



*République Algérienne Démocratique et Populaire*



*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

*Université Ibn Khaldoun-Tiaret-*

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*

*Département Nutrition et de Technologie Agro-alimentaire*

*Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie*

*Filière : Sciences alimentaires*

*Spécialité : Agro-alimentaire et contrôle de qualité*

*Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master  
Académique*

*présenté par :*

- ✓ *ALIM MOHAMED ISLAM.*
- ✓ *KHANOUS MUSTAPHA.*

*Thème*

***Caractérisation et valorisation des propriétés  
Techno fonctionnelles de poudre de la caroube***

*Soutenu publiquement, le 10/07/2023*

*Jury :*

- ✓ *M. BENBEGUARA M*
- ✓ *M. ACEM K*
- ✓ *Mme .MOKHTARI S*

*Président*

*Encadrant*

*Examinatrice*

*Année universitaire 2022-2023*



# *Remerciements*

Tout d'abord, nous exprimons notre reconnaissance envers le Tout-Puissant "**Allah**" qui nous a donné la force, la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail modeste mais important.



Nous souhaitons également adresser nos sincères remerciements au **M. ACEM K** pour son aide précieuse tout au long de ce projet. Ses conseils fructueux, son soutien continu et ses encouragements permanents nous ont guidés avec patience et ont été très appréciés.



Nous tenons à exprimer notre gratitude envers les membres de jury, notamment le président **M. BENBEGUARA M** et l'examinatrice **Mme. MOKHTARI S**, pour avoir accepté de faire partie de la commission d'examineur.



Enfin, nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Nous sommes reconnaissants pour leur soutien et leur aide précieuse tout au long de ce projet.

# *Dédicaces*

**Je** dédie ce travail

**A** ma **mère** et mon **père** qui m'a soutenu et encouragé durant ces années scolaires.

J'espère que vous trouverez ici un témoignage de ma profonde gratitude.

**A** mes **frères** et à ceux qui ont partagé avec moi tous les moments durant la réalisation de ce travail.

**A** ma **famille** et mes proches.

**A** tous mes **amis** qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

**A** tous ceux que j'aime.

***I*s Lam**

# *Dédicaces*

Je tiens c'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail :

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

À celui qui m'a fait de moi un homme, mon père.

À mes chers frères et sœurs.

À mes fils : Wafa Hadil et Mohamed.

Mon binôme : Alim Mohamed islam.

À tous mais amis proche : Abdellah, Mohamed, Lakhdar.

À mes chère amis de promo : Adel et Mohamed kotb.

À Toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

***M***ustapha.

# Sommaire

*Listes des figures*

*Liste des tableaux*

*Liste des abréviations*

*Introduction..... 1*

## *Chapitre I : Synthèse bibliographique*

*I.1 Historique..... 4*

*I 2. Etymologie..... 4*

*I 3. Classification botanique..... 5*

*I 4. Description botanique ..... 6*

*I. 4.1. Les feuilles..... 6*

*I. 4.2. Le bois ..... 7*

*I .4.3. Les fleurs ..... 7*

*I .4.4. Les fruits..... 8*

*I .5. La culture de la caroube..... 8*

<i>I.5.1. Climat.....</i>	<i>9</i>
<i>I.5.2. Sol.....</i>	<i>9</i>
<i>I.5.3. Eau.....</i>	<i>10</i>
<i>I.6. La composition de la caroube.....</i>	<i>10</i>
<i>I.6.1. La pulpe.....</i>	<i>10</i>
<i>I.6.2. La graine.....</i>	<i>10</i>
<i>I.7. Distribution géographique.....</i>	<i>12</i>
<i>I.7.1. La caroube dans le monde.....</i>	<i>12</i>
<i>I.7.2. La caroube en Algérie... ..</i>	<i>12</i>
<i>I.8. Utilisations.....</i>	<i>13</i>
<i>I.8.1. En pharmacologie.....</i>	<i>13</i>
<i>I.8.2. En tradition.....</i>	<i>13</i>
<i>I.8.3. En agro-alimentaire.....</i>	<i>14</i>
<i>I.8.4. Autres utilisation.....</i>	<i>15</i>

## ***Chapitre II : Matériel et Méthodes***

<i>I.1. Lieu du travail.....</i>	<i>17</i>
<i>I.1. Objectifs de l'étude.....</i>	<i>17</i>
<i>I.2. Matériel... ..</i>	<i>17</i>
<i>I.3.1.Caroube.....</i>	<i>17</i>

<i>II.3.2. Poudre de caroube</i> .....	17
<i>II.3.3. Semoule de blé dur</i> .....	17
<i>II.3.4. Matériel du laboratoire et produit utilisé</i> .....	17
<i>II.4 Méthodes d'analyses</i> .....	18
<i>II.4.1. Protocole expérimental</i> .....	18
<i>II.4.2. Conservation de la caroube</i> .....	19
<i>II.4.3. Préparation de la farine de caroube</i> .....	19
<i>II.4.4. Caractérisation morpho biométrique</i> .....	19
<i>II.4.4.1. Longueur</i> .....	20
<i>II.4.4.2. Largeur</i> .....	20
<i>II.4.4.3. Epaisseur</i> .....	20
<i>II.4.4.4. Volume</i> .....	20
<i>II.4.4.5. Poids des gousses</i> .....	21
<i>II.4.5. Formulation de couscous traditionnel</i> ... ..	21
<i>II.4.6. Propriétés techno fonctionnelles et Analyse physique</i> .....	27
<i>II.4.6.1. Capacité de rétention d'eau et d'huile</i> .....	27
<i>II.4.6.2. Indice de gonflement</i> .....	28
<i>II.4.6.3. Test cuisson</i> .....	28
<i>II.4.6.4. Teneur en eau</i> .....	29
<i>II.4.6.5. Granulométrie</i> .....	29
<i>II.4.7. Analyse microbiologique</i> .....	30

<i>II.4.7.1. La Recherche et dénombrement des moisissures.....</i>	<i>32</i>
<i>II.4.7.2. La Recherche des spores de clostridium sulfite-Réducteur (ISO 66 49).....</i>	<i>33</i>
<i>II.4.8. Analyse sensorielle.....</i>	<i>34</i>
<i>II.4.8.1. Test de préférence .....</i>	<i>35</i>
<i>II.4.8.2. Test hédonique .....</i>	<i>35</i>

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

<i>III.1-Caractéristiques morphologiques.....</i>	<i>38</i>
<i>III.2. Propriétés techno fonctionnelles et Analyse physique.....</i>	<i>39</i>
<i>III.2.1. Capacité de rétention d'eau et d'huile.....</i>	<i>39</i>
<i>III.2.2. Indice de gonflement (IG) .....</i>	<i>42</i>
<i>III.2.3. Test cuisson .....</i>	<i>43</i>
<i>III.2.4. Teneur en eaux.....</i>	<i>44</i>
<i>III.2.4.5. Granulométrie .....</i>	<i>45</i>
<i>III.3. Analyse microbiologique .....</i>	<i>46</i>
<i>III.4. Analyse sensorielle .....</i>	<i>48</i>
<i>III.4.1. Test de préférence.....</i>	<i>48</i>
<i>III.4.2. Test hédonique .....</i>	<i>50</i>
<i>Conclusion .....</i>	<i>52</i>

## ***Références bibliographiques***

## ***Annexes***

## ***Résumé***

# Listes des figures

<b>Figure 01</b> : Le caroubier ( <i>Ceratonia siliqua L.</i> ) (Bouaziz <i>et al.</i> , 2013).....	<b>05</b>
<b>Figure0 2</b> : Floraison ( <i>Ceratonia siliqua L.</i> ).....	<b>07</b>
<b>Figure 03</b> : Appareils végétatif et reproducteur de caroubier.....	<b>08</b>
<b>Figure04</b> : Coupe transversale d'une graine de caroube (Dakia <i>et al.</i> , 2008).....	<b>11</b>
<b>Figure 05</b> : Protocole expérimental.....	<b>18</b>
<b>Figure 06</b> : l'hydratation de la semoule.....	<b>22</b>
<b>Figure 07</b> : Roulage de la semoule (a) et de la poudre de caroube(b).....	<b>23</b>
<b>Figure 08</b> :tamisage de couscous à base de la semoule(a) et de la poudre de Caroube(b).....	<b>24</b>
<b>Figure 09</b> : l'hydratation et du roulage du mélange (semoule et poudre de caroube).....	<b>25</b>
<b>Figure 10</b> : Précuisons de couscous humide.....	<b>26</b>
<b>Figure 11</b> : Emottage et calibrage de couscous précuit.....	<b>26</b>
<b>Figure12</b> : Séchage de couscous à l'ombre .....	<b>27</b>
<b>Figure 13</b> : Préparation de la suspension mère et de la dilution décima.....	<b>31</b>
<b>Figure 14</b> : Présentation des produits en vue de réaliser le test de dégustation et évaluation hédonique .....	<b>35</b>
<b>Figure 15</b> : caractérisation morphologique comparative de la gousse de caroube .....	<b>38</b>
<b>Figure16</b> : Indice de gonflement des couscous formulés .....	<b>42</b>
<b>Figure 17</b> : Humidité % de couscous semoule et caroube.....	<b>44</b>
<b>Figure 18</b> : Appréciation de la couleur des couscous formulés .....	<b>48</b>
<b>Figure 19</b> : Comparaison de l'appréciation du goût des couscous formulés.....	<b>49</b>
<b>Figure 20</b> : Appréciation dès la texture des couscous formulés.....	<b>49</b>
<b>Figure 21</b> : Test Hédonique de couscous .....	<b>50</b>

# *Liste des tableaux*

<b>Tableau 01:</b> classification systématique ( Ghédira et Goetz, 2019).....	<b>05</b>
<b>Tableau 02:</b> Voici une proposition de reformulation : La composition du Couscous Artisanal comprend de la semoule de blé dur ainsi que de la poudre de caroube .....	<b>21</b>
<b>Tableau 03:</b> Evaluation hédonique par l'échelle de cotation de 6 points .....	<b>36</b>
<b>Tableau 04:</b> Capacité de rétention d'eau (CRD) des couscous formulés .....	<b>39</b>
<b>Tableau 05:</b> Capacité de rétention d'huile (CRH) des couscous formulés .....	<b>41</b>
<b>Tableau 06 :</b> Test de la cuisson.....	<b>43</b>
<b>Tableau 07 :</b> Composition centésimale des couscous formulés .....	<b>45</b>
<b>Tableau 08 :</b> Résultat des analyses microbiologiques des couscous formulés.....	<b>46</b>
<b>Tableaux 09 :</b> Comparaison des résultats microbiologiques avec la norme Algérienne ...	<b>46</b>

# *Liste des abréviations*

**°C**: Degré Celsius

**CRD** : Capacité Rétention D'eau.

**CRH** : Capacité Rétention D'huile.

**F1** : semoule.

**F2** : Poudre de caroube.

**FAO**: Food and agricultural organization.

**G** : Gousse.

**g**: Gramme.

**H** : heure.

**IG** : Indice de Gonflement.

**ISO** : Organisation internationale de standardisation.

**mg**: Milligramme.

**ml**: Millilitre.

**MA** : Mascara.

**MI** : Mila.

**OGA** : Oxytétracycline Glucose Agar.

**P** : pulpe.

**rpm** : round per minute.

**S** : Semoule.

**VF** : Viande Foie.

**%**: Pourcentage.

**MAG** : Mascara Gousse.

**MIP** : Mila Pulpe.

# *Introduction*

### **INTRODUCTION**

La caroube (ou caroubier) est un arbre au feuillage persistant, appartenant à la famille des Fabacées. Il est originaire des régions méditerranéennes et du Moyen-Orient, mais il est maintenant cultivé dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones arides et semi-arides.

Le caroube peut atteindre une hauteur de 10 à 15 mètres et a un tronc épais et rugueux. Les feuilles sont vert foncé, coriaces et brillantes, et les fleurs sont petites et de couleur rouge-brun. Les fruits du caroubier sont des gousses de forme allongée, de couleur brun foncé à noire, qui peuvent atteindre jusqu'à 30 centimètres de longueur.

Les gousses de caroubier sont riches en sucre naturel, en fibres alimentaires et en minéraux tels que le calcium, le fer et le potassium. Elles sont souvent utilisées comme édulcorant naturel et comme ingrédient dans les produits de boulangerie et de confiserie. La poudre de caroube, qui est produite à partir des gousses moulues, peut également être utilisée comme substitut du cacao dans la fabrication du chocolat.

En plus de ses avantages nutritionnels, le caroubier est également une espèce qui peut aider à prévenir l'érosion des sols grâce à ses racines profondes et à son feuillage dense. Il peut également fournir de l'ombre et de l'abri pour les animaux, ainsi que de la nourriture pour le bétail.

En raison de ses nombreux avantages socio-économiques et écologiques, le caroubier est une espèce importante dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones arides et semi-arides.

Elles sont utilisées en industrie alimentaire et pharmacologique ( **Battle, 1997; Markis et Kefalas, 2004**). Ainsi, sa valeur commerciale a été récemment remarquée et appréciée créant ainsi un nouvel intérêt pour la plantation de caroubiers.

L'intérêt de planter les caroubiers a été augmenté dans les régions méditerranéennes en raison du développement de l'industrie alimentaire et l'augmentation de la demande pour les produits à base de caroube.

Toutes les composantes de l'arbre (feuillage, fleur, fruit, bois, écorce, racine) sont utiles et ont de la valeur dans plusieurs domaines en plus de sa valeur ornementale et paysagère.

Ainsi, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers qui représente le plus grand potentiel de valorisation.

Par ailleurs, la pulpe est très utilisée en industrie agroalimentaire et pharmacologique, notamment en alimentation diététique comme antidiarrhéique. Sa richesse en composés phénoliques sont à l'origine de ses remarquables propriétés antioxydant (**Hariri et al. 2009**). Elle est très riche en sucres (40-60%) en particulier, saccharose (27-40%), fructose (3-8%) et glucose (3-5%) mais pauvre en lipides (0,4-0,6%) ou protéines (2-6%) (**Avallone et al., 1997**). Elle présente également une teneur très élevée en fibres (27-50%) et une quantité non négligeable de tanins.

La pulpe est souvent grillée et broyée pour obtenir une poudre de couleur marron à arôme de chocolat qui est utilisée comme substituant de cacao. La pulpe de caroube, après broyage, peut être utilisée aussi dans l'extraction de jus sucrés, la préparation d'alcools, la production de farine de chocolat et dans l'alimentation animale.

En général, la caroube est principalement exploitée pour la production de la gomme de caroube E 410 provenant de l'endosperme des graines de caroubier et utilisée dans la formulation des aliments (alimentation, confiserie,..) la cosmétique et l'industrie pharmaceutique comme agent épaississant, gonflant, liant et stabilisant dans les préparations des émulsions (**Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo et al., 2007**).

Dans le cadre d'une démarche visant à développer une stratégie rationnelle d'amélioration et de gestion cette ressource renouvelable, cette mémoire a été consacrée à la caractérisation et valorisation des propriétés techno fonctionnel de poudre de caroube, originaires de plusieurs régions algérien (Mila .Mascara). Ainsi, les principaux objectifs du présent travail sont:

- l'étude approfondie des propriétés physiques, et fonctionnelles des poudres de caroube par formulation d'un couscous traditionnel.
- La caractérisation de la propriété physique s de la granulométrie, de la densité, de la porosité, de la capacité d'absorption d'eau et d'huile.
- La valorisation des propriétés fonctionnelles des poudres de caroube.

# *Chapitre I*

## *Synthèse **b**ibliographique*

## **I.1. Historique**

L'utilisation de la caroube remonte à l'Égypte ancienne, lorsque les gousses servaient de fourrage pour le bétail et que le caoutchouc servait d'adhésif pour lier les momies. Les Arabes utilisaient les graines de la caroube comme unité de poids de la rizière. Ils ont appelé les graines chilats ou carats, et le poids standard des graines de caroube est devenu l'unité de poids de l'or et des pierres précieuses (**Dionisio et Grenha, 2012**). Les Grecs ont introduit la caroube dans plusieurs pays européens tels que la Grèce et l'Italie, et les Arabes l'ont répandue le long de la côte de l'Afrique du Nord et au nord de l'Espagne et du Portugal (**Battle, 1997**).

## **I.2. Étymologie**

L'étymologie scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua*, est dérivée du mot grec *keras*, signifiant "petite corne", et du nom d'espèce latin *siliqua*, qui signifie gousse ou gousse, et la dureté de la gousse représentée par la forme et forme. L'espèce *Ceratonia siliqua* dans diverses nations et langues dérive du nom arabe Al kharroub ou kharroub, comme dans l'espagnol lalgarrobo ou garrofero (**Albanel et al., 1991**).

Portant, **Battle (1997)** déclare que le nom commun dérive du mot hébreu kharuv, donnant lieu à plusieurs dérivations telles que : Exemples : arabe « kharrub », espagnol « algarrobo », italien « carrubo », français « caroubier », catalan « garrofer » ou « garrover ».



Figure 01 : Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) (Bouaziz et al., 2013).

### I.3. Classification botanique

Tucker (1992) suggère que *C. siliqua* pourrait être apparenté à la sous-famille *Mimosoideae*. Aussi, certains auteurs ont pu démontrer que l'espèce *Ceratonia* est morphologiquement distincte des autres espèces de *Cassieae* (Hillcoat et al., 1980 ; Tucker, 1992).

Tableau 1 : classification systématique (Ghédira et Goetz, 2019).

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Viridiplantae</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Embryophytes.</i>
<b>Sous-embranchement</b>	<i>Tracheophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida.</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Rosidae.</i>
<b>Ordre</b>	<i>Fabales.</i>
<b>Famille</b>	<i>Fabaceae.</i>
<b>Genre</b>	<i>Ceratonia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Ceratonia siliqua L</i>

## I.4. Description botanique

Le caroubier, *Ceratonia siliqua* (également appelé ALGARROBA) est une espèce persistante polygame, thermophile et typique de la légumineuse (**Dakia, 2011**). Les caroubiers peuvent être mâles, femelles et hermaphrodites (**Zemouri et al., 2020**).

Grâce à ses propriétés d'adaptation poussées aux contraintes hydriques, cet arbre s'installe aisément dans les zones arides et semi-arides. La reproduction biologique de cet arbre est encore inconnue (**Bouaziz et al., 2013**).

Le caroubier dont le nombre de chromosome est de  $2n = 24$ , est un arbre au feuillage abondant, persistant et très dense. Il peut atteindre dans des conditions propices une hauteur de 7 à 10 m, voire 15 à 20 m en orient et enregistrer une circonférence au niveau de la base de la présente de puissantes racines qui pénètrent dans le sol à une profondeur de 18 mètres ou plus. Sa croissance est très lente, en particulier au début de son existence. Il peut émettre des rejets de souche avec vigueur et se caractérise par des branches solides et robustes (**Chitt et al. 2007**).

### I.4.1. Les feuilles

Le caroubier est un arbre sclérophylle à feuilles persistantes, résistant à la sécheresse, mais peu tolérant au froid (**Biner et al., 2007**). Les feuilles sont ovales, d'un vert sombre et luisant sur le dessus et tirant sur le rougeâtre en dessous et elles ont un pétiole de 10 à 20 cm de longueur. Elles sont alternées pennées et ayant 2 à 5 paires de folioles coriaces (**Figure 2**), ovales et entières, légèrement échancrées au sommet et paripennées. En outre, le caroubier ne perd pas ces feuilles en automne mais il les renouvelle partiellement au printemps tous les deux ans. Les vieilles feuilles mesurant 12 à 30 cm tombent en juillet (**Diamantogulou et Mitrakos, 1981**).

### I.4.2. Le bois

Son bois est blanc-jaunâtre lorsqu'il est jeune et devient rose veiné puis rouge foncé et dur en vieillissant. Il est très apprécié en ébénisterie, marqueterie, armurerie, charronnage et aussi pour la fabrication du charbon (BenMahioul *et al.*, 2011).

### I.4.3. Les fleurs

Le caroubier est une espèce dioïque avec quelques formes hermaphrodites. Les fleurs sont initialement bisexuées et deviennent fonctionnellement unisexuées en suppression d'organes subséquent (Tous *et al.*, 2013). Elles sont regroupées en grappes latérales, habituellement dressées ou ascendantes, brièvement pédonculées (Chitt *et al.*, 2007).



**Figure 2** : Floraison (*Ceratonia siliqua* L.).

a) fleurs mâles.

b) fleurs femelles (Sbay et Lamhamedi, 2015).

#### I.4.4. Les fruits

Le fruit est une gousse indéhiscente, allongée, comprimée, droite ou courbée, épaisse et mesure 10 à 30 cm de longueur sur 1,5 à 3,5 cm de largeur et environ 1 cm d'épaisseur avec un sommet arrondi ou subaigu (**Tous et al. 2013**).



**Figure 3** : Appareils végétatif et reproducteur de caroubier.

- A. Port général de l'arbre.
- B. Écorce.
- C. Feuille.
- D. Fleurs mâle et femelle.
- E. Fruits mûrs « gousse ».
- F. Graines) (**Kadri et al. 2015**).

#### I.5. La culture de la caroube

Le caroubier est aujourd'hui cultivé dans toute la région méditerranéenne, notamment en Algérie. Le caroubier est exigeant en termes de qualité du sol, d'eau et d'engrais. Il est de plus en plus recommandé pour le reboisement des zones côtières (**Allouacha et al., 2013**).

Les caroubiers ont des systèmes racinaires profonds qui peuvent s'adapter à différents types de sols et conditions de salinité (**Haddarh, 2013**). Il est aujourd'hui considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants car toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits,

bois, écorce et racines) sont utiles. Le caroubier est cultivé pour ses fruits abondants et riches en sucre à maturité. Un caroubier peut produire jusqu'à 800 kg de caroube par an.

La caroube d'Algérie est connue pour ses vertus et pour sa couleur très caractéristique (brun foncé) (**Allouacha et al., 2013**).

### **I.5.1. Climat**

Les zones propices à la culture du caroubier doivent être caractérisées par un climat méditerranéen subtropical avec des hivers doux, et des étés chauds à très chauds et secs (**Batle et Tous, 1997**).

Les arbres matures n'ont pas besoin du froid hivernal, car des températures inférieures à  $-2^{\circ}\text{C}$  ou  $-4^{\circ}\text{C}$ , selon la variété, peuvent les endommager. Les caroubiers ne tolèrent pas les températures hivernales inférieures à  $-7^{\circ}\text{C}$  (**Batle et Tous, 1997**). Elle est considérée comme l'une des espèces méditerranéennes les plus vulnérables aux dégâts du froid (**Albanell, 1990**). Le caroubier est une espèce très sensible au gel qui peut détruire des plantations entières (**Albanell, 1990**).

### **I.5.2. Sol**

Le caroubier n'est pas un arbre exigeant quant au type de sol requis. Il a traditionnellement été cultivé dans des zones marginales car il peut être produit dans des conditions très défavorables. Il a également été cultivé dans des zones où d'autres espèces ne peuvent pas être cultivées en raison d'un manque de rentabilité (**Albanell, 1990**).

En général, les caroubiers prospèrent sur des sols maigres, rocheux, sableux, limoneux argileux lourds, préférant les sols calcaires à texture bien équilibrée et toujours avec un bon drainage. Elle ne tolère pas les sols acides ou de faible morphologie (risque d'étouffement par pourriture des racines) (**Albanell, 1990**) et a tendance à préférer les sols peu profonds (**Aafi, 1996**).

**I.5.3. Eau**

Le caroubier est un arbre xérophile, qui peut survivre dans les climats secs sans irrigation. Il est très bien adapté aux milieux avec des précipitations annuelles moyennes de 250–500 mm (**Battle et Tous, 1997**).

C'est un arbre tolérant à la sécheresse mais qui a besoin d'au moins 550 mm de précipitations. Cependant, de nombreux auteurs estiment que 300 à 350 mm de précipitations annuelles suffisent pour une production acceptable (**Albanell, 1990 ; Battle et Tous, 1997**).

**I.6. La composition de la caroube**

Les gousses de caroube, appelées caroube, sont des gousses fermées de 10 à 30 cm de long et de plusieurs centimètres de large. A maturité, la caroube change de couleur et devient brune. Ses principaux composants sont la pulpe et les graines contenues dans les cellules des gousses (**Simon, 2010**).

**I.6.1. La pulpe**

La composition de la pulpe de caroube dépend de la variété, du climat et des techniques de culture. Cependant, on peut dire que la pulpe du caroubier représente 90% de la masse du fruit. Il est riche en tanins et en sucres, dont le saccharose représente 65 à 75 % des sucres totaux. Faibles taux de protéines et de lipides (**Petit et Penillia, 1995**). La pulpe de caroube est principalement utilisée dans l'alimentation animale et humaine comme substitut du cacao (**Biner et al., 2007**). Il a l'avantage d'être exempt de théobromine et de caféine contrairement au cacao qui en contient de grandes quantités. Dans de nombreux pays arabes, les boissons consommées pendant le Ramadan en sont faites (**Yousif et Alghazawi, 2000**). La pulpe de caroube est souvent consommée sous forme de poudre (**Dakia et al., 2007**). Dans les pays occidentaux, il est fabriqué en épluchant, concassant, broyant et torréifiant les gousses de caroube (**Yousif et Alghazawi, 2000**).

**I.6.2. La graine**

Les graines représentent environ 10 % de la masse de la gousse de caroube (**Petit et Penillia, 1995 ; Bouzuita et al., 2007**). Ce nombre est généralement compris entre 10 et 15.

Les graines de caroube ont longtemps été utilisées comme unité de mesure pour les diamants et les pierres précieuses).

La graine de caroube (Figure 4) se compose de trois éléments : le tégument, la racine et l'endosperme. Le tégument est une couverture brune dure (Dakia *et al.*, 2007 ; Dakia *et al.*, 2008). Cette enveloppe représente 30 à 35 % du poids sec de la graine. Au centre de la graine se trouve la racine (ou embryon). Il représente 15 à 30 % du poids sec de la graine (Gillet *et al.*, 2014).

Il a une valeur énergétique élevée, principalement en raison de sa forte proportion de protéines hydrosolubles et principalement de lipides insaturés. Il est utilisé dans la nutrition et l'alimentation du bétail (Dakia *et al.*, 2007). Les racines contiennent également un certain nombre d'enzymes qui peuvent attaquer l'endosperme, par exemple lors du processus de germination (Dea *et al.*, 1975) : endo-1,4- $\beta$ -mannanase,  $\alpha$ -galactosidase,  $\beta$ -mannosidase.

L'endosperme est situé entre le tégument et la racine. Il représente 40 à 50 % du poids des graines. Ce sont des polysaccharides de réserve que l'on trouve dans l'endosperme translucide de nombreuses graines de légumineuses, dont la caroube. Ces polysaccharides sont appelés galactomannanes (Daas *et al.*, 2000). Les galactomannanes sont des hémicelluloses présentes dans le règne végétal. Ils sont produits en quantités variables dans l'endosperme de la plupart des graines, en particulier des légumineuses (McCleary et Matheson, 1974).

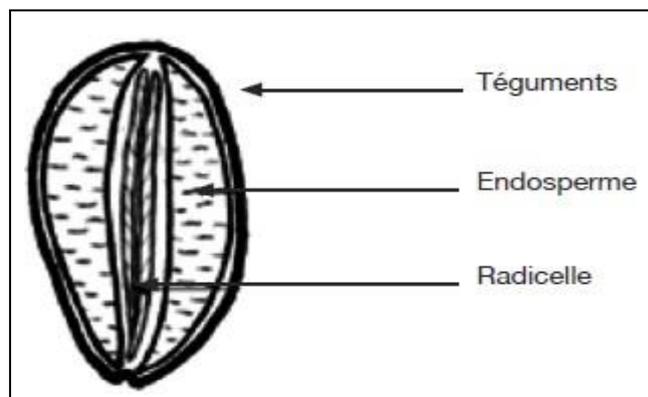


Figure 4 : Coupe transversale d'une graine de caroube (Dakia *et al.* 2008).

## **I.7. Distribution géographique**

**Melgarejo et Salazar (2003)** considèrent sans doute que la Méditerranée est le centre de plus de caroubiers. Le bassin méditerranéen a une diversité d'espèces et est donc une région avec un grand potentiel pour trouver du nouveau matériel génétique avec une forte probabilité de succès.

### **I.7.1. Le caroube dans le monde**

Les caroubiers couvrent une superficie d'environ 200 000 hectares dans le monde, et la production varie en fonction de l'origine de la plante et du mode de culture (**Macris et Kefalas, 2004**).

De plus, les caroubiers résistent aux catastrophes climatiques et principalement à la sécheresse, et ont une couleur verte permanente avec des fruits en forme de gousse (**Owen et al., 2003**). Il représente une culture importante de gousses et est largement utilisé pour le reboisement et le reboisement dans les zones touchées par l'érosion et la désertification, compte tenu de son adaptation aux contraintes environnementales (**Correia et Martins-Loução, 1995**).

La production mondiale de caroube, fruit du caroubier, était estimée à 250 000 tonnes en 2007. Italie (10 %), Portugal (10 %), Grèce (8 %) et Turquie (6 %) (**Khelifa et al., 2013**).

### **I.7.2. Le caroube en Algérie**

La superficie totale des caroubiers en Algérie a chuté de 11 000 ha en 1961 à 1 000 ha en 2011. En 2009, cette superficie était de 927 ha (tableau 02). Wilayah de Bejaiah. La production nationale de caroube est estimée à 33 841 Qx, principalement concentrée dans la Wilaya de Béjaïa avec une production de 18 417 Qx soit 54,42% de la production nationale (Figure 04). Viennent ensuite Blida (23,79%) et la Wilaya de Tipaza (16,55%).

La superficie des caroubiers du nord-ouest algérien (y compris Wilaya de Tlemcen et Mascara) ne couvre que 6 hectares, soit 0,65% du pays, et seulement 0,39% de la production de caroubiers (**Mahdad, 2013**).

## I.8. Utilisations

### I.8.1. En pharmacologie

L'huile essentielle de caroube a des propriétés antibactériennes, cytotoxiques et pharmacologiques (**Hsouna et al., 2011**). Un certain nombre d'études cliniques ont mis en évidence l'efficacité de la poudre de caroube dans le traitement de la diarrhée aiguë de l'enfant (**Serairi-Beji et al., 2000**). La pulpe est recommandée contre la tuberculose pulmonaire et les maladies bronchiques selon **Kadri et al 2015**, Riche en antioxydants (composés phénoliques), en sucres, en protéines, en fibres, en potassium et en calcium, cette plante possède des propriétés hypocholestérolémiantes, retardatrices de croissance. Ses effets antidiarrhéiques et digestifs.

La teneur élevée en fibres de la caroube suggère qu'elle peut réduire le taux de cholestérol sanguin (**Ruiz Roso et al., 2010**). De plus, l'extrait de pulpe de caroube riche en polyphénols a augmenté l'oxydation des acides gras, ce qui s'est notamment traduit par une augmentation de la dépense énergétique et des taux de triglycérides mesurés après un repas). Le fruit est riche en pectine et en tanins, la peau est riche en mannanes et en galactanes, qui sont de puissants agents anti-diarrhéiques, et les graines sont couramment utilisées principalement dans les diarrhées infantiles (**Kadri et al. 2015**).

La gomme de caroube est un épaississant alimentaire qui peut aider à traiter le reflux gastro-œsophagien chez l'enfant. En cas d'insuffisance rénale chronique, la gomme de caroube retient l'urée, la créatinine, l'acide urique, l'ammoniac et le phosphate dans le tractus gastro-intestinal, réduisant de manière significative et bénéfique les taux d'urée sanguine (**Kadri et al. 2015**).

### I.8.2. En tradition

Les caroubiers poussent naturellement dans la région méditerranéenne. L'utilisation empirique des remèdes à base de caroube par la cuisson des baies de caroube est répandue en Turquie en raison de ses effets sur l'asthme, la diarrhée et ses propriétés aphrodisiaques (**Gulay et al., 2012**).

La pulpe broyée à l'eau en fait un jus rafraîchissant, diurétique, basique et laxatif. Très efficace dans les diarrhées (**Guendouz et al., 2022**). Les baies sont traditionnellement utilisées comme antitussifs et contre les verrues (**Amico et Score, 1997 ; Merzouki et al., 1997**). Caroube au fenugrec, raisins secs et cumin. Les figues sèches sont des tisanes prises lors de l'accouchement lorsque les saignements sont difficiles à arrêter (**Guendouz et al., 2022**). La caroube et les figues sont cuites dans une compote brune et données aux femmes lorsqu'elles sont réveillées après l'accouchement (**Guendouz et al., 2022**), la médecine traditionnelle iranienne utilise la caroube pour traiter les ménorragies. Les patients doivent s'asseoir dans un récipient contenant une décoction de plusieurs plantes contenant de la caroube (**Tans et al., 2016**).

La phytothérapie traditionnelle du Kurdistan-Irak utilise la *serratonia syricua* pour soulager les douleurs abdominales et la diarrhée (**Hiwa, 2016**). En Jordanie, une décoction de feuilles de caroube est utilisée comme traitement du diabète (**Afif-Yazar et al., 2011**). Une étude ethnobotanique au Maroc a révélé que les graines, les feuilles et les fruits du caroubier étaient utilisés dans des infusions, des poudres et des décoctions pour apaiser la peau et le système digestif (**Ouhaddou et al., 2014**).

### **I.8.3. En agro-alimentaire**

Les gousses de caroube sont utilisées depuis longtemps comme matière première pour la fabrication d'additifs alimentaires (**Biner et al., 2007**). En raison de leur douceur, de leur saveur de chocolat et de leur faible prix, les gousses moulues à partir de farine de blé sont largement utilisées dans la région méditerranéenne comme substitut du cacao dans la fabrication de confiseries, de biscuits et de boissons transformées (**Kumazawa et al., 2002 ; Biner et al., 2007 ; Durazzo et al., 2014**). Un avantage de l'utilisation de la gomme de caroube comme substitut du cacao est qu'elle est exempte de caféine et de théobromine (**Bengoechea et al., 2008**), glaces, sucreries, soupes (**Kumazawa et al., 2002 ; Durazzo et al., 2014**).

La farine de caroube est traditionnellement utilisée comme additif protéique dans l'alimentation humaine et animale en raison de sa teneur équilibrée en acides aminés (**Feillet et Roulland, 1998**).

Un brevet de **Motriz et al en 1935** a identifié la farine de caroube avec des propriétés de type gluten, lorsqu'il est utilisé dans un système de pain au levain contenant 30 % de farine de

caroube et 70 % de farine sans gluten, le pain présente des caractéristiques similaires au pain de seigle européen.

Une variété de produits alimentaires tels que le sucre et la mélasse peuvent être obtenus à partir de la pulpe de caroube, et les poudres de caroube non torréfiées et torréfiées sont utilisées comme substitut du cacao dans les pâtes, les barres granola, les confiseries au chocolat, la crème, la crème glacée et les produits légers (**Marakis, 1996**).

La caroube est également utilisée dans la fabrication d'un produit laitier artisanal appelé « Mekika ». Ce dernier est fabriqué en caillant du lait avec un extrait de gousses vertes de caroube (**Baumberger, 2007**).

#### **I.8.4. Autres utilisations**

Les graines, qui ne représentent qu'environ 10 % du poids de la gousse, sont utilisées comme additif alimentaire naturel (E-410) dans l'industrie alimentaire pour leurs effets épaississants, stabilisants et aromatisants. Il s'agit d'une poudre blanche à crème connue sous le nom de gomme de caroube, dérivée de protéines de graines (**Bozouita et al., 2007**). Ce caoutchouc est également utilisé dans les industries des cosmétiques, des produits pharmaceutiques, des textiles, des peintures, du forage pétrolier et de la construction (**Barak et Mudgil, 2014**).

Les extraits aqueux d'écorce sont utilisés comme colorants de qualité dans les études histopathologiques (**Okpidu et al., 2012**).

# *Chapitre II*

## *Matériel et Méthodes*

## **II.1. Lieu du travail**

Cette étude a été menée à l'Université Ibn Khaldoun à Tiaret, dans les laboratoires pédagogiques de technologie alimentaire et de recherche en physiologie végétale appliquée aux cultures hors-sol. La période de recherche s'est étendue du 8 février à 26 juin 2023.

## **II.2. Objectifs de l'étude**

Cette étude s'est concentrée sur la caractérisation morpho-biométrique des gousses de caroube provenant de deux régions d'Algérie, à savoir Mascara et Mila. Caractérisation et valorisation des propriétés technofonctionnelles des poudres de caroube et évaluation de la qualité microbiologique et sensorielle des couscous traditionnels élaborés à partir de ces poudres.

L'objectif était de mieux comprendre les caractéristiques technofonctionnelles et sensorielles des gousses de caroube, de leurs poudres et de leur utilisation dans la production de couscous traditionnels, afin d'améliorer la qualité et la sécurité alimentaire des produits à base de caroube en Algérie..

## **II.3. Matériel**

### **II.3.1. Caroube**

Les gousses de caroubier mûres ont été récoltées manuellement à partir de deux sites différents en Algérie, à savoir Mascara et Mila, à la fin du mois d'août et en septembre 2022. (**Annexe 01**).

### **II.3.2. Poudre de caroube**

La poudre de caroube a été produite en suivant les étapes décrites dans la partie méthodes de l'étude **II.4.3**.

### **II.3.3. Semoule de blé dur**

La semoule de blé dur à granulométrie moyenne la marque El Djaouad utilisée dans l'étude a été achetée dans le commerce et produite le 27 décembre 2022. L'échantillon a été conditionné dans un sac de 5 kg et conservé à température ambiante dans un endroit sec.

### **II.3.4. Matériel du laboratoire et produit utilisé**

Le matériel de laboratoire utilisé, y compris les équipements, Les verreries et les produits chimiques, est décrit dans la partie annexe de l'étude (**annexe 02**).

II.4. Méthodes d’analyses

II.4.1. Protocole expérimental

Le protocole expérimental suivi pour cette étude est décrit en détail dans la (figure05).

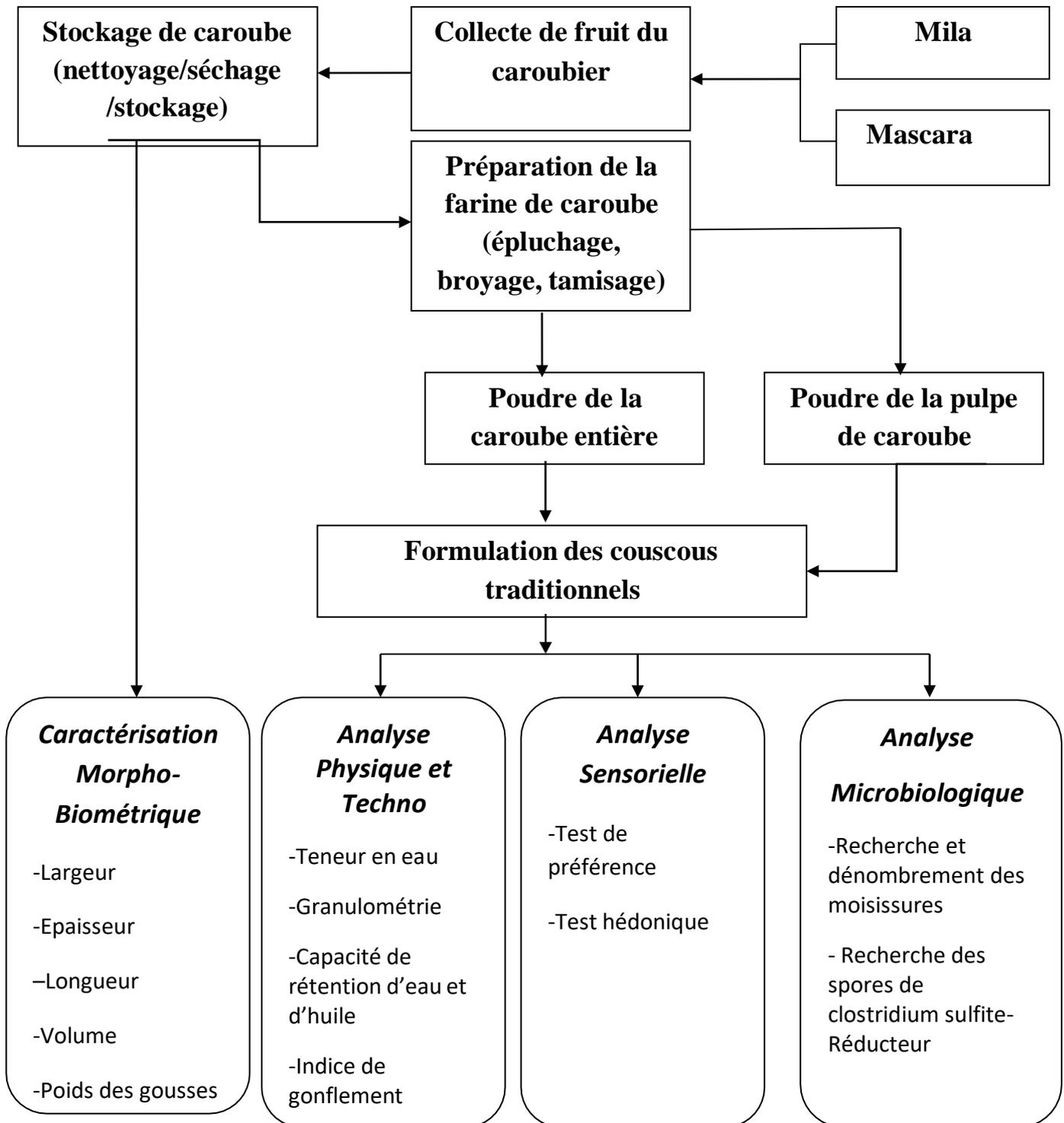


Figure 05: Protocole expérimental.

**II.4.2. Conservation de la caroube**

Les gousses de caroubier mûres ont été soigneusement collectées et placées dans des boîtes en plastique stérilisées (traitées à la javel) avant d'être enveloppées dans du papier d'aluminium sur leur face interne et fermées hermétiquement de manière aseptique.

Elles ont été ensuite conservées à température ambiante et protégées de la lumière pour garantir leur qualité et leur fraîcheur pendant la durée de l'étude.

Ces étapes de conservation sont importantes pour préserver la qualité des gousses de caroubier utilisées dans l'expérience (**annexe 03**).

**II.4.3. Préparation de la farine de caroube**

Pour chaque site de collecte, les gousses de caroubier ont été dépoussiérées à l'aide de papier absorbant stérile et les graines ont été séparées manuellement des pulpes.

Deux types de farines ont ensuite été produits : l'un à partir de gousses entières et l'autre à partir de pulpes, avec un taux d'extraction fixé à 100%. Des quantités précises de gousses et de pulpes ont été pesées et broyées dans un moulin de marque BOMANN, réglé à une vitesse de 28000 tr/min pendant 2 minutes (**Annexe 04**).

Les quatre échantillons de farine obtenus ont été placés dans des boîtes en plastique stérilisées (traitées à la javel), enveloppées de papier d'aluminium sur leur face interne et fermées hermétiquement de manière aseptique. Ils ont ensuite été conservés à température ambiante et protégés de la lumière pour garantir leur qualité et leur fraîcheur pendant toute la durée de l'étude.

**II.4.4. Caractérisation morpho-biométrique**

Pour évaluer les différentes caractéristiques de chaque variété de caroube, 10 gousses ont été choisies au hasard pour chaque variété. Les paramètres suivants ont été mesurés : longueur, largeur, masse, volume, épaisseur, indice de taille (rapport de la longueur sur la largeur) et le nombre de graines. Cette méthode permet d'obtenir une représentation précise des caractéristiques de chaque variété de caroube étudiée (**annexe05**).

**II.4.4.1. Longueur**

La longueur de chaque gousse a été mesurée en utilisant un fil. Le fil est placé sur toute la longueur de la gousse et la longueur du fil qui recouvre la gousse est ensuite mesurée à l'aide d'une règle graduée. Cette méthode permet de mesurer précisément la longueur de chaque gousse de manière fiable et reproductible.

**II.4.4.2. Largeur**

La largeur de chaque gousse a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse. Trois mesures ont été prises à différents endroits de la gousse : les deux extrémités et le centre. La moyenne de ces trois mesures a été considérée comme la largeur moyenne de la gousse.

Cette méthode permet d'obtenir une mesure précise et fiable de la largeur de chaque gousse en prenant en compte les variations possibles de la largeur à différents endroits de la gousse (**Annexe06**).

**II.4.4.3. Epaisseur**

L'épaisseur de chaque gousse a été mesurée à l'aide d'une jauge de type Iwanson , avec une précision de 1/10 de millimètre. Trois mesures ont été prises à différents endroits de la gousse: les deux parties latérales et la partie centrale. La moyenne de ces trois mesures a été considérée comme l'épaisseur moyenne de la gousse. Cette méthode permet d'obtenir une mesure précise et fiable de l'épaisseur de chaque gousse en prenant en compte les variations possibles de l'épaisseur à différents endroits de la gousse.

**II.4.4.4. Volume**

Le volume de chaque gousse de caroube a été estimé en la submergeant dans un volume d'eau connu, à l'intérieur d'une éprouvette graduée d'une capacité de 1000 cm<sup>3</sup>. La quantité d'eau déplacée par la gousse est égale au volume de la forme irrégulière de la gousse de caroube.

Cette méthode, appelée méthode du déplacement de l'eau, permet d'obtenir une mesure précise et fiable du volume de chaque gousse en prenant en compte sa forme irrégulière.

#### II.4.4.5. Poids des gousses

Pour chaque variété de caroube, la masse moyenne des gousses a été calculée en prenant la moyenne de trois mesures de masse pour chaque gousse. Cette méthode permet d'obtenir une estimation précise de la masse moyenne des gousses pour chaque variété de caroube étudiée.

#### II.4.5. Formulation de couscous traditionnel

Nous avons élaboré des recettes de couscous traditionnel en utilisant les informations fournies dans le **(tableau 02)**.

**Tableau 02:** Voici une proposition de reformulation : La composition du couscous artisanal comprend de la semoule de blé dur ainsi que de la poudre de caroube.

<b>Semoule du blé dur (g)</b>	580	0	200	400	200	400
<b>Poudre de caroube (g)</b>	0	580	200	200	20	20

Voici une proposition de reformulation : Les différentes étapes de préparation du couscous traditionnel sont décrites ci-dessous, et le matériel utilisé pour cette préparation est illustré dans **(l'annexe 07)**.

##### a. Hydratation

Cette opération est une étape clé dans la préparation de la semoule moyenne ou de la poudre de caroube pour la fabrication de couscous. Elle consiste à ajouter de l'eau potable froide à la semoule à l'aide d'une louche, en veillant à bien contrôler la quantité d'eau ajoutée pour éviter une sur-humidification de la semoule.

L'ajout d'eau potable froide permet d'hydrater la semoule de manière progressive, ce qui favorise la formation de liens entre les particules de la semoule. Ces liens sont nécessaires

pour permettre l'agglomération de la semoule et la formation de granules de couscous.

Il est important de bien remuer la semoule avec une fourchette pendant l'ajout de l'eau pour éviter la formation de grumeaux et obtenir une hydratation homogène de la semoule. Il est également conseillé d'ajouter l'eau petit à petit pour contrôler l'humidification de la semoule et éviter la formation d'une pâte.

En résumé, l'ajout d'eau potable froide à la semoule à l'aide d'une louche est une étape cruciale dans la préparation de la semoule moyenne ou de la poudre de caroube pour la fabrication de couscous. Elle doit être réalisée avec soin pour obtenir une semoule bien hydratée et facilement agglomérable (**figure 06**).

Grâce à l'hydratation, des liens se forment entre particules de semoule et permettent leur agglomération (**Hebrard et al. 2003**).



**Figure 06** : l'hydratation de la semoule.

### **b. Roulage**

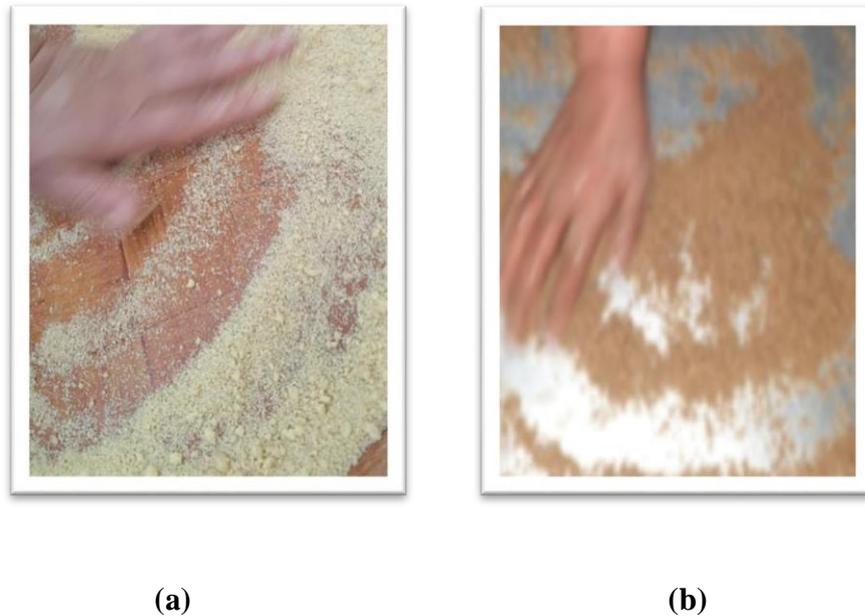
Après l'ajout de l'eau froide à la semoule moyenne ou à la poudre de caroube, l'étape suivante consiste à mélanger le tout dans une large écuelle appelée "Gussaa" (**figure 07-a**). Cette étape est importante pour assurer un bon mélange de la semoule et de l'eau, et favoriser l'absorption de l'eau par les particules de semoule.

Le mouvement de va-et-vient des mains ouvertes, paumes vers le bas avec un léger écartement des doigts (**figure 07-b**), permet d'assurer un mélange homogène de la semoule et de l'eau. Ce mouvement doit être maintenu jusqu'à ce que les particules de semoule commencent à adhérer les unes aux autres et à gonfler, ce qui marque le début de l'agglomération.

L'ajout de la semoule fine se fait progressivement en fonction du taux d'hydratation, pour maintenir une consistance qui permet l'agglomération de la semoule. Il est important de

surveiller la consistance de la semoule et d'ajuster la quantité d'eau et de semoule en conséquence pour obtenir la granulation désirée.

En résumé, cette étape consiste à mélanger la semoule et l'eau dans une large écuelle en utilisant un mouvement de va-et-vient des mains ouvertes pour favoriser l'absorption de l'eau et l'agglomération de la semoule. L'ajout de la semoule fine se fait progressivement en fonction du taux d'hydratation pour obtenir la granulation désirée.



**Figure 07:** Roulage de la semoule (a) et de la poudre de caroube(b).

### **c. Tamisage**

Pour obtenir une semoule moyenne homogène et une granulométrie de qualité pour la fabrication de couscous, le choix des ouvertures des mailles du tamis est crucial.

Pour garantir une granulation homogène et répondre aux critères de qualité, il est recommandé de réaliser un double tamisage. Le premier tamis doit avoir des ouvertures de mailles supérieures à la granulométrie désirée pour éliminer les gros agglomérats (grumeaux) qui peuvent se former lors de la préparation de la semoule (**figure 08-a**).

Le deuxième tamis, appelé "Reffad", doit avoir des ouvertures de mailles plus petites que la granulométrie désirée pour éliminer les fines particules de semoule non agglomérée et les agrégats insuffisamment agglomérés dans la semoule (**figure08-b**).

Les deux produits éliminés lors du double tamisage sont recyclés pour éviter le gaspillage.

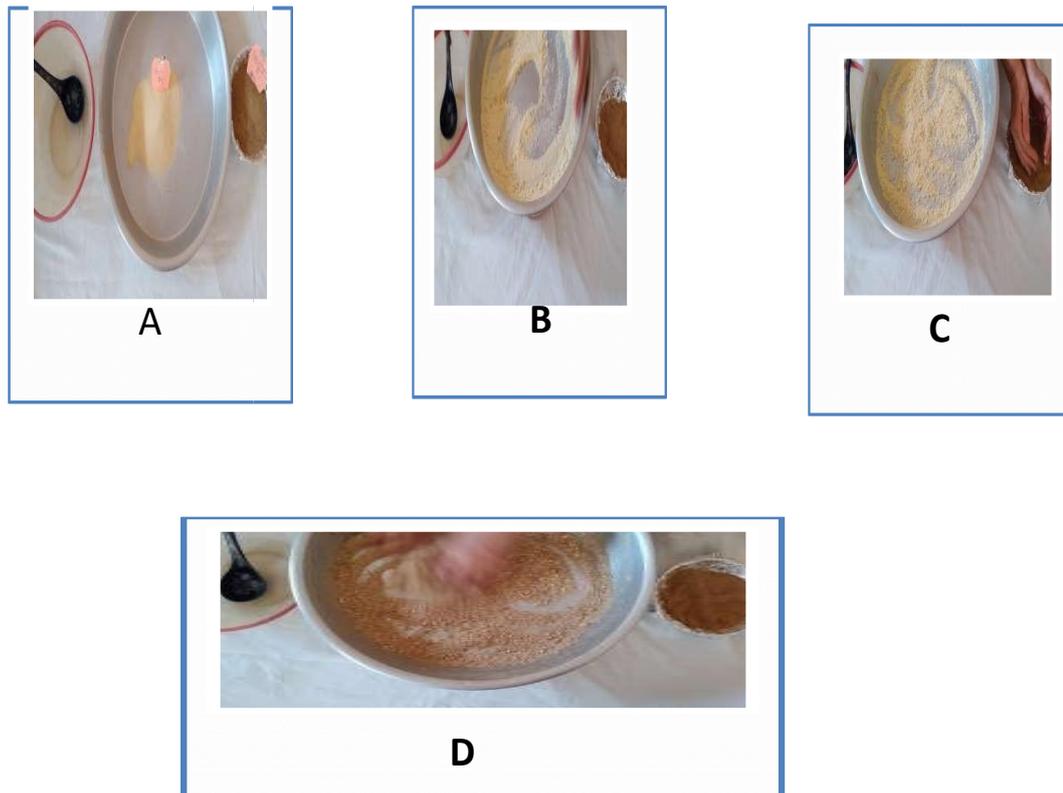
En résumé, le choix des ouvertures des mailles du tamis est important pour obtenir une semoule moyenne homogène et une granulométrie de qualité pour la fabrication de couscous. Le double tamisage est recommandé pour éliminer les gros agglomérats et les fines particules de semoule non agglomérée, avec des tamis de mailles différentes, et les produits éliminés sont recyclés pour éviter le gaspillage.

**(a)****(b)**

**Figure 08 :** tamisage de couscous à base de la semoule **(a)** et de la poudre de caroube **(b)**.

Les mêmes étapes d'hydratation, de roulage et de tamisage sont suivies pour préparer le couscous traditionnel hybride (mélange). Tout d'abord, la semoule est préparée et mise dans le bol (gassaa), puis de l'eau froide est ajoutée et le mouvement de roulage est sécurisé (**figure 9 A et B**).

Ensuite, de la poudre de caroube est ajoutée et le mouvement de va-et-vient est répété tout en ajoutant de l'eau selon les besoins (**figure 09 C et D**).



**Figure 09** : l'hydratation et du roulage du mélange (semoule et poudre de caroube).

-La quantité de l'eau potable utilisée dans le procédé d'hydratation (**Annex08**).

#### **d. Précuisons**

Lorsqu'un couscous de granulométrie recherchée est refusé, il est placé dans une passoire en aluminium d'un couscoussier contenant de l'eau portée à ébullition. Pour le précuire à la vapeur d'eau, il est maintenu dans le couscoussier pendant  $15 \pm 3$  minutes à une température de  $98 \pm 2^\circ\text{C}$  (**figure 10**). Ce temps varie en fonction de :

-temps de précuisons diminue car la vapeur d'eau circule plus vite entre les gros grains de couscous (Angar et Belhouchet, 2002).

- l'épaisseur de la couche de couscous dans la passoire, qui dépend de la profondeur de celle-ci.



**Figure 10 :** Précuisons de couscous humide.

Le temps de précuisons est généralement déterminé par deux méthodes :

- on observe l'apparition de vapeur d'eau à la surface du couscous qui se désagrège facilement entre les doigts sans former de pâtons, et qui présente une couleur jaune.
- le test de frapper : lorsque le couscous est bien précuit, ses grains ne collent pas à la main ouverte et imbibée d'eau.

**e. Emottage et calibrage**

Une fois précuit, le couscous prend la forme d'un gâteau sur le dessus de la passoire. Cette partie supérieure du couscous est ensuite émottée manuellement ou à l'aide d'un outil, alors qu'il est encore chaud (**figure 11**), car l'émottage devient difficile une fois qu'il a refroidi.



**Figure 11 :** Emottage et calibrage de couscous précuit.

### f. Séchage

Le processus de séchage du couscous précuit se déroule en deux phases distinctes :

- le couscous est étalé sur un linge propre à l'ombre et à température ambiante (**figure 12**).

Cette étape permet au produit de commencer à perdre progressivement son humidité.

- La durée de séchage dépend de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air.

Une fois que le couscous est bien séché, il est prêt pour la deuxième phase de séchage.

Cette étape se fait à l'air libre dans un endroit bien exposé au soleil et est nécessaire pour garantir un séchage complet du produit. Cette deuxième phase de séchage peut prendre de trois à cinq jours.



**Figure12:** Séchage de couscous à l'ombre.

## II.4.6. Propriétés techno fonctionnelles et Analyse physique

### II.4.6.1.Capacité de rétention d'eau et d'huile

La capacité d'absorption d'eau a été déterminée en utilisant la méthode décrite par **SALUM KHE (1981)**, avec de légères modifications, 10 ml d'eau distillée a été ajoutée à 10g de l'échantillon (couscous) dans un bécher (**Annexe 09**), la suspension est agitée à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 5 min (**Annexe 10**), la suspension obtenue (**Annexe 11**) a été centrifugée à 3555rpm pendant 30 min (**Annexe 12**) et le surnageant mesuré dans un cylindre gradué 10ml.

La masse volumique de l'eau a été prise égale à  $1,0\text{g/cm}^3$  dont l'eau absorbée a été calculée comme la différence entre le volume initial de l'eau

ajoutée à l'échantillon et volume du surnagent.

La même procédure a été répétée pour l'absorption d'huile, sauf que l'huile a été utilisée à la place de l'eau.

$$\text{CRE g(d'eau / 100g poudre)} = \frac{\text{Masse du Culot humide} - \text{masse de l'eau poudre}}{\text{Masse de l'échantillon en poudre}} \cdot 100$$

#### II.4.6.2. Indice de gonflement

La capacité a été déterminée selon (ROBER son , al 2000 ) , 200mg de le poudre(couscous) a été passée et transférée dans une Un tube d'essai puis (10ml) d'eau distillée a été ajouté , le mélange a été bien agité puis laissé au repose pendant 18h à une température ambiante .Le volume occupé par les fibres est mesurée et le rapport entre ce volume et celui de la prise d'essai donne la valeur du gonflement exprimée enml/g d'échantillon sur une base séchée (Annexe13).

#### II.4.6.3. Test cuisson

##### Principe

Il consiste à déterminer le taux de prise en masse du couscous lors de la préparation, par cuisson d'une quantité bien déterminée de couscous cru et suivre les modifications rapportées sur le poids après chaque étape de préparation.

##### Mode opératoire

**-1ere mouillage :** mouiller le couscous avec de l'eau puis faire égoutter tout de suite et laisser le pendant 10min pour que les grains de couscous absorbent l'eau ajoutée (Annexe14).

**-1ere évaporations :** faire cuire le couscous à la vapeur pendant 15min (Annexe15).

**-2eme mouillage :** arroser progressivement le couscous d'une certaine quantité d'eau.

**-2eme évaporations :** faire cuire une deuxième fois à la vapeur pendant 15 min.

-Peser le couscous après chaque étape de préparation

#### **II.4.6.4. Teneur en eau**

##### **Principe**

Le teneur en eau est la perte de masse, déterminée par séchage de 5g sel'échantillon après broyage (s'il est solide) à une température de 130C°.

##### **Mode opératoire**

-Sécher les capsules avec leurs couvercles à l'étuve (**Annexe 16**), pendant 15 min à 130°C, puis refroidir dans un dessiccateur.

-Peser 5g de l'échantillon et broyer rapidement si l'échantillon nécessite un broyage.

-Verser dans la capsule et adapter rapidement le couvercle.

-Introduire la capsule contentent la prise d'essai dans l'étuve et laisser séjourner 2 heures.

-Retirer rapidement la capsule de l'étuve, et laisser refroidir dans undessiccateur (**Annexe 17**).

-Peser la capsule.

La teneur en eau est exprimée en%: (**Annexe 29**)

$$H = \left( \frac{M1 - M2}{M0} \right) 100$$

#### **II.4.6.5. Granulométrie**

##### **Principe**

La granulométrie est l'expression de l'état granulaire d'une poudre (**Linden, 1991**) ;elle est basée sur le principe de la séparation mécanique (tamisage).

##### **Mode opératoire**

Nous avons fait passer 10g de la poudre de caroube à travers une série de tamis de diamètres des mailles différents : 1000,500 et 250 $\mu$ m soumis à un secouage va et vient (**Annexe 18**), dont le refus a été pesé chaque fois

### **Expression des résultats**

Le refus ou la granulométrie est calculé comme suit :

$$\text{Gr \%} = (P1/P0) 100$$

Dont :

**P0** : Poids de l'échantillon (prise d'essai) en g

**P1** : Poids du refus après tamisage en g

### **II.4.7. Analyse microbiologique**

L'analyse microbiologique vient le contrôle des aliments du point de vue présence ou absence des micro-organismes. Elles se font par isolement des micro-organismes du substrat solide et les mettre en suspension dans un diluant et les placer après au contact d'un milieu nutritif et dans les conditions favorables de développement (humidité et température).

Dans le cas des céréales, les micro-organismes recherchés sont surtout les Moisissures et clostridium sulfite-Réducteur.

Dans les laboratoires de contrôle de qualité, les analyses microbiologiques se réalisent en trois étapes fondamentales :

-L'échantillon qui analysé c'est 5 échantillon qui CRD élevé

-Couscous semoule 100% - pulpe MA ( 400g- 200g) – gousse MA (200g- 20g) – pulpe MI(200g-200g) – gousse MI (400g/ 200g) .

- La préparation des suspensions mères.
- La préparation des dilutions décimales.
- La recherche et dénombrement.

#### **1. Préparation des suspensions mères**

Pour préparer une suspension mère, nous procédons comme suit :

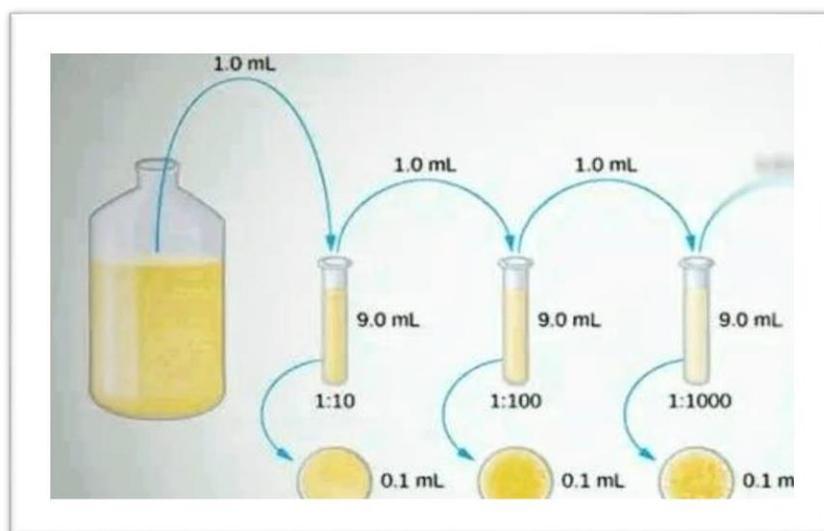
- Tirer un récipient stérile que l'on pourra utiliser pour le broyage.
  - Introduire aseptiquement 25g de produit à analyses.
  - Ajouter environ 70 ml d'Eau Tryptone-sel (TSE) et broyer le mélange (Produit + TSE), ce broyage permet d'extraire tous les micro-Organismes qui se trouvent dans le produit.
1. Verser la solution obtenue dans le flacon qui contient le reste de TSE(environ 155 ml) (**Annexe 19**).Il faut bien homogénéiser la solution pour assurer une meilleure dispersion des micro-organismes.

## 2. Préparation des dilutions décimales

La technique de dilution d'effectue aseptiquement avec un maximum de précision.

La préparation des dilutions décimales s'effectue comme suit (**figure13**) :

- Prépare une série de tubes contenant chacun 9ml d'eau physiologique stérile (TSE) (**Annexe 20**).
- Introduire aseptiquement et à l'aide d'une pipette graduée 1ml se la solution mère dans 1<sup>ère</sup> tube de la série préparée précédemment, on obtiendra donc la 2<sup>ème</sup> dilution  $10^{-1}$ .
- Prélever en suit 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  et la portée dans le 2<sup>ème</sup> tube de TSE, on obtiendra donc la 2<sup>ème</sup> dilution  $10^{-2}$ , on procède de la façon jusqu'à l'obtention de la dilution recherchée .



**Figure 13** : Préparation de la suspension mère et de la dilution décima.

**II.4.7.1. La Recherche et dénombrement des moisissures**

Les moisissures sont des champignons filamenteux, aérobie, acidophile (pH=3 à 7) Mésophile, se développe sur les aliments à faible activité d'eau .

**Principe**

Pour l'isolement des moisissures, on utilise le milieu sélectif **OGA** (gélose glucoséaddition d'un antibiotique sélectif Oxytétracycline.

**Mode opératoire**

**Préparation du milieu** : fondre préalablement un flacon de gélose OGA, puis lerefroir à 45°C et couleure 3 boites de pétri et laisser solidifier sur pailleasse.

**Ensemencement** : La technique d'ensemencement en surface c'est-à-dire 4 gouttes dedilution  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ , sont mises sur milieu solide OGA Etaler à l'aide d'un râteau en verre stérile pour chacune des boites.

Deux autres boites de pétri sont considérées comme témoin de OGA et de TSE (ensemencement en surface après avoir mis 4 gouttes de TSE).

**Incubation** : Incubation de ces boites à 20°C -25°C pendant 5 jours  
**(Annexe 21).**

**Lecture** : les colonies sont épaisses, pigmentées ou no parfois envahissantes.

Le comptage se fait sur les boites contenant entre 15 et 300 colonies et le nombretrouvé est multiplié par l'inverse de la dilution

**II.4.7.2. La Recherche des spores de clostridium sulfite-Réducteur (ISO 66 49)****Principe**

Les clostridium sulfite-Réducteur sont mis en évidence en utilisant la gélose viande foie (VF) à laquelle on ajoute le sulfite de sodium (milieu sélectif des clostridium qui réduisent les sulfites en sulfures) et l'alun de fer qui permettent la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfite réduit par les clostridium.

**Mode opératoire****Préparation de la gélose**

- Fondre un flacon de gélose de VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C et ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium
- Mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

**Ensemencement**

- les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  seront soumis : d'abord à un chauffage dans un bain marie à 80°C pendant 8 à 10 mn (**Annexe 22**). puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet (**Annexe 23**). dans le but d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.
- A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis de 16mm de diamètre, puis ajouter dans chaque tube environ 15 ml de la gélose VF prête à l'emploi (**Annexe 24**).
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 mn.

**Incubation :** incuber les tubes à 37°C pendant 16.24 ou 48 heures (**Annexe25**).

**Lecture :** la première lecture doit se faire impérativement à 16 h car :

-D'une part les colonies de clostridium sulfite-réducteurs sont envahissantes auquel cas on trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation

Difficile voir impossible et l'analyse à refaire.

-D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noir ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieur à 0.5 mm.

-Dans le cas ou il n'Ya pas de colonies caractéristique ré-incuber les tubes et effectué une deuxième lecture au bout de 24 h voir 48 h.

#### **II.4.8. Analyse sensorielle**

L'analyse sensorielle est un examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens. Elle permet d'étudier les caractéristiques sensorielles des produits en faisant intervenir l'homme comme "instrument de mesure " à partir de ses t3 sens : goût, Texture, la coulure) (**Annexe 30**).

Huit dégustateurs ont été sélectionnés pour cette évaluation sensorielle où l'analyse est menée en suivant la procédure décrite par (**Meilgaard et al. 1999**).

Les 6 échantillons de couscous sont codés comme suit :

--**Couscous100%** :

**S** : Semoule.

**MIP** : Mila Pulpe

-**Couscous Mélange (F1+F2)** :

1. **MAG (200g/ 20g)** : Gousse Mascara.
2. **MAP (400g/200g)** : Pulpe mascara.
3. **MIG (400g /200g)** : gousse Mila.
4. **MIP (200g /200g)** : Pulpe Mila.

Pour comparer les qualités organoleptiques évaluées concernant le goût, la texture, l'aspect, l'acidité des différentes recettes préparées, deux types de méthodes ont été utilisés: Test de préférence et Test hédonique.

**II.4.8.1. Test de préférence**

Le test de préférence a pour objectif de déterminer un classement de préférence entre les produits dégustés(**figure14**). Le test de classement consiste à présenter directement l'ensemble des produits au sujet qui doit donner un classement de ces produits selon son appréciation (**Annexe 30**).



**Figure 14** : Présentation des produits en vue de réaliser le test de dégustation et évaluation hédonique.

**II.4.8.2. Test hédonique**

Au cours du processus d'évaluation hédonique, tous les bénévoles ont utilisé un questionnaire pour mesurer les degrés de combien ont aimé la couleur, l'acidité, le goût. Les dégustateurs ont goûté chaque échantillon de couscous et ont donné un nombre compris entre 0 et 5: chaque attribut est mesuré selon une échelle d'acceptabilité universelle de points, 0 : désagréable et 5: très agréable des sept assiettes de couscous présentée (**tableau03**).

Ce qui représente combien il aimait ou n'a pas aimé chaque attribut Les bénévoles ont reçu de l'eau entre chaque échantillon. Au cours du processus d'évaluation, les volontaires ont été libres de commenter chaque échantillon de couscous et les commentaires ont été enregistrés au bas du questionnaire (**Zhang et al. 2016**).

**Tableau 03** : Evaluation hédonique par l'échelle de cotation de 6 points.

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Désagréable	Peu désagréable	Ni désagréable ni agréable	Peu agréable	agréable	Très agréable

# *Chapitre III*

## *Résultats et Discussion*

### III.1. Caractéristiques morphologiques

Le graphe fournit des données sur les dimensions (longueur, épaisseur, largeur), le poids, le volume, le nombre de graines et le poids des graines de 20 variétés de haricots, 10 du groupe Mila et 10 du groupe Mascara.

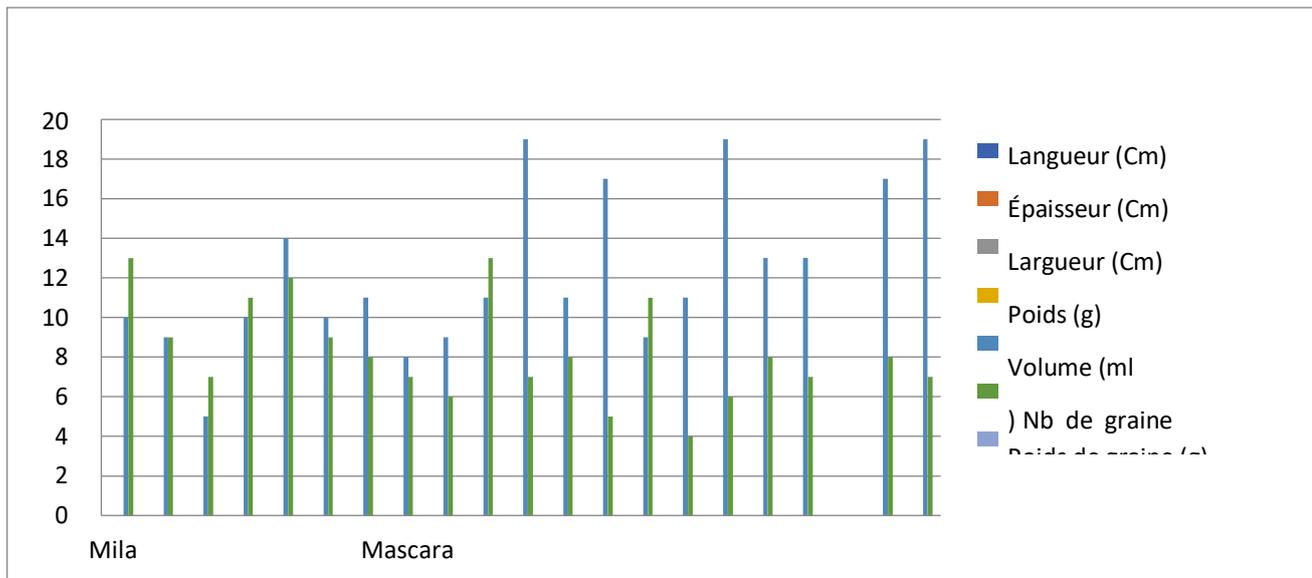


Figure 15: caractérisation morphologique comparative de la gousse de caroube.

Le graphe fournit des données sur les dimensions (longueur, épaisseur, largeur), le poids, le volume, le nombre de graines et le poids des graines de 20 variétés de gousse, 10 du groupe Mila et 10 du groupe Mascara.

Examinant les données, les gousses du groupe Mila ont des longueurs allant de 10.463 cm à 18.034 cm, tandis que les gousses du groupe Mascara ont des longueurs allant de 11.479 cm à 18.36 cm. De même, les haricots de chaque groupe ont des poids différents, allant de 6.354 g à 18.839 g pour le groupe Mila et de 10.766 g à 24.579 g pour le groupe Mascara.

En outre, la longueur moyenne des gousses du groupe Mila est d'environ 14.5 cm, tandis que la longueur moyenne des gousses du groupe Mascara est d'environ 15.7 cm. De même, le poids moyen des gousses du groupe Mila est d'environ 11.1 g, tandis que le poids moyen des gousses du groupe Mascara est d'environ 17.6 g.

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

En comparant les deux groupes de gousses, nous pouvons voir que le groupe Mascara tendance à avoir des valeurs plus élevées pour les mesures de longueur, poids et volume. Cela peut indiquer que les haricots du groupe Mascara sont en moyenne plus gros que ceux du groupe Mila.

### III.2. Propriétés techno fonctionnelles et Analyse physique

#### II.2.1. Capacité de rétention d'eau et d'huile.

Région	Couscous 100% Couscous (F1+F2)	Volume surnagent(ml)	CRD%
Mascara	<b>Couscous gousse100%</b>	<b>5.2</b>	<b>48%</b>
	200g / 200g	4.6	54%
	400 g/ 200g	5	50%
	200 g/ 20g	4.5	55%
	400g / 20g	5.5	45%
	<b>Couscous pulpe100%</b>	<b>5.2</b>	<b>48%</b>
	200g / 200g	4.5	55%
	400 g/ 200g	4.5	55%
	200g / 20g	5.2	48%
	400g / 20g	5	50%
Mila	<b>Couscous gousse100%</b>	<b>4.8</b>	<b>52%</b>
	200g / 200g	4.8	52%
	400g / 200g	4.6	54%
	200 g/ 20g	5.2	48%
	400 g/ 20g	5.4	46%
	<b>Couscous pulpe100%</b>	<b>5.4</b>	<b>46%</b>
	200g / 200g	4.5	55%
	400g / 200g	5.2	48%
	200g / 20g	5.9	41%
	400g / 20g	4.8	52%
	<b>Couscous semoule</b>	<b>5,2</b>	<b>48%</b>

Tableau 04 : Capacité de rétention d'eau (CRD) des couscous formulés

Le tableau fournit des informations sur la qualité du couscous dans les régions de Mascara et Mila en Algérie.

Les données montrent que pour le couscous gousse 100%, le volume surnageant est plus élevé dans la région de Mascara que dans la région de Mila pour toutes les mesures, ce qui peut indiquer que la qualité du couscous gousse est meilleure dans la région de Mascara. Cependant, le CRD est plus élevé dans la région de Mascara pour les mesures de 200g / 200g et 400g / 20g, ce qui peut indiquer une qualité inférieure en termes de retenue des CRD.

Pour le couscous pulpe 100%, le volume surnageant est similaire entre les deux régions pour la plupart des mesures, sauf pour la mesure de 200g / 20g où le volume surnageant est plus élevé dans la région de Mila. Le CRD est également similaire entre les deux régions pour la plupart des mesures. Enfin, pour le couscous semoule,, volume surnageant de 5,2 ml et un CRD de 48%.

En conclusion, les données suggèrent que la qualité du couscous gousse 100% peut être meilleure dans la région de Mascara, mais que la qualité du couscous pulpe 100% et du couscous semoule est similaire entre les deux régions.

Tableau 05: Capacité de rétention d'huile (CRH) des couscous formulés.

Région	Couscous 100% Couscous (F1+F2)	Volume surnageant	CRH%
Mascara	<b>Couscous gousse 100%</b>	<b>6, 6ml</b>	<b>34%</b>
	200g / 200g	6.6ml	34%
	400 g/ 200g	6.4ml	36%
	200 g/ 20g	6.4ml	36%
	400g / 20g	6.8ml	32%
	<b>Couscous pulpe 100%</b>	<b>6ml</b>	<b>40%</b>
	200g / 200g	6.5ml	35%
	400 g/ 200g	6.7ml	33%
	200g / 20g	6.1ml	39%
	400g / 20g	6.8ml	32%
Mila	<b>Couscous gousse 100%</b>	<b>6ml</b>	<b>40%</b>
	200g / 200g	5.7ml	43%
	400g / 200g	6.2ml	38%
	200 g/ 20g	6.4ml	36%
	400 g/ 20g	6ml	40%
	<b>Couscous pulpe 100%</b>	<b>5.8ml</b>	<b>42%</b>
	200g / 200g	6.2ml	38%
	400g / 200g	5.2ml	48%
	200g / 20g	6ml	40%
	400g / 20g	5.8ml	42%

Le tableau fournit des informations sur la qualité du couscous dans les régions de Mascara et Mila en Algérie, en termes de volume surnageant et de pourcentage de CRH. Les données montrent que pour le couscous gousse 100%, le volume surnageant est généralement plus élevé dans la région de Mascara que dans la région de Mila pour toutes les mesures, ce qui peut indiquer que la qualité du couscous gousse est meilleure dans la région de Mascara. Cependant, le CRH est généralement plus élevé dans la région de Mila. Pour le couscous

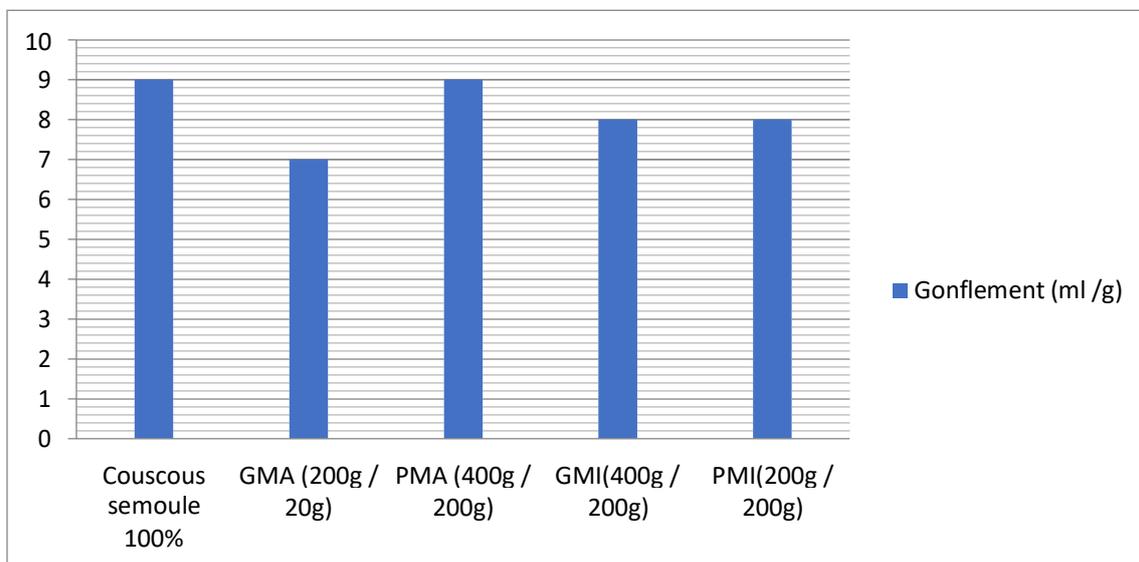
pulpe 100%, le volume surnageant est généralement plus élevé dans la région de Mila . Cependant, le CRH est généralement plus élevé dans la région de Mascara pour la plupart des mesures.

Enfin, pour les mesures de 200g / 200g et 400g / 200g de couscous pulpe 100% dans la région de Mila, le volume surnageant est plus faible que pour les autres mesures, ce qui peut indiquer une meilleure qualité pour ces mesures.

Les données suggèrent que la qualité du couscous gousse 100% peut être meilleure dans la région de Mascara en termes de volume surnageant, mais que le couscous gousse de Mila retient mieux. Pour le couscous pulpe 100%, la qualité peut être meilleure dans la région de Mila en termes de volume surnageant, mais le couscous pulpe de Mascara retient mieux

### III.2.2.Indice de gonflement (IG)

Dans cette expérience on a choisi l'échantillon qui possède une capacité rétention d'eau élevée, Le graphe de 10 donnee les valeurs de l'indice de gonflement des couscous formulés.



**Figure16:** Indice de gonflement des couscous formulés

le graphe représente de valeurs de gonflement en ml/g pour différents échantillons (Couscous semoule 100% : 9ml/g, GMA (200g / 20g) : 7ml/g ,PMA (400g / 200g) : 9ml/g , GMI (400g / 200g) : 8ml/g, PMI (200g / 200g) : 8,7ml/g)

Ces valeurs indiquent la quantité d'eau absorbée par unité de masse de l'échantillon, exprimée en ml/g.

L'échantillon de couscous semoule 100% et PMA (400g / 200g) a absorbé 9 ml d'eau pour chaque gramme d'échantillon.

Ces résultats suggèrent que les formulations de couscous qui incluent de la pulpe de Mascara et de la pulpe de Mila ont une capacité d'absorption d'eau plus élevée que les autres formulations, ce qui peut être attribué à leur forte capacité de rétention d'eau.

**II.2.3. Test cuisson**

Les résultats obtenus de test de cuisson des couscous formulés sont consignés dans le (tableau 06).

**Tableau 06 : Test de la cuisson**

<b>Paramètre Couscous</b>	<b>Poids initiale</b>	<b>Quantité de l'eau utilisée</b>	<b>Poids finale</b>
<b>Semoule 100%</b>	<b>150g</b>	<b>68ml</b>	<b>823g</b>
<b>MAP(400g/200g)</b>	<b>150g</b>	<b>89ml</b>	<b>382g</b>
<b>MAG(200g /20g)</b>	<b>150g</b>	<b>80ml</b>	<b>410g</b>
<b>MIP(200g/200g)</b>	<b>150g</b>	<b>75ml</b>	<b>403g</b>
<b>MIG (400g/200g)</b>	<b>150g</b>	<b>97ml</b>	<b>383g</b>
<b>MIP 100%</b>	<b>150g</b>	<b>76ml</b>	<b>363g</b>

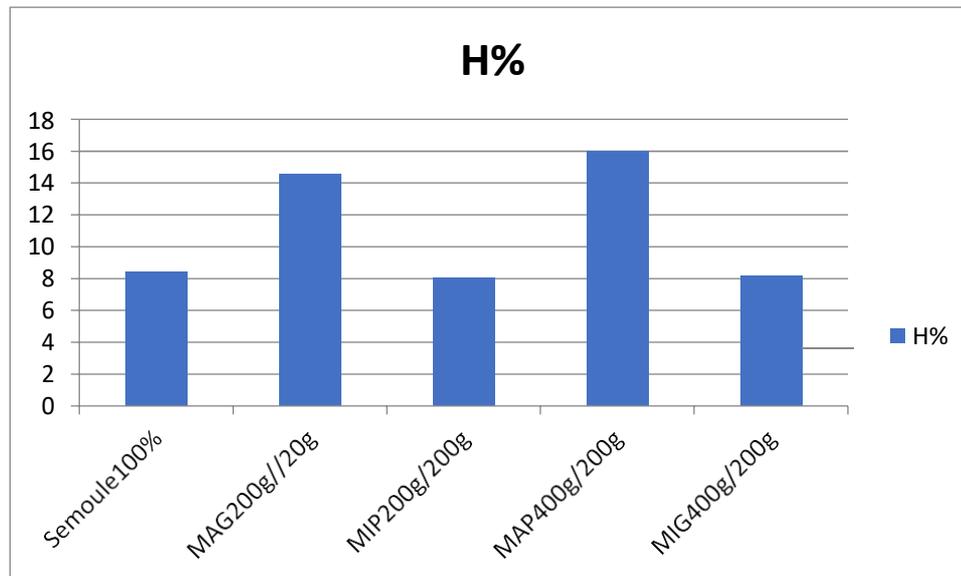
Le tableau 06 présente les résultats de cuisson de couscous formulés. Les paramètres mesurés comprennent le poids initial du couscous, la quantité d'eau utilisée pour la cuisson et le poids final du couscous cuit.

Selon les données, le poids initial de chaque échantillon était de 150g. La quantité d'eau utilisée pour la cuisson variait entre 68 ml pour le couscous semoule 100% et 97 ml pour le couscous formulé à base de 400g de semoule et de 200g de gousse de Mila (MIG). Le poids final du couscous cuit variait de 363g pour le couscous à base de pulpe de Mila à 823g pour le couscous semoule 100%.

Ces résultats suggèrent que les différents types de couscous formulés ont des propriétés de cuisson différentes, avec des variations dans la quantité d'eau nécessaire pour la cuisson et le poids final du couscous cuit.

### III.2.4. Teneur en eau

La figure 17 consigne la teneur en eau des couscous formulés.



**Figure 17 :** Humidité % de couscous semoule et caroube.

Le graphe fournit des informations sur le taux d'humidité (H%) de différents types de couscous dans la région de Mascara et Mila en Algérie.

Les données montrent que le taux d'humidité est le plus élevé pour le couscous MAG200g / 20g avec un taux de 14,56%, suivi du couscous MAP400g / 200g avec un taux de 16%.

Ces deux types de couscous ont un mélange de semoule et d'autres ingrédients dans leur composition, ce qui peut expliquer leur taux d'humidité plus élevé.

Le taux d'humidité est plus faible pour le couscous MIP200g / 200g avec un taux de 8,5%, suivi du couscous Semoule 100% avec un taux de 8,4%. Le couscous MIG400g / 200g a le taux d'humidité le plus faible avec un taux de 8,2%, ce qui peut indiquer une meilleure qualité en termes de séchage et de conservation.

Les données suggèrent que les couscous à base de semoule 100% ont généralement un taux d'humidité plus faible que les couscous qui contiennent d'autres ingrédients. Le couscous MIG400g / 200g a le taux d'humidité le plus faible, ce qui peut indiquer une meilleure qualité en termes de conservation.

### III.2.5. Granulométrie

Le tableau 7 donne la composition centésimale des couscous formulés.

**Tableau 07** : Composition centésimale des couscous formulés

Echantillon	Poids totale(g)	Couscous fin(g) (250um)	Couscous moyenne (0,5m / m)	Couscous gros (1m/m)
Semoule100%	495.376g	392.103g	103.223g	0.050g
MAG (200/20)	177.068g	120.062g	54.774g	2.232g
MAP (400/200)	550.39g	494.229g	50.701g	5.460g
MIG (400/200)	523.225g	342.244g	174.710g	5.671g
MIP (200/200)	346.914g	262.217g	84.29g	0.40g

Le tableau présenté correspond à la granulométrie des différents échantillons de couscous formulés, en termes de poids total de chaque taille de particules. Les résultats sont présentés pour chaque échantillon, en grammes.

On observe que pour tous les échantillons, la majorité du poids total est constituée de couscous fins, avec des tailles de particules inférieures à 250 micromètres. Cependant, il y a des différences significatives dans la distribution des tailles de particules entre les échantillons. Par exemple, l'échantillon de couscous à base de semoule 100% a enregistré le plus grand poids total de couscous fins, avec une valeur de 392,103 g, tandis que l'échantillon de couscous à base de MIG (400/200) a enregistré le plus grand poids total de couscous moyens, avec une valeur de 174,710 g.

L'échantillon de couscous à base de MAP (400/200) a enregistré le plus grand poids total de couscous gros, avec une valeur de 5,460 g.

Ces résultats indiquent que la composition des matières premières utilisées dans la formulation des couscous peut avoir une influence significative sur la distribution des tailles de particules, ce qui peut affecter la texture et la qualité globale du produit final.

Les résultats de la granulométrie peuvent être utilisés pour optimiser la formulation des couscous et améliorer leur qualité.

III.3. Analyse microbiologique

Les tableaux 08 et 09 présentent les résultats des analyses microbiologiques des couscous formulés. Le tableau 08 donne les résultats bruts des analyses microbiologiques, tandis que le tableau 09 compare ces résultats avec les normes considérées.

**Tableau 08 :** Résultat des analyses microbiologiques des couscous formulés.

MICRO-ORGANISMES ECHANTILLONS	DILUTION		Résultats MOCRO-ORGANISEM		
			CLOSTRIDIUM S.R 45°C/g	MOISSISSIRE /gNA 1210	
Semoule	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	Abs	Abs	Abs
MAG (200g /20g)	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	Abs	Abs	Abs
MIP (200g /200g)	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	Abs	Abs	Abs
MAP (400g/200g)	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	Abs	Abs	Abs
MIG(400g/200g)	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	Abs	Abs	Abs

**Tableaux 09:** Comparaison des résultats microbiologiques avec la norme Algérienne.

Micro- organismes	Résultats					la norme Algérienne		
	S	MAG	MIP	MAP	MIG	Qualité satisfaisant	Qualité acceptable	Qualité non acceptable
Clostridium S.R45°C/g NA15176	-	-	-	-	-	<300	300 à 1000	> 1000
Moisissures/g NA 1210	-	-	-	-	-	<300	300 à 100	> 1000

Les données montrent que pour le Clostridium S.R 45°C/g, il n'y a pas de résultats détectables dans tous les échantillons de couscous testés ( **Annexe 27**), ce qui est une bonne indication de la qualité sanitaire du produit.

Pour les moisissures (**Annexe 28**), il n'y a pas de résultats détectables dans tous les échantillons de couscous testés

Pour la semoule, il n'y a pas de résultats détectables pour les deux dilutions testées. Pour le MAG (200g / 20g), il n'y a pas de résultats détectables pour la dilution 10-1, mais des résultats détectables pour la dilution 10-2 avec une quantité non spécifiée de moisissures par gramme d'échantillon.

Pour le MIP (200g / 200g), il n'y a pas de résultats détectables pour la dilution 10-1, mais des résultats détectables pour la dilution 10-2 avec une quantité non spécifiée de moisissures par gramme d'échantillon.

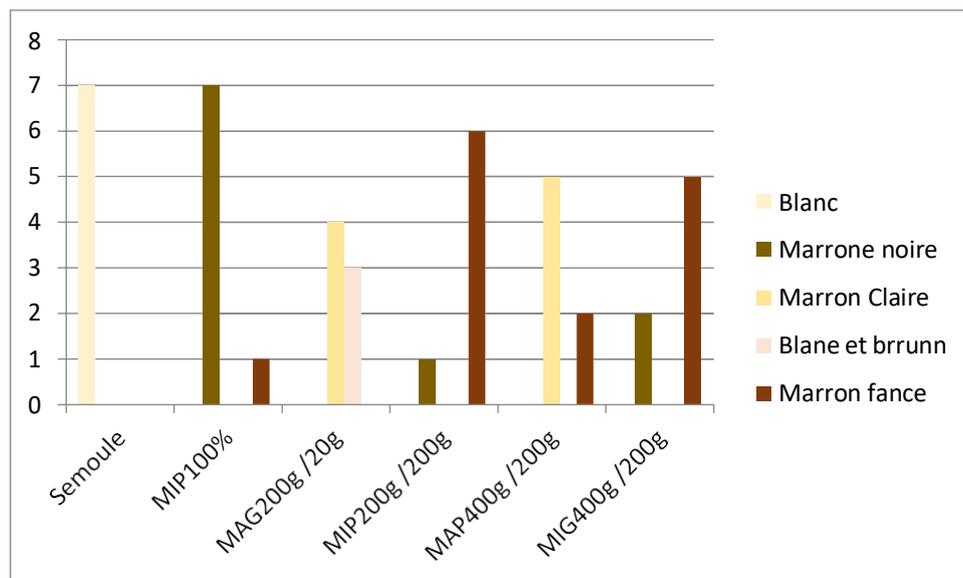
Pour le MAP (400g / 200g), il n'y a pas de résultats détectables pour la dilution 10-1, mais des résultats détectables pour la dilution 10-2 avec une quantité non spécifiée de moisissures par gramme d'échantillon.

Pour le MIG (400g / 200g), il n'y a pas de résultats détectables pour les deux dilutions testées.

### III.4. Analyse sensorielle

#### III.4.1. Test de préférence

Les résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de couscous formulés et dégustés ont été mesurés à travers un test de préférence pour la couleur (**figure 18**), le goût (**figure 19**) et la texture (**figure 20**). La figure globale présente l'ensemble des résultats obtenus pour les trois tests:



**Figure 18 :** Appréciation de la couleur des couscous formulés

La couleur des couscous à base de mélange (semoule et caroube) soit différente de celle du (couscous de la semoule 100%) en raison de la présence de la caroube dans le mélange.

Huit personnes ont goûté six échantillons de couscous différents et ont remarqué que chaque échantillon avait une couleur différente

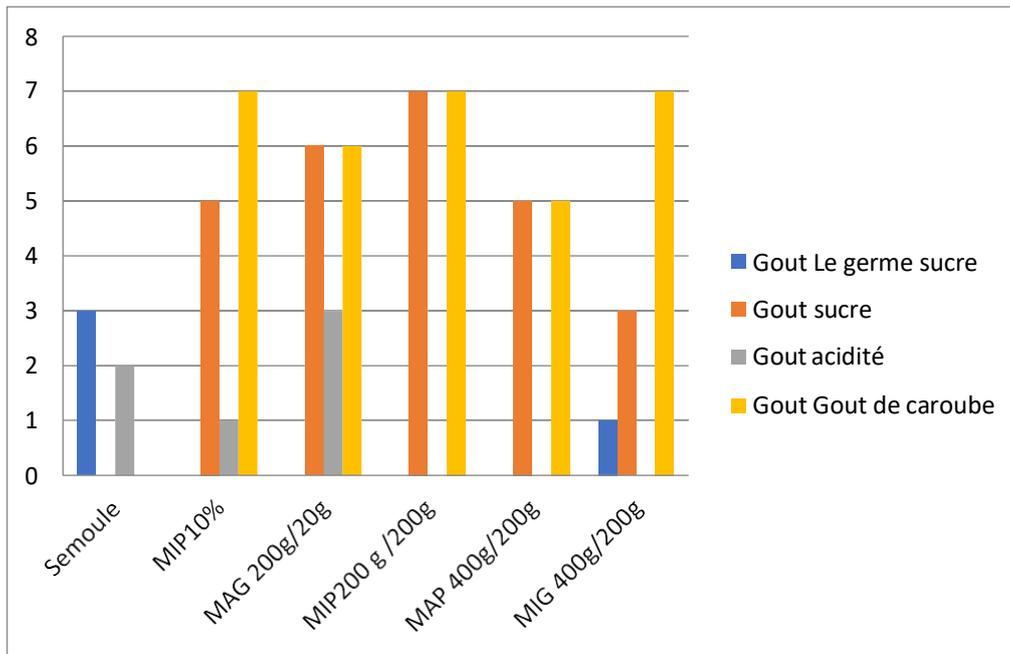


Figure 19: Comparaison de l'appréciation du goût des couscous formulés.

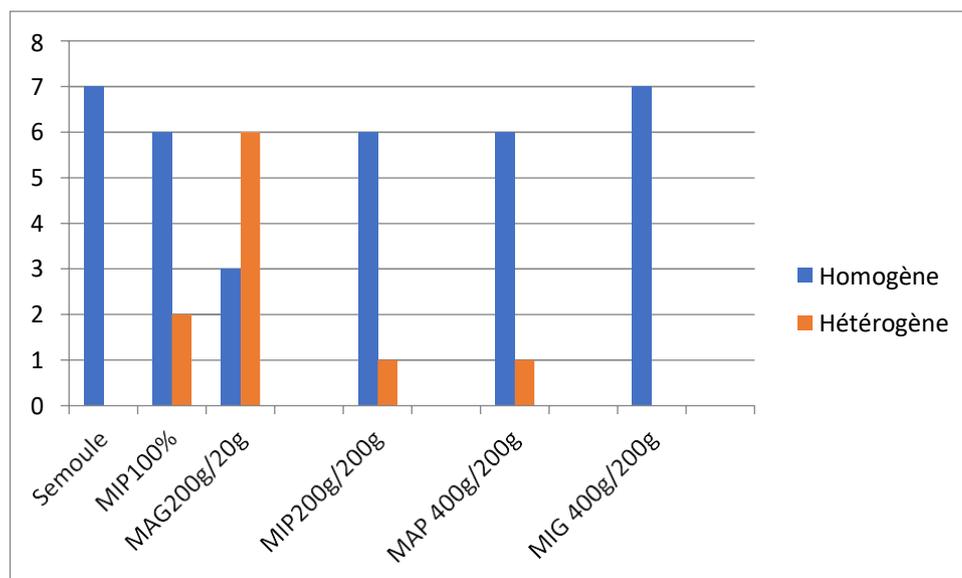


Figure 20 : Appréciation des textures des couscous formulés.

Le graphe présente les différentes formules de couscous testées, ainsi que les notes données par les dégustateurs pour chaque critère de goût évalué (Le germe sucre, sucre, acidité et goût de caroube). Les notes vont de 0 à 7, 0 étant la note la plus basse et 7 la note la plus élevée. En examinant les résultats, on peut constater que le meilleur score global a été obtenu par la formule "MIP200g/200g", qui a reçu la note maximale de 7 pour le sucre et pour le goût de caroube.

II.4.2. Test hédonique

Les résultats obtenus du test hédonique sont représentés dans la figure 21.

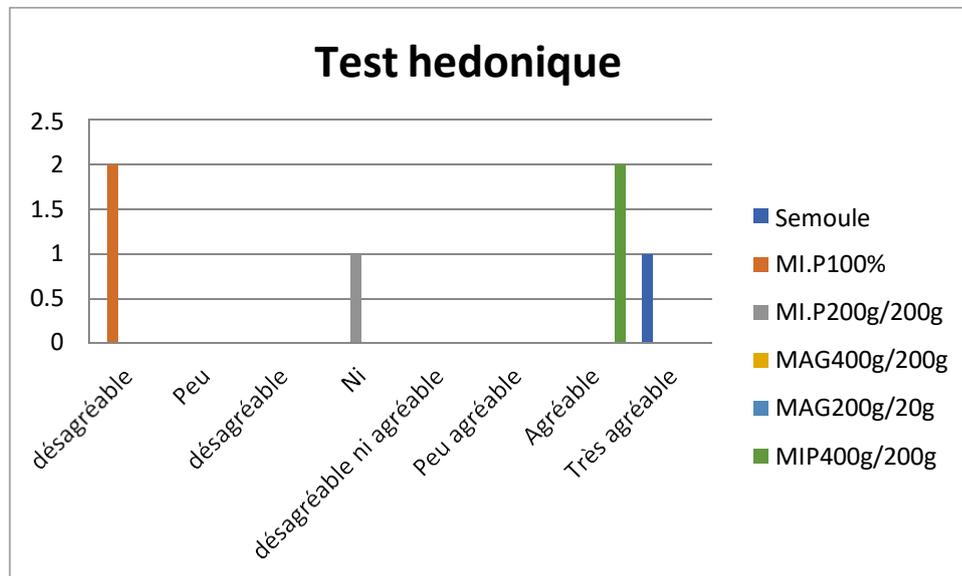


Figure 21 : Test Hédonique de couscous.

Le graphe montre le nombre de fois où chaque produit a été évalué comme "désagréable", "peu désagréable", "ni désagréable ni agréable", "peu agréable", "agréable" et "très agréable".

Selon le tableau, le produit de semoule le plus apprécié est MAG400g/200g, qui a été évalué une fois comme "peu agréable" et une fois comme "très agréable". Le produit de semoule le moins apprécié est MI.P100%, qui a été évalué deux fois comme "désagréable".

# *Conclusion Générale*

### Conclusion

L'objectif principal de cette étude est de valoriser poudres de caroube par formulation d'un couscous traditionnel. Nous avons utilisé Des poudres de caroube provenant de deux régions différentes d'Algérie (Mascara et Mila) pour formuler différents types de couscous en mélangeant de la semoule avec de la poudre de caroube et/ou en utilisant uniquement de la poudre de caroube. Les résultats ont montré que la composition des différents types de couscous avait un impact significatif sur leurs propriétés physiques, technologiques, fonctionnelles, microbiologiques et sensorielles, et aussi mené une étude de caractérisation morpho biométrique sur les gousses de caroube pour mieux comprendre les facteurs affectant les propriétés physiques des poudres de caroube.

Le présent travail rapporte d'une part, une étude de caractérisation morpho biométrique sur les gousses et d'autre part, des analyses physiques, techno fonctionnelles, microbiologiques et sensorielles appliquées sur les différents couscous formulés par une méthode traditionnelle à partir de la semoule et des poudres des caroubes (gousses et pulpes) récoltées dans deux régions d'Algérie (Mascara et Mila).

Les résultats de l'étude ont indiqué que les caractéristiques morpho biométriques moyennes des gousses de caroube mesurées, notamment la longueur, la largeur, le poids, l'épaisseur et le volume, sont influencées par divers facteurs tels que la variété de caroube, le climat, le site biogéographique, l'alimentation, l'altitude, les conditions du sol, le stade de récolte, l'organe récolté et la technique d'analyse utilisée.

Les données indiquent que la composition des différents types de couscous a un impact significatif sur leur taux d'humidité. Les couscous contenant d'autres ingrédients en plus de la semoule ont des taux d'humidité plus élevés que les couscous à base de semoule 100%. Le couscous MIG400g / 200g a le taux d'humidité le plus faible, ce qui peut suggérer une meilleure qualité en termes de séchage et de conservation. Ces informations peuvent être précieuses pour les fabricants de couscous et les consommateurs souhaitant choisir un produit avec un taux d'humidité optimal.

Les propriétés techno fonctionnelles (capacité de rétention d'eau et d'huile, indice de gonflement et test de cuisson) des couscous formulés dépendent de leur composition, technique d'obtention, la charge minérale et de leur granulométrie :

Pour la capacité de rétention d'eau ; la valeur supérieure (55%) respectivement a été enregistrée dans le couscous formulé à base de 200g semoule et 20g de gousse et celui formulé de 200g semoule et 200g de gousse de Mascara et celui formulé de 400g semoule et 200g de gousse

Pour la capacité de rétention d'huile ; la valeur supérieure (48%) a été enregistrée dans le couscous formulé à base de pulpe de Mila à 400g semoule et 200g pulpe.

Pour l'indice de gonflement ; la valeur supérieure (9ml/g) respectivement de l'indice de gonflement a été obtenue dans le couscous à base pulpe de Mascara et de la semoule (400g /200g) et celui formulé semoule 100%.

Pour le test de cuisson ; une forte prise en masse a été manifestée dans le couscous 100% semoule soit 823g par rapport aux autres couscous analysés.

En ce qui concerne la qualité microbiologique ; les couscous formulés sont conformes à la norme en termes des clostridium sulfito-réducteurs et des moisissures

Sur le plan sensoriel ; nous avons observé que le couscous a deux couleurs principaux : marron avec trois variantes foncé, claire et noire ; et blanc avec un seul variant brun, pour le goût est variable en acide, sucré et goût de caroube ; et pour la texture du couscous ; elle se résume en deux aspects : homogène ou hétérogène.

Selon l'approche réalisée pour qualifier la meilleure formule du couscous sur le plan gustatif ; cette analyse a fait sortir deux formules des couscous classées selon leur ordre de préférence à savoir le couscous MAG (400g:200g) et MIP100% ont obtenus les meilleures notes (2/5) par rapport aux autres paramètres.

Pour faire suite à cette étude, plusieurs pistes de travail peuvent être envisagées comme perspectives ; Il serait intéressant de caractériser davantage les couscous de caroube dans les deux régions d'étude et les autres régions dans l'Algérie, et d'améliorer notre connaissance sur cette espèce et en particulier sa composition moléculaire et valorisation de la propriété techno fonctionnelle de poudre de caroube.

*Références*  
*bibliographiques*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Aafi, A. (1996). Le caroubier: Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. *Centre national de la recherche forestière*. 1-7.
- Afifi-Yazar, F. U., Kasabri, V., & Abu-Dahab, R. (2011). Medicinal plants from Jordan in the treatment of diabetes: traditional uses vs. in vitro and in vivo evaluations—part 2. *Planta medica*. 77(11) : 1210-1220.
- Ahmed H. M. (2016). Ethnopharmacobotanical study on the medicinal plants used by herbalists in Sulaymaniyah Province, Kurdistan, Iraq. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 12 : 8.
- Albanell, E., Caja, G., & Plaixats, J. (1991). Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. *Options Méditerranéennes. Serie A: Seminaires Méditerranéennes*. 16: 135-136.
- Allouache, A., Aziza, M. A., & Zaid, T. A. (2013). Analyse de cycle de vie du bioéthanol. *Journal of Renewable Energies*. 16(2) : 357-364.
- Amico, F. P., & Sorce, E. G. (1997). Medicinal plants and phytotherapy in Mussomeli area (Caltanissetta, Sicily, Italy). *Fitoterapia (milano)*. 68(2) : 143-159.
- Barak, S., & Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: Processing, properties and food applications—A review. *International journal of biological macromolecules*. 66 : 74-80.
- Batlle I. & Tous J. (1997). Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy.
- Baumberger, M. S. (2007). Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de Doctorat, AgroParisTech. 196 pp.
- Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Millán, F., ... & Puppo, M. C. (2008). Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins. *Food chemistry*. 107(2) : 675-683.
- Benmahioul, B., Harche, M. K., & Daguin, F. (2011). Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*. 32(1): 51-58.
- Biner, B., Gubbuk, H., Karhan, M., Aksu, M., & Pekmezci, M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food chemistry*. 100(4) : 1453-1455.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Bouaziz, Aïcha & Zidi, Ines & Mnif, Wissem. (2013). La gomme de caroube: trésor industriel?. *Microbiol. Hyg. Alim.* 25. 20-23.
- Bouzouita, N., Khaldi, A., Zgoulli, S., Chebil, L., Chekki, R., Chaabouni, M. M., & Thonart, P. (2007). The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia. *Food Chemistry.* 101(4) : 1508-1515.
- Chitt, M., Belmir, H., & Lazrak, A. (2007). Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA MAPM/DERD.* 153 : 1-4.
- Correia, P. J., & Martins-Loução, M. A. (1995). Seasonal variations of leaf water potential and growth in fertigated carob-trees (*Ceratonia siliqua L.*). *Plant and soil.* 172 : 199-206.
- Daas, P. J., Schols, H. A., & de Jongh, H. H. (2000). On the galactosyl distribution of commercial galactomannans. *Carbohydrate research.* 329(3) : 609-619.
- Dakia, P. A. (2011). Carob (*Ceratonia siliqua L.*) seeds, endosperm and germ composition, and application to health. In *Nuts and seeds in health and disease prevention* (pp. 293-299). Academic Press.
- Dakia, P. A., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, B., & Paquot, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food hydrocolloids.* 22(5) : 807-818.
- Dakia, P. A., Wathelet, B., & Paquot, M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua L.*) seed germ. *Food Chemistry.* 102(4) : 1368-1374.
- Dea I. & Morrison A. (1975). Chemistry and interactions of seed galactomannans. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 31 : 241-312
- Diamantoglou and Mitrakos K. (1981). Leaf longevity in Mediterranean evergreen sclerophylls. In *Components of Productivity of Mediterranean Climate Region. Basic and Applied Aspects* (N.S. Margaritis and H.A. Mooney, eds), pp: 17-19. Junk Publishers, The Hague.
- Dionísio, M., & Grenha, A. (2012). Locust bean gum: exploring its potential for biopharmaceutical applications. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences.* 4(3): 175-185.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Durazzo, A., Turfani, V., Narducci, V., Azzini, E., Maiani, G., & Carcea, M. (2014). Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carob flours. *Food chemistry*. 153: 109-113.
- Feillet, P., & Roulland, T. M. (1998). Caroubin: a gluten-like protein isolated from carob bean germ. *Cereal Chemistry*. 75(4) : 488-492.
- Ghédira K, Goetz P.(2019). Caroubier : *Ceratonia siliqua (L.) (Fabaceae)*. *Phytothérapie*. 17(5):286-90
- Gillet, S., Simon, M., Paquot, M., & Richel, A. (2014). Synthèse bibliographique de l'influence du procédé d'extraction et de purification sur les caractéristiques et les propriétés d'une gomme de caroube. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18(1) : 97-107
- Guendouz, R., Mansouri, K., Helali, A. (2022). Assistante en Pharmacognosie, M. Etude botanique et physico-chimique de l'écorce et de la feuille du Caroubier. Diplôme de docteur en pharmacie, Université Telemcen, Faculté de Medcine. 95pp.
- Gulay, M. S., Yildiz-Gulay, O., Ata, A., Balic, A., & Demirtas, A. (2012). Toxicological evaluation of carob (*Ceratonia siliqua*) bean extracts in male New Zealand White rabbits. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11(11) : 1853-1857.
- Haddarah, A. (2013). L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. Thèse de Doctorat. Université de Lorraine Et Université Libanaise, Spécialité : Procédés Biotechnologiques et Alimentaires. 133p.
- Hillcoat, D., Lewis, G., & Verdcourt, B. (1980). A New Species of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew Bulletin*. 35(2): 261–271.
- Hebrard A., Oulahna D., Gali L., Cuq B., Abecassis J. et Fages J., 2003. Hydration properties of durum wheat semolina: influence of particle size and temperature. *Powder Technology*. Vol. 130. P : 211-218.
- Hsouna, A. B., Trigui, M., Mansour, R. B., Jarraya, R. M., Damak, M., & Jaoua, S. (2011). Chemical composition, cytotoxicity effect and antimicrobial activity of *Ceratonia siliqua* essential oil with preservative effects against *Listeria* inoculated in minced beef meat. *International journal of food microbiology*. 148(1) : 66-72.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Kaderi, M., Ben Hamouda, G., Zaeir, H., Hanana, M., & Hamrouni, L. (2015). Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Ceratoniasiliqua* (L.). *Phytothérapie*. 13(2) : 144-147.
- Khelifa, M., Bahloul, A., & Kitane, S. (2013). Optimisation des conditions d'hydrolyse de l'extrait de caroube utilisant la méthode de surface réponse. 13 (130608) : ISSN 2111-4706
- Kumazawa, S., Taniguchi, M., Suzuki, Y., Shimura, M., Kwon, M. S., & Nakayama, T. (2002). Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *Journal of agricultural and food chemistry*. 50(2): 373-377.
- Mahdad Y. (2013). Le Caroubier (*Ceratoniasiliqua* L.) dans le Nord-ouest De l'Algérie : situation et perspectives. Mémoire de Magister. Université de Telemcen. 103pp.
- Makris, D. P., & Kefalas, P. (2004). Carob pods (*Ceratoniasiliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Technology and Biotechnology*. 42(2) : 105-108.
- Marakis, S. (1996). Carob bean in food and feed: current status and future potentials: a critical appraisal. *Journal of Food Science and Technology*. 33(5) : 365-383.
- McCleary, B. V., & Matheson, N. K. (1974).  $\alpha$ -D-Galactosidase activity and galactomannan and galactosylsucrose oligosaccharide depletion in germinating legume seeds. *Phytochemistry*. 13(9) : 1747-1757.
- Melgarejo P. & Salazar D.M. (2003). Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162
- Merzouki, A., Ed-Derfoufi, F., El Aallali, A., & Molero-Mesa, J. (1997). Wild medicinal plants used by local Bouhmed population (Morocco). *Fitoterapia (Milano)*. 68(5): 444-460.
- Moritz, B., Ladislaus, C., Adalbert, S., & Eugen, S. (1935). *U.S. Patent No. 2,025,705*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Okpidu, E. E., Okon, A. U., Oyadonghan, G. P., Ogbodo, L. A., & Onyenekwe, E. C. N. (2012). Histological study on the staining potentials of Aqueous extract of *Ceratoniasiliqua* Bark. *International Journal of Basic, Applied and Innovative Research*. 1(4) : 151-154.
- Ouhaddou, H., Boubaker, H., Msanda, F., & El Mousadik, A. (2014). An ethnobotanical study of medicinal plants of the Agadir Ida OuTanane province (southwest Morocco). *Journal of Applied Biosciences*. 84 : 7707-7722.

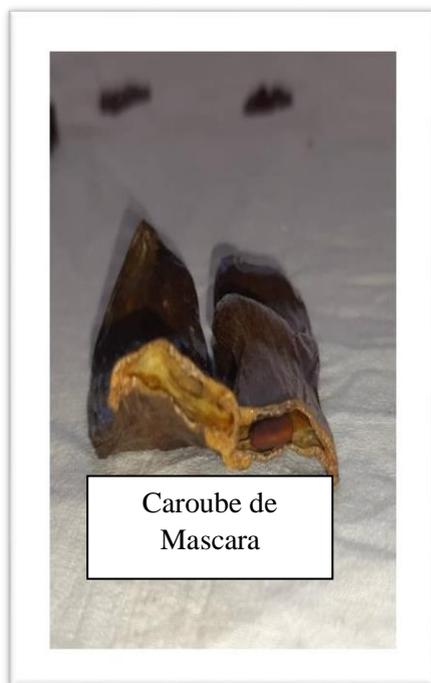
## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- 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. *Food and Chemical Toxicology*. 41(12) : 1727-1738.
- Petit, M. D., & Pinilla, J. M. (1995). Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *LWT-Food Science and Technology*. 28(1) : 145-152.
- Ruiz-Roso, B., Quintela, J. C., de la Fuente, E., Haya, J., & Pérez-Olleros, L. (2010). Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic subjects. *Plant foods for human nutrition*. 65 : 50-56.
- Serairi-Beji, R., Mekki-Zouiten, L., Tekaya-Manoubi, L., Loueslati, M. H., Guemira, F., & Mansour, A. B. (2000). Could carob pulp be incorporated in oral rehydration solution for the treatment of acute diarrhoea?. *Médecine Tropicale*. 60(2) : 125-128.
- Simon M.(2010). *Production enzymatique d'oligosaccharides à partir de gomme de caroube*. Mémoire : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique). 100pp.
- Tansaz, M., Memarzadehzavareh, H., Qaraaty, M., Eftekhar, T., Tabarraei, M., & Kamalinejad, M. (2016). Menorrhagia Management in Iranian Traditional Medicine. *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine*. 21(1): 71–76.
- Tous, J., Romero, A., & Batlle, I. (2013). The Carob tree: Botany, horticulture, and genetic resources. *Horticultural Reviews*. 41 : 385-456.
- Tucker, S. C. (1992). The developmental basis for sexual expression in *Ceratonia siliqua* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae). *American Journal of Botany*. 79(3): 318-327.
- Yousif, A. K., & Alghzawi, H. M. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Food chemistry*. 69(3) : 283-287.
- Zemouri, Z., Djabeur, A., Frimehdi, N., Khelil, O., & Kaid-Harche, M. (2020). The seed diversity of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) and the relationship between seeds color and coat dormancy. *Scientia Horticulturae*. 274 : 109679.
- **Hebrard A., Oulahna D., Gali L., Cuq B., Abecassis J. et Fages J., 2003.** Hydration properties of durum wheat semolina: influence of particle size and temperature. *Powder Technology*. Vol. 130. P : 211-218.

# *Les Annexes*

**Annexe 01:** Image des caroubes par deux régions (Mascara, Mila).



**Annexe 02 : Matériel et produit utilisé**

**Appareillage**

- centrifugeuse (EZ .SWING3K)
- Balance (OHAUS)
- Agitateur (DAIHA SCUENTIQUE MSH 20D)
- plaque chauffant (hot plate /CB 300/09) –
- Bomann (1800 WATTS / 28000) – Etuve (FUSE 250V F10AH)
- STAINLESS HARDEND

**Verrerie**

- Béchers
- Eprouvette graduée

- Capsules
- Entonnoir
- Tubes à essai
- Micropipettes
- Dessiccateur
- Pipette gradué
- Pipette pasteur

### **Produit utilisé**

- TSE (0.45 TRYON + 255 SEL + 300ml eau)
- OGA
- VF
- Le sulfite de sodium, l'alun de fer

**Annexe 03 : Conservation de la caroube**



**Annexe 04: (BOMNN 1800 W1TTS -28000 u/min – KSW 6502cb).**



## Annexe 05 : Caractérisation morpho-biométrique

	Les gousses	Langueur (Cm)	Épaisseur (Cm)	Largueur (Cm)	Poids (g)	Volume (ml)	Nb de graine	Poids de graine (g)
<b>Mila</b>	<b>G 1</b>	15.479	0.697	1.766	12.747	10	13	2.998
	<b>G 2</b>	13.272	0.689	1.433	9.511	9	9	2.015
	<b>G 3</b>	12.358	0.632	1.850	8.299	5	7	1.657
	<b>G4</b>	15.167	0.791	1.917	12.636	10	11	2.696
	<b>G 5</b>	18.034	0.771	2.002	13.696	14	12	2.735
	<b>G 6</b>	14.536	0.744	1.794	10.083	10	9	1.412
	<b>G 7</b>	13.064	0.666	2.049	10.770	11	8	1.584
	<b>G 8</b>	12.847	0.702	1.647	6.354	8	7	1.582
	<b>G 9</b>	10.463	0.591	2.110	8.880	9	6	0.822
	<b>G 10</b>	17.737	0.720	3.078	11.468	11	13	3.142
<b>Mascara</b>	<b>G 1</b>	18.36	18.36	0.64	22.839	19	7	1.156
	<b>G 2</b>	17.051	17.051	0.668	19.748	11	8	0.822
	<b>G3</b>	13.518	13.518	0.684	14.260	17	5	0.878
	<b>G 4</b>	16.271	16.271	0.727	19.812	9	11	1.568
	<b>G5</b>	11.479	11.479	0.520	10.766	11	4	0.550
	<b>G 6</b>	13.471	13.471	0.540	12.658	19	6	0.741
	<b>G7</b>	18.051	18.051	0.582	22.466	13	8	1.364
	<b>G8</b>	17.687	17.687	0.527	16.622	13	7	0.747
	<b>G9</b>	17.474	17.474	0.576	19.556	17	8	1.375
	<b>G10</b>	19.508	19.508	0.580	24.579	19	7	0.823

**Annexe 06 : Pied à coulisse numérique.**



**Annexe 07 : les matériels utilisés.**



## Annexe 08 : La quantité de l'eau potable utilisée dans le procédé d'hydratation

- la quantité d'eau utilisée dans couscous 100%

Les Région de caroube	La Qualités de couscous utilisé	La Dat l'eau potable utilisé	La quantité d'eau utilisée
/	Semoule moyenne	7 :30 06/05/2023	<b>420ml</b>
<b>Mascara</b>	Poudre de gousse	/	<b>393ml</b>
	Poudre de pulpe		<b>335ml</b>
<b>Mila</b>	Poudre de gousse	/	<b>350ml</b>
	Poudre de pulpe		<b>337ml</b>

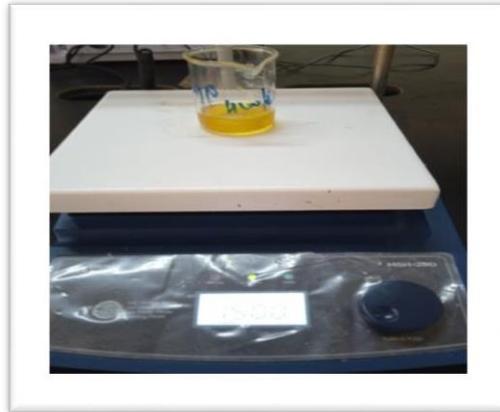
➤ La quantité d'eau utilisée dans couscous mélange (semoule (F1) et poudre de caroube (F2)).

Les Région de caroube	La qualité et la quantité de semoule et poudre utilisé (F1+F2)	La Dat l'eau potable utilisé	La quantité d'eau utilisée
<b>Gousse Mascara</b>	200g/200g	17:15 Le 06/05/2023	370ml
	400g/200g		330ml
	200g/20g		100ml
	400g/20g		179ml
<b>Pulpe Mascara</b>	200g/200g	11:43 Le 06/05/2023	196ml
	400g/200g		373ml
	200g/20g		104ml
	400g/20g		178ml
<b>Gousse Mila</b>	200g/200g	10:30 Le 06/05/2023	230ml
	400g/200g		470ml
	200g/20g		280ml
	400g /20g		301ml
<b>Pulpe Mila</b>	200g / 200g	07:30 Le 06/05/2023	220ml
	400g / 200		290ml
	200g / 20 g		330ml
	400g / 20g		370ml

**Annexe 09** : les échantillons dans les béchers.



**Annexe 10 : Agitateur magnétique.**



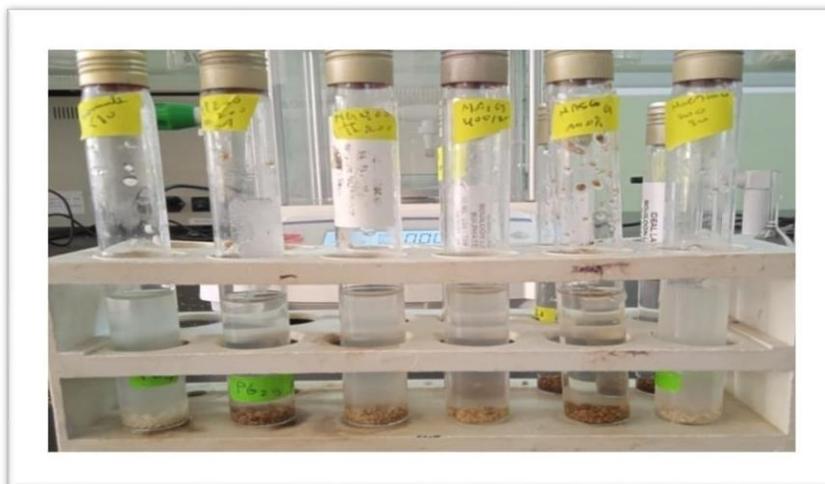
**Annexe 11 : la suspension obtenue.**



**Annexe 12 : centrifugeuse.**



### **Annexe 13 : Indice de gonflement**



### **Annexe 14 : mouillage**



## **Annexe 15 : évaporations**



## **Annexe 16 : l'étuve.**



## **Annexe 17 : dessiccateur.**



**Annexe 18 : Granulométrie de couscous gousse Mascara (200g +20g)**



**Annexe 19:** la solution obtenue dans le flacon qui contient le reste de TSE  
(environ 155 ml)



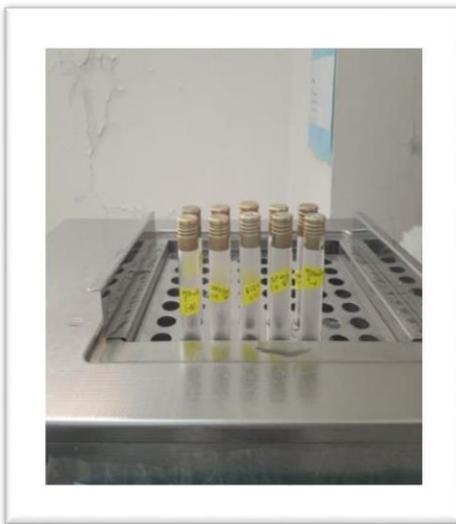
**Annexe 20 :** série de tubes contenant chacun 9ml d'eau physiologique stérile (TSE).



## Annexe 21: Incubation.



## Annexe 22 : chauffage dans un bain marie



## Annexe 23: refroidissement



**Annexe 24:** la gélose VF



**Annexe 25 :** Incubation.



**Annexe 26 : Qualité de couscous par chaque région.**



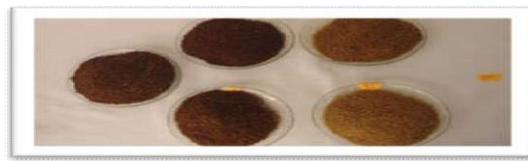
**Couscous Gousse Mascara**



**Couscous Pulpe Mila**



**Couscous Pulpe Mascara**



**Couscous Gousse Mila**



**Couscous traditionnel de semoule**

**Annexe 27 :** les résultats obtenus révélateur de clostridium sulfite-Réducteur



Résultats de lecture d'une clostridium sulfite-Réducteur

Semoule 100%

MAG (200/20)

MIG (400/200)

MIP (200/200)

**Annexe 28 :** les résultats obtenus révélateur de moisissure dans  
Chaque échantillon.



**Annexe 29** : Teste La teneur en eau est exprimée en (H%)

	<b>H%</b>
<b>Semoule</b>	8.4%
<b>100%</b>	
<b>MAG 200g</b> <b>/20g</b>	14.56 %
<b>MIP200g/200g</b>	8.5%
<b>MAP400g/200</b> <b>g</b>	15.64%
<b>MIG400g/200g</b>	8.2%

## Annexe 30 : Fiche de dégustation

Merci de nous aider à apprécier les caractères organoleptiques de nos couscous en cochant les cases à votre choix :

l'échantillon	Gout				Texture	
	Le germe sucre	sucres	acidité	Gout de caroube	Homogène	Hétérogène
<b>Semoule</b>	3		2	0	7	0
<b>MIP10%</b>	0	5	1	7	6	2
<b>MAG 200g/20g</b>	0	6	3	6	3	6
<b>MIP 200 g /200g</b>	0	7		7	6	1
<b>MAP 400g/200g</b>	0	5	0	5	6	1
<b>MIG 400g/200g</b>	1	3	0	7	7	0

l'échantillon	Blanc	Marrone noire	Marron Claire	Blanc et brun	Marron foncé
<b>Semoule</b>	7	0	0	0	0
<b>MIP100%</b>	0	7	0	0	1
<b>MAG200g /20g</b>	0	0	4	3	0
<b>MIP200g /200g</b>	0	1	0	0	6
<b>MAP400g /200g</b>	0	0	5	0	2
<b>MIG400g /200g</b>	0	2	0	0	5

**Annexe 15:** Résultats de préférence selon les descripteurs sensoriels

<b>Appréciation</b>	<b>Semoule</b>	<b>ML.P10</b>	<b>ML.P200</b>	<b>MAG400</b>	<b>MAG20</b>	<b>MIP400</b>
	<b>e</b>	<b>0</b>	<b>g/200g</b>	<b>g/200g</b>	<b>0g/20g</b>	<b>g/200g</b>
		<b>%</b>				
<b>désagréable</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Peu</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>désagréable</b>						
<b>Ni désagréable</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>ni agréable</b>						
<b>Peu agréable</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Agréable</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>Très agréable</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

## ***RESUME***

Cette étude avait pour objectif de valoriser la poudre de caroube en formulant différents types de couscous traditionnels. Des poudres de caroube provenant de deux régions d'Algérie ont été utilisées pour formuler les couscous, et des analyses physiques, technologiques, microbiologiques et sensorielles ont été réalisées pour évaluer leurs propriétés. Les résultats ont montré que la composition des différents types de couscous avait un impact significatif sur leurs propriétés physiques, technologiques, fonctionnelles, microbiologiques et sensorielles. Les caractéristiques morpho biométriques des gousses de caroube ont également été étudiées, révélant que différentes variables influencent leur taille et leur forme. Les couscous formulés étaient conformes aux normes en termes de qualité microbiologique et ont été évalués sensoriellement, avec deux formules de couscous étant classées comme les meilleures en termes de goût. Des travaux futurs pourraient être envisagés pour caractériser davantage les couscous de caroube dans différentes régions d'Algérie et pour améliorer notre connaissance de la composition moléculaire et de la propriété techno fonctionnelle de la poudre de caroube.

**Mots de clés : poudre de caroube, couscous, produits alimentaires.**

## ***ABSTRACT***

This study aimed to valorize carob powder by formulating different types of traditional couscous. Carob powders from two regions of Algeria were used to formulate the couscous, and physical, technological, microbiological and sensory analyzes were carried out to evaluate their properties. The results showed that the composition of the different types of couscous had a significant impact on their physical, technological, functional, microbiological and sensory properties. The morphobiometric characteristics of carob pods have also been studied, revealing that different variables influence their size and shape. The formulated couscous met standards in terms of microbiological quality and were evaluated sensorially, with two couscous formulas being ranked as the best in terms of taste. Future work could be considered to further characterize carob couscous in different regions of Algeria and to improve our knowledge of the molecular composition and techno-functional property of carob powder.

**Keywords: carob powder, couscous, food products.**

## ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تمييز مسحوق الخروب من خلال صياغة أنواع مختلفة من الكسكس التقليدي. تم استخدام مساحيق الخروب من منطقتين بالجزائر لصياغة الكسكس ، وأجريت التحليلات الفيزيائية والتكنولوجية والميكروبيولوجية والحسية لتقييم خصائصها. أظهرت النتائج أن تركيب أنواع مختلفة من الكسكس كان له تأثير كبير على خصائصها الفيزيائية والتكنولوجية والوظيفية والميكروبيولوجية والحسية. كما تمت دراسة الخصائص المورفولوجية الحيوية لقرون الخروب ، وكشف أن المتغيرات المختلفة تؤثر على حجمها وشكلها. استوفى الكسكس المركب المعايير من حيث الجودة الميكروبيولوجية وتم تقييمه حسياً ، مع تصنيف صيغتين للكسكس على أنهما الأفضل من حيث المذاق. يمكن النظر في العمل المستقبلي لمزيد من توصيف الكسكس الخروب في مناطق مختلفة من الجزائر ولتحسين معرفتنا بالتركيب الجزيئي والخصائص التقنية الوظيفية لمسحوق الخروب

الكلمات المفتاحية : مسحوق الخروب ، الكسكس ، المنتجات الغذائية.