation ci-dessous nous démontre les différentes corrélations entre ces paramètres (tableau n°05).

	<i>Log<sub>s</sub></i>	<i>lag<sub>s</sub></i>	<i>Epg<sub>s</sub></i>	<i>Cg<sub>s</sub></i>	<i>Pg<sub>s</sub></i>	<i>Ngr/g<sub>s</sub></i>	<i>Logr</i>	<i>lagr</i>	<i>Epgr</i>	<i>Pgr/g<sub>s</sub></i>	<i>Pp</i>	<i>Rgr</i>
<b>Log<sub>s</sub></b>	1											
<b>lag<sub>s</sub></b>		1										
<b>Epg<sub>s</sub></b>	0,64	0,68	1									
<b>Cg<sub>s</sub></b>	0,90	0,45	0,83	1								
<b>Pg<sub>s</sub></b>	0,43	0,91	0,85	0,72	1							
<b>Ngr/g<sub>s</sub></b>	0,61	-0,37		0,30		1						
<b>Logr</b>		0,77	0,47	0,32	0,63	-0,47	1					
<b>lagr</b>		0,67	0,53	0,51	0,66	-0,34	0,91	1				
<b>Epgr</b>		0,74	0,40		0,66	-0,57	0,72	0,63	1			
<b>Pgr/g<sub>s</sub></b>	0,66		0,62	0,50		0,74				1		
<b>Pp</b>	0,35	0,94	0,85	0,66	0,99		0,68	0,68	0,73	0,30	1	
<b>Rgr</b>		-0,97	-0,68	-0,47	-0,94		-0,70	-0,65	-0,71		-0,95	1

**Tableau n°05:** Corrélation entre les variables biométriques des gousses et des graines.

Les résultats obtenus révèlent des corrélations très significatives entre certaines variables mesurées. Les coefficients de corrélation inférieurs à 0,3 ne sont pas mentionnés dans le tableau.

Nous enregistrons une forte corrélation entre la longueur et la corde de la gousse ( $r=0,90$ ). Elle est aussi fortement corrélée avec le poids total des graines/ gousse ( $r=0,66$ ) et avec l'épaisseur de la gousse ( $r=0,64$ ) et avec le nombre de graines/gousse ( $r=0,61$ ).

Il y a une forte corrélation entre la largeur de la gousse et le poids de la pulpe ( $r=0,94$ ), elle est également bien corrélée avec les autres caractères de la taille de la graine la longueur( $r=0,77$ ), l'épaisseur( $0,74$ ) et la largeur( $0,67$ ), par contre elle est négativement corrélée avec le rendement des graines( $r= -0,97$ ).

L'épaisseur de la gousse est fortement corrélé avec le poids de la gousse et le poids de la pulpe ( $r=0,85$ ), et la corde de la gousse ( $r=0,83$ ), ce même caractère montre également une corrélation positive avec tout les autres caractères de la taille de la graine ainsi que avec le poids de graines/gousse, par contre elle est négativement corrélée avec le rendement en graine ( $r=-0,68$ ).

La corde de la gousse montre une forte corrélation avec le poids de la gousse ( $r=0.72$ ), elle est également corrélée avec le poids de la pulpe ( $r=0,66$ ), mais négativement corrélée avec le rendement en graines ( $r=-0.47$ ).

-Le poids de la gousse est fortement corrélé avec le poids la pulpe ( $r=0.99$ ), et également corrélé avec les autres caractères de la taille de la graine : la largeur et l'épaisseur( $r=0,66$ ) et la longueur( $r=0,63$ ), il y a une forte corrélation négative avec le rendement en graines ( $r=-0.94$ ).

Le nombre graines /gousse est positivement corrélé avec le poids de graines/gousse( $r=0,74$ ), et négativement corrélé avec les autres caractères de la taille de la graine .

Il existe une forte corrélation entre la longueur et la largeur de la graine ( $r=0.91$ ), l'épaisseur et le poids sont également corrélés avec l'épaisseur de la graine( $0,72$ ) et le poids de la pulpe( $0,68$ ), mais une forte corrélation avec rendement en graine( $r=-0.74$ ).

On remarque une corrélation positive entre la largeur de la graine et poids de la pulpe( $r=0,68$ ) , il y a aussi une corrélation avec l'épaisseur de la graine( $r=0,63$ ), mais elle est négativement corrélée avec le rendement en graines( $r=-0,65$ ).

L'épaisseur de la graine montre une corrélation positive avec le poids de la pulpe ( $r=0.73$ ), mais une forte corrélation négative avec le rendement de graines ( $r=-0.71$ ).

On observe une forte corrélation négative entre le poids de la pulpe et le rendement en graines ( $r=-0.95$ ).

Après avoir aussi analysé les résultats biométriques des différents paramètres de la gousse et le taux des sucres des gousses, la matrice de corrélation ci-dessous nous démontre les différentes corrélations entre ces paramètres et le taux des sucres (tableau n°06).

#### 4. Corrélation entre la biométrie et les taux de sucres

	<i>Logs</i>	<i>lags</i>	<i>Epgs</i>	<i>Pgs</i>	<i>Taux de sucre</i>
<b>Logs</b>	1				
<b>lags</b>	0,065	1			
<b>Epgs</b>	0,637	0,68	1		
<b>Pgs</b>	0,431	0,91	0,85	1	
<b>Taux de sucre</b>	-0,131	0,06	-0,03	0,039	1

**Tableau n°06 :** Corrélation entre la biométrie et le taux de sucre des gousses

D'après le tableau n°08, il ressort aucune corrélation entre le taux de sucre et les variables mesurées de la gousse.

## II. Discussion

La caroube est un fruit caractérisé par sa teneur élevée en sucre (environ 500g/kg) (40-60%) plus élevée que celle présente dans la betterave sucrière et la canne à sucre (environ 200g/kg) (20%)(Petit et Penilla ,1995) .

Les sucres confèrent des propriétés organoleptiques particulières et définissent la valeur commerciale des gousses de caroube (24). Là encore, les teneurs en sucres ont été rapportées précédemment par Ayaz et al(2009) ; Biner et al(2007), qui ont révélé que le saccharose, le fructose et le glucose étaient les principaux sucres qualifiés et quantifiés dans les gousses de caroube.

Dans notre cas, les résultats des taux de sucres réducteurs obtenus varient entre 37,10 et 68,25%. Ils se rapprochent de ceux obtenus par d'autres auteurs notamment par El Batal et al., (2016) qui ont rapporté des taux moyens de 31,5-50,1% dans des différentes régions du Maroc. Les travaux d'Ayaz et al., (2009) ont révélé que les principaux sucres identifiés et quantifiés dans le fruit du caroubier sont le saccharose (437,3mg/g), glucose (39,5,8mg/g) et le fructose (42,3mg /g).

Les recherches scientifiques ont démontré que le sucre le plus abondant est le saccharose (27-40%) suivi par le glucose (3-5%) et le fructose (3-8%) (Shaw, 1988). La teneur des autres

sucres est très faible (xylose et maltose, cellulose et hémicellulose est d'environ 15%). Cependant, ces proportions varient selon les auteurs (Karkacier et Artik, 1995 ; Biner, 2007).

Ces différences au sein de la littérature sont attribuées à de nombreux facteurs tels que l'origine géographique, les conditions climatiques, la diversité entre les variétés, la récolte et le stockage, et les facteurs technologiques (Owen et al., 2003).

L'observation macroscopique nous a permis de déceler une variabilité assez importante de la forme des gousses entre les arbres échantillonnés.

En effet, un échantillon de 30 gousses par 9 arbres illustre parfaitement l'existence de diverses couleurs et formes des gousses. Nous avons relevé 3 couleurs différentes des gousses : marron, marron clair et marron foncé. La couleur marron foncé est la classe la plus représentée parmi les gousses échantillonnées. Les travaux de Kocherane et al., (2019) faites sur 7 populations du caroubier en Algérie, ont révélé 3 couleurs distinctes de gousses : brun clair, brun foncé et brun rougeâtre et que la couleur dominante est variable selon les provenances: brun noirâtre à Tlemcen, Blida et Jijel, brun clair chez Relizane et brun rougeâtre chez Tipaza et Sétif.

Selon certains auteurs, la forme des gousses du caroubier peut être considérée comme le critère agronomique caractéristique des cultivars. Ainsi, en Espagne, trois différentes formes de gousses ont été rencontrées dans la production de certains cultivars : forme droite, forme courbée, forme torsadée, en Italie les gousses caractérisées par les formes droites et courbées, ainsi au Portugal, les gousses ont été caractérisées par des formes droites et courbées, en Chypre deux formes de gousses ont été rencontrées : droite et courbée. Toutefois, la forme courbée a été le seul critère caractérisant les gousses en Grèce, en Tunisie et en Californie.

Au Maroc il a été constaté l'existence de 3 formes de gousses : droite, courbée et torsadée (Konate, 2007).

Par ailleurs, des traits agro-morphologiques liés à la forme des gousses (forme droite et forme courbée) ont été observés. Traditionnellement, la production et la qualité des fruits incluant sa forme, ont été largement exploitées comme des critères fondamentaux pour sélectionner le caroubier. Pour les experts, ces traits agro-morphologiques permettent de

différencier le type sauvage du caroubier du type cultivar (Batlle et Tous ,1997 ; Gharnit et al, 2001). Bien que la forme, la couleur et la grandeur des gousses soient, en générale, influencées par des facteurs environnementaux, les fruits produits par les types cultivés « cultivars » se distinguent nettement des types sauvages par leur taille et leurs graines volumineuses (Batlle et Tous, 1997).

La forme de gousses du caroubier ne comporte pas seulement un intérêt d'ordre morphologique, mais peut aussi avoir un impact positif sur les collections et ses apports commerciaux. Par conséquent, nos résultats laissent supposer que la forme courbée est la plus dominante et qui sont non conformes aux résultats enregistrés par Konate qui signalent que les gousses ayant une forme droite sont par rapport à celles qui ont une forme courbée ou torsadée les plus appréciées et facilement commercialisées (Brito et Carvalho ,1988 in Konate,2007). Toutefois, ce traits lié à la forme de gousses est très loin d'être le seul critère discriminant et déterminant de la qualité agro-morphologique des fruits.

Dans le cas de nos collections, nous avons enregistré 2 modalités de surface des gousses : ridée (55,18%) et lisse (44,81%) sont pas conformes aux résultats enregistrés par Kocherane et al (2019) qui ont enregistré 3 modalités de surface : froissé (59,25%), lisse (40,11%) et très rugueux (0,64%).

Dans nos résultats concernant la longueur des gousses est de valeur moyenne de 12,56cm qui est légèrement inférieur aux résultats trouvés par Kocherane et al (2019) où la valeur moyenne est de 15,27cm.

La largeur des gousses du caroubier a une indication d'ordre agronomique importante. Elle est indépendante de la taille de gousse et peut renseigner non seulement sur un état compressé ou élargi, mais aussi sur le volume des graines et de pulpe. Dans nos résultats, nous avons enregistré la largeur des gousses varie de 1,61 et 2,74cm, comparativement à ceux trouvés par d'autres auteurs, elle varie de 1,5 à 2,5cm selon Tutin et al,(1993) chez Konate(2007) et de 1,5 à 3,5cm selon Batlle et Tous(1997).

L'épaisseur des gousses est également très variable et constitue un critère de distinction entre les gousses comprimées et volumineuses. Nous avons enregistré une épaisseur des gousses varie entre 0,52 et 1,41 cm comparativement à ceux trouvés par certains

auteurs elle peut atteindre 1cm notamment chez les gousses charnues (Batlle et Tous, 1997) , et selon Konate (2007) l'épaisseur des gousses charnues et volumineuses est supérieure à 0,81cm et pour les gousses aplaties ou comprimées varie de 0,33 à 0,49cm. Par ailleurs, Gharnit(1997) a rapporté 0,22cm comme valeur moyenne de l'épaisseur des gousses.

Dans le cas de nos collections la corde des gousses est de valeur moyenne de 11 ,05cm qui est légèrement inférieur aux résultats trouvés par Kocherane et al .,(2019) ou la valeur moyenne est de 11,97cm.

Nos résultats concernant le poids de la pulpe varie de 6,19 à 21,5g s'accordent parfaitement avec la littérature, ainsi les études effectuées par Caja et al(1988) ; Marakis et al(1988) ont montré que la pulpe est le principale composant de la gousse constitue, en général, 73 à 95% de son poids total.

Les valeurs agro-alimentaires et industrielles du caroubier résident, principalement, dans la teneur des ses fruits en pulpe, mais aussi dans la composition chimique de cette dernière. Selon Batlle and Tous(1997), les cultivars espagnols sont largement caractérisés par leur grande quantité de pulpe contenue dans la gousse.

Les variables mesurées précédemment, longueur, largeur et épaisseur, influencent beaucoup le poids total de la gousse et la quantité de son pulpe. En effet, nous avons observé qu'en général, les échantillons ayant un poids important de fruit et de pulpe sont celles qui ont des gousses assez longues, larges et épaisses (Konate, 2007).

La couleur des graines de la caroube est brun rougeâtre (Albanell, 1990). Dans le cas de nos collections, nous avons enregistré 4 modalités de couleurs des graines : marron clair qui est la plus dominante, noirâtre, marron foncé et marron sont similaires aux résultats trouvés par Kocherane et al (2019) faites sur 7 populations différentes du caroubier en Algérie.

Selon Albanell (1990) la forme des graines est ovale qui est semblable à nos résultats obtenus comparativement à ceux trouvés par Kocherane et al (2019) qui ont enregistré 2formes : arrondie qui est la plus dominante et ovale.

Dans le cas de nos collections la valeur moyenne de la longueur est de 9,18mm qui se rapproche aux résultats trouvés par Kocherane et al (2019), ou sa valeur moyenne est de 9,12mm en concordance avec d'autres auteurs (Battle and Tous ,1997 ; Rajeb , 1995 ,;Ait chitt et al .,2007) que la longueur de la graine est de 8-10mm.

La largeur des graines est de 7,02mm qui sont inférieure aux résultats trouvés par Kocherane et al(2019) qui est de 6,84mm, comparativement à ceux obtenus par d'autres auteurs (Battle and Tous,1997 ; Rajeb,1995 ; Ait chitt et al.,2007)que la largeur est de 7-8mm, nos valeurs sont avérées similaires.

L'épaisseur des graines obtenues est de 4,17mm, qui se rapproche aux résultats trouvés par Kocherane et al (2019) enregistrés que l'épaisseur est de 4,04mm. Ses valeurs sont avérées similaires aux résultats trouvés par d'autres auteurs (Battle and Tous ,1997 ; Rajeb ,1995, Ait Chitt et al .,2007) que l'épaisseur des graines est de 3-5mm.

Dans le cas de nos collections, les résultats trouvés pour le poids moyens des graines est de 0,19g qui sont similaires à ceux trouvés par Kocherane et al (2019).

Selon certains auteurs ont rapporté que la gousse du caroubier peut renfermer entre 12-16 graines par gousses (Gharnit et al.,1997). C'est un caractère distinctif entre les types sauvages et cultivars.

Dans nos collections le nombre des graines par gousse est de 9,58 qui est avéré inférieur aux résultats trouvés par Kocherane et al(2019) qui est de valeur 10,58 et Gharnit et al(1997), mais qui sont conformes à d'autres auteurs tels que :Malgerjo et Salzar (2003) et Ait Chitt et al (2007) ou le nombre de graines par gousse est de 5-16 graines.

Le rendement en graines est estimé selon la formule suivante :

$$R\% = (\text{poids frais moyen graines} / \text{poids frais moyen gousse}) * 100.$$

Selon Konate (2007) le rendement en graines a permis de révélé que la production des graines est varié entre 9,41 et 28,93% , et que les valeurs moyennes se situent entre 14,6 et

25% , d'après nos études sur 9 échantillons cultivés de la région de Thala testane , nous avons enregistré des résultats qui s'accordent parfaitement à ceux de Konate.

Dans l'ensemble la masse totale des graines est de 18,19% du poids des gousses. La plus grande moyenne a été enregistrée à Tipaza avec une valeur de 23,98% et la plus faible a été enregistrée à Relizane avec une valeur de 8,58% (Kocherane et al., 2019).

Selon d'autres auteurs le rendement en graines est sensiblement variable notamment dans les pays méditerranéens il est de l'ordre de 5 à 27% (Caja et al.,1998 ; Markis et al., 1988 ;Tous et al.,1996 in Konate, 2007), en Espagne, le rendement en graines est de 8 à 10%, mais il peut être important chez certains cultivars tel que : Duraio (16 à 17%), et faible comme Nagra (7à 9%). En Portugal est moyennement elle peut atteindre 12 à 14% chez les cultivars Mulata et 14 à 16% chez Galhosa.

En Grèce comme en Tunisie, le rendement en graines est estimé à 9% respectivement chez le cultivar Hemere et le cultivar Sfax.

Nous avons tenté de faire une corrélation entre les différentes variables mesurées des gousses et des graines de caroube échantillonnées dans la région de Tizirt.

Le poids des gousses s'est avéré être le trait le plus corrélé à la fois aux autres traits des gousses et à ceux des graines ( $r=0.99$ ) semblable aux résultats trouvés par Kocherane et al (2019). Cette corrélation indique que plus les gousses sont lourdes, plus que leur teneur en pulpe est élevée, inversement le poids de la gousse est négativement corrélé au rendement de la graine ( $r=-0.94$ ) comparativement à ceux trouvés par Kocherane et al (2019) .

Le rendement de la graine est négativement corrélé avec tous les caractères de la gousse et de la graine contrairement aux résultats trouvés par Kocherane et al(2019) qui ont enregistré une corrélation légère mais positive avec le poids de la graine et l'épaisseur de la gousse mais négativement corrélé avec le poids de la pulpe et avec la longueur et le poids de la gousse.

La longueur des graines est bien corrélée avec la largeur et l'épaisseur de la graine, nos résultats se rapprochent à ceux obtenus par Kocherane et al(2019) ont révélé des

corrélations positives avec les autres caractères de la graine et de la gousse sauf la largeur de la gousse.



***Conclusion***

## Conclusion

---

Nous concluons qu'une variabilité assez remarquable entre les différents arbres échantillonnés chez cette espèce (*Ceratonia siliqua* L.) dans la région de Tizirt en se basant sur les caractères biométriques et les taux des sucres.

Nous avons mesuré les variables biométriques des gousses et des graines de 9 arbres échantillonnés de (*Ceratonia siliqua* L.). Des variations importantes entre les différents arbres pour le mesurer les variables agro-morphologiques des gousses et des graines. Pour la gousse les valeurs moyennes des traits morphologiques descriptives enregistrés sont : la longueur : 12,56cm ; la largeur : 2,36cm ; l'épaisseur : 0,83cm ; la corde : 11,05cm ; poids : 15,34g et le poids de la pulpe : 13,05g.

Pour la graine la moyennes des valeurs morphologiques descriptives sont : la longueur : 9,18mm ; la largeur : 7,02mm ; l'épaisseur : 4,17mm ; rendement en graines : 14,24% et le poids moyens : 0,19g.

Sur le plan chimique, des recherches scientifiques sur l'espèce (*Ceratonia siliqua* L.) ont démontré que cette plante est riche en sucres. Dans nos résultats la valeur moyenne des sucres réducteurs des 9 arbres est de 53,06%.

En pratique, les caractères biométriques des gousses ne renseignent à aucun cas à leurs teneurs en sucres.

### **Perspectives :**

Les mesures des différents paramètres biométriques sur la gousse du caroubier ont révélé des résultats intéressants. Néanmoins il serait intéressant de compléter cette étude sur un nombre important d'arbres et même sur plusieurs provenances pour aboutir à des conclusions plus fiables.



*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

**Aafi A., (1996).** Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), Centre Nationale de la Recherche Forestière, Rabat (Maroc), p 10.

**Abed, (1993) chez Hamel Hayet, (2016).** Contribution à l'analyse de la dynamique des espèces et des communautés forestières. Pp 117.

**Ait Chitt M., Belmir H. & Lazrak A., (2007).** Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N° 153: 1-4.

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

**Albanell E., Caja G. and Plaixats J., (1991),** Characterization of Spanish carob pod and nutritive value of carob kibbles, Options Méditerranéennes N°16, pp. 135- 136.

**Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A. (1997),** Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua* L.): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal.

**Ayaz F.A.,Torun. H, R.H. Glew, Z.D. Bak, L.T. Chuang, J.M. Presley, R.Andrews,(2009),** Nutrient Content of Carob Pod (*Ceratonia siliqua* L.) Flour Prepared Commercially and Domestically, Plant Foods Hum Nutr.,vol. 64, pp. 286–292.

**Battle I., (1997).** Current situation and possibilities of development of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in the Mediterranean region. Unpublished FAO Report. Rome. Italy.

**Battle I., Tous J., (1997),** Carob tree *Ceratonia siliqua* L., Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17, Gatersleben: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Rome: International Plant Genetic Resources Institute, p 92.

**Benmahioul B., Kaid-Harche M. et Daguin F., ( 2011).** Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples, forêt méditerranéenne , p 51 -57.

**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.

**Bouzouita N., A. Khaldi, S. Zgoulli, L. Chebil, R. Chekki, M.M. Chaabouni and P. Thonart, (2007),** The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia Food Chemistry Vol. 101, N°4, pp. 1508-1515.

**Brito de Calvalho J H., (1988).** Criteria for evaluation of carob varieties. Pp 558-566 in Konate Ibrahim (2007). Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées.

**Caja G., Albanell E., and Casanova R., (1988).** Caracteriazcion morfologica de fructose de algarrobo cultivados en Espanà .Pp.119-229 in Proceedings of the II International Carob Symposium (P.Fito and A.Mulet .eds.).Valencia, Spain.

**Chaintreuil C., Giraud E., Prin Y., Lorquin J., Ba A., Gillis M, de Lajudie P. et Dreyfus B., (2000)** .Photosynthetic Bradyrhizobium are natural endophytes of the African wild rice , *Oriza breviligata*. Appl Environ .Microbiol .66:5437-5447.

**El Batel H., Hasib A., Ouatmane A., Dehbi F., Jaouad A., Boulli A., (2016).** Sugar composition and yield of syrup production from the pulp of Moroccan carob pods (*Ceratonia siliqua* L.). Arabian Journal of Chemistry.Pp S955-S959.

**FAOSTAT (2013):** The statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. ([www.faostat.org](http://www.faostat.org)).

**Fournier P., (1977).** Les quatre flores de la France (générale, alpine,méditerranéenne, littorale) Le Chevalier, Paris.

**Gharnit N.(1997).** Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) ,Essais de propagation in vitro et intérêt socio-économique au cercle de MOKRISSET (NW. Maroc ).

**Gharnit N., Et Mtili N., Ennabli A.T. and Ennabli A.(2001).** Social characterization and exploitation of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from Mokrisset and Bab Taza (NW of Morocco) Sci . Left . 3 n°2.

**Gharnit N., (2003).**Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen(Nord-Ouestdu Maroc). The Doc en science .Université Abdelmalek Essadi.Tanger.

**Hamel Hayet,(2016).**Contribution à l'analyse de la dynamique des espèces et des communautés forestières. Pp 117.

**Jones D. K .,(1953).** Carob culture in Cyprus FAO 53/2/1225.FAO.Rome.

**Karkacter, M., Artık, N., (1995).** Determination of physical properties, chemical composition and extraction conditions of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). Gıda 20 (3), p131-136.

**Kocherane R. Krouchi F.Derridj A., (2019).**Genetic ressources of carob tree (*Ceratnia siliqua* L.) in Algeria insight from pod and seed morphology, p 1581-1600.

**Konate Ibrahim (2007).** Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées.

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

**Leroy, A., (1929).** Élevage rationnel des animaux domestiques. Hachette éd., 448p.in Rosil Lizardo (1,4), Jaume Cañellas (2), Francisco Mas (3), David Torrallardona (4), Joaquim

Brufau (4) (2002). L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets.

**Linskens H. et Scholten W., (1980).** The flower of carob. Potug. Acta. Bilo. (A) XVI (1-4):95-102.

**Mahdad M.Y.,(2013).**Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans le Nord-Ouest de l'Algérie. Pp98.

**Marakis S., Kalaitzakis J. and Mitrakos K.,(1988).** Criteria for recognizing carob tree varieties. Pp. 558-566 in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and Mulet, eds.) Valencia, Spain.

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

**Médail F. et Quézel P.,1997.**Hots-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin , Annals of the Missouri Botanical Garden , n°84, P.112-127

**Myers N.,Mittermeir Russell A., Mittermeir Cristina G., Gustavo A. B. da Fonseca et Jennifer Kant.,2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities.

**Owen R.W., Haubner R., Hull W.E., Erben G., Spiegelhalder B., Bartsch H., Haber B.,(2003).** Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre.FoodChemToxicol. 41, 1727–1738.

**Petit M. D. et Pinilla J. M., (1995).** Production and Purification of a Sugar Pods Syrup from Carob Pods Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 28, 145-152.

**Polunin, O., Huxley, A.,(1972).** Flowers of the Mediterranean, Publications of Chatto and Windos Ltd., London.

**Puhan, Z. and M.W.Wielinga(1996)in Batlle et al,(1997).** Institut of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

**Putod R.,(1982).** Des principes d'utilisation des arbres fourragers dans l'aménagement en zone méditerranéenne des forets.

**Quezel P., Santa S. (1962).**Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (tome1), Editions du centre national de la recherche scientifique.Pp557.

**Rebour,(1968).**Fruits méditerranéen . La maison rustique Paris.Pp330.

**Rejeb M. N., Laffray D et Louguet P.,(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.

**Saura-Calixto, F., J. Food Sci.,(1988), N°53, pp.1769-1771. In Rosil Lizardo 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.

**Sbay H. et Abourouh M., (2006).** Apport des espèces à usages multiples pour le développement 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 .

**Sbay H.,(2008).** Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir, Centre de recherche forestière,51 p.

**Schroeder C.A.,( 1959).** The floral situation of the Carob in California, Proc. Am.Soc. hort. Sci. N°74, pp. 248-251.

**Shaw, D.V. (1988).**Genotypic variation and genotypic correlation for sugars and organic acids of strawberries.J. Am. Soc. Hortic. Sci. Vol.113: 770–774.

**Tous J ., Romero A.,Plana J. and Batlle I.(1996).** Current situation of carob plant material in Konate Ibrahim (2007). Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées.

**Tutin T G., Burges N. A., Chater A.O., Edmondson , Heywood V. H., Moore D.M., Valetine D.H., Waters S.M. and Webb D.A(1990/93)** in Konate Ibrahim (2007). Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées.

**Yahi-Guenafdi N.,(2018).** Les ressources phylogénétiques en Algérie Congrès national sur les ressources phylogénétiques en Algérie. INRAA –Alger , les 22,23. Editeurs R.Issolah et K. Abbas.



*Annexes*

## Annexes

---

### ❖ Préparation des solutions :

Solution Fehling: Fehling A Fehling B

#### ➤ Fehling A:

- ✓ Sulfate de cuivre      40g
- ✓ Eau distillé            1000mL

#### ➤ Fehling B:

- ✓ Tartrate double de Na et K      200g
- ✓ Soude pur (NaOH)                150mL
- ✓ Eau distillé                        1000mL

#### ➤ Filtrat 1 :

- ✓ 20mL de l'échantillon.
- ✓ 5 mL d'acétate de plomb.
- ✓ Ajuster a 100ml avec de l'eau distillé.
- ✓ Filtrer le mélange.

#### ➤ Filtrat 2 :

- ✓ Prélever 50 mL de filtrat 1.
- ✓ Ajouter 50 mL d' HCL concentré.
- ✓ Porter au bain marie  $T^{\circ} = 70^{\circ}/5$  min.
- ✓ Neutraliser avec NaOH à 10N en présence de phénophtaléine à 2% jusqu'à apparition d'une couleur rose persistant.

#### ➤ Solution de bleu de méthylène :

- ✓ Bleu de méthylène                2g.
- ✓ Eau distillé                        100mL.

#### ➤ Solution acétate de Zinc :

- ✓ Acétate de Zinc                    5g.
- ✓ Eau distillé                        2,5mL.

#### ➤ Solution phénophtaléine à 2% :

- ✓ Phénophtaléine                    2g.

## Annexes

---

✓ Eau distillé 100mL.

➤ **Solution NaOH à 10N :**

✓ Soude 40g.

✓ Eau distillé 1000mL.

❖ **Appareillage :**

- ✓ Bain mari.
- ✓ Balance de précision.
- ✓ Broyeur.
- ✓ plaque chauffante.
- ✓ Ruban mètre.
- ✓ Pied à coulisse.

❖ **Verrerie :**

- ✓ Bécher
- ✓ Pipettes graduées.
- ✓ Fioles jaugées.
- ✓ Entonnoirs
- ✓ Tubes à essais
- ✓ Burettes.

## Annexes

---

### ❖ Matériels et appareils utilisés au cours de l'expérimentation :

- Balance de précision électrique



- Règle



- Ruban mètre



## Annexes

---

- Pied à coulisse



- Broyeur électrique



## Résumé :

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) appartient à la grande famille des légumineuses. C'est une espèce sclérophylle typiquement thermophile, c'est un arbre agro-sylvo pastorale ayant d'énormes intérêts socio-économiques et écologiques avec sa capacité de développer différents stratégies d'adaptation aux stress hydrique.

Le caroubier est originaire des pays méditerranéens, actuellement répandu dans de nombreux pays subtropicaux. Il reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement et ce, malgré les différentes études et résultats qui ont montré que cet espèce est très intéressante.

Nous avons entrepris une étude de la variabilité de la biométrie et des taux des sucres des gousses chez *Ceratonia siliqua* dans la région de Tizirt. L'analyse de la composition de la caroube, révèle une richesse en sucres réducteurs 53,06%. Les résultats obtenus révèlent une grande variabilité entre les arbres échantillonnés en se basant sur les caractères biométriques des gousses.

Nous avons recensé de mesurer les variations morphologiques des caractères des gousses et des graines. 9 arbres de caroubes sauvage et cultivars ont été étudiées pour évaluer leurs polymorphismes des gousses et des graines.

Les moyennes des principales valeurs morphologiques descriptives des gousses sont : la longueur : 12,56cm ; la largeur : 2,36cm ; l'épaisseur : 0,83cm ; la corde : 11,05cm ; poids : 15,34g et le poids de la pulpe : 13,05g.

Pour les graines les moyennes des valeurs morphologiques descriptives sont : la longueur : 9,18mm ; la largeur : 7,02mm ; l'épaisseur : 4,17mm ; rendement en graines : 14,24% ; le poids : 1,81g et le poids moyens : 0,19g.

La valeur moyenne des sucres réducteurs des 9 arbres est de 53,06%.

Les dimensions de la gousse sont fortement corrélées avec le poids de la gousse et le poids de la pulpe. Une forte corrélation entre le poids de la gousse et le poids de la pulpe, ainsi que les dimensions de la graine sont positivement corrélées avec le poids de la gousse.

Le rendement de la graine est négativement corrélé avec toutes les dimensions de la gousse et de la graine. Aucune corrélation n'est recensée entre les paramètres biométriques des gousses et le taux des sucres.

**Mots clés :** *Ceratonia siliqua* L. Tizirt, biométrie, taux des sucres, polymorphisme.

## Abstract:

The carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) belongs to the large family of legumes. It is a typically thermophilic sclerophyllous species; it is an agro-sylvo-pastoral tree with enormous socio-economic and ecological interests with its capacity to develop different adaptation strategies to water stress.

The carob tree originates from Mediterranean countries and is currently widespread in many subtropical countries. It remains very neglected and has not yet been given the place it

deserves in reforestation programmes, despite the various studies and results that have shown that this species is very interesting.

We undertook a study of the variability of biometry and sugar levels in *Ceratonia siliqua* pods in the Tigzirt region. The analysis of the composition of the carob revealed a richness in reducing sugars of 53,06%. The results obtained reveal a great variability between the sampled trees based on the biometric characteristics of the pods.

Morphological variations in pod and seed characters were measured. 9 wild and cultivated locust trees were studied to assess their pod and seed polymorphisms.

The means of the main morphological descriptive values of the pods are: length: 12,56cm; width: 2,36cm; thickness: 0.83cm; chord: 11,05cm; weight: 15,34g and pulp weight: 13.69g.

For the seeds the mean morphological descriptive values are: length: 9.18mm; width: 7,02mm; thickness: 4.17mm; seed yield: 14.24%; weight: 5,17g and average weight: 0,19g.

The average reducing sugar value of the 9 trees is 53, 06%.

Pod dimensions are strongly correlated with pod weight and pulp weight. A strong correlation between pod weight and pulp weight, as well as seed dimensions are positively correlated with pod weight. Seed yield is negatively correlated with all pod and seed dimensions. No correlation was found between pod biometric parameters and sugar content.

**Key words:** *Ceratonia siliqua* L. Tigzirt, biometry, sugar content, polymorphism.