

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université A. MIRA de Bejaia**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES**  
**Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire**

**Mémoire de Fin de Cycle**  
**En vue de l'obtention du diplôme de MASTER**  
Présenté par  
**Benmansour Taklit & Laidi Selwa**

## *Thème*

**Essai de production de mélasse de caroube et son éventuelle utilisation  
alimentaire**

**Soutenu le : 25/06/2023**

**à 14h30min**

**Devant le jury composé de :**

*Nom et prénom*

*Grade*

***MOKRANI. A***

***MCA***

***Président***

***FELLA. S***

***MCB***

***Examinatrice***

***MEKHOUKHE.A***

***MCA***

***Promotrice***

**Année universitaire : 2022 / 2023**

## ***Remerciement***

*Avant tout, nous exprimons nos gratitudees envers Dieu, le tout-puissant, pour nous avoir accordé la santé, le courage et la patience nécessaires pour mener à bien cette humble tâche.*

*Nous souhaitons exprimer nos sincères gratitudees envers notre promotrice, Melle MEKHOUKHE. A, pour l'immense honneur qu'elle nous a fait en nous guidant tout au long de ce projet. Nous sommes extrêmement reconnaissantes de ses conseils inestimables, de ses orientations précieuses, de sa disponibilité constante.*

*Un grand merci à Mme AIT ABBAS. Y pour son soutien, ses conseils et sa disponibilité tout au long de notre travail pratique.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements aux membres du jury : Mr Dr MOKRANI. A d'avoir accepté de présider le jury, et à Mme Dr Fella. S de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce document.*

*Nous remercions également tout le personnel du laboratoire "Technologie Alimentaire", "Analyses instrumentales" et "3BS" pour leur collaboration précieuse et leur soutien inestimable.*

*Nous souhaitons aussi exprimer nos profondes gratitudees envers nos chers camarades pour leur soutien et leurs grandes disponibilités.*

*Nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'avancement de notre travail.*

## *Dédicace*

*Je souhaite consacrer ce travail à toute ma famille : maman, mon père, mes frères Saïd et Ahmed et ma sœur Agnès, qui ont été une source inépuisable d'amour, de soutien indéfectible et d'encouragements constants tout au long de notre parcours universitaire.*

*Je souhaite également exprimer la reconnaissance envers mes amies : Houda, Yasmine, Kawther, dont la présence, la compréhension et le soutien ont été précieux lors des moments de stress et de doutes.*

*A mon binôme BENMANSOUR TAKLIT, avec qui j'ai partagé les meilleurs moments malgré toutes les difficultés et les souffrances.*

*Enfin, je souhaite remercier chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, que ce soit par leurs suggestions, leurs ressources ou leur assistance technique. Votre participation a été d'une importance cruciale, et nous vous en sommes profondément reconnaissants.*

**SELWA**

## *Dédicace*

*Je souhaite consacrer ce travail à toute ma famille : mon père, ma mère, mes frères Habib et Mokhtar et ma sœur Salima, qui ont été une source inépuisable d'amour, de soutien indéfectible et d'encouragements constants tout au long de mon parcours universitaire.*

*Je souhaite également exprimer la reconnaissance envers mes cousines : Adja, Lydia, Tinhinane, Lynda, Alicia dont la présence, la compréhension et le soutien ont été précieux lors des moments de stress et de doutes.*

*Je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers mes copines : Wafa, Zahoua, Wissam, Melha, Lynda.*

*A mon binôme LAIDI SELWA, avec qui j'ai partagé les meilleurs moments malgré toutes les difficultés et les souffrances.*

*Enfin, je souhaite remercier chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, que ce soit par leurs suggestions, leurs ressources ou leur assistance technique. Votre participation a été d'une importance cruciale, et nous vous en sommes profondément reconnaissants.*

**TAKLIT**

# *Table des matières*

## *Table des matières*

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction** ..... 1

### *Partie bibliographie*

<b>I. Généralités sur le caroubier</b> .....	3
I.1 Description botanique .....	3
I.2 Origine du caroubier.....	5
I.3 Répartition du caroubier en Algérie .....	5
I.4 Composition chimique de la caroube .....	6
I.5 Production mondiale .....	7
I.6 Production nationale.....	8
I.7 Intérêt et l'utilisation du caroubier .....	9
<b>II. Mélasse de caroube</b> .....	10
II.1 Généralités .....	10
II.2 Production de sirop de caroube .....	11
II.2.1 Extraction conventionnelle .....	11
II.2.2 Extraction assisté aux ultrasons .....	11
II.3 Composition chimique de la mélasse de caroube .....	11
II.4 Propriétés de sirop de caroube.....	12
II.4.1 Caractéristiques organoleptiques.....	12
II.4.2 Propriétés physicochimiques.....	12
II.5 Utilisation de la mélasse et valeurs nutritionnelles.....	13

## *Partie expérimentale*

<b>I. Matériels et méthodes</b> .....	14
I.1 Plan de travail .....	14
I.2 Matériel végétal .....	14
I.2.1 Préparation de la matrice végétale .....	14
I.2.2 Extraction de la mélasse.....	15
I.3 Analyses physico-chimiques de la mélasse .....	17
I.3.1 Potentiel d'hydrogène .....	17
I.3.2 Mesure de degré de Brix .....	17
I.3.3 Détermination de l'acidité titrable .....	17
I.3.4 Dosage des sucres totaux .....	18
I.3.5 Dosage des protéines .....	18
I.3.6 Dosage des HMF .....	19
I.3.7 Dosage des lipides .....	19
I.3.8 Détermination de la teneur en cendres.....	20
I.3.9 Détermination de la teneur en polyphénols totaux .....	20
I.4 Essai de production de confiture à base de mélasse de caroube.....	21
I.4.1 Ingrédients.....	21
I.4.2 Formulation .....	21
I.4.3 Analyses physico-chimiques de la confiture.....	23
I.4.4 Evaluation sensorielle .....	23
<b>II. Résultats et discussion</b> .....	24
II.1 Analyses physico-chimiques de la mélasse de caroube.....	24
II.1.1 Détermination des caractéristiques physiques .....	24

II.1.2 Détermination des caractéristiques chimiques .....	25
II.1.3 Détermination de la teneur en cendres .....	27
II.2 Valorisation de la mélasse .....	27
II.2.1 Analyses physico-chimiques de la confiture.....	28
II.2.1.1 Détermination de degré de Brix.....	28
II.2.1.2 Mesure de pH.....	28
II.2.1.3 Mesure d'acidité titrable.....	29
II.2.2 Evaluation sensorielle .....	29
II.2.2.1 Plan d'expérience.....	29
II.2.2.2 Caractérisation des produits.....	30
II.2.2.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur.....	30
II.2.2.2.2 Coefficients des modèles .....	31
II.2.2.2.3 Moyennes ajustées par produit.....	35
II.2.2.3 Préférence MAPPING (Cartographie des préférences) .....	35
II.2.2.3.1 Analyse en composantes principales (ACP) .....	35
II.2.2.3.2 Classification ascendante hiérarchique (CAH) .....	36
II.2.2.3.3 Synthèse de MAPPING des préférences.....	37
II.2.2.3.4 Courbes de niveau et carte des préférences .....	38
<b>Conclusion</b> .....	39
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé</b>	



## *Liste des abréviations.*

- N : Normalité
- AFNOR : Association Française de Normalisation
- BSA : Albumine Sérique bovine
- EAG : équivalent acide gallique
- Ha : hectares.
- HMF: hydroxyl methyl furfural
- ISO : international organisation for Standardization
- MS : matière sèche
- Qx : quintaux

## *Liste des figures*

<b>Numéro de la figure</b>	<b>Titre de la figure</b>	<b>Numéro de la page</b>
<b>1</b>	Arbre du caroubier (photo prise à Imezayen Bejaia)	<b>3</b>
<b>2</b>	Feuilles du caroubier (photo prise à Imezayen Bejaia)	<b>3</b>
<b>3</b>	Inflorescence du caroubier : A) Inflorescence mâle ; B) Inflorescence femelle (Sbay, 2008)	<b>4</b>
<b>4</b>	Fruits du caroubier (photo prise à Imezayen Bejaia)	<b>5</b>
<b>5</b>	Carte géographique de la distribution du caroubier en Algérie (Boublenza <i>et al.</i> , 2019)	<b>6</b>
<b>6</b>	Mélasse de caroube (photo prise au laboratoire technologie)	<b>10</b>
<b>7</b>	Carte géographique de la provenance du matériel végétale	<b>14</b>
<b>8</b>	Gousses de caroube	<b>15</b>
<b>9</b>	Photos prises au niveau du laboratoire Technologie : A) Pulpe sans graines découpés en morceaux ; B) Graines	<b>15</b>
<b>10</b>	Schéma récapitulatif de processus de l'extraction de la mélasse	<b>16</b>
<b>11</b>	Photographie de la préparation de la confiture de fraise à base de mélasse de caroube	<b>22</b>
<b>12</b>	Diagramme de l'essai de fabrication de confiture de fraise à base de mélasse de caroube	<b>22</b>
<b>13</b>	Composition chimique de la mélasse de caroube	<b>25</b>
<b>14</b>	Pouvoir discriminant par descripteur	<b>31</b>
<b>15</b>	Coefficients des modèles des échantillons de confitures	<b>33</b>
<b>16</b>	Corrélations entre les variables et les facteurs.	<b>36</b>
<b>17</b>	Profil des classes	<b>37</b>
<b>18</b>	Courbe de niveau et carte des préférences	<b>38</b>

## *Liste des tableaux*

<b>Numéro du tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Numéro de la page</b>
<b>I</b>	Les principaux producteurs de la caroube dans le monde d'après FAOSTAT (2020)	<b>8</b>
<b>II</b>	Teneur en nutriments dans 1 kg de mélasse de caroube (Badem et AlpKent, 2018)	<b>12</b>
<b>III</b>	Composition des différents échantillons de la confiture préparée pour une quantité de 120 g	<b>23</b>
<b>IV</b>	Analyses physiques de la mélasse de caroube	<b>24</b>
<b>V</b>	Teneur en cendre de la mélasse de caroube	<b>27</b>
<b>VI</b>	Résultats des propriétés physico-chimiques de la confiture	<b>28</b>
<b>VII</b>	Evaluation de plan d'expérience	<b>30</b>
<b>VIII</b>	Objets classés par ordre croissant de préférence juges satisfaits	<b>37</b>
<b>IX</b>	Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet	<b>37</b>

# *Introduction*

## ***Introduction***

---

Le caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. de la famille des Caesalpiniaceae, est une essence thermophile méditerranéenne acclimatée. C'est une espèce agro-sylvo-pastorale avec divers intérêts socioéconomiques et écologiques (**Batlle et Tous, 1997 ; Clodoveo et al., 2022**). Il peut être utilisé de manière polyvalente, notamment pour la valorisation des terres marginales, la lutte contre la désertification, la prévention de l'érosion, la création de barrières coupe-feu et de brise-vent. En outre, il peut également servir comme plante fourragère, ornementale, aromatique et médicinale. (**Batlle et Tous, 1997 ; Sbay, 2008**).

Largement cultivé pour ses fruits ou gousses, qui sont comestibles et sucrés lorsqu'ils sont mûrs, présentant une valeur énergétique significative. (**Batlle et Tous, 1997**). Sachant que la caroube est réputée pour ses vertus et sa couleur caractéristique, un marron foncé distinctif (**Mekhoukhe et al., 2021**). Chaque caroube pèse environ quinze grammes et renferme une pulpe charnue contenant plus de 40% de sucres, de protéines, de lipides, ainsi qu'une forte teneur en fibres alimentaires (**El Khalifa et al., 2013 ; Clodoveo et al., 2022**).

Récemment, les chercheurs se sont concentrés sur l'exploitation des pulpes de caroube, car elles sont une excellente source de substances bioactives telles que les fibres alimentaires et les polyphénols, avec de faibles quantités de lipides. De plus, elles peuvent être utilisées comme substitut du cacao, car elles ne contiennent ni caféine ni théobromine (**Goulas et al., 2016 ; Clodoveo et al., 2022**). Elles sont également réputées pour leur teneur élevée en sucres, ce qui a été exploité pour la production de sirops et même de saccharose cristallisé (**El Batal et al., 2011 ; Rababah et al., 2013 ; Toufeli et al., 2022**).

Le sirop, également connu sous le nom mélasse, est un produit sucré épais obtenu en faisant bouillir la pulpe de caroube dans de l'eau, puis en la concentrant par cuisson jusqu'à obtenir un sirop épais et foncé (**Rabbabeh et al., 2013 ; Tounsi et al., 2017**).

C'est une pratique traditionnelle dans de nombreuses zones de culture de caroube dans le monde (**Atasoy, 2009 ; Sengul et al., 2007 ; Toufeli et al., 2022**). Ce sirop peut être utilisé dans diverses formulations alimentaires comme alternative aux sucres (**Atasoy 2009 ; Tounsi et al., 2017**). **Rabah et al. (2013)** ont montré que le jus de caroube peut avoir des propriétés sensorielles semblables au jus de raisins avec des teneurs en composés phénoliques significativement plus élevés.

En Algérie, la caroube est consommée soit directement comme fruit, soit sous forme de farine obtenue en broyant la pulpe après avoir retiré les graines. Cette farine est souvent mélangée à de l'huile d'olive pour préparer un mélange appelé "Tomina" en arabe ou "Tizamith" en kabyle. Bien que l'intérêt pour le caroubier en Algérie ait augmenté ces

## ***Introduction***

---

dernières décennies et que les différentes parties de la caroube (pulpe et graines) présentent un potentiel économique pour diverses applications, il existe peu de recherches disponibles sur la valorisation de la caroube et de ses sous-produits. En particulier, il y a un manque d'informations sur la pulpe et sa possible valorisation en tant que mélasse.

A cet égard, les principaux objectifs de cette étude sont la production de la mélasse, étude des caractéristiques physicochimiques de ce sirop et valoriser la mélasse de caroube en explorant sa capacité à être incorporé dans un produit alimentaire (confiture de fraise).

Le travail se compose de deux parties distinctes. La première partie consiste en une étude bibliographique approfondie axée sur le caroubier. La deuxième partie se concentre sur la pratique décrivant en premier lieu matériels et méthodes utilisés, passant par l'exposition des résultats obtenus et leurs discussions et on termine par une conclusion et proposer des perspectives.

## **I. Généralités sur le caroubier**

### **1. Description botanique**

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L*) est un arbre à feuillage abondant, persistant et très touffu. Dans les conditions favorables, il peut atteindre une hauteur de 7 à 20 m (Figure 1). La circonférence de la base du tronc est de 2 à 3 m. La durée de vie de cet arbre est assez longue, jusqu'à 200 ans (Ait Chitt *et al.*, 2007).



**Figure 1 : Arbre du caroubier (photo prise à Imezayen Bejaia)**

Le bois du caroubier est de couleur rouge, il est très apprécié en ébénisterie, marqueterie, armurerie et charronnage. La croissance de cette essence est très lente les premières années, la racine principale est forte et peut atteindre jusqu'à 20 m de long. Les feuilles du caroubier sont verdâtres, persistantes, coriaces, imparipennées et composées de 2 à 4 paires de folioles et d'une petite foliole terminale (Figure 2). Les folioles sont arrondies et de 3 à 4 cm de longueur (Emberger, 1938; Sbay, 2008).



**Figure 2 : Feuilles du caroubier (photo prise à Imezayen Bejaia)**

Les fleurs sont groupées en grappes latérales, elles sont de couleur pourpre et parfois rougeâtre (Figure 3). Les fleurs sont hermaphrodites avec un axe qui est supprimé durant le développement, ce qui donne des fleurs mâles ou femelles. La morphologie florale est complexe et varie largement d'une référence à une autre (**Ait Chitt et al., 2007**).



**A)** **B)**  
**Figure 3 :** Inflorescence du caroubier : A) Inflorescence mâle ; B) Inflorescence femelle (**Sbay, 2008**)

Les fruits se manifestent sous la forme de gousses allongées et aplaties, pouvant être soit droites, soit courbées. Ils se distinguent par une suture épaissie appelée caroube, et sont relativement imposants, mesurant environ 10 à 30 cm de long, 1,5 à 3,5 cm de large et environ 1 à 2 cm d'épaisseur. Chaque gousse a un poids approximatif de 15 à 30 grammes. À l'intérieur de la gousse, des cloisons charnues la divisent, renfermant entre 12 et 16 graines brunes. Les graines mesurent approximativement 8 à 10 mm de long et 7 à 8 mm de large. À maturité, ces graines atteignent un poids équivalent et deviennent très dures. Initialement verte, la couleur de la gousse de caroube évolue progressivement vers le brun au fur et à mesure de sa maturation (**Evreinoff, 1948 ; Batlle et Tous, 1997**).





**Figure 4 :** Fruits du caroubier (photo prise à Imezayen Bejaia)

## **2. Origine du caroubier**

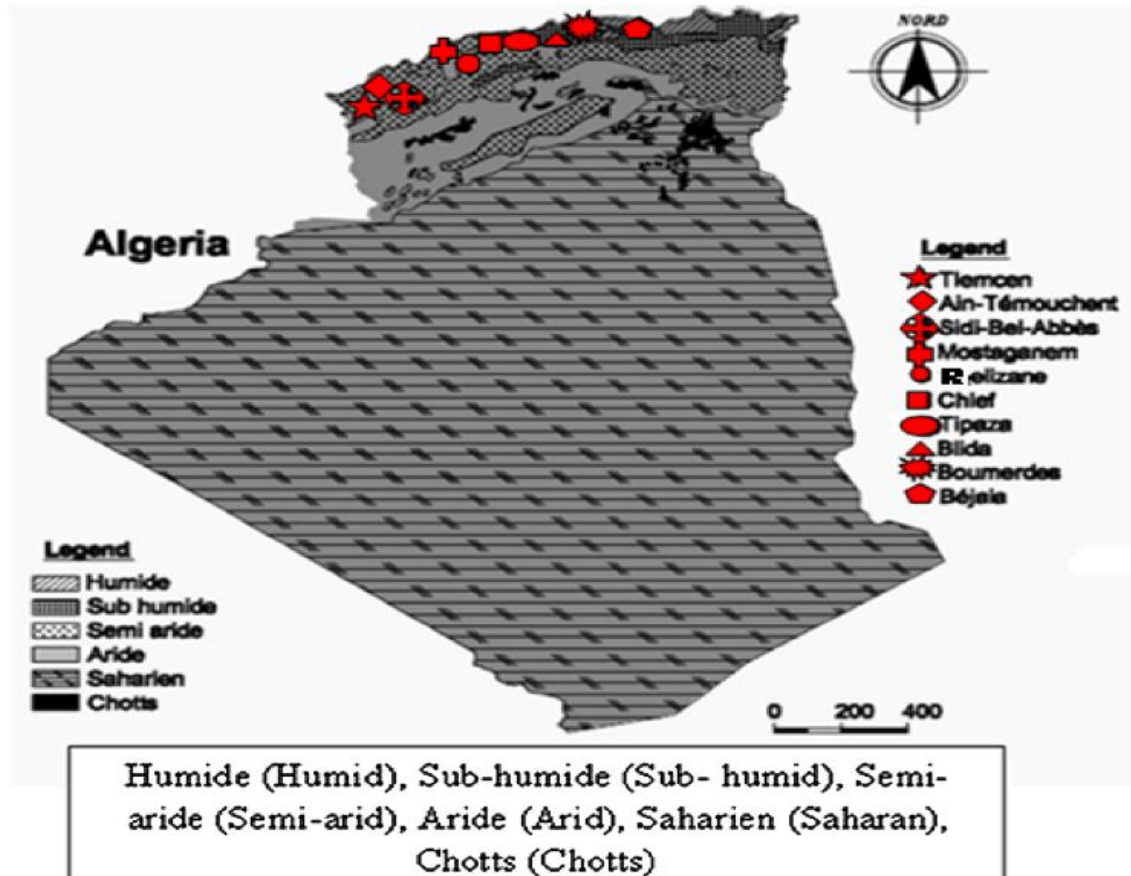
L'origine exacte du caroubier reste incertaine et il existe différentes théories à ce sujet. Selon **Schweinfurth (1894)**, il a été situé dans le sud de l'Arabie (Yémen). Cependant, **Zohary (1973)** considérait le caroubier comme originaire de la flore d'Indo-Malaise, le regroupant avec des plantes telles que l'olivier (*Olea*), le laurier (*Laurus*) et le myrte (*Myrtus*). D'autres auteurs, comme **Vavilov (1951)** et **De Candolle (1983)**, ont suggéré qu'il était originaire de la région de l'est de la Méditerranée, comprenant la Turquie et la Syrie. Effectivement, le caroubier a été largement introduit dans différentes régions du monde. Les Grecs de l'Antiquité ont joué un rôle important dans la propagation de cette plante, suivis par les Arabes et les Berbères d'Afrique du Nord, en Italie, en Espagne et au Portugal (**Rejeb, 1995**).

Il est également implanté dans plusieurs autres pays, ayant des régions à climat méditerranéen comme l'Australie, l'Afrique du Sud, les États-Unis (notamment l'Arizona et la Californie du Sud), les Philippines et l'Iran. Ces pays ont adopté la culture du caroubier en raison de ses caractéristiques adaptatives et de sa capacité à prospérer dans des régions à climat méditerranéen (**Evreinoff, 1947**).

## **3. Répartition du caroubier en Algérie**

Comme la plupart des pays méditerranéens, En Algérie, la distribution de caroubier peut être effectuée selon deux critères, climatique et production. Selon le critère de production, sa distribution (Figure 5) comprend les régions suivantes : Bejaia, Blida, Tipaza, Boumerdes, Ain-Defla, Bouira, Tlemcen, Mila, Mascara, Tizi Ouzou et B.B. Arreridj.

Selon le critère climatique, la répartition du caroubier en Algérie est établie comme suit : les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales telles que le Sahel algérois, Dahra, Grande-Kabylie et Petite-Kabylie, la vallée de la Soummam 1 074 ha et de l'Oued-Isser, les collines d'Oran et les coteaux de Mostaganem à étage semi-aride chaud, les plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures 1 054 ha. Cela indique les zones où les conditions climatiques sont propices à la croissance du caroubier en Algérie (Quezel et Santa, 1962).



**Figure 5** : Carte géographique de la distribution du caroubier en Algérie  
(Boublenza *et al.*, 2019)

#### 4. Composition chimique de la caroube

La composition chimique de la caroube varie selon la zone de culture et la date de récolte. D'après **Bernardo-Gil *et al.*(2011)** et **Rodríguez-Solana *et al.* (2021)**, la pulpe et les graines sont les deux éléments essentiels de la gousse du caroubier, représentant respectivement 90% et 10% de son poids total.

Tableau I : Composition chimique de la caroube

<b>Pulpe</b>	Sucres (50%)	Protéines (1 à 2%)	Lipides (0,8%)	Tanins (20%)	(Goulas <i>et al.</i> , 2016 ; Mekhoukhe <i>et al.</i> ,2018 ; Van Rijs et Fogliano, 2020 ; Elaoufi <i>et al.</i> , 2022)
<b>Graine</b>	Glucides (27%)	Protéines (52%)	Lipides	Flavonoïdes	(Battle et Tous, 1997 ; Karababa et Kuskuner, 2013)

## 5. Production mondiale

La production de caroube est caractérisée par une irrégularité marquée, souvent attribuée à des problèmes de pollinisation inadéquate, à des pratiques culturales insuffisantes et aux conditions climatiques défavorables (FAO, 2003 ; Ben Ayache *et al.*, 2021). Au niveau mondial, la production annuelle de caroube, principalement concentrée en région méditerranéenne, est estimée à 144 960 tonnes. Les principaux pays producteurs de caroube (Tableau II) sont le Maroc avec 21 801 tonnes, la Turquie avec 18 806 tonnes, le Liban avec 4 058 tonnes, l'Algérie avec 3 280 tonnes et la Tunisie avec 808 tonnes (FAOSTAT, 2020).

D'après les statistiques fournies par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture FAOSTAT (2020), la superficie totale récoltée de caroubiers dans le monde est estimée à 14 504 ha, avec une production totale estimée à 49 693 tonnes en 2020. La variation de rendement dépend largement des pratiques de récolte (Makris et Kefalas, 2004 ; Ben Ayache *et al.*, 2021). La présence d'une grande variabilité phénotypique à la fois au sein et entre les différentes variétés de caroubiers a des implications importantes pour la sélection, l'établissement de nouvelles plantations et l'optimisation de la productivité de cette culture (Battle et Tous, 1997).

**Tableau II** : Principaux pays producteurs de la caroube dans le monde d'après **FAOSTAT (2020)**

Pays	Production (tonnes)
Maroc	21 801
Turquie	18 806
Liban	4 058
Algérie	3 280
Tunisie	808
Total	48 753

## 6. Production en Algérie

La superficie totale cultivée en Algérie pour le caroubier a connu une forte diminution, passant de 11 000 ha en 1961 à 809 ha en 2016 (**FAOSTAT, 2016**). Selon les données de la **FAO (2010)**, en 2009, la superficie était de 927 ha, dont 645 ha, soit 69,58 % de la superficie totale, étaient situés dans la wilaya de Bejaia. Toutefois, cette superficie a diminué pour atteindre 729 ha selon les données de (**FAOSTAT, 2020**). Cette diminution de la superficie cultivée du caroubier, en particulier dans la wilaya de Bejaia, souligne un changement significatif dans l'importance accordée à cette culture en Algérie au fil du temps.

La superficie récoltée de caroube s'élève à 789 ha, avec un rendement moyen de 36 507 ha. La production nationale de caroube en Algérie est estimée à 33 841 Qx, principalement concentrée dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18 417 Qx, représentant ainsi 54,42 % de la production nationale. Les wilayas de Blida 23,79 % et Tipaza 16,55 % suivent en termes de production. Malgré sa vaste étendue territoriale et ses capacités, l'Algérie se situe en retard parmi les pays producteurs de caroube, se plaçant derrière le Portugal, l'Espagne, le Maroc, l'Italie, la Turquie et d'autres pays producteurs. En effet, la production de caroube en Algérie a connu une légère augmentation, passant de 2 865 tonnes en 2011 **FAO (2016)** à 3 280 tonnes en 2020 (**FAOSTAT, 2020**). Cette progression reste relativement modeste comparée à d'autres pays producteurs.

## 7. Intérêt et l'utilisation du caroubier

Le fruit du caroubier est utilisé dans nombreux pays pour divers usages, ses deux composants principaux offrent des avantages en industrie agro-alimentaire et dans les autres domaines industriels (textile, cosmétique, ...).

A partir des graines, est tirée la gomme utilisée en industrie dans la fabrication des différents produits alimentaires comme les crèmes glacées, les soupes, les sauces, les biscuits et les confiseries. L'utilisation de la gomme de caroube touche également à d'autres domaines techniques dans : l'impression, la photographie, les textiles et fabrication de produits pharmaceutiques et cosmétiques (**Johnson *et al.*, 1988 ; Bouaziz *et al.*, 2015**).

La poudre extraite à partir de pulpe est employée dans l'alimentation humaine et animale et les traitements médicaux : troubles gastro-intestinaux diarrhée et la prévention de la tuberculose pulmonaire (**Benmahioul *et al.*, 2011**).

Le caroubier est aussi un arbre mellifère qui attire les abeilles via le pollen des fruits au moment de la fructification du mois d'avril jusqu'à juin. La mélasse du caroubier peut être extraite à partir de la pulpe des gousses qui est très riche en sucres (**Battle et Tous, 1997**).

## II. Mélasses de caroube

### 1. Généralités

La mélasse est une confiserie traditionnelle préparée et consommée dans de nombreux pays méditerranéens. Elle est connue sous différents noms selon les régions. En Tunisie, elle est appelée "Rub". En Turquie, on la désigne sous le nom de "Pekmez". Au Liban, elle est connue sous le nom de "Débès" (Haddarah, 2013 ; Tounsi *et al.*, 2017 ; Clodovero *et al.*, 2022). La mélasse est généralement produite en concentrant le jus de fruits jusqu'à atteindre une concentration de sucre élevée, mesurée à environ 65°-80° degrés Brix (Tounsi *et al.*, 2017 ; Clodovero *et al.*, 2022).



**Figure 6.** Mélasses de caroube (photo prise au laboratoire technologie)

La pulpe de caroube est réputée pour sa teneur élevée en sucre, ce qui permet d'obtenir un sous-produit appelé mélasses de caroube. C'est un sirop sucré épais, naturellement doux, onctueux, dense, très visqueux et de couleur foncée (Figure 6). La production de mélasses de caroube est une pratique ancienne et ancrée dans les cultures où la caroube est cultivée. Elle permet de valoriser la pulpe de caroube et de produire un produit sucré et nourrissant à partir de cette ressource naturelle (Atasoy, 2009 ; Tounsi *et al.*, 2019).

## **2. Production de sirop de caroube**

Les opérations de production de mélasse varient selon l'origine des fruits cependant, le concept de base est d'augmenter le total des solides solubles jusqu'à un niveau souhaité (Yoğurtçu *et al.*, 2006 ; Dimassi *et al.*, 2019). Il existe plusieurs techniques de préparation du sirop de caroube principalement :

### **2.1 Extraction conventionnelle (à l'eau chaude)**

La mélasse de caroube est un sirop épais traditionnellement fabriqué en soumettant les gousses coupées ou broyées à une extraction solide-liquide très longue dans l'eau bouillante, avec concentration par évaporation à haute température (Clodoveo *et al.*, 2022).

La première étape de la production consiste à collecter les gousses de caroube sèches qui sont ensuite soigneusement lavées et broyées. Le mélange d'eau et de gousses de caroube broyées est ensuite filtré et le perméat de caroube est ensuite épaissi à la chaleur. Aucun sucre ni aucune autre substance n'est ajoutée lors de la fabrication de la mélasse de caroube (Tounsi *et al.*, 2017 ; Dimassi *et al.*, 2019).

### **2.2 Extraction assisté aux ultrasons**

Au cours des dernières décennies, les techniques d'extraction alternatives et durables se sont répandues en raison de leurs propriétés de gain de temps et de respect de l'environnement avec une production à faible coût d'extraits phénoliques de haute qualité (Wanget Weller, 2006 ; Clodoveo *et al.*, 2022).

Parmi ces techniques d'extraction, l'extraction assistée par ultrasons (UAE) est pertinente pour la facilité d'utilisation et la rentabilité de l'équipement (Crupi *et al.*, 2018). Elle consiste à mettre une masse de poudre de caroube préalablement tamisée dans un bain à ultrason et centrifuger, par la suite les extraits sont concentrés sous vide à une certaine température (Tetik et Yuksel, 2014 ; Clodoveo *et al.*, 2022).

## **3. Composition chimique de la mélasse de caroube**

La mélasse de caroube est un jus concentré (60–80°Brix) caractérisé par une couleur brune à foncée. C'est un aliment naturellement nutritif, riche en sucres (saccharose, glucose et fructose), Outre les sucres, la mélasse contient également certains minéraux bénéfiques tels que le phosphore, le calcium et le potassium, ainsi que des acides organiques (Toker *et al.*, 2013 ; Tounsi *et al.*, 2017 ; Tounsi *et al.*, 2019). C'est aussi une source naturelle de

composés bioactifs, comme les polyphénols, le D-pinitol, dotés d'activités biologiques et d'effets favorables à la santé, comme la régulation glycémique (Toker *et al.*, 2013 ; Shalabi, 2022). Le tableau ci-dessous regroupe la composition de la mélasse en sels minéraux.

**Tableau III : Teneur en nutriments dans 1 kg de mélasse de caroube (Badem et Alpkent, 2018)**

Minéraux	Potassium	Calcium	Phosphore	Magnésium	Sodium	Zinc	Fer	Cuivre
Quantités (mg / kg)	7040	1234	547	500	203	10	7.6	0.8

## **4. Propriétés du sirop de caroube**

### **4.1 Caractéristiques organoleptiques**

#### **4.1.1 Couleur**

La brillance et la rougeur sont des paramètres couramment utilisés pour évaluer la qualité de certains produits alimentaires, tels que les sirops. La mélasse étudiée par Tounsi *et al.* (2019) présente des valeurs de brillance et de rougeur faibles, cela peut effectivement indiquer un produit de bonne qualité, cependant elle est caractérisée par une couleur brune à jaune très foncé.

#### **4.1.2 Gout**

Les sucres présents dans la mélasse de caroube sont principalement du glucose et du fructose, ce sont des sucres simples qui confèrent à la mélasse une saveur sucrée distincte et très agréable (Tounsi *et al.*, 2019).

### **4.2 Propriétés physicochimiques**

#### **4.2.1 Viscosité**

La mélasse est un aliment liquide et, par conséquent, les caractéristiques rhéologiques de la mélasse sont importantes, en plus des propriétés chimiques et physiques pour le processus de production (Kaya et Belibağlı, 2002). La viscosité est une propriété physique essentielle qui joue un rôle important dans la qualité des produits alimentaires liquides. Il est intéressant de noter que la mélasse de caroube présente des propriétés



fluides spécifiques qui la distinguent des fluides newtoniens classiques, c'est un fluide non newtonien avec une texture hétérogène et une distribution non uniforme des particules (Tounsi *et al.*, 2019).

#### **4.2.2 Densité**

La densité d'un sirop dépend de sa concentration, et cette dernière est inversement proportionnelle à la température ambiante. La densité de la mélasse de caroube est élevée par rapport à celle de l'eau grâce à sa teneur élevée en solides solubles (Guerin *et al.*, 1982).

#### **4.2.3 PH**

D'une manière générale, les mélasses sont caractérisées par un pH acide qui peut être expliqué par la dégradation des sucres en acides, ou par l'hydrolyse du HMF en acide lévulinique et formique (Toker *et al.*, 2013 ; Tounsi *et al.*, 2019).

### **5. Utilisation de la mélasse et valeur nutritionnelle**

La mélasse contient principalement quantité (50 à 80 %) de sucres naturels. Par conséquent, un tel produit pourrait être considéré comme un aliment naturel, énergétique, et sain, ce qui est important pour nutrition humaine. De plus, la mélasse peut facilement passer dans le sang sans digestion car il contient des sucres simples (glucose et fructose). C'est donc un aliment important, en particulier pour les bébés et les enfants qui ont un besoin urgent en énergie (Toker *et al.*, 2013 ; Tounsi *et al.*, 2017).

La mélasse de caroube, joue un rôle primordial et trouve de nombreuses utilisations dans l'industrie de pâtisserie et de la confiserie. Il sert non seulement de conservateur de fruits, mais il présente également des applications potentielles dans le domaine pharmaceutique grâce à sa richesse en polyphénols qui lui confèrent des propriétés antimicrobiennes (Clodoveo *et al.*, 2022).

*Partie expérimentale*

*Matériel et méthodes*

## **I. Matériels et méthodes**

### **1. Objectif de travail**

Cette étude cherche essentiellement à valoriser le sous-produit de la caroube « mélasse » et son éventuelle incorporation dans la confiture. L'objectif est de mettre en évidence l'effet de l'addition de mélasse sur les propriétés de la confiture et en particulier son impact sur les caractéristiques organoleptiques (texture). La plupart des manipulations ont été effectuées au niveau du laboratoire de technologie alimentaire de l'université de Bejaia.

La première partie de ce travail consiste à l'essai d'élaboration de la mélasse et sa caractérisation physico-chimique à l'instar des sucres, poly phénols, protéines, lipides, cendres ainsi que le taux d'HMF. Le deuxième volet de cette partie consiste à l'essai d'incorporation de la mélasse dans un produit alimentaire, en l'occurrence confiture de fraise préparée à l'échelle laboratoire. Et enfin une évaluation sensorielle du produit fini est réalisée.

### **2. Matériel végétal**

#### **2.1 Préparation de la matrice végétale**

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est composé de gousses de caroube provenant de l'espèce *Ceratonia siliqua*, récoltées au mois d'août 2022 dans la région d'Imazayen (PK17), située au Nord-est de la commune de Boulimat, wilaya de Bejaïa, en Algérie. Les coordonnées géographiques de cette région sont environ 36°48'17" de latitude et 4°66'12" de longitude.



**Figure 7 :** Carte géographique de la provenance du matériel végétal

Une identification a été réalisée au niveau du laboratoire de physiologie végétale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia. Les gousses (Figure 8) mûres ont été bien nettoyées à l'aide d'une compresse stérile et humide, conservées à l'abri de l'humidité et la lumière avant de procéder à l'extraction.



**Figure 8 :** Gousses de caroube

## **2.2 Extraction de la mélasse**

- **Protocole**

Les graines ont été séparées des pulpes. Les pulpes récupérées ont été découpées en petites morceaux de 1 à 2 cm environ (Figure 9). Elles sont ensuite été pesées à l'aide d'une balance selon la quantité désirée. L'extraction a été réalisée en 2 étapes : macération et concentration.



**A)**



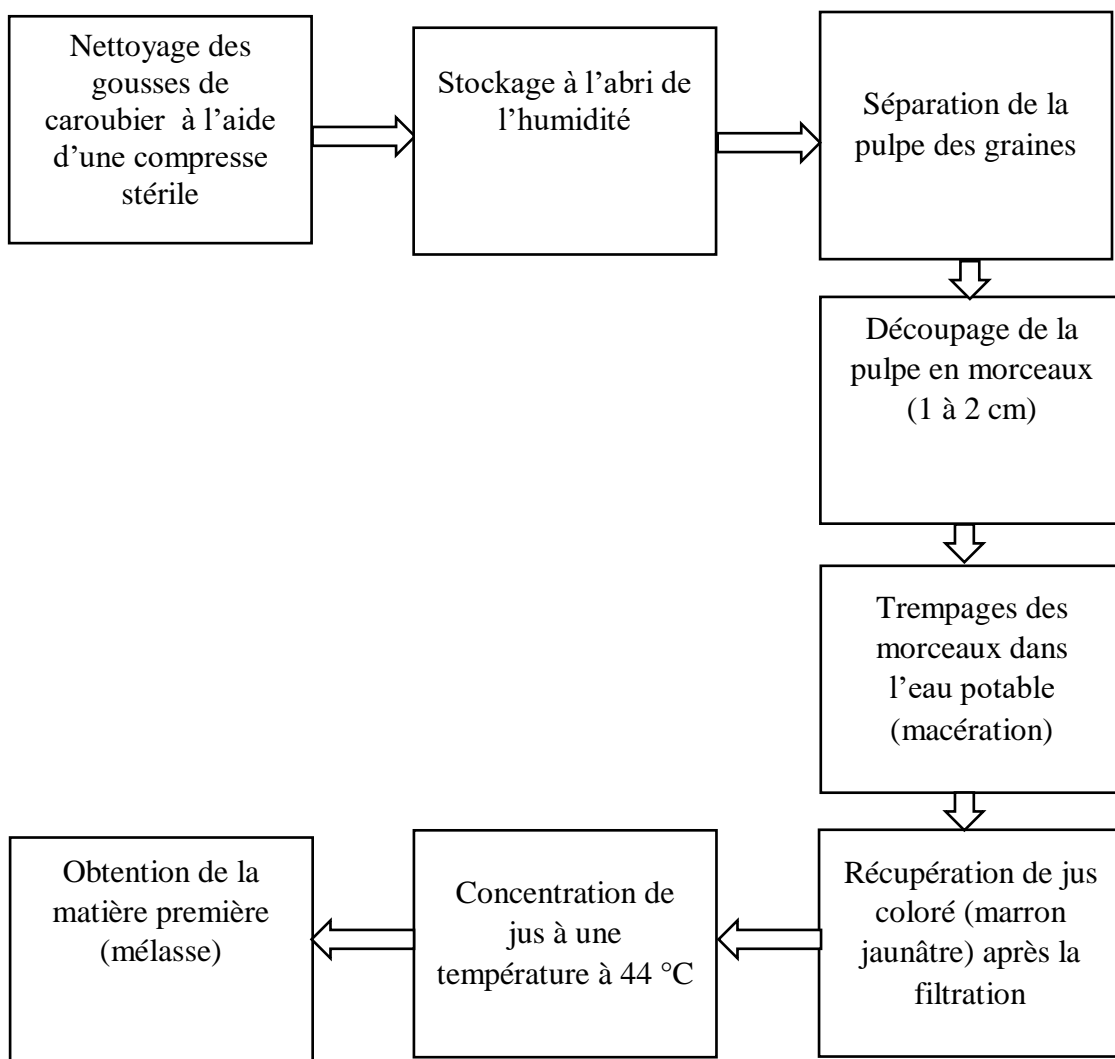
**B)**

**Figure 9 :** Photos prises au niveau du laboratoire Technologie : A) Pulpe sans graines découpés en morceaux ; B) Graines

La première étape qui est la macération ; consiste à faire tremper les morceaux de pulpe de caroube dans de l'eau potable pendant une période variant de 24 à 48h. L'extrait

soluble (phase liquide) et la phase solide (débris) ont été séparés par une simple filtration et le jus obtenu a été concentré à 44 °C.

La deuxième étape consiste à une concentration du jus obtenu à une température de 40 °C pendant 5h. L'opération se poursuit jusqu'à l'obtention d'un sirop épais et dense dont le taux de Brix varie entre 73° et 76° Brix. Après refroidissement le sirop ainsi obtenu est conservé à 4°C. La Figure 10 ci-après regroupe les principales étapes de production de la mélasse.



**Figure 10** : Schéma récapitulatif de processus de l'extraction de la mélasse

### **3. Analyses physico-chimiques de la mélasse**

#### **3.1 Potentiel d'hydrogène pH (AFNOR, 1982)**

- **Principe**

Le fonctionnement de base repose sur la mesure de la variation du potentiel de tension électronique lorsqu'il est plongé dans la solution testée, permettant ainsi de mesurer la concentration des ions hydrogène positivement chargés.

- **Protocole**

Le pH est mesuré à l'aide d'un PH-mètre. L'électrode de l'appareil est immergée dans la solution de mélasse et la valeur s'affiche directement sur l'écran de l'appareil.

#### **3.2 Mesure du degré de Brix**

- **Principe**

Le degré de Brix est la quantité de sucre en matière sèche soluble contenue dans une solution, la teneur de Brix a été mesurée directement à l'aide d'un réfractomètre (**Tounsi et al., 2019**).

- **Protocole**

Le Brix de mélasse est déterminé avec un réfractomètre de type (ATAGO, PAL-1). La lecture est faite en plaçant une goutte de mélasse, sur la plaque de charnière de l'instrument, face à la lumière. La valeur de Brix est directement affichée sur l'écran de l'appareil.

#### **3.3 Détermination de l'acidité titrable (AFNOR, 1997)**

- **Principe**

L'analyse de l'acidité titrable mesure tous les ions H<sup>+</sup> disponibles dans le milieu, qu'ils soient dissociés, c'est-à-dire ionisés, ou non. Le principe de la méthode consiste à un titrage de l'acidité avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

- **Protocole**

Une quantité de mélasse (1g) est additionnée à 20ml d'eau distillée, la solution obtenue est homogénéisée. On ajoute quelques gouttes de phénolphthaléine à la solution préparée puis on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition du virage de couleur.

- **Expression des résultats**

$$\text{Acidité (g/100g)} = \frac{Vd \times N \times EQ}{m} \times 100$$

D'où : Vd : Chute de burette (ml) ; N : Normalité de NaOH ; EQ (A.C) : Equivalant gramme d'acide citrique (0,064) ; m : Masse de la prise d'essai en (g).

### **3.4 Dosage des sucres totaux**

- **Principe**

Le principe du dosage se base sur la condensation des produits de déshydratation des oses avec un chromogène qui est le phénol. A ce moment- là, il se forme des chromophores de couleur jaune-orange, leur apparition est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique à 485nm (**Dubois et al., 1956**).

- **Protocole**

Les sucres totaux sont déterminés d'après la méthode de phénol-sulfurique décrite par **Dubois et al. (1956)** avec quelques modifications. Une masse d'échantillon (1g) est dissoute dans 25 ml d'éthanol (80%), le mélange est soumis à une agitation pendant 2 h. Après filtration le filtrat est récupéré et dilué à 1/10. un volume de 0,5 ml du filtrat est ajouté à 0,5 ml de phénol (5%) et à 2,5ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La solution obtenue est agitée instantanément à 25°C pendant 20 mn. La lecture est réalisée au moyen d'un spectrophotomètre (UV-Visible) à une longueur d'onde de  $\lambda=485$  nm. La teneur en sucres totaux est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec le glucose (Annexe 1).

### **3.5 Dosage des protéines**

- **Principe**

Il repose sur une réaction colorimétrique entre les protéines dans une solution et un réactif particulier appelé bleu de Coomassie. Lors de ce dosage, les protéines interagissent avec le bleu de Coomassie en formant des cations, ce qui provoque un changement de couleur de la solution (**Bradford, 1976**).

- **Protocole**

La détermination des protéines a été réalisée selon le protocole décrit par **Bradford, (1976)** avec quelques modifications ; Un volume de mélasse est ajouté à 500  $\mu$ L de solution de Bradford, après agitation, la solution est placée à l'obscurité pendant 30 min, et l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 590 nm. La teneur en protéines est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la BSA (Annexe 1).

### 3.6 Dosage des HMF

- **Principe**

La méthode repose sur la mesure de l'absorbance de l'HMF à deux longueurs d'onde différentes (284 nm et 336 nm) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (**Bogdanov et al., 2002**).

- **Protocole**

La méthode de **Bogdanov et al. (2002)** a été utilisée pour déterminer la quantité d'hydroxy-méthyl-furfural (HMF). Une masse d'échantillon est dissoute dans 25 ml d'eau distillée. Par la suite, une quantité de Carrez I (15%) et de Carrez II (30%) est ajoutée au mélange après agitation, un volume d'eau distillée est additionné au mélange.

Pour la préparation des échantillons, les 10 premiers millilitres du mélange initial sont éliminés, puis deux tubes sont préparés, dans le premier tube, 2 ml d'eau distillée sont ajoutés à 2 ml du filtrat (tube d'analyse), dans le deuxième tube, 2 ml de bisulfate de sodium (0,2%) sont ajoutés à 2 ml du filtrat (tube de référence). Les absorbances ont été mesurées à 284 nm et 336 nm.

- **Expression des résultats**

La quantité HMF est calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{HMF} \left( \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \right) = (A_{284} - A_{336}) \times 149.7 \times 5/P$$

149,7 : Facteur de conversion

P : prise d'essai (g ou mg /5g)

### 3.7 Dosage des lipides

- **Principe**

L'extraction par solvant organique (éthyle éther), est réalisée avec une décantation. A la fin de l'extraction, on peut admettre que toute la matière grasse est transférée dans le solvant.

- **Protocole**

La quantité en lipides est estimée d'après la méthode décrite par **De Pádua et al. (2004)**. Une masse de mélasse est ajoutée à 20 ml d'éthyle éther . Ensuite, Le solvant est évaporé et le résidu est considéré comme lipides.



**3.8 Détermination de la teneur en cendres ISO 21656:2021****• Principe**

Le principe consiste en une incinération du matériel biologique pendant 5 à 6 h.

**• Protocole**

La teneur en cendres contenus dans la mélasse est déterminée selon la norme **ISO (2021)**. Avant de commencer l'incinération de l'échantillon, on procède au préalable à un préchauffage du creuset en porcelaine à 300°C pour une durée de 15min. Après refroidissement le creuset a été pesé. 2 g d'échantillons ont été incinérés dans un four à moufle contrôlé et préchauffé à 600°C pendant 5 à 6h.

**• Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Cendres\%} = \frac{(M1 - M2)}{P} \times 100$$

Avec M1 : Masse (g) de creuset après dessiccation, M2 : Masse (g) de creuset vide ;  
P : Prise d'essai (g).

**3.9 Détermination de la teneur en polyphénols totaux****• Principe**

La réaction est basée sur la réduction en milieu alcalin de la mixture d'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et d'acide phosphomolybdique (H3PMo12O40) du réactif de Folin-Ciocalteu par les groupements oxydables des composés phénoliques, conduisant à la formation de produits de réduction de couleur bleue oxydes bleus de tungstène (W<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) et de molybdène (Mo<sub>8</sub>O<sub>23</sub>), dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

**• Protocole**

Pour déterminer la teneur en polyphénols totaux dans la mélasse, une extraction de type solide-liquide (macération) a été réalisée selon le protocole d'**Avallone et al.,(1997)**. Une masse de mélasse a été dissoute dans l'eau. Un volume de la solution est extrait (trois fois) avec 20mL d'acétone à 50 %. Après agitation pendant 2h, une filtration a été effectuée, par la suite 100 µl du filtrat sont additionnés de 0,5 ml de Folin-Ciocalteu à (1N) et Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> à (7,5%), après agitation le mélange est incubé à 20min, puis la lecture est réalisée au moyen d'un spectrophotomètre (UV-visible) à une longueur d'onde de 765 nm après avoir réalisé un balayage de 800-400nm. La concentration en polyphénols totaux est

déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec de l'acide gallique et exprimée en milligramme d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

#### **4. Essai de production de confiture à base de mélasse de caroube**

Dans cette partie, un essai de formulation de 7 échantillons de confiture de fraise a été réalisé en utilisant de la mélasse de caroube avec divers proportions (20% ; 25% ; 30% ; 35% ; 40% ; 45% ; 50%) au niveau de l'université de Bejaïa laboratoire de technologie alimentaire.

##### **4.1 Ingrédients**

Les fruits (fraises) et l'acide citrique ont été procurés du marché. La mélasse de caroube a été préparée au niveau de l'université de Bejaïa laboratoire de biotechnologie alimentaire, la pectine a été fournie par CEVITAL unité d'Elkseur.

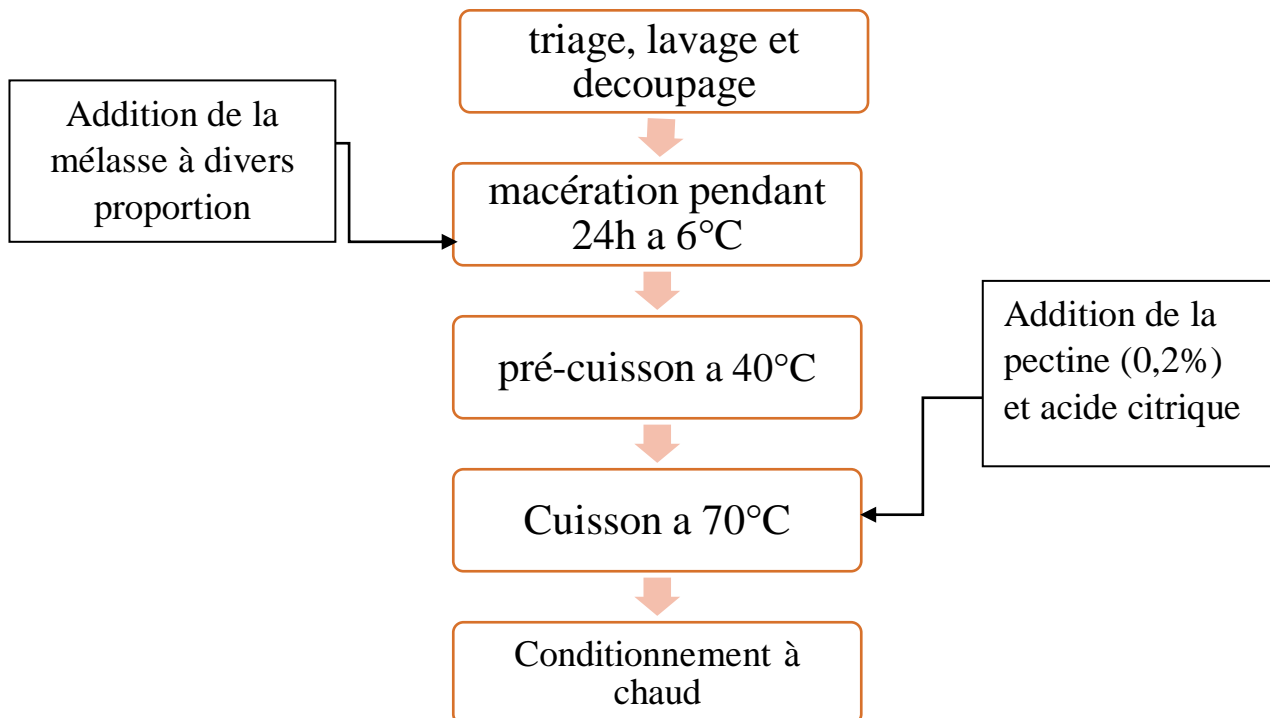
##### **4.2 Formulation**

La première étape de l'essai de la formulation consiste à trier les fruits (choisir les fraises saines, encore fermes de tailles et formes presque similaires), laver les fraises (environ 1kg) avec de l'eau, par la suite procéder au découpage du fruit en petits morceaux à l'aide d'un couteau, puis ajouter une quantité de mélasse aux fruits découpés, mélanger et laisser macérer pendant 24h à 6° C. Une pré cuisson a été effectuée à 40°C, (jusqu'à un taux de Brix 33 et un pH de 3). Après adjonction d'une quantité d'acide citrique (0,2%) et de pectine (0,2%), une cuisson est réalisée à 70°C À la fin de cuisson il est impératif de remplir les bocal avec le produit encore chaud (Figure 11).



**Figure 11** : Photographie de la préparation de la confiture de fraise à base de mélasse de caroube

Les étapes de fabrication de la confiture sont illustrées dans la figure ci-dessous :



**Figure 12** : Diagramme de l'essai de fabrication de confiture de fraise à base de mélasse de caroube

La composition des différents échantillons préparés est présentée dans le Tableau IV.

**Tableau IV :** Composition des différents échantillons de la confiture préparée pour une quantité de 120g

Echantillons	Composition		
	Mélasse %	Acide citrique	Pectine
E1	20	+	+
E2	25	+	+
E3	30	+	+
E4	35	+	+
E5	40	+	+
E6	45	+	+
E7	50	+	+
E8	/	/	/

E : Echantillon ; E8 : Confiture de fraise industrielle

### 4.3 Analyses physico-chimiques de la confiture

La détermination du degré de Brix est réalisée en utilisant un réfractomètre lisant directement la valeur sur l'écran de l'appareil, le pH en utilisant un pH mètre selon **AFNOR (1982)** et l'acidité a été effectuée selon la méthode **AFNOR (1997)**.

### 4.4 Évaluation sensorielle

Une évaluation sensorielle a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia des 8 échantillons de fraise préparés à base de mélasse de caroube. Le panel d'analyse se compose de jury expert. Les sujets ont été servis des échantillons présentés avec un code à 3 chiffres et exposés dans un ordre équilibré. De l'eau et du pain ont été fournis aux consommateurs dans le but de nettoyer leur palais entre chaque dégustation.

Un questionnaire a été remis à Chaque dégustateur pour évaluer les caractéristiques organoleptiques : Couleur, Odeur, sensation en bouche (gout sucré, arôme fraise, acidité, arrière-gout), Texture (consistance), des échantillons de la confiture de fraise formulés. Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux panels, ont été traitées en utilisant le logiciel XLSTAT version 16.5.03 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques. Les principales fonctionnalités de ce logiciel, utilisées pour interpréter les résultats comme suite : Plan d'expérience, Caractérisation de produits, Analyse en composante principale (ACP), Classification ascendante hiérarchique (CAH) et Préférence MAPPING (PREFMAP).

*Partie expérimentale*

*Résultats et discussion*

### III. Résultats et discussion

#### 1. Analyses physico-chimiques de la mélasse de caroube

##### 1.1 Détermination des caractéristiques physiques

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisés pour la mélasse de caroube sont résumés dans le tableau V.

**Tableau V** : Analyses physiques de la mélasse de caroube

Analyses physiques	
Eléments	Résultats
pH	5,12 ± 0,12
Acidité titrable*	0,45±0,02
Brix**	72,3±0.00

\*: g /100g Acide citrique ; \*\*: degré

Les résultats représentent la moyenne de 3 répétitions  $\pm$  l'écart type.

La composition chimique de la mélasse de caroube diffère d'un pays à un autre, d'une région à une autre et cela dépend de plusieurs facteurs à l'instar les cultivars, facteur climatique, le temps de récolte (**El Batel et al., 2016 ; Rodriguez – Solana et al., 2021 ; Ikram et al., 2023**).

Le pH est une expression de l'activité des ions hydrogène et plus la valeur du pH est faible, plus l'acidité de l'environnement augmente (**Batlle et Tous, 1997 ; Kivrak et al., 2015**). La valeur moyenne du pH (tableau V) obtenue dans la mélasse de caroube est 5,12±012. Ce résultat est similaire à celui énoncé par **Tounsi et al. (2021)** qui est de 5,14, et **Tetik et al. (2011)** qui ont travaillé sur 10 échantillons de mélasse turque commerciale avec un pH qui varie entre de 5,02 à 5,12.

D'après **Toker et al. (2013) ; Tounsi et al. (2019)** le pH acide de la mélasse est probablement tributaire à la dégradation des sucres en acides ou à l'hydrolyse de l'HMF en acide lévulinique et acide formique.

L'acidité titrable des produits reflète leurs teneurs importantes en acides organiques (**Koyuncu et Dilmaçınal, 2010**).

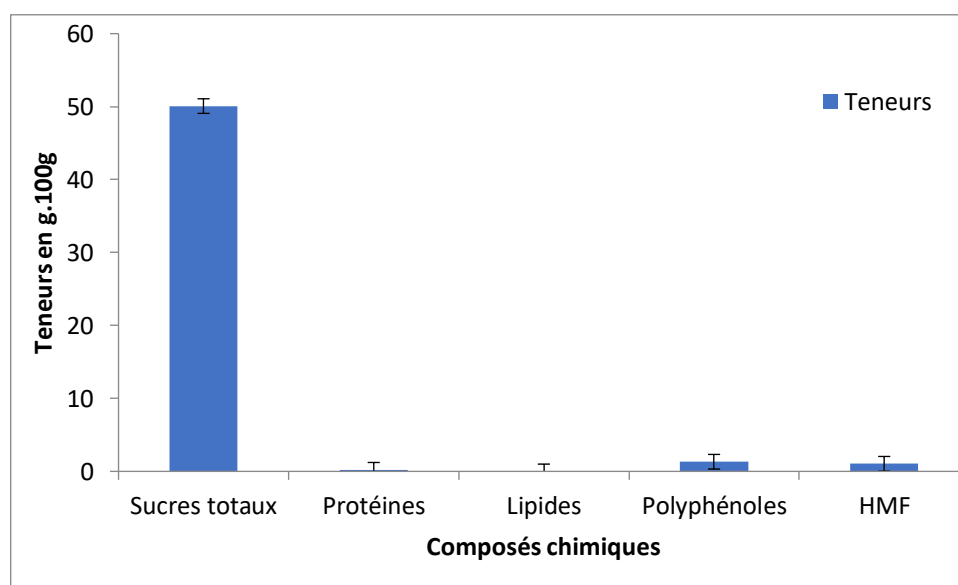
La teneur obtenue (tableau V) de l'acidité titrable est de 0,45±0,02. Cette valeur est proche de celle révélée par **Tounsi et al. (2019)** au niveau de mélasse tunisienne avec 0,51 g/100gAC mais plus faible que celle rapportée par **Simsek et Artik (2002)** au niveau de mélasse turque 0,61 g/100gAC et celle énoncée par **Sengul et al. (2009)** qui de 0,60 g /100 acide citrique.

Plusieurs auteurs attestent que la composition chimique est principalement affectée par le génotype, la période de récolte, les conditions de croissance, les conditions climatologiques (par exemple, le soleil et la disponibilité de l'eau), la teneur du sol et le microclimat général (Sengul *et al.*, 2009 ; Eleni Papaefstathiou *et al.*, 2018 ; Tounsi *et al.*, 2019).

D'après les données du tableau V, le °Brix de la mélasse de caroube est  $72,3 \pm 0,00$ . Ce résultat est proche à celui révélé par Tetik *et al.* (2011) allant de  $66^{\circ}$ - $73^{\circ}$ . Mais également à celui obtenu par Goulas et Aresti (2021) avec  $73,7^{\circ}$ . Selon la littérature la teneur en solides solubles de la mélasse de caroube n'a jamais dépassait  $75^{\circ}$  Brix, allant de 66,6 à 73,7. C'est probablement tributaire à la teneur en sucres solubles, notamment le glucose, le fructose et le saccharose (Tetik *et al.*, 2011; Tounsi *et al.*, 2019).

## 1.2 Détermination des caractéristiques chimiques

Les résultats de la détermination de la composition chimique de la mélasse de caroube sont représentés dans l'histogramme ci-dessous



**Figure 13** : composition chimique de la mélasse de caroube

Chaque valeur représente la moyenne de 3 répétitions  $\pm$  l'écart type

Au vu des résultats (Figure 13), La teneur en polyphénols de la mélasse de caroube est environ 1,3256 g/100g MF équivalent acide gallique.

Ce résultat est beaucoup plus important par rapport à celui énoncé par Tounsi *et al.* (2017) au niveau de sirop de caroube avec 0,5256 g/100g AG et également par rapport à celui rapporté par Tounsi *et al.* (2021) allant de à 0,4373 à 0,5210 g/100g AG de matière sèche. En revanche, elle est plus faible par rapport à celle révélée par Tounsi et Kechaou, (2022) au niveau de la mélasse avec 1,674g/100g.

Selon plusieurs auteurs les sirops de caroube se sont avérés être une bonne source de composés phénoliques (**Tounsi et al., 2017 ; Rodriguez – Solana et al., 2021 ; Toufeli et al., 2022**), et les petites différences dans leur contenu phénolique peuvent être dues à des différences dans la variété et l'origine de la matière première, ainsi que dans la technique de production (**Rodriguez – Solana et al., 2021 ; Toufeli et al., 2022**).

D'après la figure 13, la teneur en sucres totaux de la mélasse de caroube est de 50,07 g/100g, ce sont les constituants majeurs de ce sirop. Ce résultat est proche à celui obtenu par **Tounsi et al. (2019)** avec 51,5 g/100g ; en revanche il est moins élevé par rapport à celui révélé par **Simsek et Artik, (2002)** et **Tetik et al. (2010)** avec une teneur de 64,11 et 62,80 g/100g respectivement.

La pulpe est très connue pour sa richesse en sucres, cette caractéristique a été prise en considération pour produire des produits à l'instar la mélasse qui est un mélange de fructose, glucose, saccharose, glycérol, glucoside et amidon (**El Batal et al., 2011 ; Rabbabeh et al., 2013 ; Rodriguez – Solana et al., 2021**). Cette forte teneur implique que les aliments fabriqués exclusivement ou principalement avec cet ingrédient auront une forte teneur en sucre (**Rodriguez – Solana et al., 2021 ; Ikram et al., 2023**).

D'après l'histogramme, la teneur en protéine obtenue (figure 13) pour la mélasse de caroube est de 0,22 g/100g. Cette valeur est proche avec celle énoncée par **Tounsi et al. (2019)** qui est de 0,28 g/100g, mais moins élevée que celle révélée par **Tetik et al. (2010)** avec 0,87 g/100g ainsi que celle rapportée par **Toufeli et al. (2022)** qui est 0,44 g/100g.

Les HMF sont un critère de qualité important dans les concentrés de jus de fruits et présente des effets néfastes sur la qualité des aliments en provoquant un brunissement et des pertes de valeur nutritionnelle (**Tastan et al., 2019 ; Tounsi et al., 2019 ; Toufeli et al., 2022**). De plus, il présente des risques pour la santé puisqu'il a été démontré qu'il avait des effets mutagènes et cytotoxiques en culture cellulaire et en expérimentation animale (**Tastan et al., 2019 ; Rodriguez – Solana et al., 2021**).

D'après la figure 13, on constate que la quantité des HMF présente dans l'échantillon étudié est de 1,047 g/100g. Ce résultat est similaire à celui rapporté par **Ozcan, (2007)** au niveau de sirop de caroube turque avec 1,003 g/100g. En revanche une autre étude menée par **Tetik et al. (2010)** ont rapporté des valeurs plus élevées avec 1,225 g/100g. **Toufeli et al. (2022)** ont révélé des teneurs oscillant de 520-4049 mg g /100g au niveau des échantillons de mélasses du Liban.



La formation de HMF pendant la caramélisation et le chauffage du sirop est principalement influencée par les types et les concentrations de sucres et de composés aminés, le régime de chauffage et le pH. A cet effet, les fractions massiques de HMF ont tendance à être plus élevées dans les systèmes comprenant des sucres réducteurs, des acides aminés basiques et un pH acide (Rodriguez – Solana *et al.*, 2021 ; Toufeli *et al.*, 2022).

### 1.3 Détermination de la teneur en cendres

La teneur en cendres de la mélasse de caroube exprimée en % est affichée dans le tableau suivant :

**Tableau V** : Teneur en cendres de la mélasse de caroube

Analyses Chimiques	
Elément	Teneur %
Cendres	2,62± 0,1

La teneur en cendres de la mélasse est de 2,62% (tableau V). Selon une étude réalisée Simsek et Artik, (2002), la teneur varie entre 1,33 et 1,61% dans le sirop de caroube. Contrairement à sa teneur au niveau du sirop de figue et de raisin qui sont de 3,12 à 3,72 % respectivement.

## 2. Valorisation de la mélasse

Cette partie est consacrée à l'essai de valorisation de la mélasse produite en l'incorporant dans une confiture produite à l'échelle laboratoire au niveau du laboratoire technologie alimentaire et laboratoire L3BS et effectuer certaines analyses (physicochimique, sensorielle).

### 2.1 Analyses physico-chimiques de la confiture

Dans cette section d'étude une analyse des propriétés physicochimiques des 8 échantillons de confiture de fraise (tableau VI) a été effectuée.

Tableau VI : Résultats des propriétés physicochimique de la confiture

Echantillons	Brix °	pH	Acidité g/100g
E1	35±0,12	3,26 ± 0.04	1,34±0,17
E2	42±4,35	3,87 ± 0.03	1,42±0,12
E3	38±2,01	3,76 ± 0.01	1,34 ±0,1
E4	49±2,65	3,93 ± 0.01	1,47±0,26
E5	44±0,31	3,99 ± 0.01	1,17±0,15
E6	51±0,15	3,94 ± 0.02	1,23±0,15
E7	50±0,47	3,93 ± 0.02	1,17±0,15
E8	67±0,00	2,71 ± 0.06	0,67±0,12

E1-E7 : Confiture de fraise + mélasse de caroube avec des proportions respectivement (20% ; 25% ; 30% ; 35% ; 40% ; 45% ; 50%). E8 : Confiture de fraise industrielle. Chaque valeur représente la moyenne de 3 répétitions ± l'écart type

### 2.1.1 Détermination du degré de Brix

Le degré Brix mesure le poids en gramme de la matière sèche soluble (le taux de sucre dans les fruits), contenue dans 100 g de produit (**Dongare et al., 2014**).

Les résultats obtenus indiquent que l'échantillon E8 (Confiture de fraise industrielle) détient le degré de Brix le plus élevé (67°) par rapport aux 7 autres échantillons restant, alors que l'échantillon E1 (Confiture de fraise à 20% de mélasse de caroube) présente la teneur la plus faible (35°).

Généralement une confiture de fraise doit avoir un degré en Brix entre 60 à 55°, ce qui permet une meilleure conservation (**Harill, 1994**).

Les résultats acquis dans cette étude sont différents avec ceux rapportés par **Aslanova et al. (2010)** ainsi que par **Inam et al. (2012)**.

### 2.1.2 Mesure de pH

Le pH des aliments est considéré comme l'un des facteurs importants influençant la stabilité des confitures (**Belovic et al., 2017 ; Uribe-Wandurraga et al., 2021**). Maintenir un pH acide est essentiel, cela permet de préserver le produit et de prévenir la prolifération de micro-organismes indésirables tels que les moisissures. Les environnements acides sont généralement moins propices à la croissance de ces micro-organismes, ce qui contribue à la conservation optimale de la confiture (**CODEX STAN 79-1981**).

D'après le tableau VI, les échantillons de confitures analysés ne présentent pas de grandes variations dans leurs valeurs de pH, L'échantillon E8 (Confiture de fraise industrielle) détient la valeur du pH la plus faible  $2,71 \pm 0,06$  alors que l'échantillon E5 possède le résultat le plus élevé  $3,99 \pm 0,01$ .

À notre connaissance aucune étude n'a été établie dans cette optique, néanmoins **Kang et Cho. (2008)** ont élaboré une confiture à la fraise en incorporant du sucre, ils ont rapporté des valeurs de pH plus importantes allant de 3,98 à 4,11. Ils sont également plus élevés que ceux révélés par **Mekhoukhe et al. (2021)** allant de 3,21 à 3,39 dans des échantillons de confiture de fraise à base de sucre.

### **2.1.3 Mesure d'acidité titrable**

L'acidité titrable est un facteur de qualité important lié à la saveur (**Rahman, 2018 ; Ikegaya et al., 2020**). Si le niveau d'acide est trop bas, le produit peut être fade et peu attrayant (**Kramer et Twigg, 1970 ; Rahman, 2018**). Elle reflète leurs teneurs importantes en acides organiques. Dans le fruit de la fraise, l'acide organique le plus dominant est l'acide citrique (**Koyuncu et Dilmaçunal, 2010 ; Mekhoukhe et al., 2021**).

En analysant les résultats obtenus (tableau VI), on a constaté que les valeurs d'acidité des échantillons testés sont presque similaires, allant de 0,67 à 1,47 g/100g d'acide citrique. L'échantillon E4 présente la valeur d'acidité la plus élevée avec 1,47 g/100g d'acide citrique, tandis que l'échantillon E8 présente la valeur la plus faible avec 0,67 g/100g d'acide citrique.

Ces résultats sont supérieurs par rapport à ceux obtenus par **Rodrigues et al. (2017)** pour la confiture de myrtilles, mûres et fraises, qui ont rapporté des valeurs de 0,57 ; 0,53 et 0,75 g/100g d'acide citrique respectivement.

## **2.2 Evaluation sensorielle**

Cette section est consacrée à l'évaluation sensorielle des 8 échantillons de confitures de fraise formulés durant laquelle une variété de tests ont été réalisés.

### **2.2.1 Plan d'expérience**

Le but principal de ce test est de développer un plan d'expérience optimal, voire quasi-optimal, pour mener des expériences visant à modéliser les préférences d'un groupe de consommateurs ou d'experts concernant divers produits. (**Perinel et Pages, 2004**).

Une fois les données brutes des jurys experts sont rapportées sur le logiciel, la procédure de génération d'un plan d'expériences est lancée. Les résultats sont donnés dans le tableau VII.

**Tableau VII** : Evaluation de plan d'expérience

<b>A- Efficacité</b>	1,000
<b>D-Efficacité</b>	1,000

Après la génération du plan d'expérience pour l'analyse sensorielle, les valeurs des deux critères A- Efficacité et D- Efficacité sont affichées, cela implique qu'un plan optimal pour les résultats des membres de jury expert a été trouvé.

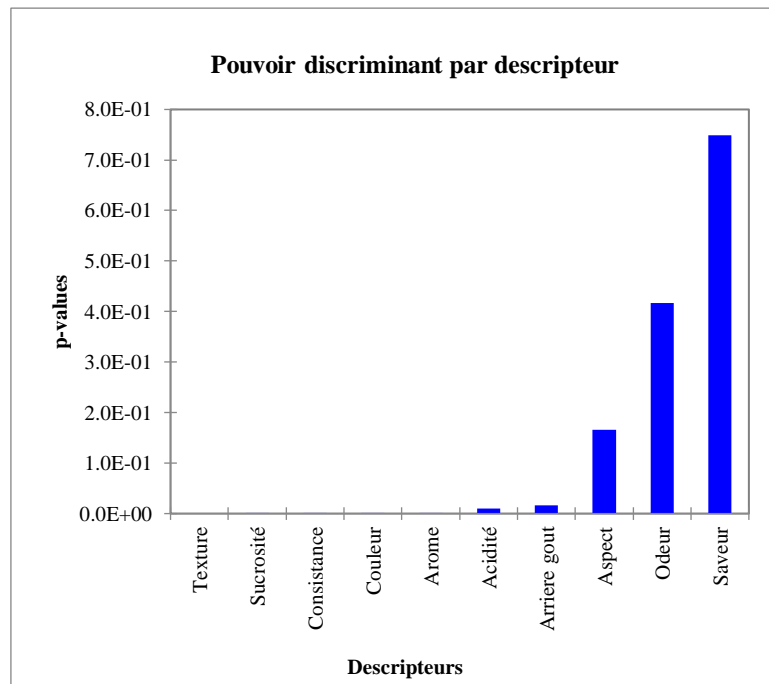
Les données obtenues sont acceptables et le plan d'expériences est résolvable ; ce qui nous permet d'effectuer les autres tests pour les échantillons de confitures à base de mélasse de caroube avec le logiciel XLSTAT-MX à savoir : caractérisation des produits, et analyse proustienne généralisée et cartographie externe des préférences.

### **2.2.2 Caractérisation des produits**

Ce test vise à caractériser rapidement les échantillons en fonction des préférences des jurys. L'objectif est donc d'identifier les descripteurs qui permettent de mieux discriminer les produits et de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers dans le contexte de l'analyse sensorielle (**Husson *et al.*, 2009**).

#### **2.2.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur**

Ce test permet de classer les descripteurs selon leurs pouvoirs discriminant sur les produits, du plus fort au plus faible.



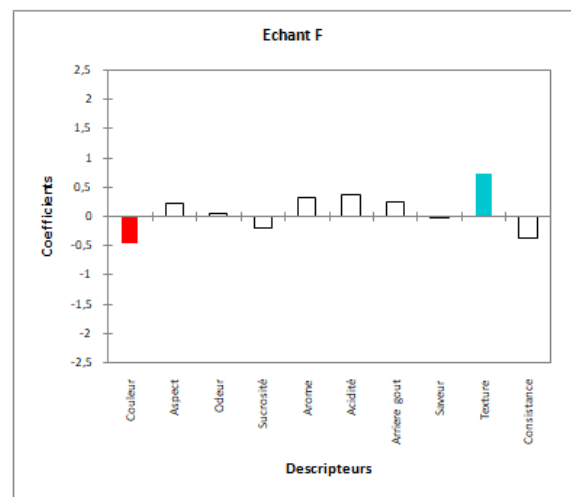
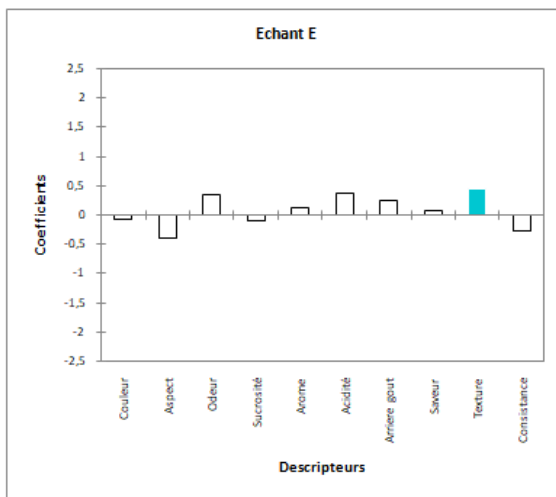
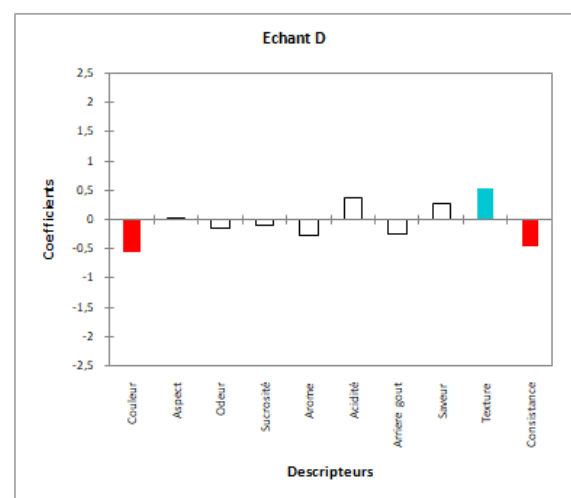
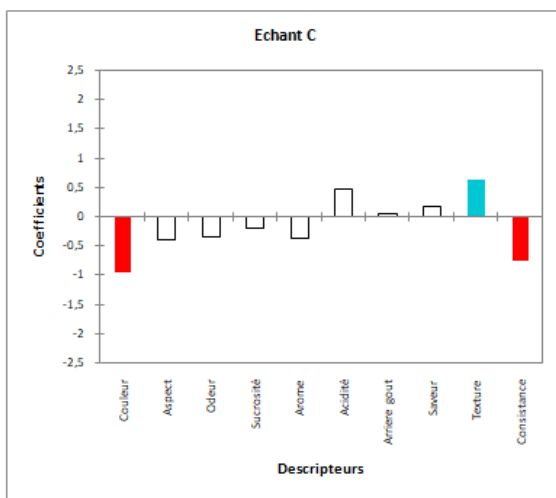
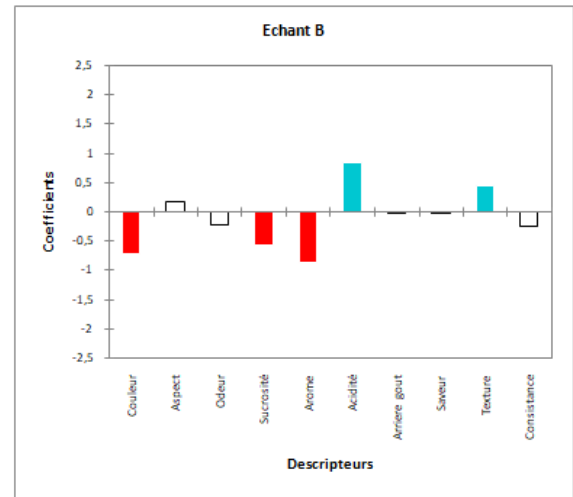
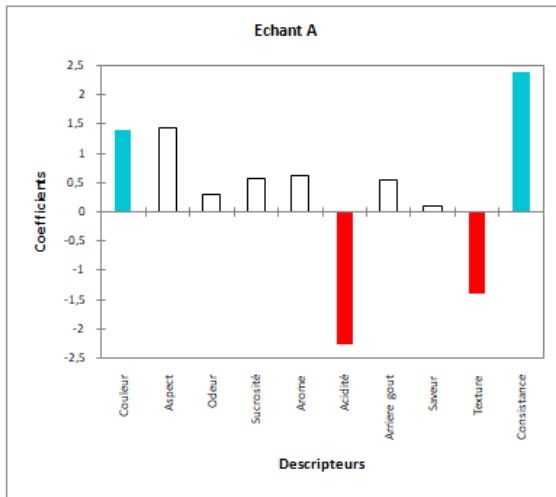
**Figure 14** : Pouvoir discriminant par descripteur

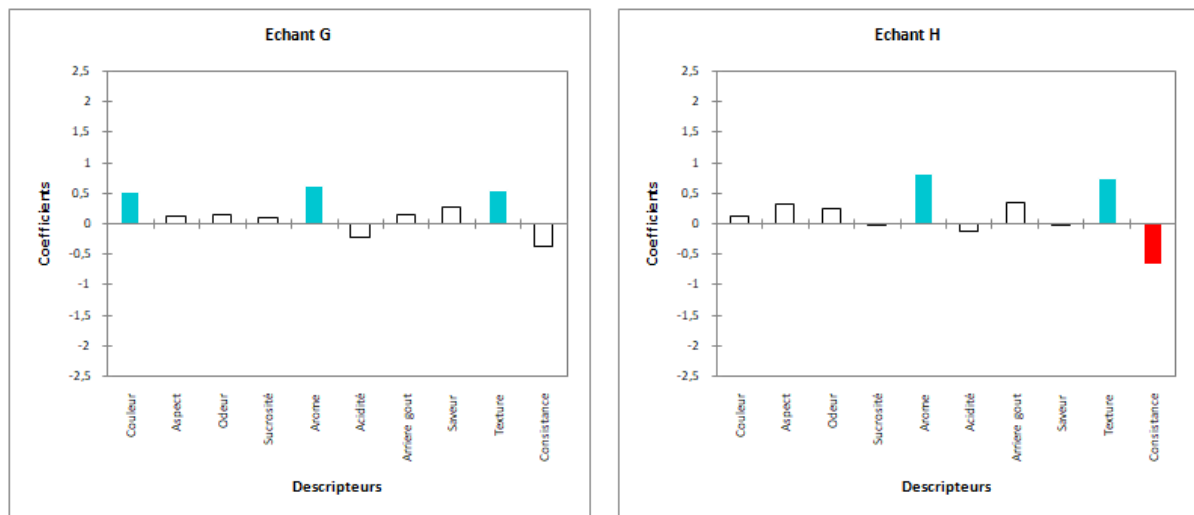
Les résultats illustrés dans la figure 14 rassemblent les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les différents échantillons de confitures de fraise formulés à base de mélasse de caroube.

D'après la figure on note que la texture, sucrosité, la couleur, l'arôme et l'acidité sont les descripteurs les plus discriminants. C'est à dire que les experts ont constatés des différences entre les caractéristiques des échantillons. En revanche, concernant les descripteurs restants à l'instar l'arrière-gout, l'aspect, l'odeur et la saveur présentent un pouvoir discriminant faible, sachant que le descripteur saveur est celui qui détient le pouvoir discriminant le plus faible. Donc, on déduit que les experts n'ont pas constatés des divergences entre les descripteurs des échantillons. Les p-values associées montrent toutes un effet significatif du descripteur (Annexe 3). D'une manière générale on déduit que les 8 échantillons de confitures ont des descripteurs différents qui les distinguent les uns par rapport aux autres.

#### 2.2.2.2 Coefficients des modèles

Ce test permet d'afficher, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné. Les résultats sont regroupés dans la figure 14.





**Figure 15** : Coefficients des modèles des échantillons de confitures.

Les résultats illustrés dans la figure 15 permettent de définir l'appréciation ou la non-appréciation des descripteurs des échantillons de confitures par les jurys experts.

- Pour l'échantillon A : la figure indique que les descripteurs couleur et consistance, présentés en bleu, sont les caractéristiques détectées de la part des membres de jurys, c'est-à-dire qu'ils sont appréciés par l'ensemble des jurys experts. La couleur présentée en rouge, est une caractéristique non appréciée par tous les jurys, qui représente les descripteurs acidité et texture. Ce qui nous amène à conclure que l'échantillon de confiture A présente une acidité et texture non appréciable. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon A est caractérisé par une couleur et consistance agréables et marqués.
- Pour l'échantillon B : la figure indique que les descripteurs acidité et texture, présentés en bleu, sont les caractéristiques détectées de la part des membres de jurys, c'est-à-dire qu'ils sont appréciés par l'ensemble des jurys experts. La couleur présentée en rouge, est une caractéristique non appréciée par tous les jurys, qui représente les descripteurs couleur, sucrosité et arôme. Ce qui nous amène à conclure que l'échantillon de confiture B présente une couleur, sucrosité et arôme non appréciables. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon B est caractérisé par une acidité et une texture agréables et marqués ;
- Concernant les deux échantillons C et D : la figure indique que la texture, présenté en bleu, est la seule caractéristique détectée de la part des membres de jurys, c'est-

à-dire que le descripteur texture, des deux est apprécié par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Et en rouge la caractéristique couleur et consistance qui ne sont pas appréciés par le jury. Donc en résumé, les échantillons de confiture C e D sont caractérisés par une texture agréable et une couleur et consistance non appréciés.

- Pour l'échantillon E : la figure indique que la texture, présentée en bleu, est la seule caractéristique détectée de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que le descripteur texture de l'échantillon E est apprécié par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon E est caractérisé par une texture agréable.
- Pour l'échantillon F : la figure indique que la texture, présenté en bleu, est la seule caractéristique détectée de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que le descripteur texture de l'échantillon F est apprécié par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Et en rouge la caractéristique couleur qui n'est pas appréciée par le jury. Donc en résumé, l'échantillon de confiture F est caractérisé par une texture agréable et une couleur et non apprécié ;
- Pour l'échantillon G : la figure indique que la couleur, l'arôme et la texture, présentés en bleu, sont caractéristiques détectées de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que les descripteurs précédents de l'échantillon G sont appréciés par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon F est caractérisé par une couleur, l'arôme et la texture agréables ;
- Pour l'échantillon H : la figure indique que l'arôme et la texture, présentés en bleu, sont des caractéristiques détectées de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que les descripteurs précédents de l'échantillon H sont appréciés par l'ensemble des jurys experts. En rouge la caractéristique consistance qui n'est pas appréciée par le jury. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys Donc en résumé, l'échantillon de confiture H est caractérisé par une texture et un arôme agréables et une consistance non appréciée.



### 2.2.2.3 Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. : Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés dans le tableau II.

Le tableau II met en évidence les moyennes croisées entre les différents produits et les caractéristiques. Les cellules en bleu représentent les moyennes qui sont significativement plus élevées que la moyenne globale, tandis que les cellules en rouge correspondent aux moyennes qui sont significativement plus faibles que la moyenne globale. Les cellules en blanc, quant à elles, indiquent des moyennes qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne globale.

Pour l'échantillon A, le descripteur sucrosité, couleur et consistance présentent un effet significativement positif sur le produit ; Concernant le produit B, il est caractérisé par une texture et une acidité forte. Ainsi que l'échantillon C et F. Pour l'échantillon G il est considéré comme une confiture présentant une texture, un arôme et une couleur avec un effet positif. En revanche pour l'échantillon H, les descripteurs texture et arôme présentent un effet significativement positif sur le produit.

**Tableau II** : Moyennes ajustées par produit pour les sujets experts

	Acidité	Texture	Saveur	Arrière gou	Arome	Odeur	Sucrosité	Aspect	Couleur	Consistance
Echant C	3,100	3,700	1,900	3,100	2,700	3,000	2,700	2,800	2,500	2,400
Echant B	3,454	3,501	1,726	3,064	2,206	3,131	2,321	3,362	2,761	2,927
Echant D	3,000	3,600	2,000	2,800	2,800	3,200	2,800	3,200	2,900	2,700
Echant F	3,000	3,800	1,700	3,300	3,400	3,400	2,700	3,400	3,000	2,800
Echant B	3,185	1,998	1,096	3,243	3,176	3,475	1,717	1,554	3,956	3,291
Echant E	3,000	3,500	1,800	3,300	3,200	3,700	2,800	2,800	3,400	2,900
Echant H	2,500	3,800	1,700	3,400	3,900	3,600	2,900	3,500	3,600	2,500
Echant G	2,400	3,600	2,000	3,200	3,700	3,500	3,000	3,300	4,000	2,800
Echant A	2,294	1,484	1,574	1,601	2,033	2,928	4,616	3,375	3,791	3,936
Echant A	0,351	1,643	1,832	3,595	3,701	3,647	3,460	4,623	4,880	5,575

### 2.2.3 Préférence MAPPING (Cartographie des préférences)

Cette méthode facilite la corrélation entre les préférences manifestées par les consommateurs et les caractéristiques physico-chimiques, sensoriels ou économiques des produits. Cette approche joue un rôle crucial, car c'est uniquement grâce à elle que les équipes marketing pourront ajuster les produits en fonction des préférences des consommateurs.

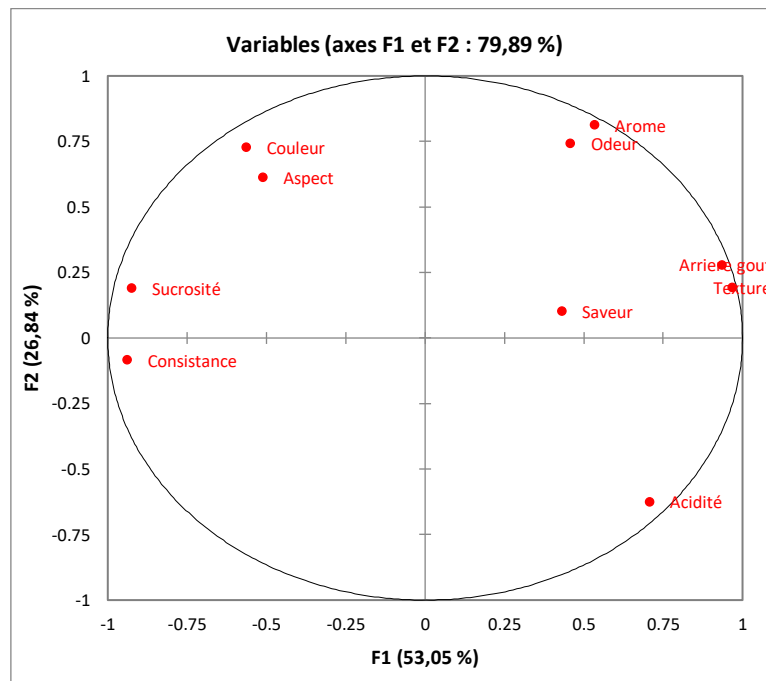
La méthode de cartographie des préférences permet de représenter visuellement, sur un même graphique en deux ou trois dimensions, à la fois des objets et des indications

indiquant le niveau de préférence des évaluateurs (généralement des consommateurs) à certains points de l'espace de représentation.

### 2.2.3.1 Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) est l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour l'analyse de données multi variée. Lorsque nous disposons d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) dans lequel les observations (individus, produits, etc.) sont décrites par un grand nombre de variables (descripteurs, attributs, mesures, etc.), il devient difficile de comprendre la structure des données et les relations entre les observations en se basant uniquement sur des statistiques descriptives univariées ou même sur une matrice de corrélation (Jolliffe, 2002)

La figure ci-après permet de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs par ACP :



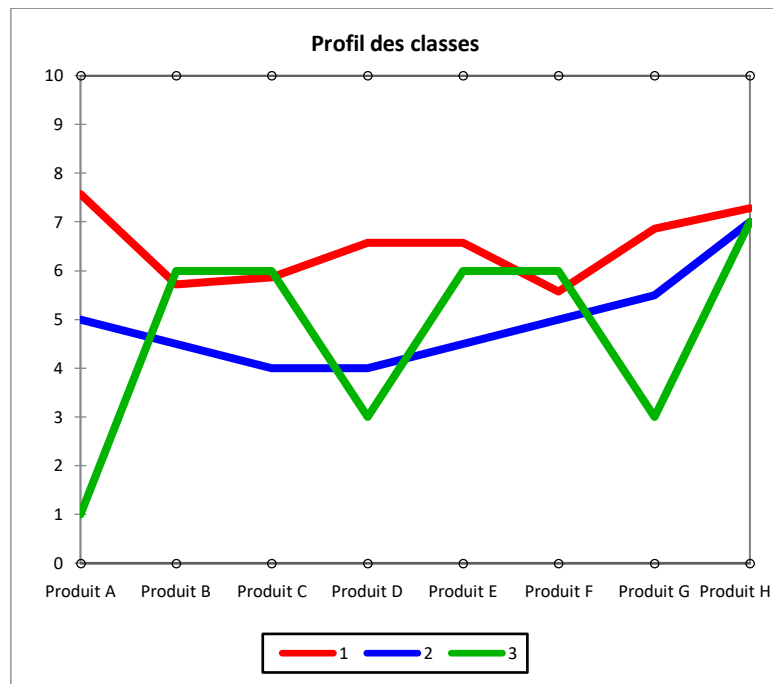
**Figure 16 :** Corrélations entre les variables et les facteurs.

La carte obtenue, dont la qualité est bonne puisqu'elle permet de représenter 79.89% de la variabilité, permet de constater que les produits ont été perçus par les experts comme assez différents. Etant donné que la figure 15 montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle.

### 2.2.3.2 Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Des regroupements successifs produisent un arbre binaire de classification (dendrogramme), dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus.

Ce dendrogramme représente une hiérarchie de partitions. Ce qui permet de choisir une partition en tronquant l'arbre à un niveau donné, le niveau dépendant soit des contraintes de l'utilisateur (l'utilisateur sait combien de classes il veut obtenir), soit de critères plus objectifs (Everitt *et al.*, 2001). Le graphe dans la figure 16 permet de représenter le profil des classes :



**Figure 17 : Profil des classes.**

L'application de l'analyse des données CAH génère plusieurs tableaux et graphes. Le graphe du profil des classes permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées.

**2.2.3.3 Synthèse de MAPPING des préférences**

Les résultats sont représentés dans les tableaux ci-après :

**Tableau VIII : Objets classés par ordre croissant de préférence juges satisfaits**

Classe1	Classe 2	Classe 3
Produit D	Produit E	Produit A
Produit E	Produit F	Produit E
Produit F	Produit D	Produit F
Produit B	Produit A	Produit D
Produit G	Produit B	Produit C
Produit H	Produit G	Produit B
Produit C	Produit C	Produit G
Produit A	Produit H	Produit H

**Tableau IX : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet**

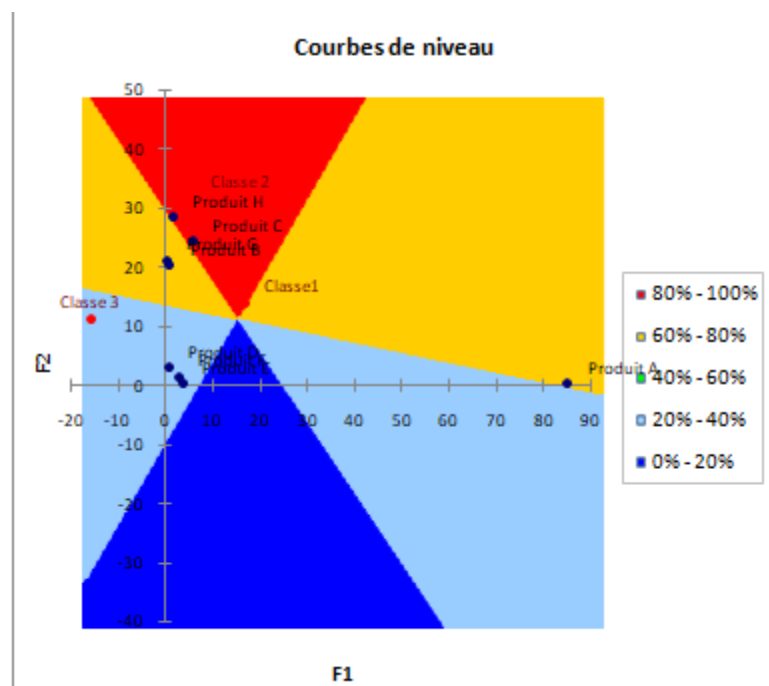
Objet	%
A	67%
B	67%
C	100%
D	33%
E	33%
F	33%
G	67%
H	100%

Le tableau VII correspond à la classification des objets par ordre croissant des préférences. Dans ce tableau les échantillons sont affichés par ordre croissant de préférence, pour chaque jury. L'échantillon le plus préféré selon la classe 1 est l'échantillon A, pour les classes 2 et 3 c'est l'échantillon H et pour le plus préféré est le H.

Le tableau VIII correspond au pourcentage de jurys satisfaits. Dans ce tableau sont affichés pour chaque produit le pourcentage de jurys étant au-dessus du seuil fixé. L'échantillon C et H présentent un pourcentage de satisfaction de 100%, suivi des échantillons A, B et G avec un pourcentage de 67%, et les échantillons D, E et F présentent le plus faible pourcentage par rapport aux autres échantillons qui est égal à 33%, cela veut dire que c'est les échantillons les moins appréciés.

**2.2.3.4 Courbe de niveau et carte des préférences**

La figure suivante définit la courbe des niveaux et la carte des préférences :



**Figure 18 :** Courbe de niveau et carte des préférences.

D'après la courbe des préférences (figure 17), les produits H et B sont aimés par 100% des experts par rapport aux autres produits de confiture.

# *Conclusion*

## *Conclusion*

---

Il convient de souligner que les principaux objectifs sont : la valorisation de la pulpe de caroube en vue de l'extraction de son précieux sirop (aussi connu sous le nom de mélasse), et son incorporation dans la confiture. L'exploitation de la gousse de caroube représente une opportunité inestimable pour augmenter la valeur des fruits et réaliser des bénéfices optimaux.

Les résultats obtenus dans la première partie de cette étude concernant la détermination de quelques analyses physico-chimiques de la mélasse après son extraction confirment de manière concluante notre hypothèse selon laquelle la mélasse de caroube présente une teneur importante en sucre totaux (50,07g/100g de matière sèche), ce qui en fait un ingrédient idéal pouvant être intégré efficacement dans la formulation des produits alimentaires à l'instar les confitures. Cette richesse en sucre offre une opportunité précieuse pour remplacer le sucre ajouté dans la confiture.

Les données recueillies ont démontré de manière significative que la mélasse de caroube présente une composition variée, avec une concentration élevée en polyphénols totaux ce qui fait d'elle une meilleure source d'antioxydants ainsi que une faible valeur de protéines (0,22 g/100g) et des HMF (10.47 mg/kg) et possède un pH acide (5,12).

La seconde partie a consisté, en l'incorporation de la mélasse de caroube dans une confiture de fraise élaborée à l'échelle laboratoire. Les résultats des analyses physico-chimiques de la confiture ont démontré que cette dernière a été préparée conformément aux normes en vigueur en ce qui concerne le degré Brix (55° -61° %), l'acidité (0,67%-0,76%). Les résultats de l'évaluation sensorielle ont dévoilé que la confiture avec adjonction de la mélasse de caroube à 50% est appréciée par une grande partie des dégustateurs par rapport à la confiture industrielle. Ces mêmes résultats ont démontré qu'elle est caractérisée par une bonne odeur et un arôme agréable.

En conclusion, les résultats obtenus indiquent que la mélasse de caroube peut être considérée comme une excellente source de sucres pour la préparation de confiture. Ces résultats soulignent également le potentiel de l'exploitation possible du caroubier algérien dans l'industrie alimentaire.

En somme, ces pistes de recherche suggèrent l'importance de poursuivre les études sur la valorisation de la caroube et de ses sous-produits en Algérie et mener une étude approfondie, afin de tirer pleinement parti des ressources locales et de créer un impact économique positif. L'Algérie étant l'un des principaux producteurs de caroube, il serait préférable d'exploiter pleinement le potentiel du caroubier algérien et d'offrir de

## *Conclusion*

---

nombreuses opportunités, que ce soit dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique ou cosmétique.

Il serait également opportun d'effectuer des analyses microbiologiques pour garantir la sécurité alimentaire de produit. De plus, il serait intéressant d'explorer les possibilités d'élargir les domaines d'application de la mélasse au-delà de la confiture.

Par ailleurs, il serait intéressant de valoriser le sous-produit de la mélasse (partie solide) après son extraction et d'effectuer des analyses.

*Références  
bibliographiques*



## -A-

- **AFNOR (1974).** Produits dérivés des fruits et légumes - Détermination de l'acidité titrable NF V05-101. Paris, France : Association Française de Normalisation.
- **Ait 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.
- **Aslanova, D., Bakkalbasi, E., & Artik, N. (2010).** Effect of storage on 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formation and color change in jams. *International Journal of Food Properties*, 13(4), 904-912.
- **Atasoy, A. F. (2009).** The effects of carob juice concentrate on the properties of yoghurt. *International journal of dairy technology*, 62(2), 228-233.
- **Avallone, R., Plessi, M., Baraldi, M., & Monzani, A. (1997).** Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of food composition and analysis*, 10(2), 166-172.
- **Ayache, S. B., Reis, F. S., Dias, M. I., Pereira, C., Glamočlija, J., Soković, M., ... & Achour, L. (2021).** Chemical characterization of carob seeds (*Ceratonia siliqua* L.) and use of different extraction techniques to promote its bioactivity. *Food Chemistry*, 351, 129263.

## -B-

- **Badem, A., & Alpkent, Z. (2018).** Production of ice cream with carob bean pekmez (molasses). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(1), 239035.
- **Batista, M. T., Amaral, M. T., & Da Cunha, A. P. (1996).** Carob fruits as a source of natural antioxidants. In *Proceedings of the III International Carob Symposium. Cabanas-Tavira, Portugal*.
- **Battle, I., & Tous, J. (1997).** *Carob tree Ceratonia siliqua L.*
- **Belović, M., Torbica, A., Pajić-Lijaković, I., & Mastilović, J. (2017).** Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. *Food chemistry*, 237, 1226-1233.
- **Benmahioul, B., Harche, M. K., & Daguin, F. (2011).** Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, 32(1), 51-58.

- **Bernardo-Gil, M. G., Roque, R., Roseiro, L. B., Duarte, L. C., Gírio, F., & Esteves, P. (2011).** *Supercritical extraction of carob kibbles (Ceratonia siliqua L.). The Journal of Supercritical Fluids, 59, 36-42.*
- **Bogdanov, S., Martin, P., & Lullmann, C. (2002).** Harmonised methods of the international honey commission. *Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, 5, 1-62.*
- **Bouaziz, A., Zidi, I., & Mnif, W.** La gomme de caroube: trésor industriel?.
- **Boublenza, I., Ghezlaoui, S., Mahdad, M., Vasai, F., & Chemat, F. (2019).** Populations de caroubier d'Algérie (*Ceratonia siliqua L.*). Variabilité morphologique et chimique de leurs fruits et graines. *Scientia Horticulturae* , 256 , 108537.
- **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.*
- **Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry, 72(1-2), 248-254.*

### -C-

- **Candolle, A. D. (1883).** Origine des plants cultivées. 10. a edición. *Ballière, Paris.*
- **Clodoveo, M. L., Crupi, P., Muraglia, M., & Corbo, F. (2022).** Processing of carob kernels to syrup by ultrasound-assisted extraction. *Processes, 10(5), 983.*
- **Crupi, P., Dipalmo, T., Clodoveo, M. L., Toci, A. T., & Coletta, A. (2018).** Seedless table grape residues as a source of polyphenols: Comparison and optimization of non-conventional extraction techniques. *European Food Research and Technology, 244, 1091-1100.*

### -D-

- **Dimassi, O., Fawaz, R., & Rached, M. (2019).** Effect of soaking time, interval, temperature and and ground carob size on carob permeate Brix value. *International journal of Science, Environment and Technology, 8(3), 472-481.*

- **Dongare, M. L., Buchade, P. B., Awatade, M. N., & Shaligram, A. D. (2014).** Mathematical modeling and simulation of refractive index based Brix measurement system. *Optik*, 125(3), 946-949.
- **DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.

## -E-

- **El Batal, H., Hasib, A., Ouatmane, A., Dehbi, F., Jaouad, A., & Boulli, A. (2016).** Sugar composition and yield of syrup production from the pulp of Moroccan carob pods (*Ceratonia siliqua* L.). *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S955-S959.
- **Elaoufi, MM, Bouterfas, K., Djebbar, AA, Meziani, S., Rezki, H., Kermas, F., ... & Yasmina, BM (2022).** COMPOSITION CHIMIQUE, EFFETS ANTI-ULCÉREUX ET ANTI-INFLAMMATOIRES DES GOUSSES DE CAROUBE (*CERATONIA SILIQUA* L.) POLYPHÉNOLS D'AIN TEMOUCHENT. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences* , 12 (2).
- **Emberger, L. (1938).** Arbres du Maroc et comment les reconnaître.
- **EVERITT B.S., LANDAU S. ET LEESE M. (2001).** Cluster analysis, 4ème éd. Arnold, London, p. 16.
- **Evreinoff, V. A. (1947).** Le Caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 27(299), 389-401.
- **Evreinoff, V. A. (1948).** Le cognassier. *Les fruits à pépins. Collection la terre. Flammarion, Paris*, 215-232.

## -F-

- **FAOSTAT (2020).** FAO Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Accessed 17-May-202
- **Fidan, H., Petkova, N., Sapundzhieva, T., Baeva, M., Goranova, Z., Slavov, A. et Krastev, L. (2020).** SIROP DE CAROUBE ET FARINE DE CAROUBE (*CERATONIA SILIQUA* L.) COMME INGRÉDIENTS FONCTIONNELS DANS LES GÂTEAUX ÉPONGES. *Carpathian Journal of Food Science & Technology* , 12 (2).

## -G-

- **Goulas, V., & Aresti, P. (2021).** Physicochemical properties of carob syrup reveal d-pinitol as an index of sucrose supplementation. *Food and Environment Safety Journal*, 20(3).
- **Goulas, V., Stylos, E., Chatziathanasiadou, M. V., Mavromoustakos, T., & Tzakos, A. G. (2016).** Functional components of carob fruit: Linking the chemical and biological space. *International journal of molecular sciences*, 17(11), 1875.
- **Guérin, B., Gauthier, A., & Ortlieb, J. (1978).** *Les sirops: saccharose, glucose, fructose et autres édulcorants: valeur technologique et utilisation.* Centre de Documentation Intern. des Industries Utilisatrices de Produits Agricoles.

## -H-

- **Haddarah, A. (2013).** L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. *Le 12 Décembre 2013.*
- **Harrill, R. (1998).** Using a refractometer to test the quality of fruits and vegetables. *PUBLISHING, Éd.*
- **HUSSON F., PAGÈS J. (2009).** SensoMiner dans Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique, 3ème éd. Lavoisier, vol. 23, p. 16.

## -I-

- **Ikegaya, A., Ohba, S., Nakajima, T., Toyozumi, T., Ito, S., & Arai, E. (2020).** Practical long-term storage of strawberries in refrigerated containers at ice temperature. *Food Science & Nutrition*, 8(9), 5138-5148.
- **Inam, A. K. M. S., Hossain, M. M., Siddiqui, A. A., & Easani, M. (2012).** Studies on the development of mixed fruit marmalade. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 5(2), 315-322.

## -J-

- **Johnson, S., Bruun, P., & Okkala, P. (1988).** Application of LBC in food and pet food systems. In *Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.)*. Valencia, Spain (pp. 577-587).
- **JOLLIFFE I.T. (2002).** Principal Component Analysis, 2ème éd. Springer, New York, p. 13-18.

## -K-

- **Kaderi, M., Hamouda, G. B., Zaeir, H., Hanana, M., & Hamrouni, L. (2014).** Notes ethnobotanique et phytopharmacologique.
- **Kang, N. E., & Cho, M. S. (2008).** Quality characteristics of strawberry jam added with various levels of resistant starch. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 21(4), 457-462.
- **Karababa, E., & Coşkuner, Y. (2013).** Propriétés physiques de la fève de caroube (*Ceratonia siliqua* L.) : Une culture productrice de gomme industrielle. *Cultures et produits industriels* , 42 , 440-446.
- **Karaca, O. B., Saydam, I. B., & Güven, M. (2012).** Physicochemical, mineral and sensory properties of set-type yoghurts produced by addition of grape, mulberry and carob molasses (Pekmez) at different ratios. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1), 111-117.
- **Karaman, S., & Kayacier, A. (2011).** Effect of temperature on rheological characteristics of molasses: Modeling of apparent viscosity using Adaptive Neuro–Fuzzy Inference System (ANFIS). *LWT-Food Science and Technology*, 44(8), 1717-1725.
- **Kaya, A., & Belibağlı, K. B. (2002).** Rheology of solid gaziantep pekmez. *Journal of Food Engineering*, 54(3), 221-226.
- **Khelifa, M., Bahloul, A., & Kitane, S. (2013).** Determination of chemical composition of carob pod (*Ceratonia siliqua* L) and its morphological study. *J. Mater. Environ. Sci*, 4(3), 348-353.
- **Kivrak, I., Kivrak, S., Harmandar, M., & Cetintas, Y. (2013).** Phenolic compounds of *Pinus brutia* Ten.: chemical investigation and quantitative analysis

using an ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry with electrospray ionization source. *Records of Natural Products*, 7(4), 313.

- **Kıvrak, N. E., Aşkın, B., & Küçüköner, E. (2015).** Comparison of some physicochemical properties of locust bean seeds gum extracted by acid and water pre-treatments. *Food and Nutrition Sciences*, 6(02), 278.
- **Koyuncu, M. A., & Dilmaçınal, T. (2010).** Determination of vitamin C and organic acid changes in strawberry by HPLC during cold storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3), 95-98.
- **Kramer, A. (1970).** *Quality control for the food industry* (No. 664 K8601q Ej. 1 010650). AVI PUBLISHING COMPANY.

### -M-

- **Makris, D. P., & Kefalas, P. (2004).** Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Technology and Biotechnology*, 42(2), 105-108.
- **Mekhoukhe, A., Kicher, H., Ladjouzi, A., Medouni-Haroune, L., Brahmi, F., Medouni-Adrar, S., & Madani, K. (2019).** Activité antioxydante des graines de caroube et composition chimique de leurs sous-produits de gomme de haricot. *Journal de médecine complémentaire et intégrative* , 16 (1).
- **Mekhoukhe, A., Mohellebi, N., Mohellebi, T., Deflaoui-Abdelfettah, L., Medouni-Adrar, S., Boulekbache-Makhlouf, L., & Madani, K. (2021).** Jam processing: Effect of pectin replacement by locust bean gum on its characteristics. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 14(1), 13-24.
- **Musa Özcan, M., Arslan, D., & Gökçalik, H. (2007).** Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. *International journal of food sciences and nutrition*, 58(8), 652-658.

### -O-

- **Orphanos, P., Papaconstantinou, J. (1969).** The carob varieties of Cyprus. Cyprus agricultural research institute ministry of agriculture and natural resources, 1-27.

## **-P-**

- **Pádua, M. D., Fontoura, P. S. G., & Mathias, A. L. (2004).** Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützinger) bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (Delile). *Brazilian archives of biology and technology*, 47, 49-55.
- **Pagès, J., & Périnel, E. (2004).** Panel performance and number of evaluations in a descriptive sensory study. *Journal of sensory studies*, 19(4), 273-291.
- **Papaefstathiou, E., Agapiou, A., Giannopoulos, S., & Kokkinofta, R. (2018).** Nutritional characterization of carobs and traditional carob products. *Food science & nutrition*, 6(8), 2151-2161.

## **-Q-**

- **Quezel, P., & Santa, S. (1962).** New flora of Algeria and southern desert regions. *New flora of Algeria and southern desert regions*.

## **-R-**

- **Rababah, T. M., Al-u'datt, M., Ereifej, K., Almajwal, A., Al-Mahasneh, M., Brewer, S., ... & Yang, W. (2013).** Chemical, functional and sensory properties of carob juice. *Journal of Food Quality*, 36(4), 238-244.
- **Rahman, M. A., Lee, S. H., Ji, H. C., Kabir, A. H., Jones, C. S., & Lee, K. W. (2018).** Importance of mineral nutrition for mitigating aluminum toxicity in plants on acidic soils: current status and opportunities. *International journal of molecular sciences*, 19(10), 3073.
- **Rejeb, M. N. (1995).** Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration. *Quel avenir pour l'amélioration des plantes*, 79-85.
- **Ribéreau-gayon, P. (1968).** Polyphenolic constituents of plants. *Polyphenolic constituents of plants*.

## **-S-**

- **Sbay, H. (2008).** *Le Caroubier au Maroc: un arbre d'avenir*. Centre de recherche forestière.
- **Schweinfurth, G. (1894).** Sammlung Arabisch-aethiopischer Pflanzen, Ergebnisse von Reisen in den Jahren 1881, 1888-89, 1891-92. *Bull. Herb. Boissier*, 2, 1-114.

- **Sengül, M., Fatih Ertugay, M., Sengül, M., & Yüksel, Y. (2007).** Rheological characteristics of carob pekmez. *International Journal of Food Properties*, 10(1), 39-46.
- **Shalabi, O. M. (2022).** Antioxidant, antibacterial, and antitumor activities of goat's stirred yoghurt fortified with carob molasses. *Annals of Agricultural Sciences*, 67(1), 119-126.
- **Shalabi, O. M. (2022).** Antioxidant, antibacterial, and antitumor activities of goat's stirred yoghurt fortified with carob molasses. *Annals of Agricultural Sciences*, 67(1), 119-126.
- **Simsek, A., & ARTIK, N. (2002).** Değişik meyvelerden üretilen pekmezlerin bileşim unsurları üzerine araştırma. *Gıda*, 27(6).

## -T-

- **Taştan, Ö., Sözgen, G., Baysal, T., & Türköz, B. K. (2019).** Production of prebiotic 6-kestose using *Zymomonas mobilis* levansucrase in carob molasses and its effect on 5-HMF levels during storage. *Food chemistry*, 297, 124897.
- **Tetik, N., & Yüksel, E. (2014).** Ultrasound-assisted extraction of d-pinitol from carob pods using response surface methodology. *Ultrasonics sonochemistry*, 21(2), 860-865.
- **Tetik, N., Turhan, İ., Karhan, M., & Öziyici, H. R. (2010).** Characterization of, and 5-hydroxymethylfurfural concentration in carob pekmez. *Gıda*, 35(6), 417-422.
- **Tetik, N., Turhan, I., Oziyici, H. R., & Karhan, M. (2011).** Determination of D-pinitol in carob syrup. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(6), 572-576.
- **Toker, O. S., Dogan, M., Ersöz, N. B., & Yilmaz, M. T. (2013).** Optimization of the content of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formed in some molasses types: HPLC-DAD analysis to determine effect of different storage time and temperature levels. *Industrial Crops and Products*, 50, 137-144.
- **Toufeili, I., Itani, M., Zeidan, M., Al Yamani, O., & Kharroubi, S. (2022).** Nutritional and Functional Potential of Carob Syrup Versus Date and Maple Syrups. *Food Technology and Biotechnology*, 60(2), 266-278.



- **Tounsi, L., & Kechaou, N. (2022).** Comparative study between carob and date syrups. *JOURNAL OF OASIS AGRICULTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, 4(3), 55-61.
- **Tounsi, L., Ghazala, I., & Kechaou, N. (2019).** Physicochemical and phytochemical properties of Tunisian carob molasses. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(1), 20-30. doi: 10.1007/s11694-019-00263-9
- **Tounsi, L., Karra, S., Kechaou, H., & Kechaou, N. (2017).** Processing, physicochemical and functional properties of carob molasses and powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 1440-1448.
- **Tounsi, L., Kchaou, H., Chaker, F., Bredai, S., & Kechaou, N. (2019).** Effect of adding carob molasses on physical and nutritional quality parameters of sesame paste. *Journal of food science and technology*, 56, 1502-1509.
- **Tounsi, L., Kechaou, H., & Kechaou, N. (2021).** Etude des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du sirop de caroube. *Journal of Oasis Agriculture and Sustainable Development*, 3(1), 20-25.

## -U-

- **Uribe-Wandurraga, Z. N., Bravo-Villar, M., Igual, M., Savall, C., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2021).** Sugar and no sugar added fruit microalgae-enriched jams: a study about their physicochemical, rheological, and textural properties. *European Food Research and Technology*, 247(10), 2565-2578.

## -V-

- **Van Rijs, P., & Fogliano, V. (2020).** La torréfaction de la farine de caroube diminue la capacité à lier les glycoconjugués des acides biliaires. *Nourriture et fonction*, 11 (7), 5924-5932.
- **Vavilov, NI (1951).** *L'origine, la variation, l'immunité et la sélection des plantes cultivées* (Vol. 72, No. 6, p. 482). LWW.

**-W-**

- **Wang, L., & Curtis, L. (2006).** Weller, Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 300-312.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.004>

**-Y-**

- **Yoğurtçu, H., & Kamışlı, F. (2006).** Determination of rheological properties of some pekmez samples in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 1064-1068.

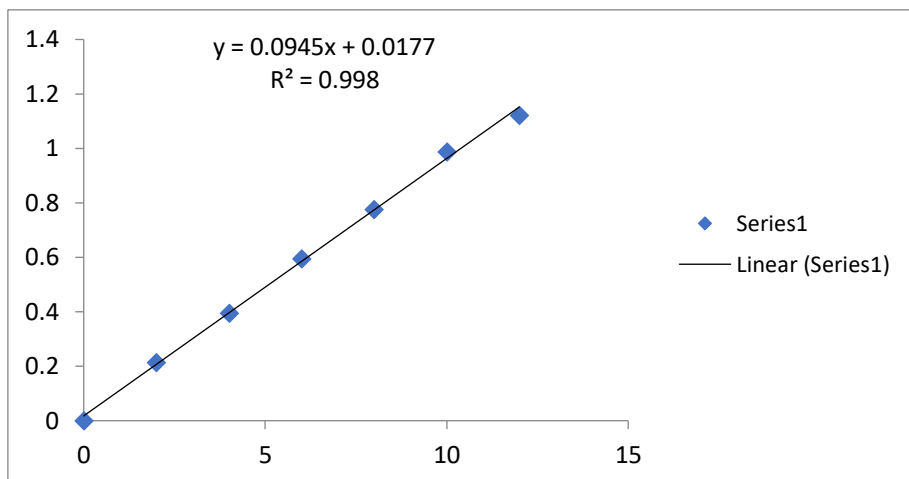
**-Z-**

- **Zohary, M. (1973).** *Geobotanical foundations of the Middle East*. Fischer.

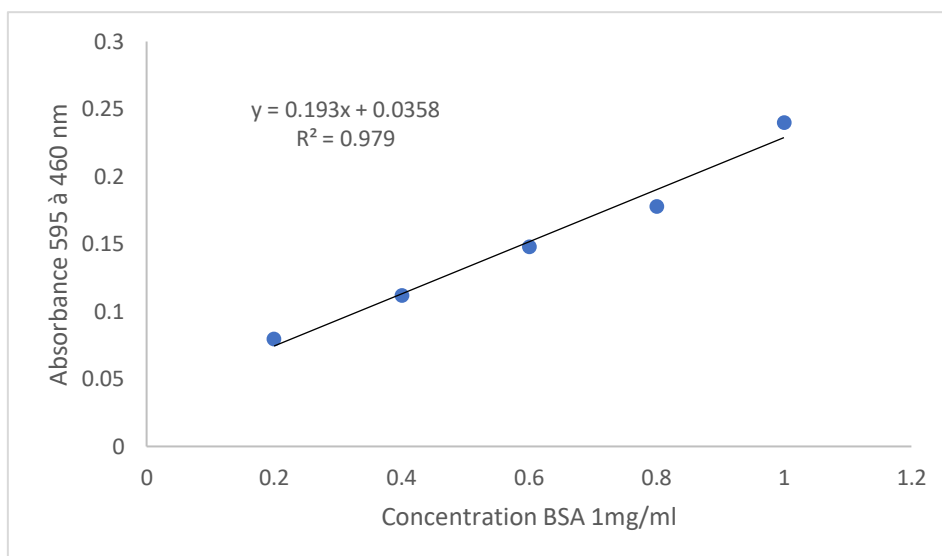
# *Annexes*

# Annexes

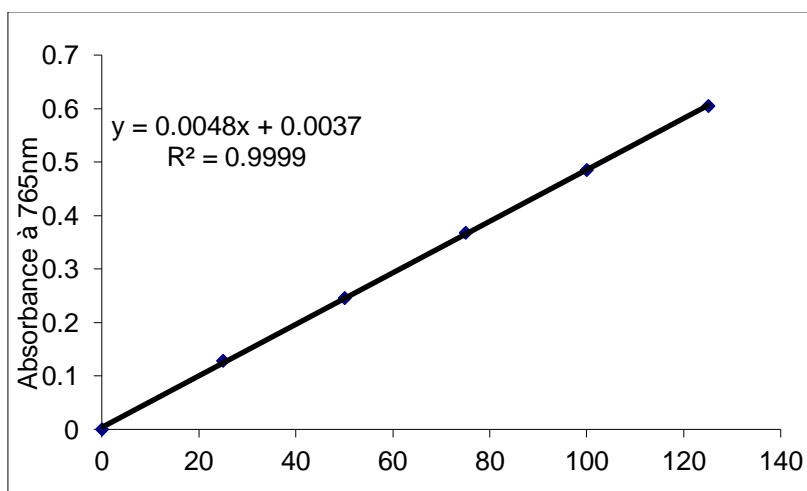
## Annexe 1



**Figure 1 : Courbe d'étalonnage de glucose**



**Figure 2 : Courbe d'étalonnage de BSA**



**Figure 3 : Courbe d'étalonnage de Polyphénols totaux**

# Annexes

---

## Annexe 2

### Questionnaire pour l'évaluation sensorielle de confiture de fraise

Sexe : F ou H

Date : .. /.../....

Age: .....

Dans le cadre d'une analyse sensorielle d'une confiture de fraise, 8 échantillons A, B, C, D, E, F, J et H codés respectivement 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206 et 207 vous sont présentés, Il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques et d'attribuer une note pour chaque échantillon sur une échelle de 1 à 5 comme suit :

**NB ; Veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.**

#### 1. Couleur (sans goûter)

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

200	201	202	203	204	205	206	207

2.

#### Aspect

1. Très terne
2. Terne
3. Moyen
4. Brillant
5. Très brillant

200	201	202	203	204	205	206	207

#### 3. Odeur (sans goûter)

- 1 Très faiblement intense
- 2 Faiblement intense
- 3 Moyennement intense
- 4 Fortement intense
- 5 Très fortement intense

4.

200	201	202	203	204	205	206	207

#### Sucrosité (Goût sucré)

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

## Annexes

---

5.

200	201	202	203	204	205	206	207

### Arome (Sensation en bouche)

1. Absent
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

6.

200	201	202	203	204	205	206	207

### Acidité (Sensation en bouche)

1. Très faiblement acide
2. Faiblement acide
3. Moyennement acide
4. Fortement acide
5. Très fortement acide

7.

200	201	202	203	204	205	206	207

### Arrière-gout

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

8.

200	201	202	203	204	205	206	207

### Saveur ou Arome Identifié (Sensation en bouche)

1. Aucun
2. Caroube
3. Datte
4. Caramel
5. Grenade

10.

200	201	202	203	204	205	206	207

### Texture en bouche

1. Pâteux
2. Très pâteux
3. Moyen
4. Onctueux

## Annexes

---

### 5. Très onctueux

9.

200	201	202	203	204	205	206	207

#### Consistance

1. Très mou
2. Mou
3. Moyenne
4. Gélifiante
5. Très gélifiante

200	201	202	203	204	205	206	207

.

#### Préférence générale :

Donnez une note de préférence de 1 à 9 pour chaque échantillon sachant que la note 1 correspond au moins préféré et la note 9 au plus préféré selon l'échelle ci-dessous :

1 : Extrêmement désagréable, 2 : Très désagréable, 3 : Désagréable, 4 : Assez désagréable, 5 : Ni agréable ni désagréable, 6 : Faiblement agréable, 7 : Agréable, 8 : Très agréable, 9 : Extrêmement agréable.

200	201	202	203	204	205	206	207

## Annexes

---

### Annexe 3

**Tableau I : Pouvoir discriminant par descripteur**

Descripteurs	Valeurs test	p-values
Texture	7,259	0,000
Sucrosité	4,324	0,000
Consistance	3,897	0,000
Couleur	3,866	0,000
Arome	3,503	0,000
Acidité	2,327	0,010
Arrière-gout	2,143	0,016
Aspect	0,971	0,166
Odeur	0,209	0,417
Saveur	-0,671	0,749



## **Résumé**

Cette étude vise à valoriser le sous-produit de caroube (mélasse) en l'incorporant dans la fabrication des confitures, tout en évaluant son impact sur les propriétés des confitures. Les analyses montrent que le sirop de caroube est riche en sucre par rapport aux autres composants. Les analyses physico-chimiques révèlent que l'ajout de mélasse de caroube influence les caractéristiques de la confiture, telles que l'acidité, le pH et le taux de Brix.

L'évaluation sensorielle de la confiture élaborée montre la satisfaction des dégustateurs avec un pourcentage de 100% pour la confiture qui contient une proportion élevée de mélasse de caroube.

**Mot clés :** Caroube, mélasse, confiture, taux de Brix, physico-chimiques.

## **Abstract**

This study aims to add value to the carob by-product (molasses) by incorporating it into the manufacture of jams, while assessing its impact on jam properties. Analyses show that carob syrup is rich in sugar compared with the other components. Physico-chemical analyses reveal that the addition of carob molasses influences jam characteristics such as acidity, pH and Brix level.

Sensory evaluation of the jams produced showed that tasters were satisfied, with a percentage of 100% for jams containing a high proportion of carob molasses.

**Key words:** Carob, molasses, jam, Brix level, Physico-chemical.