



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



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : DJOUHAR Mohamed**

**DOMAINE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)**

**FILIERE DES SCIENCES ALIMENTAIRES**

**OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE**

#### **Thème**

**EFFET DES PARAMETRES MORPHOMETRIQUES  
ET PHENOTYPIQUES SUR LA TENEUR DES  
GOUSSES DE CAROUBE EN SUCRES**

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Houicher Abderrahmane	Professeur	Président
Allali Khadidja	Professeur	Examineur
Adamou Ala-Eddine	Professeur	Rapporteur

**Promotion : 2023 - 2024**

**Résumé :**

L'objectif de notre travail a été d'étudier les paramètres physico-chimiques et morphométriques des gousses de caroube en relation avec le taux de sucres solubles. Après avoir collecté les gousses de caroube, ces dernières ont été classées en deux catégories (claires et foncées), puis chaque catégorie a été divisée en trois groupes (petite, grande et moyenne), afin d'étudier leurs paramètres morphométriques (masse, poids total, longueur de l'arc, largeur, épaisseur, indice de courbure) en relation avec des paramètres physiques et biochimiques (pH, conductivité électrique et sucre soluble). Les résultats ont montré que la longueur, la couleur, l'épaisseur et la courbure des gousses de caroube peuvent être utilisées comme indicateur de la quantité de sucre. L'étude sur la teneur en sucre permettra à l'industrie de choisir de meilleures lignes directrices pour le tri des gousses de caroube. Les gousses à forte teneur en sucre peuvent être utilisées comme édulcorant, tandis que les recherches futures sur la teneur en protéines des gousses peuvent orienter leur utilisation comme épaississant.

**Mots clés :** Gousses de caroube, Paramètres morphométriques, Paramètres physico-chimiques, Sucre soluble, tri

**Abstract :**

The aim of our study was to examine the physicochemical and morphometric parameters of carob pods in relation to soluble sugar contents. After collecting the carob pods, they were classified into two categories (light and dark), with each category further divided into three groups (small, large, and medium) to analyze the morphometric parameters (mass, total weight, arc length, width, thickness, curvature index) in relation to physical and biochemical parameters (pH, electrical conductivity, and soluble sugar). The results indicated that the length, color, thickness, and curvature of carob pods can be used as indicators of sugar content. The sugar content study will help the industry establish better guidelines for sorting carob pods. Pods with high sugar contents can be used as sweeteners, while future research on protein contents in pods could guide their use as thickeners.

**Keywords:** Carob pods, Morphometric parameters, physicochemical parameters, soluble sugar, sorting.

هدف عملنا هو دراسة تاثير العوامل المورفومترية والفيزيو كيميائية والبيوكيميائية لقرون الخروب بخصوص معدل السكر. بعد جمع قرون الخروب نقم بتصنيفها الى فئتين (فاتحة وداكنة) بعد ذلك نقوم بتقسيم كل فئة الى ثلاث فئات (صغيرة متوسطة وكبيرة) لتحليل المعالم المورفومترية (الطول الكلي, الطول بين الاطراف, العرض, السمك, الوزنومؤشر النحراف) وايضا تحليل المعالم الفيزيوكيميائية والبيوكيميائية (الحموضة, الناقلية الكهربائية ومستوى السكر القابل للذوبان). اثبتت النتائج انه يمكن استخدام كل منة الحجم, اللون, السماكة, والطول في تحديد قرون الخروب الاعلى جودة والتي تحتوي كمية سكر اعلى ستساعد دراسة محتوى السكر الصناعة على وضع مبادئ توجيهية افضل لفرز قرون الخروب 'يمكن استعمال قرون الخروب التي تحتوي على كمية سكر اكبر في صناعة المحليات والتي تحتوي على كمية سكر اكبر في صناعة المخبزات (المكثفات).

الكلمات المفتاحية : قرون الخروب,العوامل المورفومترية,العوامل الفيزيو كيميائية,السكر القابل للذوبان,فرز

---

بسم الله الرحمن الرحيم

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : من سلك طريقا يلتمس فيه علما سلك الله به طريقا من طرق الجنة ، وإن الملائكة لتضع أجنحتها رضا لطالب العلم ، وإن العالم ليستغفر له من في السماوات ومن في الأرض ، والحيتان في جوف الماء ، وإن فضل العالم على العابد كفضل القمر ليلة البدر على سائر الكواكب ، وإن العلماء ورثة الأنبياء ، وإن الأنبياء لم يورثوا دينارا ولا درهما ، وإنما ورثوا العلم، فمن أخذه أخذ حظا وافرا. رواه الترمذي

## اهداء

الحمد لله رب العالمين الحمد لله الذي اعانني وقواني والى دين الإسلام هداني  
بعد الله عزوجل اود ان أبدى امتناني لوالدي رحمه الله واسكنه فسيح جناته والذي اوصاني لأسلك هذا  
الطريق

وثانيا امي التي دعمتني وساندتني لأبلغ الى هذه اللحظة

## **Remerciements**

Avant tout, nous tenons à remercier notre Créateur Tout-Puissant qui nous a guidés et nous a donné la force, la santé et la volonté de mener à bien ce travail et d'atteindre ce stade scientifique.

Je remercie vivement le professeur Adamou Ala-Eddin, qui n'a négligé aucune information et nous a bien guidés.

Merci également aux enseignants de notre formation pour le temps qu'ils nous ont accordé.

Merci également aux laborantins et à la direction du Département des Sciences de la Nature et de la Vie.

Merci à mon ami Daham Madjid et tous mes collègues.

# Sommaire

## Résumé

## INTRODUCTION

### Chapitre I : synthèse bibliographique

1. Présentation des gousses de caroube.....	3
1.1 Répartition des gousses de caroube.....	3
1.1.1 Dans le monde.....	3
1.1.2 Dans l'Algérie.....	4
1.2 Morphologie du caroubier.....	4
1.2.1 La description botanique des caroubiers.....	5
1.2.2 Morphologie des gousses des caroubes.....	6
2. Valeurs nutritive des gousses caroube .....	7
2.1 Le taux de protéine.....	7
2.2 le taux de glucide.....	8
2.3 Le taux de minéraux.....	8
3. Utilisation des gousses de caroube.....	9
3.1.1 Dans le domaine médical .....	9
3.1.2 Dans le domaine cosmétique.....	9
3.1.3 Dans le domaine alimentaire .....	9
3.2 Utilisations des graines de caroube .....	10
3.3 Utilisation la pulpe de caroube.....	10

### Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Échantillonnage .....	11
2. Mesure morphométrique.....	14
2.1 mesuré la longueur total.....	14
2.2 mesuré la longueur d'arc.....	14
2.3 mesuré la largeur .....	14
2.4 mesuré l'épaisseur.....	15
2.5 L'indice de forme.....	15
2.6 mesuré la masse .....	15
3. mesuré les paramètres physico-chimiques et biochimiques.....	15

## Chapitre III : Résultats et discussion

1. Caractérisation des paramètres de morphométries.....	18
1.1 Variation des paramètres morphométriques.....	18
1.1.1 Variation des paramètres morphométriques avec la taille.....	18
1.1.2 Variation des paramètres morphométriques avec la couleur.....	20
2. Caractérisation des paramètres physico-chimiques et biochimiques.....	23
2.1 Variation des paramètres physico-chimiques et biochimiques avec la taille.....	24
2.2 Variation des paramètres physicochimique et biochimiques avec la couleur.....	25
3. Corrélation entre paramètres morphologiques et physico chimique.....	26
3.1 La relation entre la masse et longueur totale.....	26
3.2 Relation entre le pH et la masse.....	27
3.3 Relation entre le pH et longueur total.....	27
3.4 Relation entre le sucre soluble et l'épaisseur.....	28
3.5 Relation entre le taux des sucres solubles et la conductivité électrique.....	28
4 Discussion.....	29
Conclusion .....	33
Références .....	35

## Liste de figure

Figure 01 : Distribution du caroubier dans le monde.....	3
Figure 02 : La morphologie de caroube.....	4
Figure 03 : Feuillet de caroubier.....	5
Figure 04: Composants de la graine de caroube.....	6
Figure 05 : coupe longitudinale d'une gousse de caroub.....	7
Figure 06 : les gousses de caroube.....	12
Figure 07 : schéma représente le triage des gousses de caroub.....	13
Figure 11 : le triage des gousses de caroube.....	14
Figure 12 : Une courbe montrant la masse en fonction de la taille.....	19
Figure 13: Une courbe montrant l'indice de courber en fonction de taille.....	19
Figure 15 : Une courbe montrant l'indice de courber en fonction de la couleur.....	20
Figure 16 : Une courbe longueur T en fonction de la couleur.....	20
Figure17 : Une courbe longueur D en fonction de la couleur. ....	21
Figure 18 : Une courbe largueur en fonction de la couleur.....	21
Figure 19: Une courbe épaisseur en fonction de la couleur.....	22
Figure 20 : Une courbe pH en fonction de la taille .....	22
Figure 21: Une courbe conductivité électrique en fonction de la .....	23
Figure 22 : Une courbe sucres solubles en fonction de la taille.....	24
Figure 23 : Une courbe pH en fonction de la couleur.....	25
Figure 24 : Une courbe sucres solubles en fonction de la couleur.....	25
Figure 26 : Courbe représente la relation entre la longueur totale et la masse de caroube.....	26
Figure 27 : Courbe représente la relation entre le pH et la masse.....	26

## **Liste des tableaux**

Tableau 01 : tableau montrant les paramètres morphométriques dans les échantillons des gosses de caroube.....	18
Tableau 02 : tableau montrant les paramètres physico-chimique et biochimique dans les échantillons des gosses de caroube.....	23
Tableau 03 : les Paramètres morphologiques des gosses de caroube de différents pays.....	29
Tableau 04 : Paramètres physico-chimiques des gosses de caroube de différents pays.....	31

# **INTRODUCTION**

## Introduction

---

Le caroubier est un arbre qui peut jouer un rôle très important sur les plans économique, environnemental et nutritionnel (Zouhair, 1991). Le marché alimentaire mondial et national est en constante évolution, influencé par l'offre et la demande. Les industries agroalimentaires doivent innover pour répondre aux attentes des consommateurs, qui sont de plus en plus attentifs à leur santé et favorisent les produits biologiques. Cela entraîne une demande croissante pour des alternatives naturelles comme les dérivés de caroube par rapport aux additifs synthétique (Shahidi, 2015).

Les gousses de caroube, riches en sucre, plus que la canne à sucre et la betterave sucrière, sont devenues un produit commercial majeur en Europe et sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire (Biner et al., 2007). L'utilisation des fruits de caroube dans l'alimentation est peu connue dans la plupart des pays du monde, bien que la caroube ne soit pas un aliment récemment découvert (Brandt, 2002). Depuis des siècles, des populations défavorisées à travers la méditerranée, notamment en Grèce, utilisent la caroube comme aliment de base dans leur régime alimentaire (Marakis 1996). La gomme de caroube a été utilisée dans l'industrie alimentaire, où elle est utilisée comme stabilisant, épaississant et émulsifiant dans divers produits alimentaires (Mattaus et ozcan, 2011).

La caroube est une source nutritive importante, offrant divers avantages pour la santé. Elle est riche en fibres, en antioxydants, et en minéraux comme le calcium, le magnésium, et le fer. De plus, la caroube est naturellement dépourvue de caféine et de théobromine, ce qui en fait une alternative intéressante au chocolat pour les personnes sensibles à ces substances. Sa haute teneur en fibres contribue à une meilleure digestion et peut aider à réguler les niveaux de sucre dans le sang (Friedman, 2017).

Les produits de la caroube sont souvent utilisés comme édulcorant de par leur teneur considérable en sucre. Il serait très intéressant pour les industriels de trouver un indicateur visuel de qualité lié à la teneur en sucre afin de faciliter les opérations de tri.

L'objectif principal de notre a été d'étudier les paramètres morphométriques des gousses de caroube en relation avec leur teneur en sucre.

*Chapitre I*

**SYNTHESE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1 .Présentation des gousses de caroube :

### 1.1 Répartition géographique de caroube :

#### 1 .1.1 Dans le mandes :

Le caroubier, originaire du Moyen-Orient, est un arbre principalement présent en région méditerranéenne (Hariri, 2009). Bien que les caroubiers se développent principalement dans des sols sédimentaires et calcaires, ils peuvent aussi prospérer dans des sols d'origine volcanique. Cependant, la culture du caroubier est peu adaptée aux sols salins ou lourds. Il est recommandé de planter ces arbres dans des sols lumineux, bien drainés et aérés (Gaouar, 2011).

Le caroubier est reconnu comme un arbre à fort potentiel économique à long terme, avec une production agricole de graines atteignant environ 330 000 tonnes par an à l'échelle mondiale. L'Espagne, occupe une position prépondérante dans la culture de cet arbre, représentant environ 45 % de la production mondiale, suivi par l'Italie avec 16 %, le Portugal avec 9 %, le Maroc avec 7,5 %, Chypre avec 6 %, la Grèce avec 5 %, et la Turquie avec 4 %. Des quantités moindres sont produites en Algérie, en Tunisie, en Palestine et dans d'autres pays méditerranéens (Fig. 1). Selon les données de la base de données FAOSTAT (2019).



**Figure 1** : Distribution du caroubier dans le monde (Sbay et Abourouh, 2006).

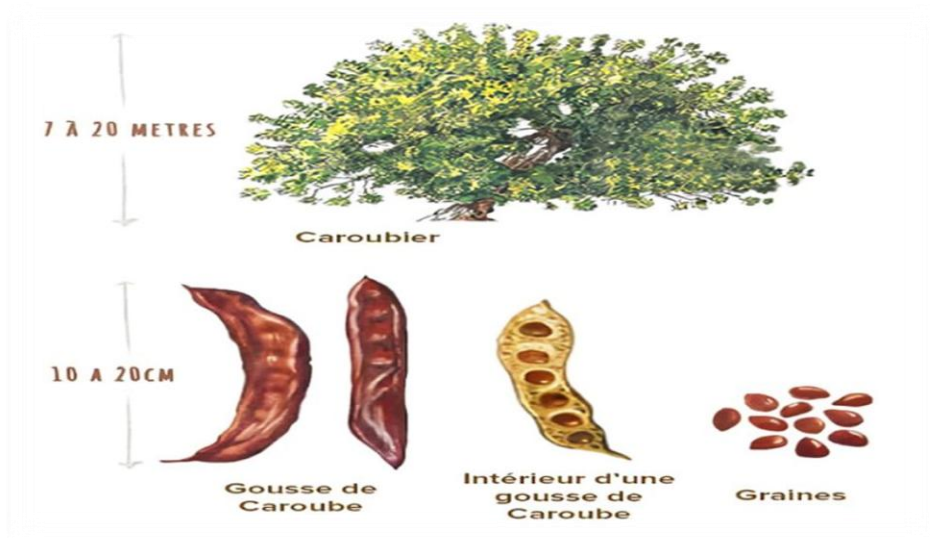
### 1.1.2 Dans l'Algérie :

Le caroubier est présent dans certaines zones où pousse naturellement l'olivier sauvage. Bien que la propagation de ces arbres soit faible en Algérie, il a réussi à coloniser des zones semi-arides comme El Bayadh et Djelfa, situées au nord du Sahara (Badreddine, 2020).

Sur la base des critères climatiques, l'aire de répartition du caroubier en Algérie et ses endroits privilégiés ont été déterminés, qui sont les collines ensoleillées des zones côtières et semi-côtières du littoral algérien, Dahra, la région de la Grande Kabylie, la Région de la Petite Kabylie, et la vallée de l'Oued, l'Oued Yasser, les collines d'Oran et les contreforts chauds et semi-chauds de Mostaganem. Les plaines arides d'Annaba et de Mitidja et les vallées intérieures jusqu'à Bou Saada, Djelfa, El Bayadh et. Dans la région de Traras au nord de Tlemcen (Gaouar, 2011)

### 1.2 Morphologie des caroubiers

Le caroubier se caractérise par ses graines dures et brunes, divisées en sections allant du noyau à l'enveloppe externe, et pouvant en contenir entre 5 et 16 (Rejeb et, al., 1991) (Fig. 2).



**Figure 2 :** La morphologie de caroube (Hassiba, 2021)

### 1.2.1 Présentation botanique du caroubier :

Le caroubier atteint une hauteur comprise entre 7 et 20 mètres et sa circonférence à la base est de 1,5 à 3 mètres. Il a une écorce lisse (Rejeb et, al., 1991). Il s'accroche dans le sol grâce à ses racines circulaires, profondes et puissantes, avec une pénétration jusqu'à 18 mètres (Leticia, 2020). La racine principale se ramifie en plusieurs racines latérales ou secondaires de grande taille et a tendance à être superficielle, surtout dans les sols compactés avec de nombreux poils absorbants s'étendant sur une longueur de 30 à 40 mètres (Albanell, 1991).

Le caroubier pousse et se maintient grâce à un seul tronc épais et solide relié par des racines plus épaisses, ce qui leur donne un aspect sinueux et peut atteindre jusqu'à 10 mètres de long, lorsque la plante est jeune, l'écorce est lisse et grise ; En mûrissant, il devient brun et rugueux, et son bois est de couleur rouge et très dur (Ait Chitt et al., 2007).

Les feuilles du caroubier mesurent entre 10 et 20 cm de long. Elles sont persistantes, coriaces, alternes et présentent un pétiole sillonné (Fig. 3). Composée de 4 à 10 folioles, qui arborent une couleur verte luisante sur leur face dorsale et verte pâle sur leur face ventrale (Albanell, 1991).



**Figure 3** : Feuillet de caroubier (Linda, 2017)

La fleur est de couleur verte et sa longueur varie entre 6 et 16 mm. Les fleurs sont disposées en spirale et groupées en amas qui forment des groupes rectaux et axillaires (Kabera, 2014).

Les fleurs du caroubier se regroupent en grappes latérales, souvent dressées ou ascendantes, et portent de courts pédoncules. À l'origine, ces fleurs sont hermaphrodites, mais au Cours de leur développement, un axe est supprimé, donnant ainsi naissance à des fleurs soit mâles, soit femelles (Ait Chitt, 2007).

Les gousses de caroube sont droites ou courbées et leur longueur varie de 10 cm à 30 cm, leur largeur varie de 1,5 cm à 3,5 cm et leur épaisseur varie de 6 mm à 20 mm (Ait Chitt, 2007).

Les graines présentent une forme ovoïde et une texture rigide, leur couleur variant en fonction de la variété : elles peuvent être marron, rougeâtre ou noire. Leurs dimensions moyennes sont d'environ 8 à 10 mm en longueur et de 7 à 8 mm en largeur (Dakia et al., 2007) (Fig. 4).

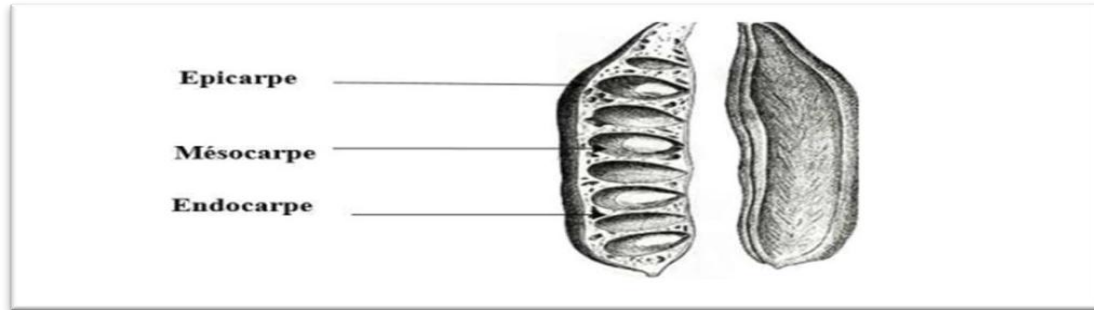


**Figure 05:** Composants de la graine de caroube (Melgarejo et Salazar, 2003).

### 1.2.2 Morphologie des gousses des caroubes :

Une gousse de caroube est constituée de parties de pulpe et contient généralement de 5 à 16 graines et est divisée en trois parties distinctes.

- **L'épicarpe** : une enveloppe externe, se caractérise par sa texture fibreuse et sa coloration distincte.
- **Le mésocarpe**, ou pulpe, est riche en sucres. Cela représente de 70 à 95% de fruits entiers.
- **L'endocarpe**, de nature fibreuse, recouvre l'intérieur du fruit et le divise en parties ou des cellules du carpelle où se trouvent les graines (Rejeb, 1995) (Fig. 5).



**Figure 5 :** coupe longitudinale d'une gousse de caroube (Mahdad, 2013)

## **2. Valeur nutritive des gousses de caroube :**

La caroube est reconnue pour ses bienfaits sur la santé, en raison de sa composition nutritionnelle riche et variée. Elle constitue une source importante de nutriments essentiels pour l'organisme. Par exemple, 100 grammes de caroube moulue fournissent à l'organisme 88,88 grammes de glucides et 4,62 grammes de protéines. Elle est également faible en matières grasses, avec seulement 0,65 gramme, mais offre une quantité significative de fibres alimentaires saines, totalisant 39,8 grammes. De plus, la caroube est une excellente source de minéraux essentiels pour maintenir une bonne santé. Par exemple, 100 grammes contiennent 827 milligrammes de potassium, 348 milligrammes de calcium et 35 milligrammes de sodium (Rizzo, 2004).

### **2.1 Le taux de protéine :**

La quantité de protéines contenues dans le fruit de caroube est estimée à environ 6-2 grammes pour 100 grammes. Il contient des acides aminés incomplets qui ne peuvent être comparés à ceux que l'on trouve dans la viande, les œufs ou les produits laitiers, (FAOSTAT, 2011).

La caroube contient divers acides aminés, notamment des acides aminés soufrés (comme la méthionine et la cystéine), des acides (tels que l'acide aspartique et l'acide glutamique), des hydroxyliques (comme la sérine et la tyrosine), des aliphatiques (incluant l'alanine, la glycine, l'isoleucine, la leucine, la proline et la valine), des acides aminés basiques (comme l'arginine, l'histidine et la lysine) et des amides (tels que l'asparagine et la glutamine (Charalambous et Papaconstantinou, 1966)

Les gousses de caroube contiennent environ 57 % de groupes aminés basiques et d'acides aminés. Les fruits de la caroube sont considérés comme une excellente source d'acides aminés, répondant aux normes en matière de protéines établies par l'Organisation mondiale de la santé (Charalambous et Papaconstantinou, 1966).

### **2.2 Le taux de glucide :**

Une tasse de farine de caroube (103 grammes) contient 229 calories et 50,6 grammes de sucre, ce qui équivaut à 4 cuillères à soupe de sucre ordinaire et contient également 41 grammes de fibres alimentaires totales et 91, 5 grammes de glucides (USDA, 2016).

Le fruit de la caroube est une source essentielle de sucre et offre une haute valeur nutritionnelle. Des études antérieures ont montré que la teneur en glucides dans les cultures de caroube cultivées variait entre 40 et 55 g pour 100 g de matière sèche (Turhan, 2014).

### **2.3 Le taux de minéraux :**

Les fruits de la caroube contiennent des quantités importantes de calcium et de potassium. Les niveaux de potassium peuvent atteindre 970 mg pour 100 g de poids sec, et même jusqu'à 1120 mg pour 100 g de poids sec. Par ailleurs, les concentrations de sel commencent à 300 mg pour 100 g de poids sec (Rizzo, 2004). Un litre de lait contient environ 1200 mg de calcium, tandis qu'une tasse de lait fournit autant de calcium qu'un morceau de caroube. Le fruit de la caroube Contient également de petites quantités de magnésium et de phosphore, ainsi que divers micros Minéraux comme le manganèse, le nickel, le cobalt, le zinc, le baryum et le fer, ce dernier étant le plus concentré (Barak, 2014).

### **3. Utilisation de caroube :**

Le caroubier ses composants sont utiles et multi-usages (feuilles, fleurs, écorce et graines), notamment dans les domaines du médicament, de la cosmétique, de l'alimentation et du tannage (Boublenza, 2012).

### **3.1. Dans le domaine médical :**

Le caroubier est considéré comme un remède naturel car il contribue à soulager les troubles digestives comme:

- Reflux gastrique fréquent.
- Problèmes de côlon
- Vomissements persistants
- Acidité de l'estomac
- Les hémorroïdes
- Anémie et carence nutritionnelle
- Problèmes liés à l'alimentation tels que l'obésité

La caroube est considérée comme l'un des antioxydants naturels présents (Custódio, 2011).

### **3.2 Dans le domaine cosmétique :**

La caroube est fréquemment employée dans l'industrie cosmétique, notamment dans la fabrication de savons, de crèmes, de dentifrices, et autres produits similaires. Son utilité réside dans sa capacité à créer une solution visqueuse même à des concentrations faibles, grâce à ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (Custódio L., 2011).

### **3.3. Dans le domaine alimentaire :**

Deux produits largement utilisés dans l'industrie alimentaire : la farine et la gomme de caroube. La farine de gousses de caroube est largement utilisée comme stabilisant et épaississant et également comme substitut du cacao dans les confiseries, les biscuits, les glaces, les sucreries et les boissons (Ayaz, 2007).

La poudre de caroube est souvent comparée au chocolat en raison de son goût, mais elle présente une composition nutritionnelle distincte, potentiellement plus bénéfique pour la santé. La caroube contient une concentration de calcium deux fois supérieure à celle du cacao cru. (Ayaz F.A, 2007).

De plus, contrairement au cacao, la caroube ne renferme ni théobromine ni caféine, deux substances stimulantes pour le corps. Cela peut aider à éviter les effets secondaires indésirables liés à la caféine.

Par ailleurs, la caroube ne contient pas de tyramine, présent dans le chocolat qui peut déclencher des migraines chez certaines personnes sensibles.

La caroube constitue une source intéressante de micronutriments essentiels à une alimentation équilibrée (Ayaz, 2007).

### **3.2 Utilisation des graines de caroube :**

Les graines de caroube sont actuellement utilisées comme substitut à la poudre de cacao dans divers produits alimentaires (Srour, 2016)

Le remplacement du cacao dans le chocolat au lait par de la poudre de caroube a été étudié et il a été noté que la teneur en protéines augmentait quelque peu en utilisant davantage de poudre de caroube au lieu de cacao dans le chocolat. De plus, la teneur en fibres et en sucres a augmenté de manière significative en augmentant la concentration de poudre de caroube dans le chocolat, et nous avons observé une augmentation des concentrations de calcium, de magnésium et de sodium, tandis que la concentration de fer et de zinc a diminué (Salem, 2012).

### **3.3 Utilisation de la pulpe de caroube :**

La fabrication de diverses boissons et poudres à base de caroube utilise aussi bien de la pulpe de caroube non torréfiée que torréfiée provenant de différentes variétés. La poudre torréfiée est particulièrement riche en activité antioxydante et en composés phénoliques. En outre, la torréfaction améliore les propriétés sensorielles de la poudre de caroube, notamment l'odeur, la saveur, l'arôme de caramel, l'odeur de moka, la sensation en bouche, la viscosité et le goût amer rappelant le café (Moreira, 2017).

# ***CHAPITRE II***

## **Matériel et méthodes**

En raison du retard dans le démarrage de l'étude, nous n'avons pas pu récolter les gousses de caroube au moment opportun. Nous avons donc procédé à leur achat. Selon les informations fournies par le vendeur, elles ont été récoltées dans la wilaya de Djelfa. Par la suite, nous avons pris la quantité achetée selon les modalités suivantes :

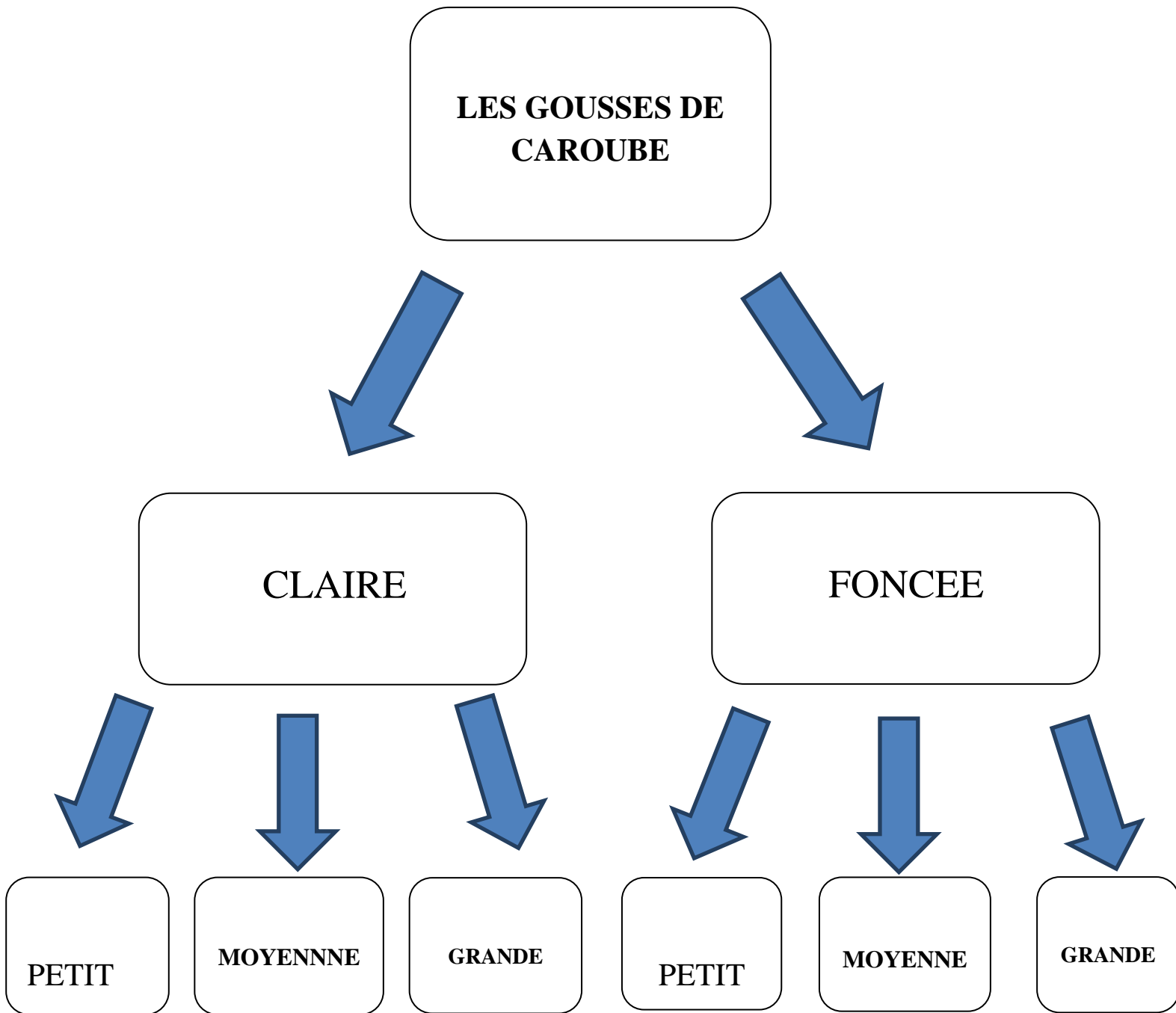
### 1. Echantillonnage

Une quantité de gousses de caroube a été appropriée du commerce, puis apportée au laboratoire pour mener à bien notre étude.



**Figure 06** : les gousses de caroube.

Pour cette étude, 90 gousses complètes de caroube ont été utilisées. Les gousses de caroube ont été triées en laboratoire selon leur taille : (grande, moyenne, petite) et leur couleur (claire ou foncée). La figure 10 représente la méthode de tri. Par la suite, les gousses ont été étiquetées et codées.



**Figure 07** : schéma représente le triage des gousses de caroube



**Figure 08 :** le triage des gousses de caroube

## **2. Mesure morphométrique:**

### **2.1 Mesure de la longueur totale:**

La longueur totale de la gousse (en cm) est mesurée à l'aide d'un mètre ruban, elle représente la distance courbée totale entre les deux extrémités de la gousse.

### **2.2 Mesure de la longueur d'arc:**

La longueur d'arc des gousses (en cm) est la distance directe entre les deux extrémités de la gousse, a été déterminée à l'aide d'un mètre ruban.

### **2.3 Mesure de la largeur de la gousse**

La largeur des gousses (en cm) est mesurée au centre des gousses de caroube à l'aide d'un mètre ruban.

## **2.4 Mesure de l'épaisseur de la gousse:**

L'épaisseur des gousses (en cm) est mesurée au centre des gousses de caroube à l'aide d'un pied à coulisse.

## **2.4 L'Indice de forme (indice de longueur) :**

Il représente le rapport entre la longueur d'arc et la longueur totale il est donnée par la relation suivante :  $(\text{longueur d'arc} / \text{longueur totale}) \times 100$

## **2.5 La Masse des gousses :**

La masse (en g) de chaque gousse a été prise à l'aide d'une balance électronique avec une précision de 0,01g.

## **3. Paramètres physico-chimiques et biochimiques:**

### **3.1 Broyage et préparation des échantillons:**

En raison de la dureté de la caroube, il est difficile de la broyer directement. Pour cela, chaque caroube a été écrasée puis finement broyée par un broyeur à lame puissant, jusqu'à obtenir d'une poudre très fine de couleur blanc cassé.

La farine de gousse de caroube a été placée dans des sacs hermétiques scellés pour éviter l'humidité et la contamination, puis codés selon le code initial de la gousse.

### **3.2 Mesure de la conductivité électrique :**

La conductivité électrique a été mesurée par un conductimètre étalonné sur une dilution de 4%.

### **3.3 Mesure du pH :**

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre étalonné d'une solution de poudre de caroube à 4 %.

### **3.4 Sucres solubles :**

Avec une dilution de 4% dans des tubes une goutte sur le réfractomètre étalonné peut suffire.

## **Chapitre III**

### **Résultats et discussion**

### 1. Caractérisation des paramètres morphométrique :

La masse de la caroube sur laquelle nous avons mené l'expérience a été de  $12,70 \pm 4,14$  g et sa longueur variait de 11,5 à 22,10 cm. La masse des gousses de la caroube a été de 12,73 g, elle est varié de 5,05 à 19, 51g. Les résultats des autres paramètres morphologiques sont apportés dans le tableau 3.

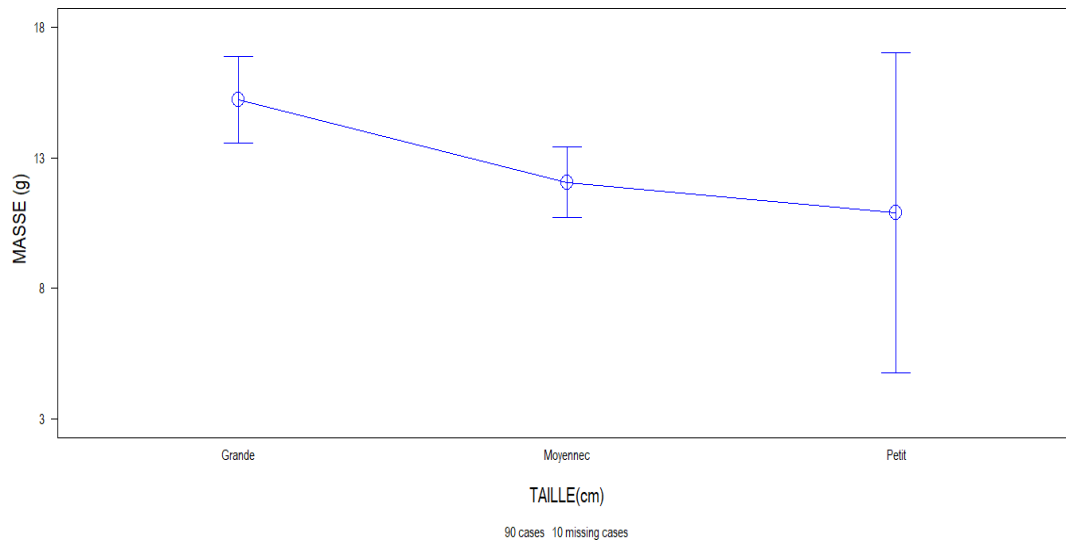
**Tableau 01:** Paramètres morphométriques des échantillons de gousses de caroube.

Paramètre	Taille d'échantillon	Moyenne	Écart-type	Min-max
Longueur totale (cm)	90	17.11	2.32	11.5-22.10
Longueur d'arc(cm)	90	14.2	2.95	5.20-20.80
Largueur (cm)	90	2.12	0.18	1.55 -2.71
Épaisseur (cm)	90	0.47	0.10	0.23-1.03
Indice de courbure	90	0.82	0.12	0.33-0.97
Masse (g)	90	12.73	4.14	5.05-19.51

#### 1.1 Variation des paramètres morphométriques :

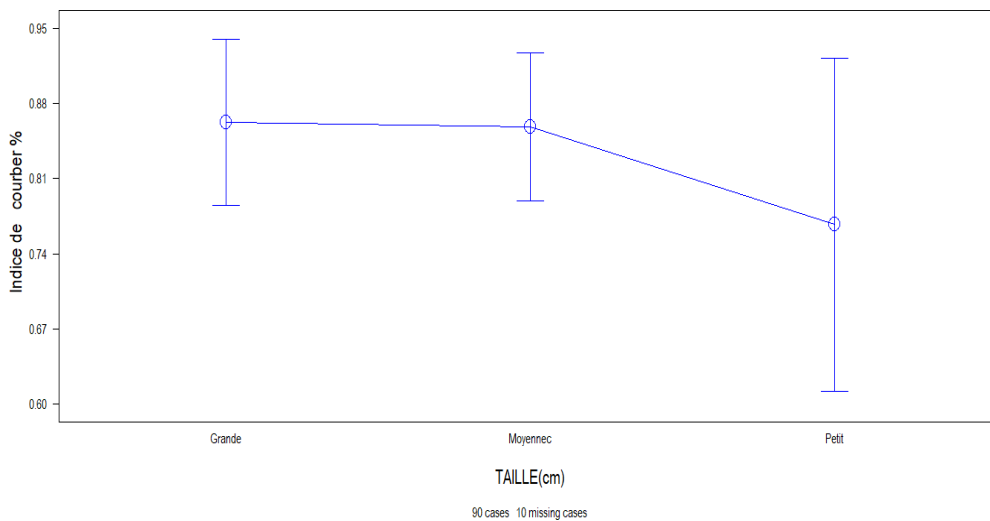
##### 1.1.1 Variation des paramètres morphométriques avec la taille :

Les grosses gousses de caroube ont une masse plus grande que les gousses de caroube moyennes et les petites gousses de caroube. Cette différence était statistiquement significative ( $F=10,6$  ;  $p=0,0001$ ).



**Figure 12 :** Variation de la masse en fonction de la taille

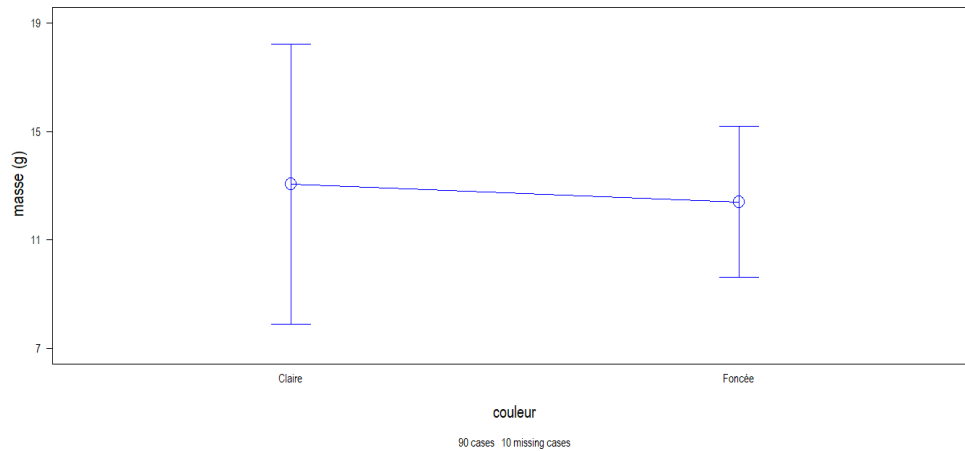
Les grosses gousses de caroube ont un indice de courbure plus grande que les gousses de caroube moyennes et petites. Cette différence était statistiquement significative ( $F=7,76$  ;  $p=0,0008$ ).



**Figure 13 :** Variation de l'indice de courbure en fonction de la taille

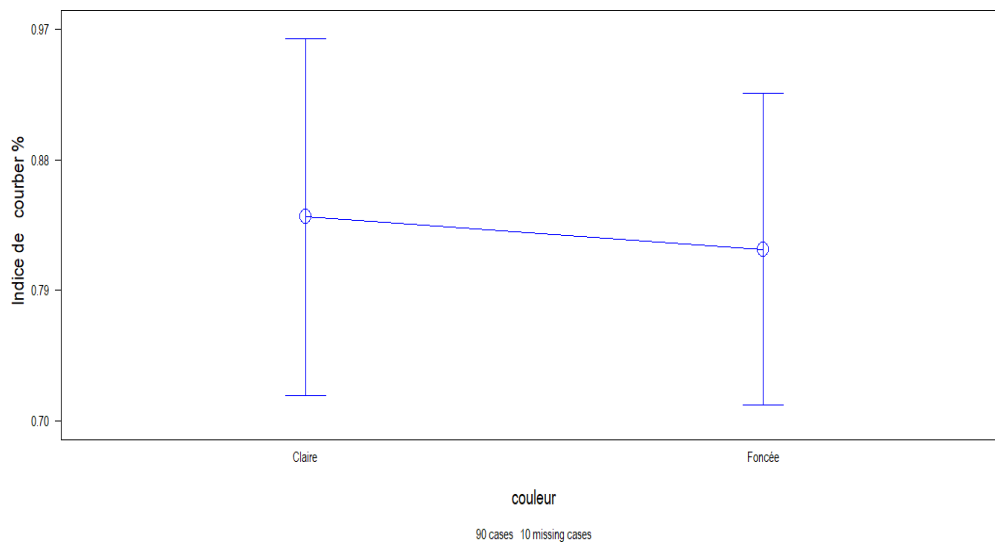
### 1.1.2 Variation des paramètres morphométriques avec la couleur :

Les gousses de caroube claires pèsent légèrement plus que les gousses de caroube foncées .mais cette différence n'été pas statistiquement significative ( $F=0,56$  ;  $p=0,4574$ ).



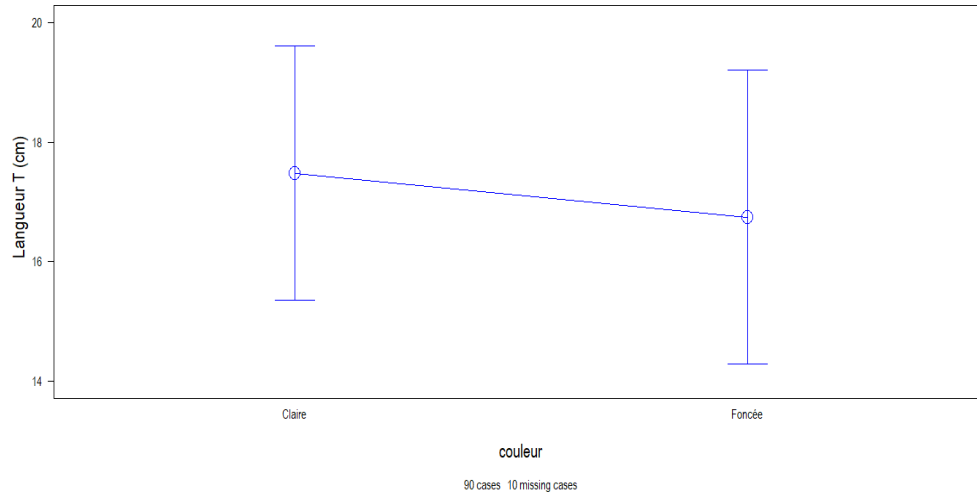
**Figure 14:** Variation de la masse des gousses de la caroube en fonction de la couleur

Les gousses de caroubes claires ont été plus recourbées que les gousses de caroube foncées mais cette différence n'était pas statistiquement significative ( $F=0,91$  ;  $p=0,3429$ ).



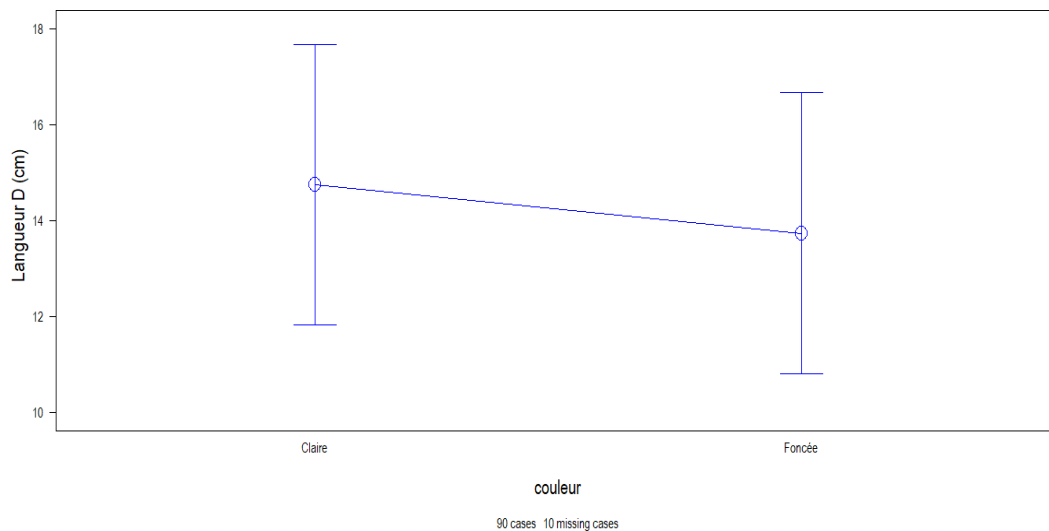
**Figure 15 :** variation de l'indice de courbure en fonction de la couleur

Les longues gousses de caroube claires ont été plus larges que les gousses de caroube foncées. Cette différence n'été pas statistiquement significative ( $F=2,33$  ;  $p=0,1306$ ).



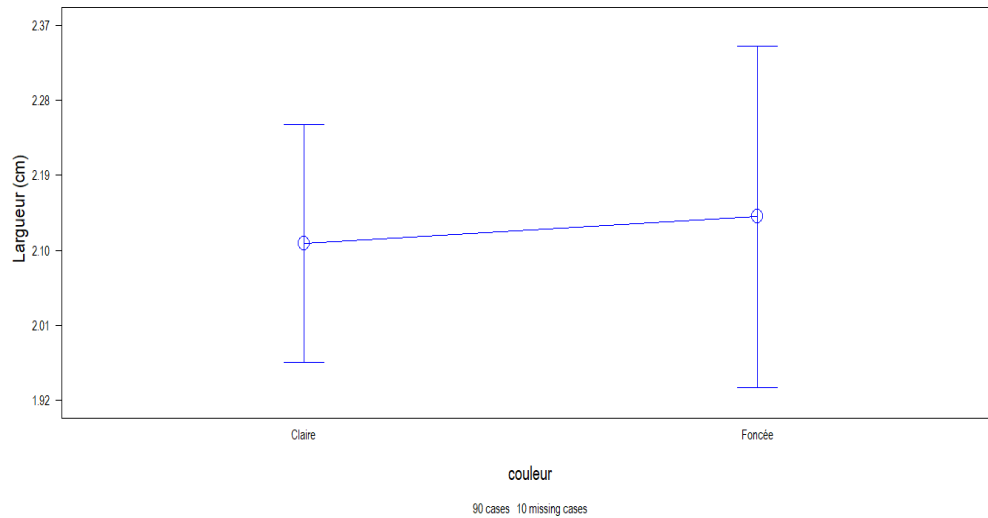
**Figure 16 :** Variation de la longueur totale de la caroube en fonction de la couleur

Les gousses de caroube claire ont été plus larges que les gousses de caroube foncées. Cette différence n'été pas statistiquement significative ( $F=2,69$  ;  $p=0,1047$ ).



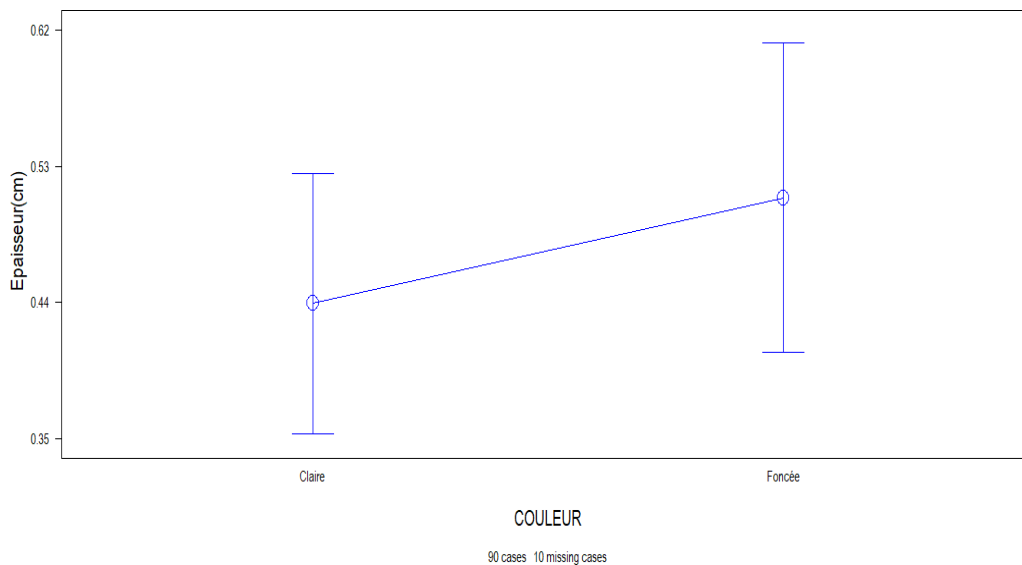
**Figure 17 :** variation de la longueur directe des gousses de la caroube en fonction de la couleur

Les gousses de la caroube foncées ont été plus larges que les gousses de caroube claires. Cette différence n'été pas statistiquement significative ( $F=2,69$  ;  $p=0,1047$ ).



**Figure 18 :** variation de la largeur des gousses de la caroube en fonction de la couleur

Les gousses de la caroube foncées ont plus épais que les gousses de caroube claires. Cette différence n'été pas statistiquement non significative ( $F=2,69$  ;  $p=0,1047$ ).



**Figure 19 :** Variation de l'épaisseur des gousses de la caroube en fonction de la couleur

## 2. Caractérisation des paramètres physico-chimiques et biochimiques :

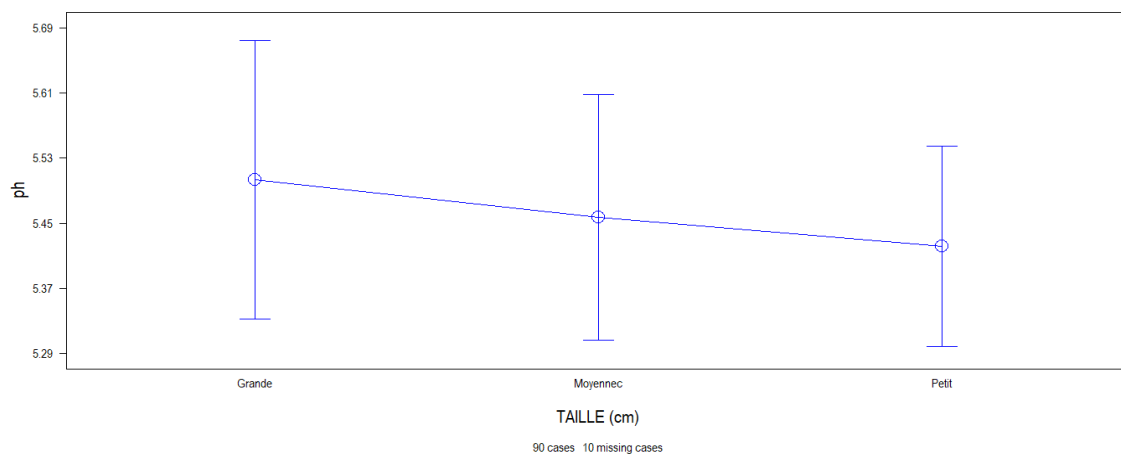
Après avoir effectué les tests physico-chimiques et biochimiques (pH, conductivité électrique et sucre solubles), nous enregistrons les résultats dans le **tableau 02**.

**Tableau 02** : paramètres physico-chimiques et biochimiques des échantillons des gosses decaroube.

Paramètre	Taille d'échantillon	Moyenne	Écart-type	Min-max
pH	90	5.46	0.15	5.20-5.90
Conductivité Électrique (mS/cm)	90	1.34	0.44	0.90-1.65
Sucres soluble (%)	90	40.64	6.55	25.00-55.00

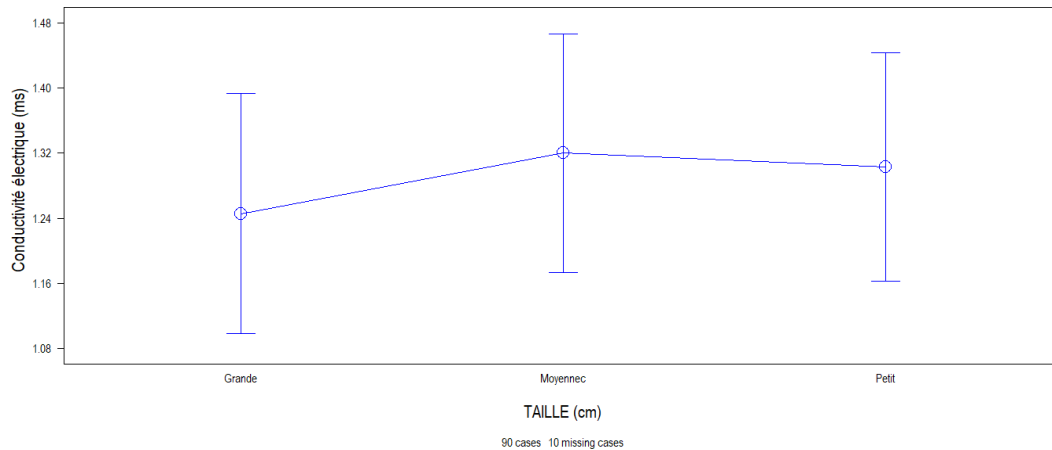
### 2.1 Variation des paramètres physico-chimiques et biochimiques avec la taille :

Le pH des grandes gosses de la caroube a été plus important que celui des gosses de caroube moyennes et petites. Cette différence n'été pas statistiquement significative ( $F=2,24$  ;  $p=0,1047$ ).



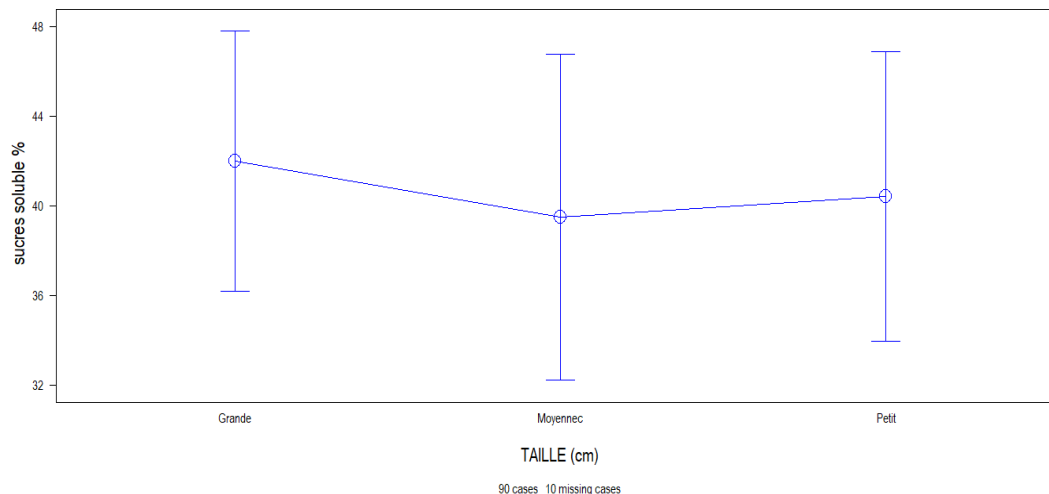
**Figure 09** : Variation du pH des gosses de la caroube en fonction de la taille

La conductivité électrique des gousses de caroube de taille moyenne a été plus élevée que celles trouvés dans les gousses de caroube de grande et de petite taille. Cette différence n'été pas statistiquement significative ( $F=2,18$  ;  $p=0,1196$ ).



**Figure 10 :** variation de la conductivité électrique en fonction de la taille

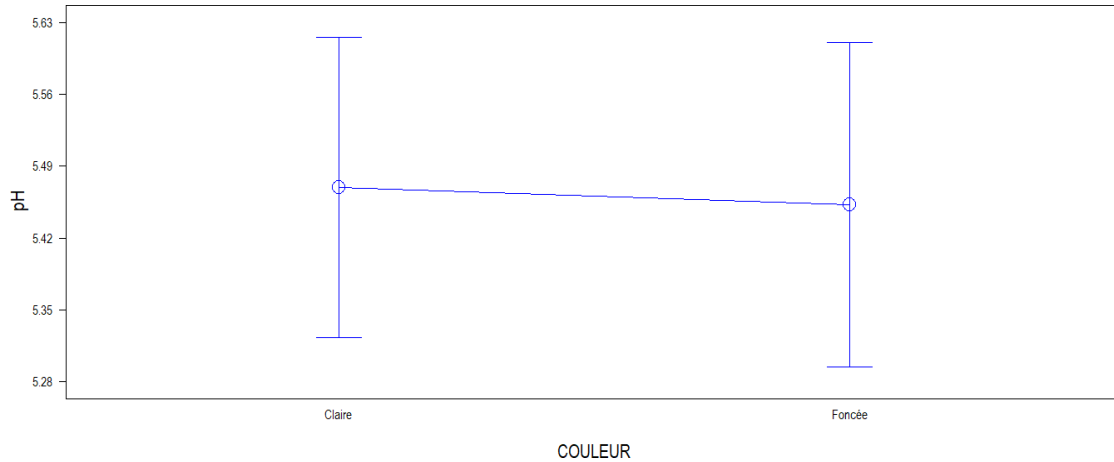
Les sucres solubles dans les gousses de caroube de taille moyenne ont été la plus faibles par rapport aux gousses de grande et de petite taille. Cette différence n'été pas statistiquement non significative ( $F=1,12$  ;  $p=0,3303$ ).



**Figure 11 :** Variation du taux des sucres solubles en fonction de la taille

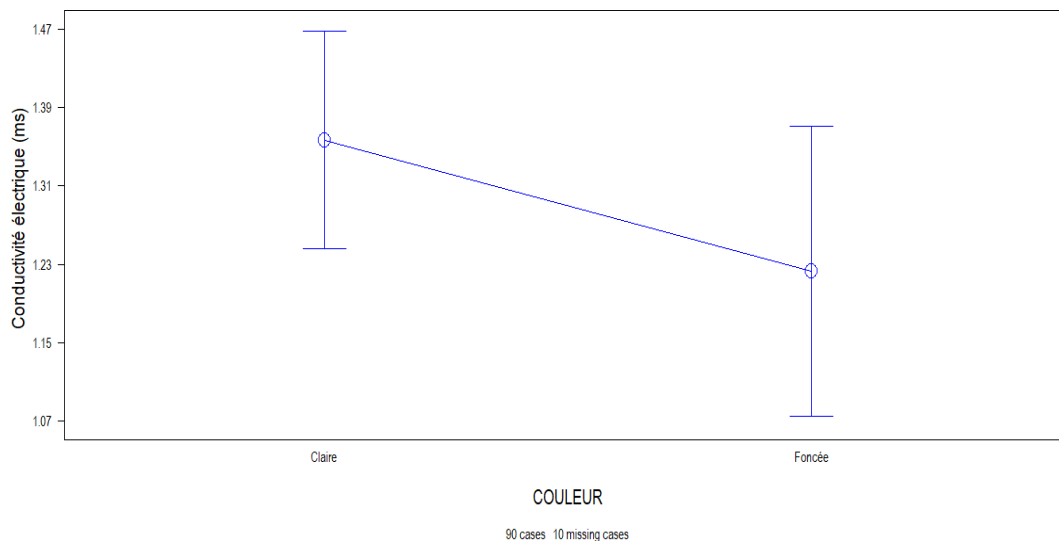
## 2.2 Variation des paramètres physico-chimiques et biochimiques avec la couleur :

Le pH dans les gousses de caroube claire est plus élevé que celui des gousses de caroube foncée. Cette différence était statistiquement non significative ( $F=0,28$  ;  $p=0,6008$ ).



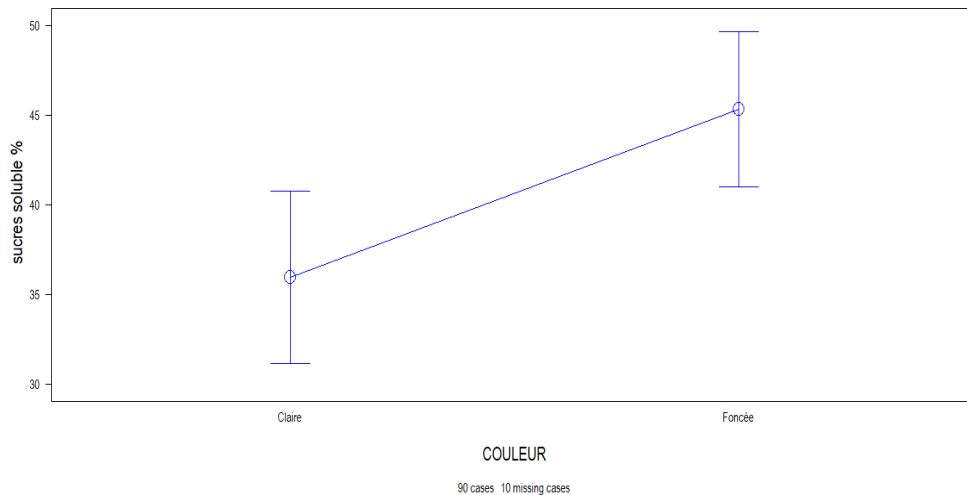
**Figure 12 :** Variation du pH des gousses de la caroube en fonction de la couleur

La conductivité électrique dans les gousses de caroube claire a été plus élevée que dans les gousses de caroube foncée. Cette différence a été statistiquement significative ( $F=$  ;  $p=0,0000$ ).



**Figure 13 :** Variation de la conductivité électrique des gousses de caroube en fonction de la couleur

Le taux des sucres solubles dans les gousses de caroube fiancée a été plus élevé que dans les gousses de caroube claire. Cette différence était statistiquement significative ( $F=$  ;  $p=0,0000$ ).

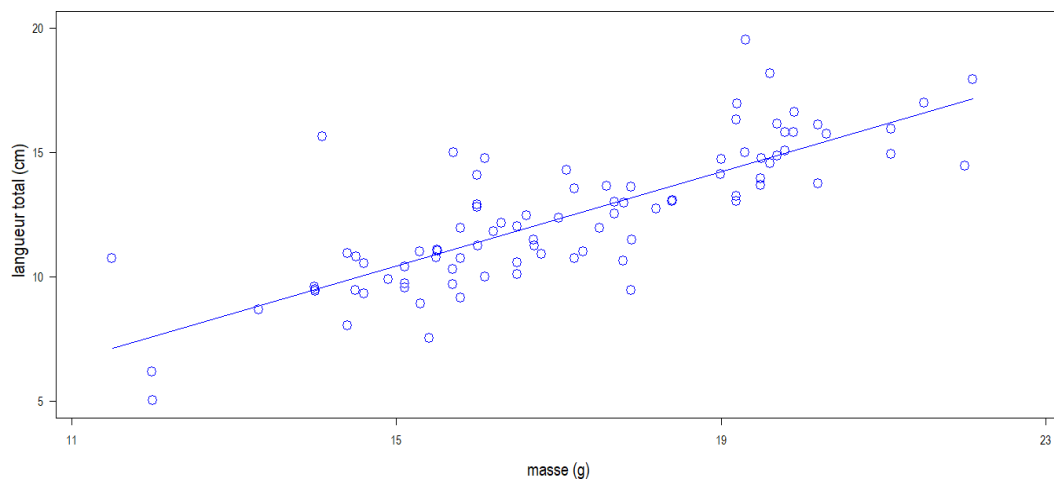


**Figure 14 :** Variation du taux des sucres solubles en fonction de la couleur

### 3. Corrélation entre paramètres morphologiques et physico chimique :

#### 3.1 La relation entre la masse et longueur totale:

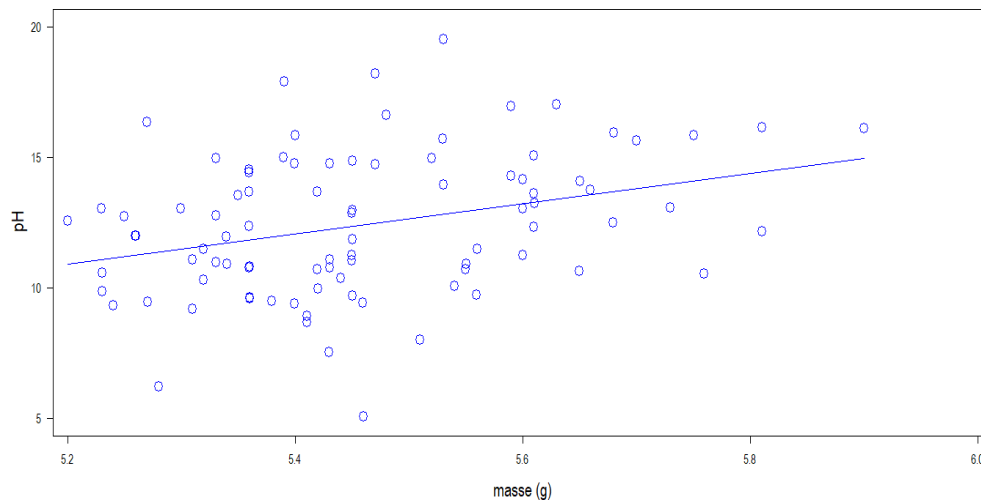
La courbe suivante montre une relation linéaire positive et hautement significative entre la masse et la longueur totale ( $r=0.49$  ;  $ddl=89$  ;  $P=0,0000$ ). On observe que l'augmentation de la longueur est proportionnelle à la masse des gousses de caroube.



**Figure 15 :** Courbe représente la relation entre la longueur totale et la masse des caroubes

### 3.2 Relation entre le pH et la masse:

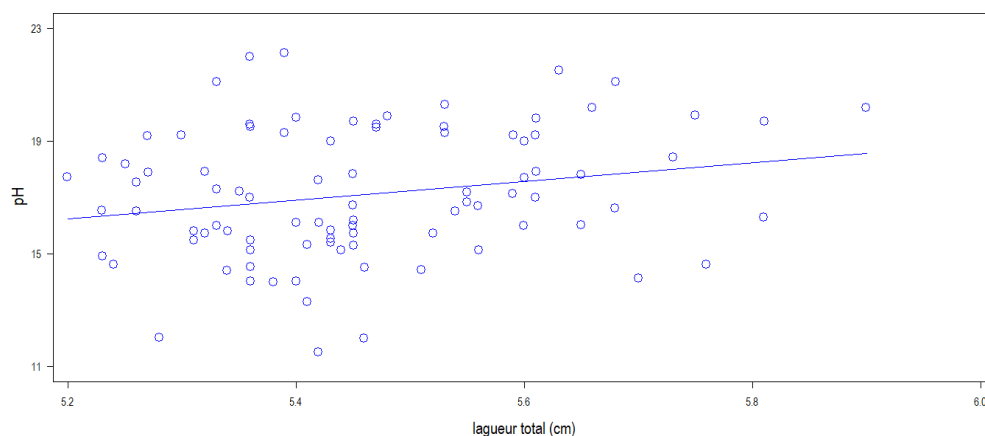
Il existe une relation positive entre le pH et la masse des caroubes. Cette corrélation est statistiquement significative ( $r=0.24$  ;  $ddl=89$  ;  $P=0,022$ ) L'acidité des gousses diminue proportionnellement avec leur masse.



**Figure 16 :** Courbe représente la relation entre le pH et la masse

### 3.3.3 Relation entre le pH et longueur total:

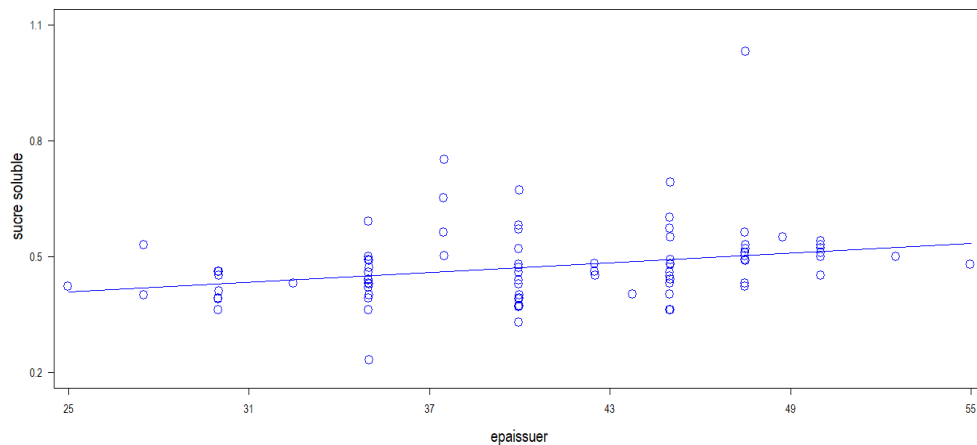
Une autre corrélation positive et significative entre l'acidité et la longueur totale ( $r=0.21$  ;  $ddl=89$  ;  $P=0,040$ ). L'acidité des gousses diminue proportionnellement avec la longueur totale.



**Figure 17 :** Courbe représente la relation entre le pH et longueur total

### 3.3.4 Relation entre le sucre soluble et l'épaisseur:

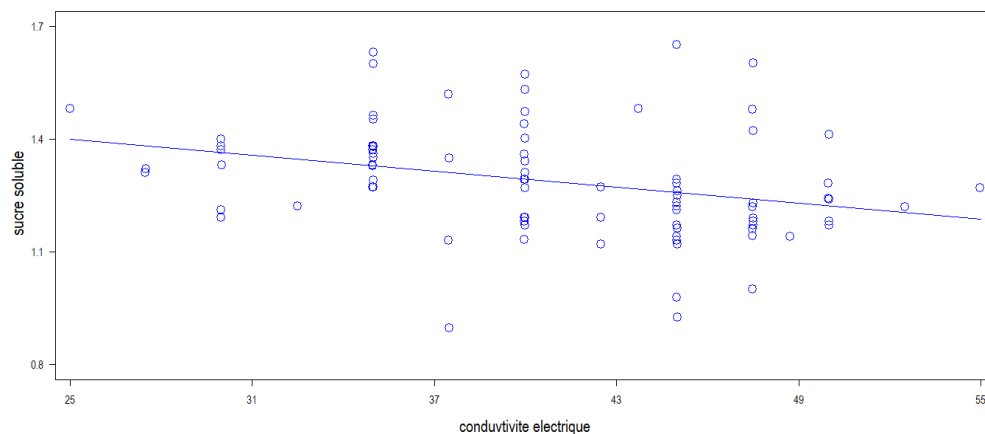
La courbe ci-dessous illustre une relation linéaire positive et hautement significative entre les sucres solubles et l'épaisseur des gousses de caroube ( $r=0,27$  ;  $ddl=89$  ;  $P=0,0082$ ). On constate une augmentation proportionnelle du taux des sucres solubles avec la masse des gousses.



**Figure I8 :** Courbe représente la relation entre le sucre soluble et l'épaisseur

### 3.3.5 Relation entre le taux des sucres solubles et la conductivité électrique :

La courbe montre une corrélation négative et statistiquement significative entre les sucres solubles et la conductivité électrique ( $r=-0,32$  ;  $ddl=89$  ;  $P=0,024$ ). Le taux des sucres solubles diminue proportionnellement avec la conductivité électrique.



**Figure 19 :** courbe représente la relation entre le sucre soluble et conductivité électrique

**Discussion :**

Cette étude vise à découvrir des indicateurs de qualité utilisant des critères d'apparence et leur interaction avec des critères physiques et chimiques. Cette qualité varie principalement en fonction de la couleur et de la taille.

Les résultats ont montré qu'il existe des corrélations entre les caractéristiques phénotypiques et les propriétés physiques et chimiques des gousses, contribuant ainsi à l'identification des gousses de caroube de qualité le plus en sucre qui peuvent comme un édulcorant

Les résultats de la comparaison indiquent qu'il existe des variations dans les normes des gousses de caroube, d'une année à une autre (en comparant avec les résultats de Kabouche, 2019, Boumegouas, 2020) et de d'un pays à un autre (en comparant avec les résultats de Tulin *et al.*, 1993 ; Batlle *et al.*, 1997 ; Gharnit, 1997 ; Konate, 2007 ; Haddarah *et al.*, 2013), d'où nos gousses sont comparables à celles du Maroc et d'Italie mais relativement plus petites que celles du Liban (**Tab. 3**).

Tableau 03 : paramètres morphologiques des gousses de caroube de différents pays.

Références	Pays	Longueur des gousses (cm)			Largeur (cm)	La masse(g)	Épaisseur (mm)	Indice de courbe (LT/LA)
		Grande	Moyenne	Petite				
Présent travail 2024	Algérie	18.40-22.10	15.80-17.90	11.50-15.78	1,10-2,4	5.050-19.51	0.23-1.03	0.33-0.97
Boumegouas 2020		14.5-22	11.5-14	6-11	0,8-2,5	2,65-15,44	0,2-0,9	-
Kabouche 2019		15-24	11-14,9	8-10,9	1,5-2,7	4,36-18,58	-	14-100
Haddarah et al., 2013	Liban	11,42 - 24,25			1,73-2,5	-	-	-
Konate, 2007	Maroc	< 16	14-14,5	12,5-13,5	2-2,4	-	-	-
Gharnit, 1997	Maroc	X= 14,22			1,5-1,66	-	-	-
Batlle et al., 1997	Italie	15-20	14-15	10-14	1,5-3,5	-	-	-
Tulin et al., 1993	Italie	15-20	14-15	10-14	1,5-2,5	-	-	-

D'après les études menées par Boumegouas (2020), Kaboush (2019) et Saleh et Nouioui (2019), on constate qu'il existe une différence morphologique importante à l'œil nu uniquement, puisqu'il existe des gousses de caroube épaisses, fines, courbées, droites et foncées. Le nombre de graines à l'intérieur de la gousse de caroube varie, allant de 6 à 12 graines, et chacun de ces indicateurs joue un rôle important pour clarifier la qualité et la valeur nutritionnelle à travers la forme, c'est-à-dire à l'œil nu. Par exemple, lors de nos expériences, nous avons observé que les gousses de caroube foncées ont une teneur en sucre plus élevée, comme le montre dans les paramètres physicochimique et biochimiques (pH, conductivité électrique, sucres solubles) les paramètres physicochimique et biochimiques (Longueur totale, Longueur d'arc, Largeur, Épaisseur, Indice de forme, Masse).

Dans l'étude que nous avons menée, nous constatons qu'il existe une différence dans la teneur en sucres solubles, pH et la conductivité électrique en fonction de la couleur de la gousse de caroube (Boumegouas 2020). indique que la teneur en sucres solubles et en acidité varie en fonction de la couleur de la gousse de caroube.

En revanche, la teneur en sucre soluble, le pH et la conductivité électrique varient en fonction des paramètres de taille des gousses. En ce qui concerne la teneur en sucre soluble, les gousses de caroube de taille moyenne présentent la plus grande quantité et une conductivité électrique plus élevée que les gousses de caroube de petite et de grande taille, tandis qu'en ce qui concerne le pH, les gousses de plus grande taille sont plus acides. La caroube de la région de Laghouat était plus riche en sucres que la caroube du Maroc et de la Tunisie (El Batal et al., 2016)

Plusieurs facteurs jouent un rôle dans la détermination de la quantité de sucre présente dans les gousses de caroube, tels que les conditions climatiques (température et précipitations) la récolte et le stockage (Carcasser et al., 1995 ; Kumazawa et al., 2002 ; Pieperet al., 2007).

La teneur en sucres solubles, le pH et la conductivité électrique varient aussi en fonction de la taille, comme le montrent nos études. Les petites gousses de caroube contiennent des sucres solubles en quantités relativement importantes (Kabush, 2019) ce qui peut aider l'industriel dans les opérations de tri de choisir rapidement les gousses les plus sucrées en Algérie où les caroubiers sont très répandus dans les hauts plateaux et les collines (Quezel et santa, 1962).

La teneur en sucres solubles, le pH et la conductivité électrique varient en fonction de la taille, comme le montrent nos études. Les petites gousses de caroube contiennent des sucres solubles en quantités relativement importantes (Kabush, 2019).

En Algérie, les caroubiers sont très répandus dans la région des collines (Quezel et santa, 1962).

Tableau 04 : Paramètres physico-chimiques des gousses de caroube de différents pays

Références	Pays	Sucres solubles (%)	pH	Conductivité électrique ( $S\text{m}^{-1}$ )
Présente travail, 2024	Algérie	40,00	5,55	1.275
Boumegouas, 2020	Algérie	35,18	4,62	1353,9
Tounsi et al., 2019	Tunisie	32,93	-	-
El Batal et al., 2016	Maroc	31,5-50,1	-	-
Albanell et al., 1991	Espagne	12,75-46,95	-	-

# Conclusion

## Conclusion

---

Le but de cette étude a été d'étudier les facteurs morphométriques et phénotypiques sur la teneur en sucre des gousses de caroube, ainsi que les paramètres physico-chimiques (pH et conductivité électrique). Nous avons mené l'expérience sur 90 gousses de caroube puis les avons triées selon la couleur et la taille.

Les résultats ont démontré une forte relation entre les paramètres morphométriques et la quantité de sucre observée. Premièrement, les gousses foncées contiennent une plus grande quantité de sucre et une conductivité électrique inférieure à celle des gousses claires, ainsi qu'il existe une légère différence dans la valeur du pH.

Les gousses de caroube plus grosses contiennent une plus grande quantité de sucres. Il a la conductivité électrique la plus faible et il n'y a aucune différence. Plus les gousses de caroube sont épaisses, plus la quantité de sucre est importante. Il existe une relation inverse entre la conductivité électrique et le niveau de sucre.

Les produits de la caroube souvent utilisés comme édulcorant de par leur teneur considérable en sucre, sont aussi riches en protéines (légumineuses), donc il est important d'étudier, dans des travaux futurs, le taux des protéines et le rapport sucres/protéines afin de mieux orienter l'industriel dans les opérations de tri, des gousses à potentiel édulcorant (riche en sucres) par rapport aux gousses à potentiel épaississant (riche en protéines).

## Références bibliographiques

---

Aafi, A. (1996). *Note technique sur le caroubier (Ceratonia siliqua L.)*. Centre National de la Recherche Forestière.

Ait Chitt, M., & Lazrak, A. (2007). Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. *Transfert de technologie en Agriculture, 1533*, 1-4.

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

Albanell, E., Caja, G., & Plaixats, J. (1991). Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. *Options Méditerranéennes, 16*, 135-136.

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 (*Ceratonia siliqua L.*): Sugars, amino and organic acids, minerals, and phenolic compounds. *Journal of Food Quality, 30*(6), 1040-1055.

Ayaz, F. A., Torun, H., Glew, R. H., Bak, Z. D., Chuang, L. T., Presley, J. M., & Andrews, R. (2009). Nutrient content of carob pod (*Ceratonia siliqua L.*) flour prepared commercially and domestically. *Plant Foods for Human Nutrition, 64*, 286–292.

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

Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Natural food additives: Quovadis? *Trends in Food Science & Technology, 45*(2), 284-295.

Chabane Sari, M. E. A., & Atmani, A. (2023). Essai de formulation et fabrication d'un lait de flocons d'avoine avec goût de caroube et de sirop de datte (Doctoral dissertation, University of Tlemcen).

Custódio, L., Escapa, A. L., Fernandes, E., Fajardo, A., Rosa, A., Albericio, F., Neng, N., Nogueira, J. M. F., & Romano, A. (2011). Phytochemical profile and antioxidant

## Références bibliographiques

---

cytotoxic activities of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) germ flour extracts. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 78–84.

Dakia, P. A., Wathel, B., & Paquot, M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102(4), 1368-1374.

El Batal, H., Hasib, A., Bacaoui, A., Dehbi, F., & Ouattmane, A. (n.d.). Partie IV: Valorisation de la pulpe de caroube: Optimisation de la production du sirop. In *Contribution à la Valorisation de la Caroube Marocaine*.

FAOSTAT. (2012). The Statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <http://www.faostat.fao.org>

Friedman, M. (2017). Nutritional value and health benefits of carob. *Food Chemistry*, 221, 280-292.

Gaouar, N. (2011). *Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes* (Thèse de magister en Agronomie). Université Aboubeker –Kaid.

Hariri, A., Ouis, N., Sahnouni, F., & Bouhadi, D. (2009). Mise en œuvre de l'aide de certains ferments lactiques dans des milieux à base des extraits de caroube. *Revue microbiologie santé et environnement*, 37-55.

Kabera, J. N., Semana, E., Mussa, A. R., & He, X. (2014). Plant secondary metabolites: Biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2, 377-392.

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

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

Moreira, L., & Filho, E. (2008). An overview of mannan structure and mannan degrading enzyme systems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79, 165-178.

Rejeb, M. N. (1995). Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration. In *Quel avenir pour l'amélioration des plantes?* (pp. 79-85). AUPELF-UREF; Jo Libbey Eurotext.

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

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897.

Singh, T., & Kaur, R. (2018). Natural antioxidants in food preservation and health promotion. *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*, 12(2), 112-125.

Turhan, I., Bialka, K. L., Demirci, A., & Karhan, M. (2010). Ethanol production from carob extract using *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresource Technology*, 101, 5290– 5296.

# ***Annexes***

## *Le matériel*



Les gousses de caroube



- Léau distillé



- Pied à coulisse numérique



- Matériel d'étiquetage



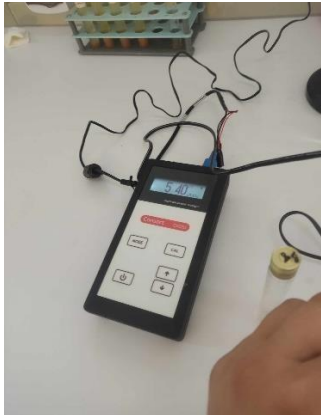
- Tube a eussi



- Spatule



- Conductivité mètre



- pH mètre



- Réfractomètre



- Balance



- Entonnoir



- Bécher



- filtre



- l'éprouvette graduée