



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques

Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

CARACTERISATION POMOLOGIQUE DE QUELQUES GENOTYPES DU CAROUBIER DE LA COLLECTION DE AIN TAOUJDATE INRA

Présenté par : Oumaima Bouznibi

Encadré par : Pr.Souraya El Guendouzi

Pr. Hakim Outghouliast

Soutenu le : 04/07/2022

Devant le jury composé de :

- **Mr.** Hakim Outghouliast
- **Mme.** Souraya El Guendouzi
- **Mme.** El Ouazna Bouchamma

Année universitaire

2021/2022

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire est le fruit de la collaboration entre le Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès et la Faculté des Sciences et Technique Fès.

Ma profonde gratitude et mes vifs remerciements sont adressés à Mr. Outghouliast Hakim Docteur-Chercheur au CRRA Meknès pour son soutien technique et son encadrement durant toute la période nécessaire pour la réalisation de ce stage.

Je tiens à remercier également Pr. El Guendouzi Souraya pour son encadrement ainsi que ses importantes directives.

Je remercie également l'ensemble des personnel et étudiants stagiaires de l'Unité de Recherche d'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phyto-Génétiques.

Un grand merci à Pr El Ouazna Bouchamma qui ma fait l'honneur d'assister, et de bien vouloir juger mon projet de fin d'études.

Un grand merci pour ma famille surtout mes parents pour leurs soutien.

Mes vifs remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants de la FST Fès, et en particulier ceux de la filière BVPR pour l'effort qu'ils ont déployé afin d'assurer notre formation.

Enfin je suis redevable à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cetravail.

Dédicace

Je dédie ce présent travail :

A mes chers parents, qui tiennent une place immense dans mon cœur. Aucune dédicace ne serait exprimée la reconnaissance, le respect et l'estime.

Que dieu vous donne bonne santé et longue vie .

A ma chère soeur, pour son soutien et sincère amour , je te souhaite une vie pleine de succès et de bonheur.

A mes formateurs, qui m'ont dirigé vers le chemin de succès par leur compréhension et leurs conseils.

A mes amis et collègues, particulièrement les plus intimes, en témoignage des moments inoubliables, des sentiments purs, et des liens solides qui nous unissent.

A toutes les personnes, qui me reconnaissent et qui m'ont aidé et contribué à la réalisation de ce travail

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	14
Partie 1 : Revue bibliographique.....	16
1- terminologie et taxonomie.....	17
2- Description botanique du caroubier	18
3- Origine et distribution géographique	18
4- Production mondiale du caroubier	19
5- production de caroubier au Maroc.....	20
6- Composition chimique du caroubier.....	21
7- Intérêts et utilisations du caroubier.....	22
poudre de caroube	22
gomme de caroube.....	23
Utilisation de la gomme de caroube	23
Risques de la gomme de caroube.....	24
partie 2 : materiels et methodes.....	25
1- Matériel végétal.....	25
1-1.Parcelle du caroubier en collection	26
2- Caractérisation pomologique	26
Longueurs	26
Largeurs	26
Epaisseurs	27
Poids	27
Teneur en graine	28
Analyse Statistique	28
partie 3 : Résultats et discussions	29
1 : Etude pomologique.....	30

Caractéristiques pomologiques des caroubes.....	31
Longueur des gousses	31
Largeur des gousses	31
Épaisseur des gousses	31
Poids de la gousse	32
Nombre de graines par gousse	33
teneur en graine par gousse.....	34
Caractéristiques pomologiques des graines.....	34
a. Longueur des graines.....	34
b. Largeur des graines	35
c.Épaisseur des graines	35
d. Poids des graines.....	36
CONCLUSION GENERALE.....	37
Références bibliographiques.....	40

LISTE DES ABREVIATION

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics

CRRA: Centre Régional de la Recherche Agronomique

DPA : Directions Provinciales d'Agriculture

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

DGCCRf : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes

MAPMDREF : Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural, des Eaux et Forêts

Liste des tableaux

Tableau 1: Superficie et production du caroubier à l'échelle mondiale.....	20
Tableau 2: Composition moyenne de la pulpe de caroube	21
Tableau 3: Composition de la caroube en minéraux.....	22
Tableau 4: Caractéristiques pomologiques des 12 géotypes des caroubes	32
Tableau 5: Caractéristiques morphométriques des 12 géotypes des caroubes	35

Liste des figures

Figure1: Géo-localisation du Domaine Expérimental d'Ain Taoujdate	13
Figure 2: Fruit de caroubier	17
Figure 3: Illustration morphologique de <i>Ceratonia siliqua</i>	18
Figure 4: Répartition spatiale du caroubier dans le monde	19
Figure 5: Production et superficie du caroubier à l'échelle nationale durant les 10 dernières années (FAOSTAT, 2022).....	21
Figure6: Poudre de la caroube	23
Figure 7: Gomme de la caroube.....	24
Figure 1 : Schéma des dimensions d'une caroube (Gharnit, 2006)	26
Figure 2 : Pied à coulisse.....	27
Figure 10 : Balance de précision.....	27
Figure 11: Photos des gousses et des graines des 12 caroubes étudiées	30
Figure 12: Poids des gousses des 12 génotypes de caroubes Figure	33
Figure 13: Nombre de graines par gousse des 12 génotypes de caroubes	34
Figure 14: Teneur en graine des 12 génotypes de caroubes	34
Figure 15: Poids unitaire des graines des 12 génotypes de caroubes.....	36

RESUME

Au Maroc, le secteur d'arboriculture est classé parmi les secteurs les plus importants de l'économie nationale. En outre, l'arboriculture fruitière est très diversifiée dans notre pays, puisqu'elle occupe une superficie de plus de 265.000 ha, il a connu une production moyenne de l'ordre de 884.000 tonnes par an (MAPMDREF, 2011).

Le but du présent travail est de mener une étude comparative entre 12 échantillons du caroubier, l'étude porte sur la caractérisation physique des gousses et des graines, afin de sélectionner les génotypes les plus performants.

La longueur moyenne des gousses varie entre 11.64 et 24.80 cm, la largeur varie entre 15.65 et 27.64 mm, l'épaisseur est comprise entre 4.20 à 8.47mm, le poids des gousses allant de 4.81 à 7g. La teneur en graine par gousses varie entre 11.14 et 33.24%. La longueur moyenne des graines varie entre 7.12 et 9.28mm, la largeur varie entre 5.68 et 6.91 mm, l'épaisseur est comprise entre 2.51 et 38.7 mm, le poids moyen des graines allant de 0.15 à 0.20 g.

D'après les résultats de l'analyse statique des caractères pomologiques de caroubier, on a constaté la présence d'une diversité entre les 12 génotypes étudiés, les génotypes les plus performants sont les suivants :

* N111, N7, H5A2, DET, N10, NG7, MY1SS, DETP, N311, N111, N47.

***présentation de la structure
d'accueil***

➤ **Institut national de la Recherche Agronomique :**

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) a connu durant près d'un siècle, une nette évolution en termes d'organisation et de stratégie de recherche. En effet, l'INRA a toujours su adapter ses structures d'intervention, la conception de ses programmes de recherche, les outils utilisés et les ressources employées à l'environnement socio-économique spécifique à chaque phase de son histoire. Fort de ses acquis de recherche, l'INRA est compté désormais parmi les institutions nationales, ayant largement contribué à la modernisation de l'agriculture nationale, et surtout l'amélioration des performances de l'économie marocaine, à travers les connaissances de base produites, et une gamme de technologies mises au point par ses chercheurs.

- Les objectifs stratégiques

- Amélioration de la productivité, de la compétitivité et de la durabilité de l'agriculture;
- Caractérisation, préservation et valorisation des ressources naturelles;
- Amélioration de la qualité, la valorisation et la diversification des productions végétales et animales;
- Analyse des systèmes de production et de la demande sociale, ainsi que la proposition des actions pour leur amélioration.

- Les domaines d'activités stratégiques :

- Amélioration génétique des plantes et des animaux;
- Elaboration de méthodes de lutte contre les ennemis des cultures;
- Caractérisation agro-écologique du milieu naturel;
- Conservation et valorisation des ressources naturelles et des produits agricoles;
- Mise au point de procédés de transformation des produits agricoles;
- Recherche-développement dans un cadre participatif avec les investisseurs, agriculteurs, vulgarisateurs et la société civile;
- Etudes socio-économiques de base.

➤ **Centre régional de la recherche agronomique de Meknès :**

C'est une entité régionale opérant dans une zone incluant différents agrosystèmes, par des recherches, études et actions de recherche-développement visant la promotion d'une agriculture moderne dans la région.

- Il Existe différentes unités de recherche au sein du CRRA :

- Agronomie et Physiologie Végétale;
- Protection des Plantes;
- Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phytogénétiques;
- Gestion durable des Ressources Naturelles.

- Mission du CRRA :

Le Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès, couvre la zone d'action des Directions Provinciales d'Agriculture (DPA) de Boulemane, El Hajeb, Fès, Ifrane, Khénifra, Meknès, Taounate, Taza et Sefrou.

Les projets de recherche conduits au niveau du centre s'articulent autour de la:

- *Gestion intégrée de l'arboriculture;
- * Intensification durable des grandes cultures;
- * Amélioration et diversification des systèmes de production en zones de montagne du Moyen Atlas;
- * Conservation des ressources naturelles, protection de l'environnement et biodiversité.

- Domaines Expérimentaux :

- Ain Taoujdate;
- Annoceur;
- Douyet.

2- Localisation du Domaine expérimental d'Ain Taoujdate (D.E.A.T)

Le domaine expérimental de l'INRA à Ain Taoujdate (Latitude: 33° ; Longitude: 5°), est situé dans la plaine du Saïs à 550 m d'altitude (figure1) . Il est considéré comme étant une station de collection du matériel végétal arboricole, aussi bien, une plateforme d'expérimentation scientifique en arboriculture, viticulture et oléiculture. Le sol en légère pente est argileux et brun calcaire.



Figure1: Géo-localisation du Domaine Expérimental d'Ain Taoujdate

INTRODUCTION GENERALE

Au Maroc, le secteur d'arboriculture est classé parmi les secteurs les plus importants de l'économie nationale. En outre, l'arboriculture fruitière est très diversifiée dans notre pays, puisqu'elle occupe une superficie de plus de 265.000 ha, il a connu une production moyenne de l'ordre de 884.000 tonnes par an (MAPMDREF, 2011). Vue la position géographique privilégiée du Maroc, caractérisée par diverses conditions pédoclimatiques favorables pour les activités agricoles. En effet, le profil des espèces fruitières est très large et constitué essentiellement de l'olivier, d'agrumes, de figuier, de vigne, de palmier dattier et de caroubier, qui sont les espèces les plus importantes sur le plan économique et social. Le présent travail porte sur le caroubier, considéré comme espèce fruitière en l'occurrence qui prend sa place dans les nouvelles plantations. La caroube est l'un des fruits les plus importés des pays méditerranéens. Leurs productions et leurs consommations ont considérablement augmenté ces dernières années.

Le caroubier est une espèce agro-sylvo-pastorale dont les diverses utilisations permettent d'apporter des revenus complémentaires aux communautés rurales des zones de montagnes qui souffrent généralement d'une certaine précarité avec toutes ses implications sur l'état de conservation des ressources forestières (Naggar et Lahssini, 2015). Il pourrait constituer des plantations de choix dans les programmes de reboisement pour garantir un développement durable des zones rurales et pour contribuer à la protection des sols et à la lutte contre la désertification. Le caroubier a, en plus, un grand intérêt socio-économique puisque ses gousses, plus riches en sucres que la canne à sucre et la betterave sucrière, et qui sont utilisées en industrie alimentaire et pharmacologique (Batlle et Tous, 1997 ; Gharnit et al., 2001). La caroube est un réservoir essentiel de composés nutritionnels et pharmaceutiques. Plus spécifiquement, les graines de caroube sont généralement utilisées pour la production de gomme de caroube.

La pulpe est le constituant principal de la gousse de caroube (90%), mais actuellement seules les graines (10%) sont utilisées industriellement pour l'extraction de la gomme de caroube. La pulpe de caroube est reconnue comme une bonne source d'ingrédients bioactifs, tels que des composés phénoliques, dont certains présentent des activités antioxydantes (Makris et Kefalas 2004; Bernardo-Gil et al., 2011; Sebai et al., 2013), en plus de ses propriétés thérapeutiques telles que néphroprotectrices et antiprolifératives.

L'objectif de cette investigation est la caractérisation de 12 génotypes du caroubier en termes de traits pomologiques des caroubes et des graines, afin de sélectionner les génotypes les plus performants.

Partie 1:REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Synthèse bibliographique sur le caroubier

1- Terminologie et taxonomie :

Le caroubier est appelé *Ceratonia siliqua* dérive du grec *Kerasqui* qui signifie petite corne, et du latin *siliqua* désignant une siliqua, et faisant appel à la dureté et à la forme de ses gousses, qui une fois arrivées à maturité ressemblent à des cornes.

En outre, les graines du caroubier sont connues sous le nom de « carats », qui ont été utilisées par les bijoutiers comme unité de mesure dans le commerce des pierres précieuses (1 carat=205,3 mg) (Rejeb, 1995). Il apparaît donc que « el kilate » en Espagne, ou « carat » en France vient du nom arabe donné aux graines (Al-Karat ou girat), qui se caractérise par un poids relativement constant (Albanell, 1991).

Par ailleurs, la dénomination de l'espèce *C. siliqua* dans différents pays, dérive de la forme générale du nom arabe Al kharroub ou kharroub.



Figure 2: Fruit de caroubier

❖ Systématique de caroubier :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

2-Description botanique du caroubier :

Le Caroubier est un arbre dioïque, mesurant de 6 à 10 m de hauteur et pouvant vivre 500 ans. Il peut produire des fruits pendant 100 ans à partir de sa quinzième année de vie.

- ✓ Le tronc est lisse, l'écorce est grisâtre et rugueuse.
- ✓ Les feuilles mesurent 10 à 20 cm de long, alternes, pennées, avec ou sans folioles terminales. Les folioles mesurent 3 à 7 de hauteur, ovales à elliptiques, en 4 à 10 paires. Normalement opposées, coriaces, vert foncé et brillantes.
- ✓ Les fleurs sont petites et nombreuses, de 6 à 12 mm de long, sans corolle et constituées d'un calice pourpre. Elles forment une inflorescence cylindrique cauliflore.
- ✓ Les fruits appelés caroubes, c'est une gousse indéhiscente, allongée, comprimée, droite ou recourbée, épaissie aux sutures, de 10 à 30 cm de long, brun foncé à maturité. Elles contiennent une pulpe farineuse et sucrée qui enveloppe 10 à 16 graines ovales très dures.

Le nombre de chromosomes haploïdes de *Ceratonia* est $n = 12$ et diffère des autres *Cassieae* (numéro de base $n = 14$) ; qui a suggéré qu'il pourrait être aneuploïde. (Batlle and J. Tous 1997).



Figure 3: Illustration morphologique de *Ceratonia siliqua*

3-Origine et distribution géographique :

La distribution originale de *C. siliqua* n'est pas claire car elle a subi de nombreuses cultures depuis l'Antiquité. Hillcoat et al. (1980) ont suggéré son aire de répartition à l'état sauvage inclut la Turquie, Chypre « c'est un État situé sur l'île de Chypre dans la partie orientale de la mer Méditerranée, dans le bassin Levantin. Bien que Chypre soit géographiquement proche de la région du Proche-Orient, le pays est rattaché politiquement à l'Europe et est membre de l'Union européenne (UE) », 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 vers l'ouest à un stade précoce. La caroube est crue avoir été répandu

par les Grecs en Grèce et en Italie, puis par les Arabes le long la côte de l'Afrique du Nord dans le sud et l'est de l'Espagne, d'où il a migré au sud du Portugal et au sud-est de la France. Sa présence sauvage dans le la Méditerranée occidentale est douteuse selon Zohary (1973). Spontané les caroubes sont présentes dans de nombreux endroits autour du bassin méditerranéen occidental, mais elles sont considérés comme des dérivés sauvages de la culture fruitière qui ont probablement évolué sous domestication.

Il pousse à l'état naturel dans les plateaux pouvant aller jusqu'à 1700 m d'altitude. Il s'adapte à différents types de sols, mais craint les sols humides et acides. C'est un arbre sclérophylle à feuilles persistantes, qui résiste très bien aux zones arides, mais peu tolérant au froid.(Batlle and J. Tous 1997).



Figure 4: Répartition spatiale du caroubier dans le monde

4- Production mondiale du caroubier :

Selon les statistiques officielles de la FAOSTAT, en 2022, la production mondiale totale de la caroube en 2020 est estimée à 49033 tonnes. La plus grande production, 21141 tonnes pour une superficie de 10312 ha , est celle du Maroc ce qui correspond à 43.11 % de la production mondiale du caroubier , contre une production de la Turquie estimée à 18806 tonnes pour une superficie de 930 ha. La plus faible production est celle d'Ukraine avec 192 tonnes pour une superficie de 99 ha .

Tableau 6: Superficie et production du caroubier à l'échelle mondiale (FAOSTAT, 2022)

Rang	Pays	Superficie (ha)	Production (tonnes)	% production mondiale
1	Maroc	10312	21141	43.11
2	Turquie	930	18806	38.35
3	Liban	378	4058	8.28
4	Algérie	729	3280	6.69
5	Tunisie	404	818	1.67
6	Israel	1567	405	0.83
7	Mexique	85	333	0.68
8	Ukraine	99	192	0.39
Total		14504	49033	100

La production mondiale de caroube a connu une chute dramatique de 650 000 T en 1945 à 310 000 T en 1997 (Orphanos et Papaconstantinou, 1969). La grande perte a été enregistrée en Espagne où la production a chuté de 400.000 T en 1930 et à 150 000 T en 1990. (MAPA, 1994) .

5- Production du caroubier au Maroc

Au Maroc le caroubier occupe une superficie de 10312 ha (FAOSTAT, 2020), localisé dans les plaines et les moyennes montagnes du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas, en association avec l'olivier, le lentisque, le thuya ou l'arganier. Son aire de répartition correspond aux bioclimats humide, subhumide, semi-aride et aride côtier à variantes chaude et tempérée.

La production du caroubier au Maroc a connu une évolution très importante au cours des années récentes. En effet, en 2010, la production des caroubes a été de l'ordre de 20000 tonnes sur une superficie de 9700 ha, ce secteur a connu une croissance plus ou moins importante pour atteindre une production de 21801 tonnes répartie sur une superficie de 10312 ha en 2020. (figure 4).

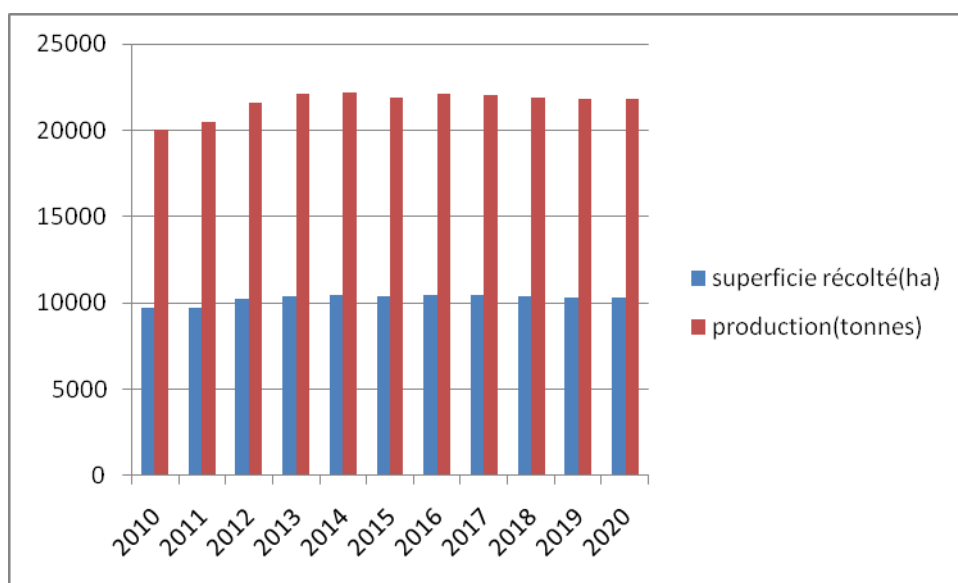


Figure 5: Production et superficie du caroubier à l'échelle nationale durant les 10 dernières années (FAOSTAT, 2022)

6-Composition chimique du caroubier :

Chaque caroube pèse une quinzaine de grammes. Elle contient de la pulpe charnue constituée de 40 % de sucres (glucose et saccharose), 35 % d'amidon, 7 % de protéines, et des proportions plus faibles, de graisses, de tannins et de sels minéraux. La caroube est riche en calcium, phosphore, magnésium, silice, fer et pectine. Les propriétés épaississantes sont dues à la présence d'un sucre, le galactomannane.

Tableau 1: Composition moyenne de la pulpe de caroube (Avallone et al., 1997)

COMPOSANTS	Pourcentage %
Sucres	40-60
Saccharose	27-40
Glucose	03-05
Fructose	03-08

La gousse est riche en potassium, calcium, sodium, phosphore, ainsi qu'en oligo-éléments qui sont présents avec des teneurs importantes (Tableau 3).

Tableau 2: Composition de la caroube en minéraux (Avaz et al., 2007)

Composants	Teneur (mg/100g Ms)
Potassium	970
Phosphore	71
Calcium	300
Magnésium	60
Fer	1.88
Manganèse	1.29
Zinc	0.75
Cuivre	0.85

7-Intérêts et utilisations du caroubier :

La caroube est le fruit du caroubier, un arbre originaire du Moyen-Orient, qui s'est ensuite répandu dans tout le bassin méditerranéen. En forme de gousse, la caroube est exploitée pour ses qualités nutritionnelles et ses nombreux bienfaits sur la santé. A partir d'une gousse de caroube, on obtient 2 produits; la poudre de caroube et la gomme de caroube.

7-1 POUDRE DE LA CAROUBE :

La poudre de la caroube bio fait partie des super-aliments au même titre que les graines de chia. Les super-aliments sont des aliments 100% naturels, présentant une haute valeur nutritionnelle. Ils sont la base d'une alimentation saine. La composition nutritionnelle de la poudre de caroube est très intéressante pour la santé. Elle contient une longue liste de composants bénéfiques pour notre organisme :

- Des antioxydants : polyphénols, quercétine et myricétine.
- Des sels minéraux et des oligo-éléments : calcium, phosphore, potassium, magnésium, silice et fer.
- Des glucides : saccharose et glucose.
- Des vitamines : A, B, B₂, D₂ et E.

- Des fibres : 40 g de fibres pour 100 g de poudre.
- Des tanins.
- Des protéines.
- De la pectine.

Les bienfaits de la poudre de caroube sont :

- Renforcer le système immunitaire.
- Agir contre la constipation et la diarrhée.
- Jouer le rôle d'un coupe-faim naturel.
- Réguler le taux de glycémie.
- Réduire le mauvais cholestérol.



Figure6: Poudre de la caroube

7-2 GOMME DE LA CAROUBE :

La gomme de caroube est extraite de la graine du caroubier après broyage. C'est donc une gomme naturelle et non synthétique, qui contient du galactomannane (fibre végétale) qui lui confère sa texture. Elle se présente sous la forme d'une poudre fine, inodore, sucrée, rappelant la saveur du chocolat, de couleur blanche à jaune clair.

UTILISATION DE LA GOMME DE CAROUBE :

- La gomme de caroube est utilisée comme épaississant en technologie alimentaire. La poudre a une saveur douce rappelant celle du chocolat et est utilisée pour adoucir la nourriture et comme un succédané (ersatz) de chocolat.
- Elle entre également dans la composition du Lygomme[3], la marque d'un substitut de fromage appartenant à la société Cargill.

- Elle est aussi utilisée dans les produits non comestibles comme les produits miniers, la fabrication du papier ou pour épaissir les textiles. Elle est utilisée dans les cosmétiques et pour rehausser la saveur des cigarettes. Elle est aussi utilisée comme additif dans les cirages et les insecticides.

Risques de la gomme de caroube :

En tant que telle, la gomme de caroube ne présente pas de risque particulier ce qui a justifié son autorisation comme additif (E410), largement utilisé dans le monde.

Des contaminations de cet additif sont possibles. Ainsi en 2020 et 2021, des lots de cet additif, contaminés par de l'oxyde d'éthylène (« agent cancérigène, mutagène et reprotoxique », interdit dans l'Union européenne) ont été source de contamination de nombreux produits importés ou issus de produits importés contaminés (ex. : plusieurs centaines de références de glaces rien que sur le territoire français, ainsi que du sésame, des épices, des infusions, des compléments alimentaires, du sucre en poudre...) ont fait l'objet de rappels à la demande de la Répression des fraudes (DGCCRF) . (Cet article est partiellement ou en totalité issu de l'article de Wikipédia en anglais intitulé « Locust bean gum » , Martin Chaplin: Locus bean gum, London South Bank University, web page) .



Figure 7: Gomme de la caroube

Partie 2 : MATERIEL ET METHODES

1-Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans cette étude correspond à 12 échantillons (**DETP; N11; Ng7; MY1SS; N311; DET; N10; N47; A53; N 111; H5A2 et N7**) de gousses mûres du caroubier, qui ont été récoltés à partir de la collection du caroubier plantée au D.E.A.T.en juillet 2021.

Ces gousses ont été récoltées choisies de façon aléatoire sur les arbres, tout en touchant les quatre directions cardinales et à hauteur d'homme. Puis les gousses ont été conservées dans des sachets en carton jusqu'au jour d'analyse au laboratoire. les différents paramètres pomologiques mesurés des gousses et des graines sont comme suit : longueur, largeur, épaisseur, poids unitaire, ainsi que le nombre de graines par gousse et le rapport de masses graines/gousse.

1-1. Parcelle du caroubier en collection

La parcelle du caroubier mis en collection au D.E.A.T a été planté en 2011, les génotypes sont greffés et issus de prospections de cette espèce à Moulay Driss Zerhoune et Chefchaoun, ils sont plantés à raison de trois arbre par génotype.

La parcelle est conduit en mode pluvial (Bour). Or, les pratiques agricoles en termes de taille, fertilisation et traitements phytosanitaires sont régulières et similaires pour tous les arbres.

1-Caractérisation pomologique

1-2 LONGUEURS

Tout d'abord, la longueur de la gousse et des graines est déterminée à l'aide d'un fil, puis la longueur du fil est mesurée par une règle graduée.

2-2 LARGEURS

À l'aide d'un pied à coulisse, différentes largeurs étaient mesurées et la moyenne de ces mesures a été considérée comme étant la largeur moyenne (figure 8).

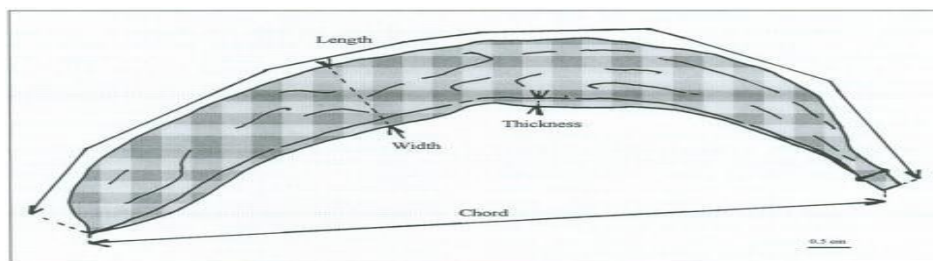


Figure 8 : Schéma des dimensions d'une caroube (Gharnit, 2006)

3-2 EPAISSEURS

Les épaisseurs ont été évaluées avec pied à coulisse, où elles représentaient la moyenne de 30 épaisseurs de la gousse et de la graine.

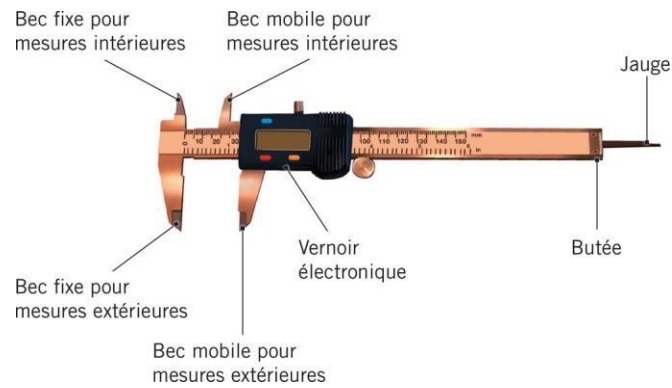


Figure 9 : Pied à coulisse

4-2. POIDS

Vingt fruits par échantillon ont été pesés l'un après l'autre, dans le but de déterminer le poids de chaque fruit, et par la suite le poids moyen du fruit. Le poids des différentes gousses et graines est mesuré à l'aide d'une balance de précision (figure10).



Figure 10 : Balance de précision

5-2 Teneur en graine

La teneur des gousses de caroubier en graine est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en graine (\%)} = \text{Poids des graines dans une gousse} / \text{Poids totale de la gousse}$$

6-2 Analyse Statistique

Le dispositif expérimental est conçu en blocs complètement aléatoires, les données recueillies ont été analysées par l'ANOVA à un seul facteur (génotype). Le logiciel statistique S.P.S.S (Version 20.0, IBM USA) est le moyen de calcul des paramètres statistiques. En plus, La comparaison des moyennes a été calculée selon le test DUNCAN au niveau de signification de 1 %.

Partie 3 : Résultats et discussion

1-Etude pomologique :

L'observation à l'œil nu de nos gousses et graines de caroube, a permis de déceler un niveau très élevé du polymorphisme morphologique. En effet, un échantillon de Quatorzes gousses montre parfaitement l'existence de diverses formes : sinuose sur les bords, droite ou légèrement courbée et torsadée, présente une surface ridée, luisante (figure 11). La taille ou bien la forme des gousses du caroubier peut être considérée comme le critère agronomique caractérisant les cultivars, selon certains auteurs. Ainsi, en Espagne trois formes de gousses ont été rencontrées, forme droite chez les cultivars 'Negra', 'Matalafera' et 'Duraió', forme courbée chez les cultivars 'Rojal', Saylonga' et 'Ramilleté', et forme torsadée chez le cultivar 'Banya Cabra' (Tous et *al.*, 1996). En effet, les gousses de caroube sont différentes morphologiquement en ce qui concerne leur taille, leur forme, leur qualité, leur couleur et leur rendement en graines. Ces variations peuvent être attribuées au génotype de la plante, l'origine géographique et les conditions climatiques (Batlle et Tous, 1997; Owen et al., 2003; Biner et al., 2007; Naghmouchi et al., 2009; Sidina et al., 2009).

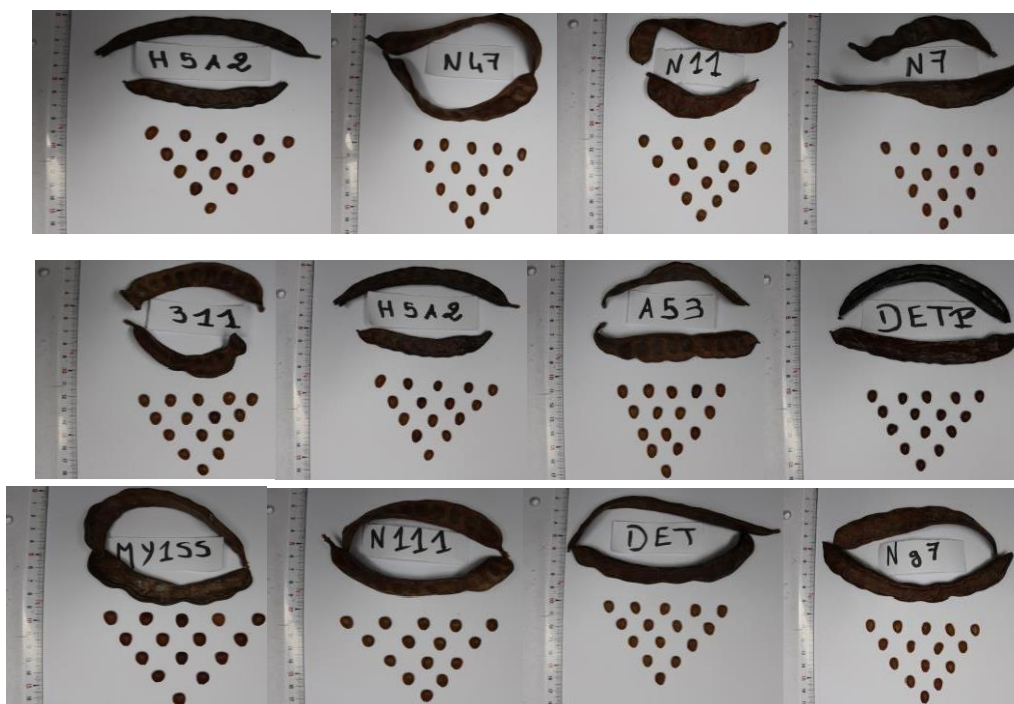


Figure 11: Photos des gousses et des graines des 12 caroubes étudiées.

1-1: CARACTERISTISUES POMOLOGIQUES DES CAROUBES

✓ **1.1.1 Longueur des gousses :**

La taille des gousses est définie par la valeur moyenne de sa longueur. Dans le cas de caroubes étudiées, la taille la plus longue a été enregistrée chez le génotype N111 (24,80cm) et H5A2 (17,50 cm), et la plus petite pour le génotype N11 (11,64 cm). Ces résultats sont en accord avec ceux de Battle (1997), qui a montré que la longueur des gousses de caroube est de 10 à 20 cm de longueur.

La longueur des gousses a donné lieu à la classification de nos échantillons en trois classes : taille légèrement longue ($17 < L \leq 24$ cm), taille moyenne avec ($14 \leq L \leq 17$) et taille légèrement courte avec ($11 \leq L < 14$).

Dans le cas de nos échantillons, la taille légèrement longue caractérise les populations de N 111; H5A2 et N7, la taille moyenne caractérise les gousses de DET; N10; N47 et A53. Tandis que les gousses des autres stations sont de taille courte et sont DETP; N11; NG7; MY1SS et N311.

✓ **1.1.2 Largeur des gousses :**

Les gousses de DET sont les plus larges (27,64 mm), tandis que largeur minimale a été enregistrée chez le génotype DETP (15,65 mm). En comparaison avec d'autres études antérieures, la largeur des gousses est comprise entre 1,5 et 2,5 cm selon Tutin et ses collègues (1993), et entre 1,5 et 3,5 cm selon Battle et Tous (1997).

✓ **1.1.3 Épaisseur des gousses :**

L'épaisseur de gousse la plus élevée est notée pour le génotype DETP (8,47 mm), et la valeur la plus faible a été enregistrée pour le génotype DET (4,20 mm). Les résultats obtenus diffèrent significativement ($p < 0, 01$) selon l'ANOVA, donc il existe un effet significatif du type d'échantillon sur l'épaisseur des gousses. Elle varie également d'un échantillon à l'autre, et constitue un critère pour distinguer les gousses comprimées ou volumineuses. Elle peut atteindre un cm surtout chez les gousses charnues (Battle et Tous, 1997).

Tableau 4: Caractéristiques pomologiques des 12 génotypes des caroubes

Génotype	Longueur (cm)	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)
N47	15,19±0,62a	17,01±1,01a	4,65±0,15bc
DETP	13,72±0,38a	15,65±0,16a	8,47±0,24a
N11	11,64±0,8a	18,55±0,34a	4,59±0,24bc
DET	15,37±0,82a	27,64±0,47a	4,20±0,17c
N111	24,80±0,52a	18,95±0,18a	5,25±0,46b
N10	14,77±0,71a	19,86±0,41a	5,11±0,10bc
H5A2	17,50±0,41a	17,72±0,58a	5,28±0,30b
NG7	13,55±0,81a	19,41±0,32a	4,86±0,13bc
MY1SS	13,52±0,63a	19,44±0,34a	5,23±0,17b
A53	16,52±0,74a	18,77±0,25a	5,18±0,13bc
N7	17,05±0,48a	18,64±0,47a	5,19±0,20bc
N311	12,76±0,49a	18,52±0,32a	4,28±0,27bc

Valeur moyenne \pm Erreur Standard. Les valeurs sont des moyennes des 12 génotypes des caroubes étudiées. Les valeurs d'une même ligne suivies d'une même lettre ou d'un même groupe de lettres ne sont pas différents ($p=0,01$).

✓ **1.1.4. Poids de la gousse :**

Le génotype A53 a montré le plus grand poids des gousses parmi les 12 génotypes étudiés avec une valeur de 7,52 g, alors que le génotype N311 a montré une valeur minimale de l'ordre de 4,30 g (figure 12). D'après l'analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA 1), les résultats obtenus diffèrent significativement ($p<0,01$), ce qui indique qu'il existe une diversité phénotypique entre les gousses de la même région. Or selon Melgarejo et Salazar (2003), les valeurs du poids de la gousse des caroubes demeurent pratiquement inchangées sous les mêmes conditions environnementales. En

effet, la production du caroubier en qualité de fruits (gousses) est en fonction de plusieurs critères tels que la variété, les conditions environnementales, l'efficacité de la pollinisation et la conduite technique .

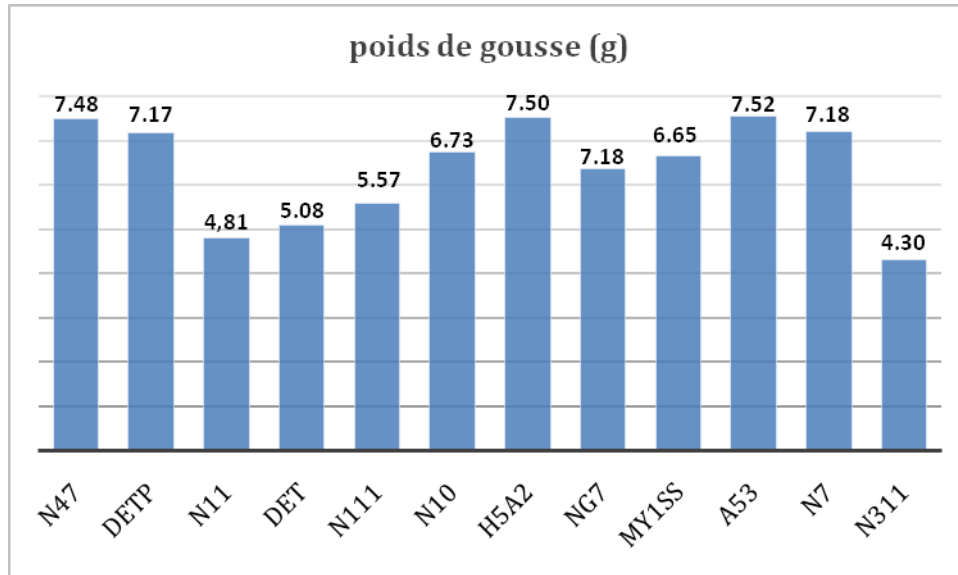


Figure 12: Poids des gousses des 12 génotypes de caroubes

✓ **1.1.5. Nombre de graines par gousse :**

Le nombre moyen des graines par gousse des différentes populations est très variable.

En effet, les gousses qui contiennent le plus grand nombre de graines, et qui ont un poids de graines par gousse important, sont celles de H5A2 (10,92 graines). Cependant, les gousses qui contiennent le nombre minimal de graines sont celles de NG7 avec 4,86 graines (figure 13).

L'abondance des graines dans les gousses produites du caroubier est un caractère distinctif entre les types sauvages et celles cultivées. En effet, les types sauvages sont caractérisés par leur grande production de graines, et qui sont généralement petites et non charnues (Marakis et al., 1988; Ouchkif, 1988; DiLorenzo, 1991).

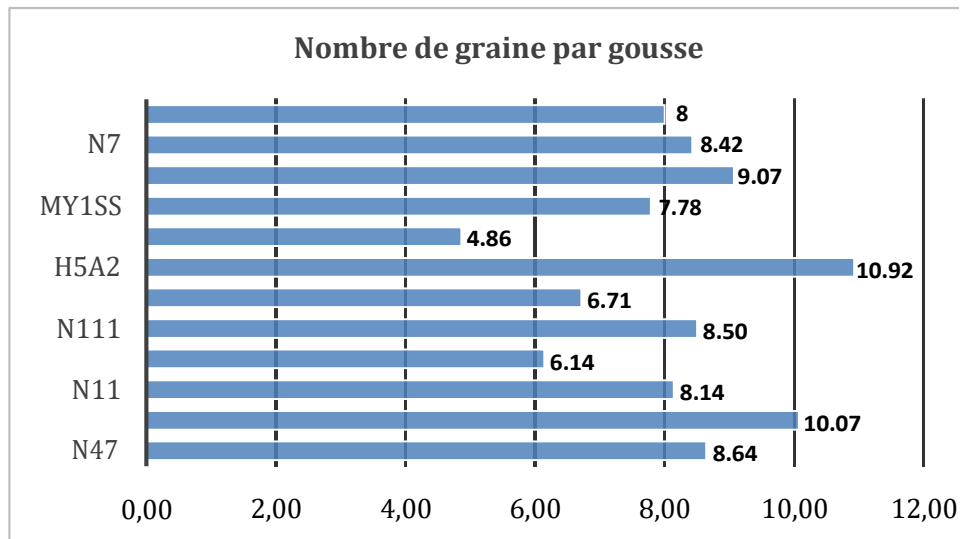


Figure 13: Nombre de graines par gousse des 12 génotypes de caroubes

✓ **1.1.6. Teneur en graine par gousse :**

Plus la teneur en graine est élevée plus l'échantillon est parfait. Cette teneur en graine signifie la présence d'un pourcentage très important des fibres, qu'il pourrait réduire le taux de cholestérol sanguin. La plus grande teneur en graine est celle de l'échantillon N11 avec une valeur de 33,87 %, et le plus faible pourcentage est celui de N10 avec une valeur de 11,14% (figure 14).

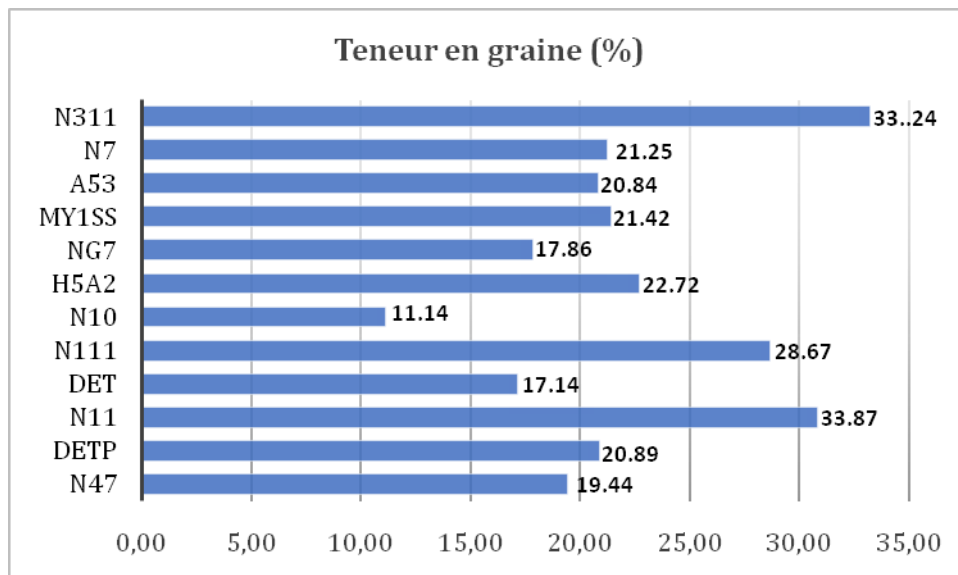


Figure 14: Teneur en graine des 12 génotypes de caroubes

1-2: CARACTERISTIQUES POMOLOGIQUES DES GRAINES :

✓ **a. Longueur des graines :**

La longueur moyenne des échantillons varie entre 9,28 mm et 7,12 mm. Dans le cas des caroubes étudiées, la taille la plus longue a été enregistrée chez l'échantillon N11 avec une valeur de 9,28 mm et la plus petite pour le génotype DETP (7,12 mm) .

✓ **b. Largeur des graines :**

D'après le tableau 5, on a constaté que la moyenne de la largeur des graines issues des caroubes ont varié entre 5,68 mm et 6,97 mm. La plus grande valeur est celle du génotype N11, alors que la plus faible est enregistrée chez DETP .

✓ **c. Épaisseur des graines :**

Les épaisseurs moyennes des graines des caroubes ont varié de 38,70 à 2,51 mm. Le génotype N47 a montré la plus grande épaisseur avec une valeur de 38,70 mm (tableau 5), alors que l'échantillon N10 a montré la plus faible valeur (2,51 mm).

Tableau 5: Caractéristiques morphométriques des 12 génotypes des caroubes

Génotype	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)
N47	8,74±0,06de	6,31±0,05cde	38,70±0,05a
DETP	7,12±0,05f	5,68±0,05f	4,37±0,05a
N11	9,28±0,05a	6,97±0,06a	3,75±0,06a
DET	8,80±0,09bcd	6,23±0,10e	3,36±0,21a
N111	9,11±0,05ab	6,91±0,04ab	3,66±0,05a
N10	9,08±0,09b	6,73±0,09b	2,51±0,10a
H5A2	8,49±0,14e	6,15±0,04e	3,70±0,06a
NG7	8,77±0,09de	6,24±0,07de	3,49±0,08a
MY1SS	9,10±0,07ab	6,89±0,07ab	3,39±0,11a
A53	8,81±0,05c	6,48±0,05c	3,52±0,07a
N7	8,89±0,05cde	6,37±0,04cde	3,78±0,07a
N311	8,89±0,04cd	6,43±0,06cd	3,83±0,06a

Valeur moyenne \pm Erreur Standard. Les valeurs sont des moyennes des 12 génotypes des caroubes étudiées. Les valeurs d'une même ligne suivies d'une même lettre ou d'un même groupe de lettres ne sont pas différents ($p=0,01$).

✓ **d. Poids des graines :**

Les résultats relatifs aux poids des graines sont représentés graphiquement dans la figure 15. Le poids moyen des échantillons varie entre 0,20 g et 0,15 g, ces dernières sont respectivement les valeurs de ce paramètre pour les génotypes MY1SS et DETP.

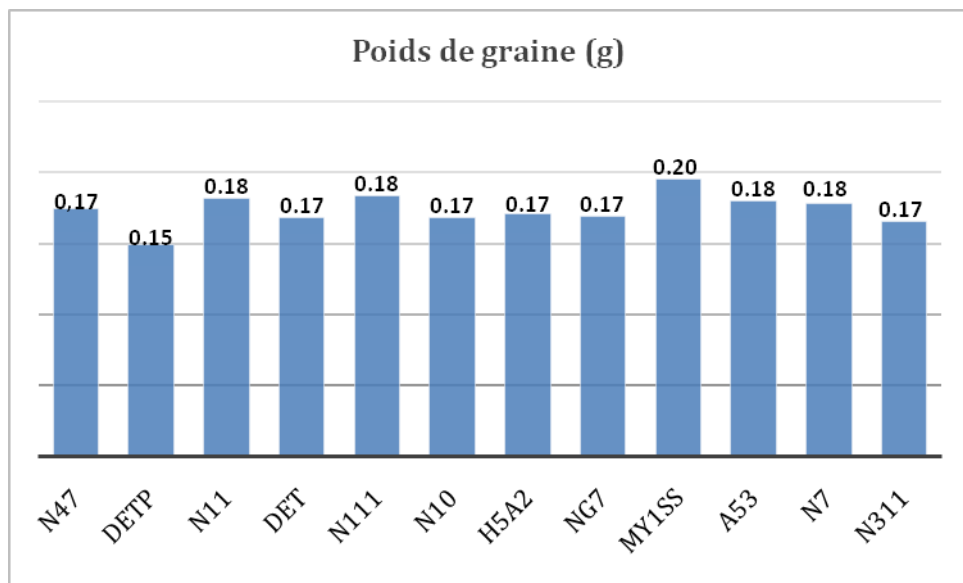


Figure 15: Poids unitaire des graines des 12 génotypes de caroubes

CONCLUSION GENERALE

Au cours de ce travail, nous avons contribué à l'étude de la caractérisation pomologique de quelques génotypes du caroubier installés au domaine expérimental d'Ain Taoujdate .

L'ensemble des traits morphologiques des 12 génotypes du caroubier, sont réalisés à l'aide de l'étude de plusieurs critères tels que; la longueur, la largeur, l'épaisseur, le poids et la teneur en graine. L'analyse statistique a révélé une diversité génétique intéressante des caroubiers mis en collection au DEAT, ce qui constitue un matériel végétal riche pour la sélection des génotypes performant, donc les résultats de ce travail sont considérés comme une base de données fiable pour les futures investigations. D'après les résultats de l'analyse statique des caractères pomologiques de caroubier, on a constaté la présence d'une diversité entre les 12 génotypes étudiés :

- * On se basant sur le paramètre longueur des gousses les génotypes N111, N7 et H5A2 ont les plus grandes valeurs 24,80 cm, 17,05 cm, 17,50 cm.
- * Pour le critère largeur des gousses les génotypes DET, N10, NG7 et MY1SS ont les plus grandes valeurs 27,64 mm, 19,86 mm, 19,41 mm, 19,44 mm.
- * Pour le paramètre épaisseur le génotype DETP a eu la plus grande valeur 8,47 mm.
- * Les génotypes les plus riches en graine sont N11 et N311, avec des valeurs maximales de 33,87% et 33,24%.
- * Les tailles les plus longues des graines ont été enregistrées chez les génotypes N11, N111, N10 et MY1SS avec des valeurs maximales de 9,28 mm, 9,11 mm, 9,08 mm et 9,10 mm.
- * Les plus grandes largeurs des graines de caroubier sont celles des génotypes suivants N11, N111 et MY1SS avec des valeurs de 6,97 mm, 6,91 mm et 6,89 mm.
- * Pour le critère épaisseur des graines, le génotype N47 a eu la plus grande valeur estimée à 38,70 mm.

En perspectives et dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant de :

- ✓ Enrichir les données des différents génotypes étudiés en termes agronomique et biochimique.
- ✓ Élargir cette collection du caroubier en y apportant de nouvelles accessions, provenant de toutes les régions du Maroc non étudiées.

- ✓ Evaluer la diversité génétique intra-accession et entre les types sauvages et cultivés au Maroc

Références bibliographiques :

- **Albanell. E. ;Caja. G. ;Plaixats. J. (1991).** Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. Options Méditerranéennes - Série Séminaires – n°16: 135-136 .
- **Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A. (1997),** Determination of Chemical
- **Ayaz F.A, Torun H., Ayaz S., Correia P.J, Alaiz M., Sanz C., Gruz J., Strnad M.,(2007),**Determination Of Chemical Composition Of Anatolian Carob Pod(*Ceratoniasiliqua L.*):Sugars, Amino And Organic Acids, Minerals And PhenolicCompounds, Journal of food quality , vol. 30, No6, pp. 1040-1055.
- **Battle I. et Tous J. (1997).**Carobtree.*CeratoniasiliquaL.*Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.17.institute of plant genetic and crops plant research. Gatersleben/international plant resourcesinstitute.Rome .Italy.
- **Biner B, et Al., (2007),** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratoniasiliqua L.*) inTurkey, Food Chemistry N°100, pp.1453-1455.
- **Di Lorenzo R. (1991).**CarruboFrutticolturespeciale. Ed. REDA, Rome.
- **Gharnit, N., El Mtili, N., Toubi Ennabilin A., Ennabili, A., 2001.** Social characterisation and exploitation of carob tree (*Ceratoniasiliqua L.*) from Mokrisset and Bab Taza (NW of Morocco). Science Letters 3(2): 10 p.
- **Hillcoat D., Lewis G. &Verdcourt B., 1980.** A new species of *Ceratoniasiliqua* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew bull.* 35: 261-271.
- **I. Battle and J. Tous (1997).** Carob Tree , *ceratoniasiliqua L.*
- **Makris D.P. & Kefalas P., (2004).** Carob pods (*Ceratoniasiliqua L.*) as a source of polyphenolic antioxidant. Food Technol. Biotechnol. 42: 105-108.
- **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
- **Naoual Gharnit, Nouredine El Mtile, Abdeslam Ennabili,Fouad Sayah. 2006.** Pomological characterization of carob tree (*Ceratoniasiliqua L.*) from the province of Chefchaouen (NW of Morocco). Moroccan J. Biol. 2-3 (2006) 1-11.

- **Naggar, M., Lahssini, S., 2015.** La filière caroubier au service du développement socioéconomique des territoires forestiers de montagne. XIV Congrès forestier mondial, Durban, South Africa. Les forêts et les populations : investir dans un avenir durable. 9 p.
- **Naghmouchi S., Khouja M.L., Romero A., Tous J., Boussaid M. (2009).** Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: morphological variability of pods and kernel. *Scientia Horticulturae*. 121: 125–130.
- **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.
- **Ouchkif M. (1988a).** Etude sur le caroubier. Append number 8 of Project Ouest Srou. MARA (Morocco). GTZ (Germany), DPA of Khenefra (unpublished).
- **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.
- **Rejeb. M.N. (1995).** Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration. Dans: Quel avenir pour l'amélioration des plantes? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris. pp: 79-85.
- **Sidina M.M., El Hansali M., Wahid N., Ouatmane A., Boulli A., Haddioui A. (2009).** Fruit and seed diversity of domesticated carob. *Scientia Horticulturae*. 123: 110-116.
- **Zohary M., 1973.** Geobotanical Foundations of the Middle East, 2 vols. Stuttgart.

