

Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Incorporation de la gomme de caroube dans la  
fabrication de la confiture**

Présenté par :

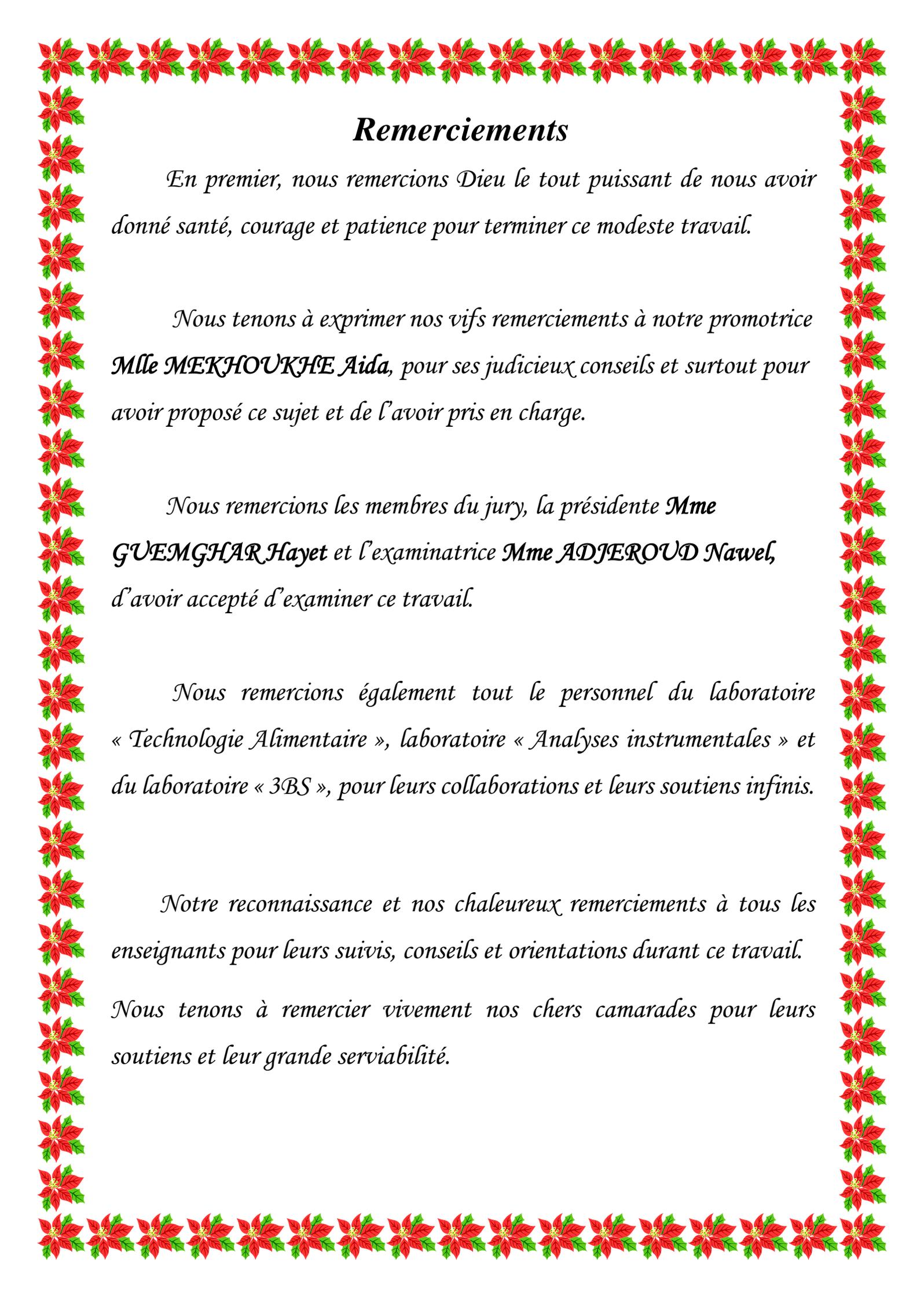
**Mohellebi Tayeb et Mohellebi Nacer**

Soutenu le : **01 juillet 2019 à 10 h 30 min**

Devant le jury composé de :

M. GUEMGHAR. Hayet	MCA	Présidente
Melle. MEKHOUKHE.Aida	MCB	Encadreur
Melle. ADJEROUD .Nawel	MCB	Examinatrice

**Année universitaire : 2018 / 2019**



## **Remerciements**

*En premier, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné santé, courage et patience pour terminer ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice **Mlle MEKHOUKHE Aida**, pour ses judicieux conseils et surtout pour avoir proposé ce sujet et de l'avoir pris en charge.*

*Nous remercions les membres du jury, la présidente **Mme GUEMGHAR Hayet** et l'examinatrice **Mme ADJEROUD Nawel**, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous remercions également tout le personnel du laboratoire « Technologie Alimentaire », laboratoire « Analyses instrumentales » et du laboratoire « 3BS », pour leurs collaborations et leurs soutiens infinis.*

*Notre reconnaissance et nos chaleureux remerciements à tous les enseignants pour leurs suivis, conseils et orientations durant ce travail.*

*Nous tenons à remercier vivement nos chers camarades pour leurs soutiens et leur grande serviabilité.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à mes chers parents qui m'ont encouragé et soutenu durant mes années d'études.*

*A mon cher ami et binôme tayeb et sa famille qui m'ont soutenu durant ce travail.*

*A mes adorables frères et sœurs, Bouzid, Akila, Rahima, Anissa, Wafa, Hakima, Karim, et à leurs enfants.*

*A mes copains de chambre, Kamal, Hicham.*

*A mes camarades, Amar, Halim, Lyes, Razika, Arezki.*

*A mes amis, Abd essamia, Tahar, Mokran, Amar, Lotfi, Didi, Syphax, Louis, Sofiane, Said, Phérif.*

*A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin durant ce travail.*

*A la mémoire de mon père.*

*Nacer*



# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à ma famille, à mes chers parents qui m'ont aidé et soutenu durant mon parcours universitaire.*

*A mon frère « Cherif » et ma sœur « Amel ».*

*A mon frère, ami, binôme et cousin Nacer.*

*A mes chers camarades : halim, Amar, Lyes, et à tous les autres Etudiants.*

*A mes amis : Louis, Syphax, Rayane, Anis, Said, Fouad.*

*A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin durant ce travail.*



Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

## *Sommaire*

Introduction ..... 1

### *Partie théorique*

I. Généralités sur le caroubier..... 2

I.1. Description..... 2

I.2. Classification..... 3

I.3. Origine et répartition géographique ..... 4

I.3.1. Origine du Caroubier..... 4

I.3.2. Distribution géographique du Caroubier..... 4

I.4. Composition chimique ..... 5

I.5. Utilisation de la caroube ..... 5

II. Gomme de caroube ..... 6

II.1. Description..... 6

II.2. Composition de la gomme ..... 6

II.3. Propriétés ..... 7

II.4. Extraction de la gomme ..... 7

II.5. Utilisation ..... 7

III. Fruit utilisé ..... 8

III.1 Généralités Sur les fraises ..... 8

III.2. Classification botanique ..... 8

III. 3. Description ..... 9

III.4. Composition nutritionnelle de la fraise ..... 10

IV. Confiture ..... 10

IV.1. Définition des confitures ..... 10

IV.2. Différents types de confitures ..... 11

IV.3. Procédés de fabrication des confitures ..... 11

IV.3.1. Production artisanale ..... 11

IV.3.2. Production industrielle ..... 12

### ***Matériel et méthodes***

I. Plan de travail ..... 13

II. Matériel végétal ..... 13

    II.1. Préparation de la matrice végétale ..... 13

    II.2. Essai d'extraction de la gomme de caroube..... 14

III. Composition chimique de la gomme de caroube brute (GCB) ..... 16

    III.1. Dosage des sucres totaux..... 16

    III.2. Détermination des protéines ..... 16

    III.3. Dosage des fibres..... 18

    III.4. Dosage des cendres ..... 18

    III.5. Lipides ..... 19

    III.6. Test de l'humidité..... 19

    III.7. Mesure de pH ..... 19

IV. Etude rhéologique ..... 20

    IV.1. Test de solubilité ..... 20

    IV.2. Mesure de la viscosité ..... 20

V. Essai de production de confiture ..... 21

VI. Analyse physico-chimique ..... 22

    VI.1. Détermination du pH..... 22

    VI.2. Détermination de l'acidité..... 22

    VI.3. Détermination du degré Brix..... 23

VII. Analyse microbiologique ..... 24

    VII.1. Recherche et dénombrement des levures et moisissures ..... 24

VIII. Évaluation sensorielle..... 25

### ***Résultats et discussion***

I. Composition physico- chimique de la gomme..... 26

II. Détermination de quelques propriétés de la gomme ..... 28

II.1. Détermination de la solubilité.....	28
II.2. Détermination de la viscosité.....	29
III. Valorisation de la gomme .....	30
III.1. Analyses physico-chimiques de la confiture .....	31
III.1.1. Degré de Brix .....	31
III.1.2. Détermination du pH.....	31
III.1.3. Détermination de l'acidité .....	32
III.2. Résultats d'analyses microbiologique .....	32
III.3. Analyses sensorielle .....	34
III.3.1. Test du plan d'expérience.....	34
III.3.2. Caractérisation des produits .....	34
III.3.2.1. Pouvoir discriminant par descripteur .....	34
III.3.2.2. Moyennes ajustée par produit .....	35
III.3.5. Préférence MAPPING (Cartographie des préférences).....	36
III.3.5.1. Analyse en composantes principales (ACP).....	36
III.3.5.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	37
III.3.5.3. Carte des préférences.....	38
conclusion.....	40

Références bibliographiques.

Annexes.

Résumé.

## Liste des abréviations

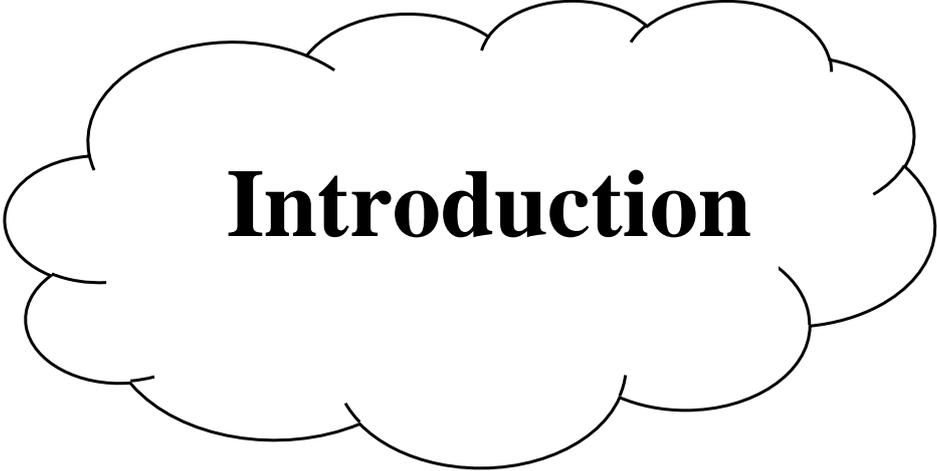
- **Bx** : taux de brix.
- **DSA** : Directions des Services Agricoles.
- **E410** : Epaississant.
- **EQ (A.C)** : équivalent gramme d'acide citrique
- **FAO** : Foode Agrricultural Organisation
- **GCB** : gomme de caroube brute.
- **RPM** : Rotation par minute.
- **Cp** : Centipoise.
- **GC** : Gomme de caroube.
- **E** : Echantillon.
- **ACP** : Analyse en composantes principales.
- **ACM** : Analyse des correspondants multiples.
- **CAH** : Classification ascendante hiérarchique.
- **ANSES** : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

## Liste des figures

Numéro de la figure	Titre de la figure	Numéro de la page
<b>1</b>	Feuille du caroubier	2
<b>2</b>	Inflorescence mal A) et inflorescence femelle B)	2
<b>3</b>	Fruit du caroubier	3
<b>4</b>	Graines du caroubier	3
<b>5</b>	Distribution du caroubier dans le monde	4
<b>6</b>	Distribution de caroubier en Algérie	5
<b>7</b>	Structure des galactomannanes	5
<b>8</b>	Photographie de champ de la production de la fraise	9
<b>9</b>	Diagramme de fabrication de la confiture industrielle	12
<b>10</b>	Plan du travail.	13
<b>11</b>	Carte géographique de la provenance du matériel végétale	14
<b>12</b>	A) Photographie des fruits (gousses). B) Photographie des graines de caroube.	14
<b>13</b>	A) Photographie des graines décortiquées, B) Photographie de l'endosperme, C) Photographie des germes séparés, D) Photographie de la poudre de gomme brute	16
<b>14</b>	Diagramme de l'essai de fabrication de confiture de fraise	21
<b>15</b>	Cinétique de solubilité de la gomme de caroube à 25°C et à 80°C	29
<b>16</b>	Variation de la viscosité en fonction de la vitesse de rotation	30
<b>17</b>	Pouvoir discriminant par le descripteur des experts	35
<b>18</b>	Corrélations entre les variables (a) et les facteurs (b)	36
<b>19</b>	Profil des différentes classes	37
<b>20</b>	Courbe de niveau et carte des préférences avec les caractéristiques des échantillons	38

## Liste des tableaux

<b>Numéro du tableau</b>	<b>Titre des tableaux</b>	<b>Numéro de page</b>
<b>I</b>	Composition chimique de la pulpe	5
<b>II</b>	Composition chimique de la gomme	7
<b>III</b>	Différentes utilisations industrielles de la gomme	8
<b>IV</b>	Composition moyenne de la fraise en nutriments	10
<b>V</b>	Composition des échantillons de la confiture préparée	22
<b>VI</b>	Analyses des propriétés physico- chimique de la gomme de caroube	26
<b>VII</b>	Résultats des analyses physico-chimique de la confiture	31
<b>VIII</b>	Résultats d'analyses microbiologique	33
<b>IX</b>	Evaluation du plan d'expériences	34
<b>X</b>	Moyennes ajustées par produit pour les sujets experts	35
<b>XI</b>	Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet	38



# **Introduction**

### Introduction

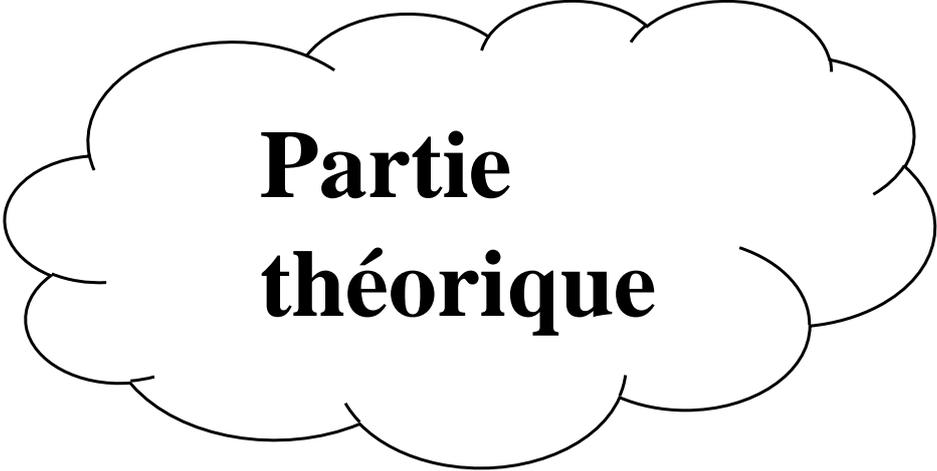
Le caroubier connu sous le nom de *Ceratonia siliqua* L, est une espèce méditerranéenne très connue et cultivée depuis l'antiquité (**Batle et Tous, 1997**). Son importance s'est considérablement accrue ces dernières années, de part le développement industriel de la caroube, devenue une matière première indispensable (**Sbay, 2008**).

Le fruit couramment appelée caroube ou gousse, dispose d'un grand gain économique, biologique et agronomique grâce aux attributs de ces composants dont la pulpe et la graine. La pulpe est utilisée comme une alternative du cacao dans la fabrication du chocolat après broyage et torréfaction de la poudre de la pulpe. La graine est usitée comme additif alimentaire naturelle (E410), ces emplois sont tributaires aux propriétés épaississantes de son composant principale le galactomannane (gomme) après récupération et broyage de l'endosperme **Calixto et Canellas., (1982)**. L'usage du fruit entier dans la consommation humaine est limité, à cause de sa teneur élevée en tanins qui conduit au phénomène d'astringence (**bate-Smith, 1973**)

En Algérie, les caroubiers sont très abondants et répartis le long du Tell, ils tiennent un important potentiel de production en caroubes, une partie de cette production est exportée, l'autre partie est perdue car elle pousse souvent sur des reliefs accidentés rendant la récolte très difficile (**Benmahioul et al., 2011**). Ce qui fait qu'i ils sont très peu valorisés d'une façon large pour bénéficier de ces diverses propriétés.

Poussée par les atouts de la gomme, cette présente étude s'inscrit dans ce contexte qui porte sur l'essai de valorisation de la gomme de caroube par son incorporation dans une confiture préparée et mettre en évidence son impact sur elle, la thématique de ce travail le rend original puisque il porte sur une recherche totalement innovatrice.

Le travail comprend, une première partie relative à une étude bibliographique qui met l'accent sur la gomme de caroube, le fruit utilisé pour la fabrication de la confiture (la fraise). Une deuxième partie exposant le matériel et les méthodes mis en œuvre dans le cadre de ce travail. L'extraction de la gomme, la formulation de la confiture, les analyses physico chimiques sur la gomme, microbiologiques et sensorielle sur la confiture élaborée. Pour finir une troisième partie est dédiée aux résultats obtenus ainsi que leurs analyses et discussions.



**Partie  
théorique**

## I. Généralités sur le caroubier

### I.1. Description

Le caroubier est un arbre ou arbuste sempervirent, qui peut atteindre une quinzaine de mètres de hauteur (7 à 20 mètres). Le tronc est épais, très crevassé dont la base peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence. L'écorce est lisse et grise à l'âge juvénile est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Il vit longtemps jusqu'à 200 ans, Il est utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (**Rejeb et al., 1991 ; Ait Chitt et al., 2007**).

Les feuilles de caroubier sont longues (12 à 30 cm), alternes, persistantes, composées, paripennées, contient de trois à cinq paires de folioles. Ces derniers ont une forme ovale, celles-ci sont dures, vert sombre brillant au-dessus, tirant sur le rouge sur leur face inférieure (**Ait Chitt et al., 2007**).



**Figure 1** : Feuille du caroubier

Les fleurs, très petites, de couleur pourpre, constituées d'un calice pourpre sans corolle, réunies en grappes axillaires cylindriques, ces fleurs sont composées d'inflorescence mâle et d'inflorescence femelle. (**Batlle et Tous, 1997**).



A)

B)

**Figure 2** : Inflorescence mâle A) et inflorescence femelle B) (**Saby,2008**)

Les fruits, appelées « caroubes » sont des gousses pendantes 10 à 30 cm de longueur sur 1et 2 à 3 cm de largeur, coriaces, épaisses et indéhiscentes ont une couleur verte au début de son apparition, à leur maturité elles deviennent brunes foncées, en juillet de l'année suivante.



**Figure 3 :** Fruit du caroubier

Les graines de caroube ont une couleur brune, de forme ovoïde aplatie, biconvexes et enveloppés par un tégument très durs qui joue un rôle de protection. Elles sont séparées les unes des autres par des cloisons pulpeuses. Chaque gousse comporte de 12 à 16 graines. La pulpe de couleur brune est farineuse et sucrée à maturité, comestible, au goût chocolaté (Rejeb, 1995 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt *et al.*, 2007).



**Figure 4 :** Graines du caroubier

### **I.2. Classification**

D'après **Quezel et Santa (1963)**, le caroubier est classé comme suit :

Règne *Plantae*

Division *Spermatophytes*

Classe *Dicotylédones*

Sous-classe *Rosidae*

Ordre *Fabales*

Famille *Fabaceae*

Genre ***Ceratonia* L.**

Nom binominal ***Ceratonia siliqua* L., 1753**

### I.3. Origine et répartition géographique

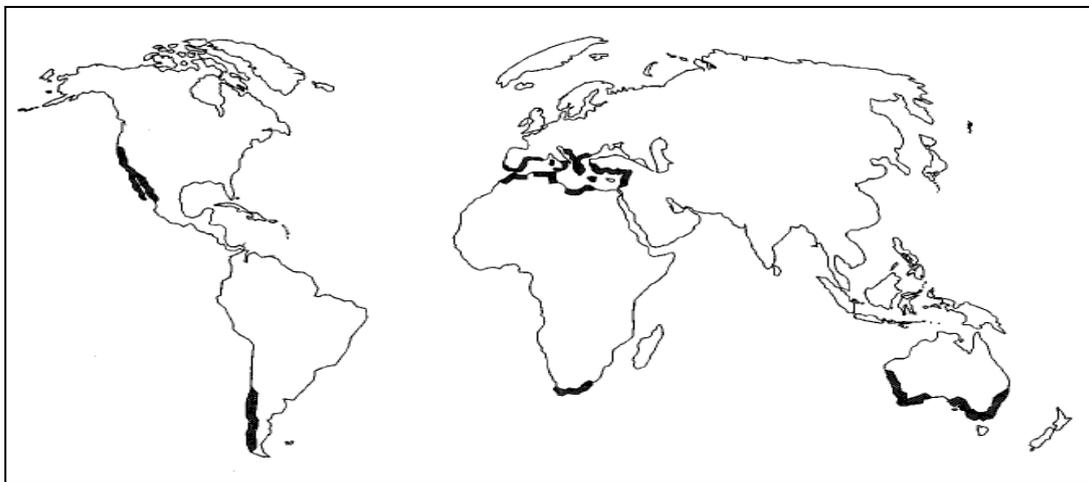
#### I.3.1. Origine du Caroubier

Selon **Vavilov (1951)** l'origine de cet arbre est les pays de la région Est méditerranéenne (Turquie et Syrie). Par ailleurs, *Ceratonia oreothauma* est la seule espèce connue et originaire du Sud-est d'Arabie (Oman) et des bordures de la corne africaine (Nord de Somalie) (**Hillcoat et al., 1980**).

Tardivement, il a été considéré, par **Zohary (1973)**, comme originaire de la flore d'Indo-Malaisie, groupé avec *Olea*, *Laurus*, *Myrtus* et d'autres plantes.

#### I.3.2. Distribution géographique du Caroubier

D'après (**Hillcoat et al. 1980**), le caroubier est abondant à l'état sauvage, en Chypre, Syrie, Sud de Jordanie, Liban, Turquie, Israël, Egypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranéen (Figure 5). Il a été dispersé en Grèce et en Italie par les grecs et par les arabes le long de la côte Nord de l'Afrique, au Sud et à l'Est de l'Espagne. Dès lors, il a été diffusé au Sud du Portugal et au Sud-Est de France.



**Figure 5** : Distribution du caroubier dans le monde (**Battle et Tous, 1997**)

En Algérie, la distribution du caroubier suivant le critère de production, se trouve dans les willayas suivantes : Bejaia, Tipaza Boumerdés, Ain-Defla, Bouira (Figure 6), Tlemcen, Mila, Mascara, Tizi Ouzou, B.B. Arreridj (**DSA de Tlemcen, 2009**).

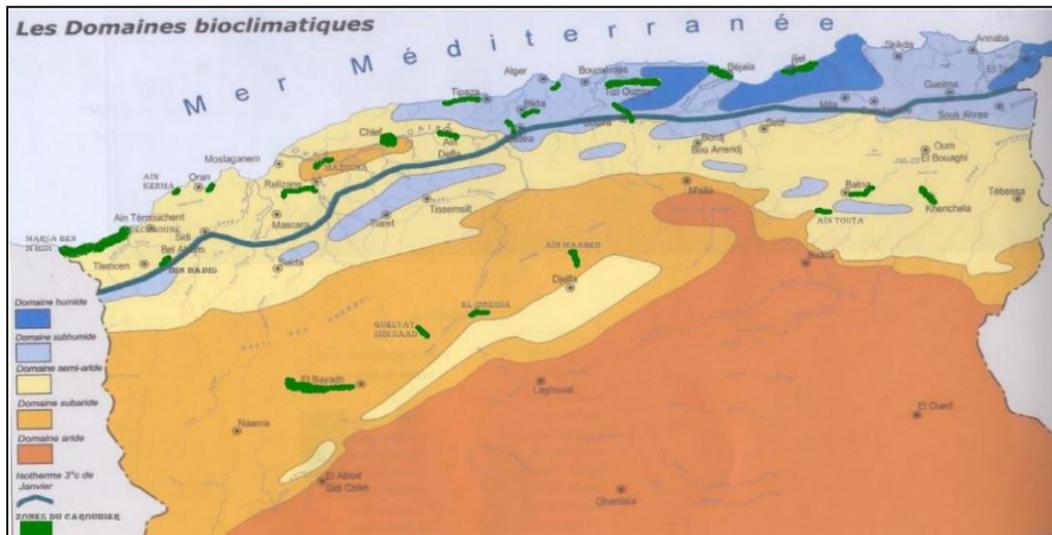


Figure 6 : Distribution de caroubier en Algérie d'après (Gaouar.,2011)

#### I.4. Composition chimique

Chaque caroube pèse une quinzaine de grammes et contient de la pulpe charnue constituée de 40 % de sucres (glucose et du saccharose), 35 % d'amidon, 7 % de protéines, et, d'autres éléments (des graisses, des tannins et des sels minéraux) mais avec des proportions faibles, Le caroube est riche en calcium, phosphore, magnésium, silice, fer et pectine. En contre partie la graine renferme principalement le galactomannane 88%, Protéine 6%, Cendre 1%, et autres polysaccharides 5%. (Biner *et al.*, 2007).

Tableau I : Composition chimique de la pulpe

Constituants	%
<b>Le total en sucre</b>	48-56
<b>Saccharose</b>	32-38
<b>Glucose</b>	5-6
<b>Fructose</b>	5-7
<b>Inositol</b>	5-7
<b>Tanins concentré</b>	18-20
<b>Non-amidon polysaccharides</b>	18
<b>Cendre</b>	2-3
<b>Graisse</b>	0.2-0.6

Source : Batlle et Tous (1997)

#### I.5. Utilisation de la caroube

Le fruit de caroube est un ingrédient naturel dans l'industrie agro-alimentaire notamment la farine du germe des graines ou gomme de caroube qui présente un potentiel significatif dans la formulation des aliments sans gluten pour patients qui souffrent de la

maladie cœliaque, tandis que la farine de pulpe des gousses est utilisée comme alternatif de cacao qui contrairement à son homologue le cacao, ne contient pas la théobromine et caféine, deux alcaloïdes à l'action excitante sur l'organisme.

En Algérie, la farine de caroube peut être mélangée avec de l'huile d'olive pour former ce qu'on appelle 'Tomina' et en Tunisie elle est utilisée comme une base dans la fabrication des boissons gazeuses appelées Boga et Cidre El-Meddeb (Bonnier, 1990)

## II. Gomme de caroube

### II.1. Description

La gomme de caroube (GC), est l'endosperme (se trouvant entre les téguments et la radicule des graines) raffiné de la graine des gousses de caroube par extraction des graines avec de l'eau bouillante. C'est est une poudre presque inodore de couleur blanchâtre à blanc jaunâtre. Insoluble dans la plupart des solvants organiques, y compris l'éthanol. Elle est partiellement soluble dans l'eau à une température ambiante et soluble dans l'eau chaude (Wielinga, 2000 ; FAO, 2016).

### II.2. Composition de la gomme

Le GC est un polysaccharide dont son poids moléculaire varie d'environ 50000 à 3 000000. Constitué principalement de galactomannanes ; mannose et galactose constitués d'une chaîne principale de résidus D-mannopyranoses liés en  $\beta$ -(1→4) sur laquelle se greffent des résidus D-galactopyranoses uniques grâce à une liaison de type  $\alpha$ -(1→6) (Figure 4) (FAO, 2006 ; Elbatal et al., 2012).

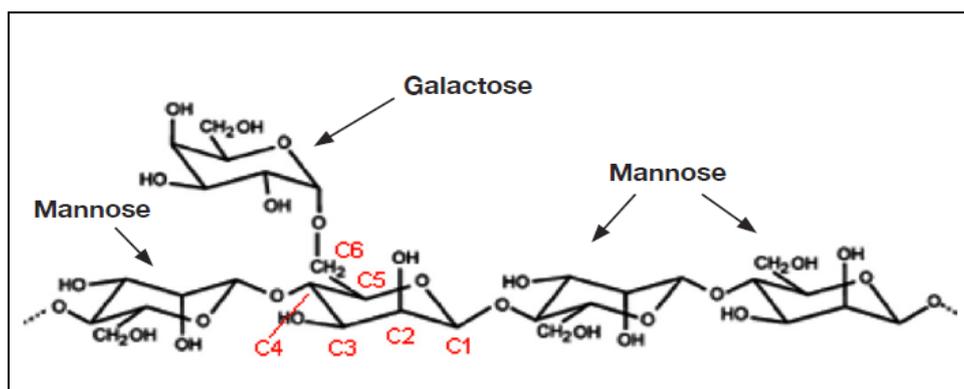


Figure 7 : Structure des galactomannanes de GC (Sittikijyothin et al., 2005).

La gomme de caroube commerciale contient environ 5-12% d'humidité, 1,7-5% de cendres solubles dans l'acide, 0,4-1,0% de cendres et 3 à 7% de protéines. Alors que la gomme de caroube (purifiée) présente un pourcentage d'humidité de 3 à 10%, 0,1 à 3% de matières solubles dans l'acide, 0,1 à 1% de cendres et 0,1 à 0,7% de protéines.

**Tableau II :** Composition chimique de la gomme

Constituants	%
Galactomannanes	88
Autres polysaccharides	5
Protéine	6
Cendre	1
Fibre brute	0,8–1,0

Source : Belitz et Grosch, 1999

### II.3. Propriétés

Les propriétés fonctionnelles des galactomannanes, à l'instar des autres polysaccharides, dépendent de leur comportement en milieu aqueux (**Brak et Mugdil, 2014**). La GC est partiellement soluble dans l'eau froide. Elle nécessite un chauffage pour une solubilisation complète dans l'eau (**Dakia et al., 2008**), d'après (**Herald, 1986 ; Pollard et al., 2007**) sa solubilité dépend de la granulation (dimension de la particule).

La viscosité de la gomme de caroube dépend de plusieurs facteurs tels que le poids moléculaire, la concentration, la vitesse de cisaillement et le procédé de solubilisation. Elle est considérée comme moins visqueuse parmi les autres gommages (gomme d'agar, gomme de xanthan). (**Barak et Mugdil, 2014**).

### II.4. Extraction de la gomme

Les graines de caroube sont difficiles à traiter car leur tégument est très dur. Grâce à des procédés spéciaux, les graines sont pelées sans endommager l'endosperme et le germe. La gomme de caroube peut être extraite soit par des traitements thermiques (torréfaction) soit par l'eau bouillante ou par l'acide ( $H_2SO_4$ ) (**Dakia et al., 2007 ; FAO, 2016**).

### II.5. Utilisation

On alloue à la gomme de caroube plusieurs propriétés à savoir son utilisation dans le domaine alimentaire comme épaississant, stabilisateur et gélifiant naturel. Elle est employée également dans les industries pharmaceutiques (principalement contre les diarrhées), cinématographiques, textiles et cosmétiques (tableau 3) (**Battle et Tous, 1997**).

**Tableau III** : Différentes utilisations industrielles de la gomme

Utilisations industrielles	Applications
<b>Pharmaceutiques</b>	Contre les diarrhées, dentifrice
<b>Cosmétiques</b>	Emulsions et mousse de rasage
<b>Textiles</b>	Coloration
<b>Papier</b>	Traitement de surface
<b>Chimiques</b>	Colle, colorant, polissage, allumettes, pesticides
<b>Pétrole</b>	Additif pour augmenter la stabilité
<b>Exploitation minière</b>	Produit de flottement
<b>Absorbant</b>	Absorbe l'humidité
<b>Epaississant</b>	Solidifiant, gélifiant
<b>Explosifs</b>	Capteur d'eau pour les explosifs

Source : Battle et Tous, 1997

### III. Fruit utilisé

#### III.1 Généralités Sur les fraises

*Fragaria* est le nom générique des fraisiers. Fraisier est le nom vernaculaire qui désigne les différentes espèces du genre *Fragaria* produisant généralement des fraises (**Romandini et al., 2013**). Aujourd'hui, il existe plus de 600 variétés de fraises issues de *Fragaria*.

#### III.2. Classification botanique

Le fraisier est classé comme suit :

Règne *Plantae*

Ordre *Rosales*

Famille *Rosaceae*

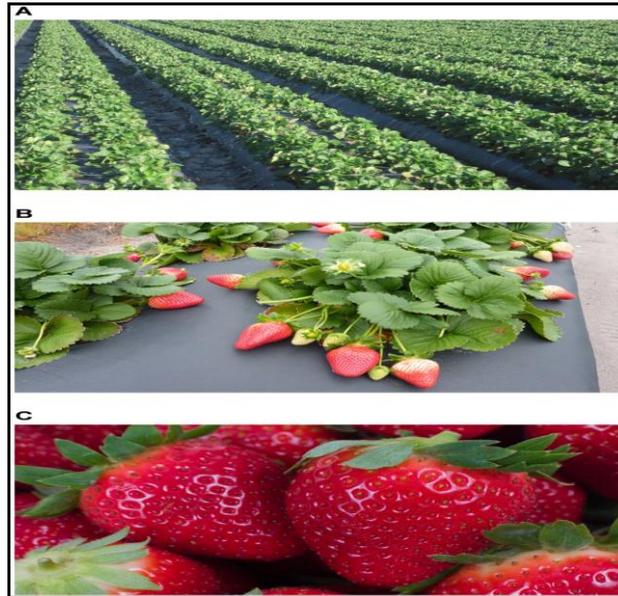
Sous famille *Rosoideae*,

Genre *Fragaria*

Espèce *Ananasa*

Nom binomiale : *Fragaria ananasa*

.



**Figure 8** : Photographie de champ de la production de la fraise. (Schwieterman *et al.*, 2014)

### III. 3. Description

C'est une plante basse, herbacée et rustique, elle mesure 20 à 30 cm de hauteur, ses tiges florales sont dressées, quant à ses feuilles, elles sont persistantes, pétiolées, plissées, dentées et parfois velues. Les fleurs de cette plante sont hermaphrodites, dioïque ou polygames selon les variétés et les espèces. Le fraisier émet des stolons qui se propagent sur le sol et s'y enracinent afin de donner naissance à de nouveaux plants.

La fraise est l'un des fruits les plus connus et les plus nutritifs, elle est cultivée dans tous les pays du monde, ce fruit a un goût unique et délicieux, il est largement consommé sous forme fraîche ou transformée (Mishra *et al.*, 2014). Botaniquement parlant c'est un faux-fruit, puisqu'il s'agit d'un réceptacle charnu sur lequel sont disséminés les véritables fruits (Les Akènes) qui sont des petites graines jaunes, (Schwieterman *et al.*, 2014).

Elle est caractérisée par une couleur rouge très attrayante qui est due à la présence des anthocyanines, dont le principal est le glucoside-3-pelargonidine (Mishra *et al.*, 2014). L'arôme particulier de la fraise est dû essentiellement à la présence d'un mélange complexe d'esters, d'aldéhydes, d'alcools et de composés sulfuriques, mais les responsables directs de l'apparition de cet arôme exceptionnel sont les esters (Mishra *et al.*, 2014).

La fraise est connue comme étant un fruit très périssable, son stockage à des basses températures aide à prolonger sa durée de vie (Mishra *et al.*, 2014).

### III.4. Composition nutritionnelle de la fraise

Tableau IV : composition moyenne de la fraise en nutriments

Nom	Teneur moyenne	Min	Max
<b>Energie ,reglement UE N° 1169/2001 (Kcal/100g)</b>	148	-	-
<b>Energie ,reglement UE N° 1169/2001 (Kcal/100g)</b>	34,9	-	-
<b>Eau (g/100g)</b>	90,1	87	92,6
<b>Sucres (g/100g)</b>	4,73	4,57	4,89
<b>Protéines (g/100g)</b>	0,65	0,5	1,25
<b>Lipides (g/100g)</b>	0,18	0,13	0,8
<b>AG saturées (g/100g)</b>	0,018	0,015	0,066
<b>Sels chlorure de potassium (g/100g)</b>	0,052	0,0025	0.1
<b>Acide ascorbique (g/100g)</b>	67,4	52,5	76

*Données issues de la Table de composition nutritionnelle des aliments, Ciqual (2017) – ANSES*

## IV. Confiture

### IV.1. Définition des confitures

Selon le **Codex Alimentarius (2009)**, la confiture est le mélange porté à la consistance gélifiée appropriée de sucre, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits, et d'eau. Elle peut toutefois être obtenue à partir de fruits entiers, ou coupés en lamelles et/ou en tranches. La quantité de pulpe et /ou de purée utilisée pour la fabrication de 1000 grammes de produit fini ne doit pas être inférieure à 350 grammes. La teneur en matière sèche soluble des confitures doit être égale ou supérieure à 55%. Cette teneur n'est pas applicable aux produits pour lesquels les sucres ont été remplacés partiellement ou totalement par les édulcorants.

### IV.2. Différents types de confitures

Selon **Bouzonville (2004)** il existe plusieurs types de confitures

- **Confiture** : C'est un mélange, qui possède une consistance gélifiée composé de sucres, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. La quantité de pulpe t/ou purée utilisée pour la fabrication de 1 kg de produit fini n'est pas inférieure à 350 g.
- **Confiture extra** : Est le mélange, qui a une consistance gélifiée appropriée, de sucres, de pulpe non concentrée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Toutefois, la confiture extra peut être obtenue entièrement ou partiellement à partir de purée non concentrée de ces fruits. La quantité de pulpe utilisée pour la fabrication de 1 000 g de produit fini n'est pas inférieure à 450 g.
- **Gelée** : C'est un mélange qui est suffisamment gélifié, contient du sucre et du jus et/ou d'extrait aqueux d'une ou de plusieurs espèces de fruits. La quantité de jus et/ou d'extrait aqueux utilisée pour la fabrication de 1kg de produit fini n'est pas inférieure à la quantité qui est destinée à la fabrication de la confiture (450 g).
- **Gelée extra** : Quantité de jus de fruits et/ou d'extrait aqueux utilisée pour la fabrication de 1kg de produit fini n'est pas inférieure à celle fixée pour la fabrication de la confiture (450 g). Ces quantités sont calculées après déduction du poids de l'eau employée pour la préparation des extraits aqueux.

### IV.3. Procédés de fabrication des confitures

#### IV.3.1. Production artisanale

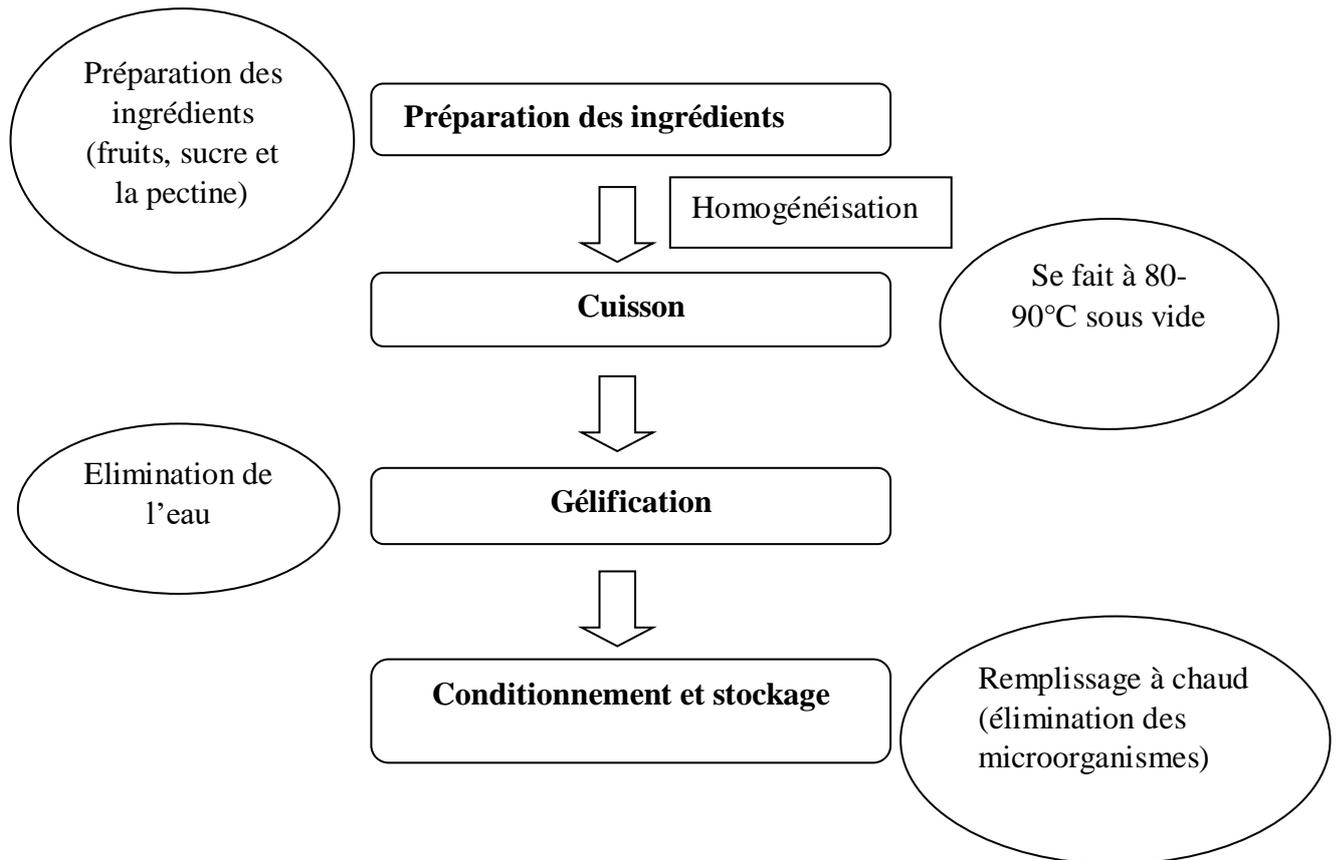
La fabrication artisanale des confitures se fait par la cuisson directe de l'ensemble des fruits et du sucre, après macération pendant une nuit dans le réfrigérateur à une température de (6°C). Cependant, ou par la préparation d'un sirop avec du sucre additionné d'eau, puis faire plonger les fruits. Ou bien par la récupération du jus des fruits macérés avec le sucre pour en faire un sirop dans lequel puis faire cuire les fruits (**Broutin et al., 1998 ; Giminez, et al., 2001**).

La conservation des confitures artisanales se fait en général dans des pots en verre qui sont fermés avec des couvercles, immédiatement après remplissage. Après refroidissement, la

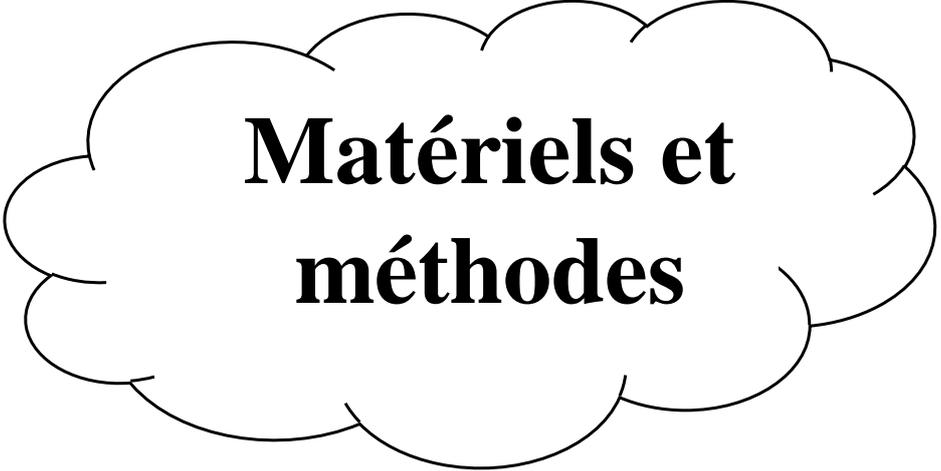
confiture se rétracte et crée un vide qui va aider à sa protection (**Broutin *et al.*, 1998 ; Giminez *et al.*, 2001**).

### IV.3.2. Production industrielle

D'après **Raoul (1987)** le processus de fabrication des confitures industrielles se fait suivant les étapes illustrées ci-dessous :



**Figure 9** : Diagramme de fabrication de la confiture industrielle **Raoul (1987)**.



**Matériels et  
méthodes**

## I. Plan de travail

Ce présent travail portera sur l'extraction de la gomme à partir de l'endosperme des graines de caroube et l'essai de l'incorporation dans une confiture préparée d'une manière artisanale. L'objectif est de mettre en évidence l'action de la gomme sur les propriétés de la confiture et en particulier son impact sur la texture. L'ensemble des manipulations effectuées sur les différents échantillons préparés a été réalisé au niveau du laboratoire de Technologie alimentaire de l'université de Bejaia.

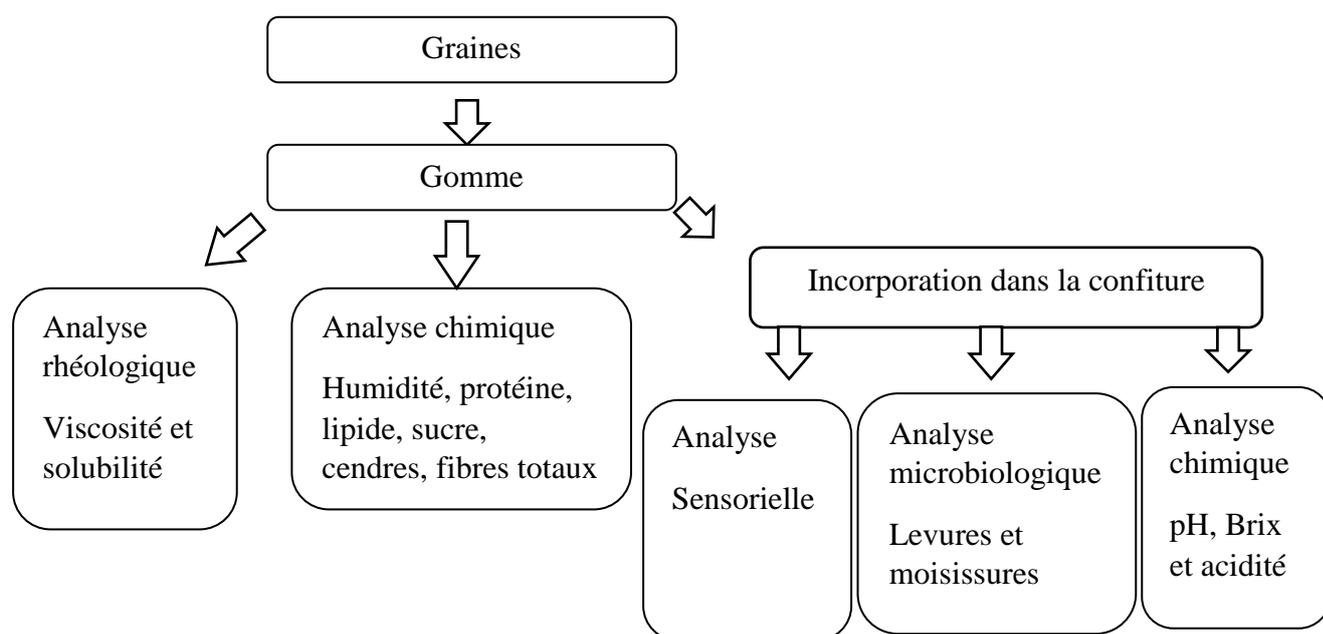


Figure 10 : Plan du travail.

## II. Matériel végétal

### II.1. Préparation de la matrice végétale

Le matériel végétal est constitué de gousses de caroube de l'espèce *Ceratonia siliqua* qui provient de la région d'Imazayen (PK17), située au Nord-est de la wilaya de Bejaïa commune de Boulimat (wilaya de Bejaïa) latitude : 36°48'17'', longitude : 4°66'12'' Algérie. La récolte a été effectuée au mois d'Aout 2018.



**Figure 11** : Carte géographique de la provenance du matériel végétale.

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.



**Figure 12** : A) Photographie des fruits (gousses). B) Photographie des graines de caroube.

### II.2. Essai d'extraction de la gomme de caroube

#### A) Préparation de l'échantillon

Les gousses ont été lavées, séchées à l'ombre pendant plus de 3 semaines, les graines ont été ensuite séparées des pulpes. Récupérées, concassées (Figure 12) et broyées, la poudre obtenue a été tamisée puis conservée.

### B) Extraction

L'extraction de la gomme de caroube nécessite plusieurs étapes et un travail judicieux. La gomme non purifiée brute est préparée après avoir séparé la cuticule et le germe de l'endosperme. L'extraction a été réalisée selon protocole décrit par (**Dakia *et al.*, 2007**).

### C) Traitement à l'eau bouillante

La séparation de l'endosperme constitue le traitement primaire dans le processus de l'extraction de la gomme. 100g de graines sont additionnés d'un volume d'eau bouillante (800 mL), le mélange est chauffé à 100°C sous agitation pendant 1 h.

### D) Lavage et décorticage

Les graines ont été récupérées, lavées avec de l'eau distillée, après refroidissement à température ambiante la cuticule et le germe ont été éliminés manuellement.

### E) Séchage et broyage

Les endospermes ainsi récupérés ont été lavés et séchés dans un four à 100°C pendant 1 à 2 h, puis broyés. La poudre obtenue est de couleur jaunâtre « gomme de caroube brute » non purifiée (GCB). Les étapes d'extraction sont décrites dans les figures ci-dessous (figure 8).

### f) Tamisage

La poudre obtenue après broyage a été tamisée avec un tamiseur de 250 u afin d'éliminer les impuretés contenantes dans la poudre.





**Figure 11** : A) photographie des graines décortiquées, B) Photographie de l'endosperme  
C) Photographie des germes séparés, D) Photographie de la poudre de gomme brute.

### III. Composition chimique de la gomme de caroube brute (GCB)

#### III.1. 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**). Une masse d'échantillon (2g) est dissoute dans 50 mL d'éthanol (80%), le mélange est soumis à une agitation pendant 2 h. Après filtration le filtrat est récupéré, 1mL du filtrat est ajouté à 1 mL de phénol (5%) et à 5mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La solution obtenue est agitée instantanément à 25°C pendant 20 mn, une coloration jaune apparaît, 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 2)

#### III.2. Détermination des protéines

##### ▪ Principe

La détermination s'effectue en trois étapes : une étape de Digestion (minéralisation), ou l'échantillon est minéralisé en milieu acide en présence d'un

catalyseur, dans les conditions de minéralisation, l'azote organique est retrouvé sous forme d'ammonium, les ions ammonium sont transformés en ammoniac dans le milieu alcalin. Une étape de distillation ; On entraîne l'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ) à la vapeur d'eau et on dose le condensat recueilli et enfin l'étape de titrage par le dosage volumétrique (acide/base) (AOAC, 2007).

### ▪ Protocole

La teneur en protéines dans la GCB est déterminée par le dosage de l'azote total selon la méthode officielle AOAC (2007), cette analyse est effectuée à l'aide d'un appareil Kjeldahl (La digestion et la distillation). Dans un matras de Kjeldahl, on introduit 5g d'échantillons, 25mL d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (97 %), 2g de catalyseur (20g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  et 1g de  $\text{HgO}$ ), puis on mélange et on laisse digérer à une température élevée ( $373^\circ\text{C}$ , 3 h environ), puis le matras est chauffé jusqu'à la transformation de la couleur noire en une couleur limpide, à cet instant-là l'azote organique est transformé en azote minéral ; c'est l'étape de minéralisation. Dans un autre matras, on introduit 10 mL du contenu du premier matras 20 mL d'eau distillée et une solution de NaOH (35 %) environ (30mL) et un volume d'une solution d'acide borique (0,1N) ce qui permet la distillation de l'ammoniaque. L'ammoniaque obtenue est titrée à l'aide d'une solution d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) et d'un indicateur coloré.

L'azote total est calculé suivant la formule représentée ci- dessous :

$$\text{Azote total (N) (\%)} = \frac{(V_b - V_e) F * 14,01 * 10}{m} * 100$$

Taux de protéines brutes (%) = N total (%) x 6,25

$V_b$  : Volume de NaOH 0.1N utilisé pour un essai blanc (mL) ;

$V_e$  : Volume de NaOH 0.1N utilisé pour la titration de la solution à doser (mL) ;

F : Facteur de conversion (6,25) ;

10 : Coefficient du volume total de la solution à doser ;

m : Masse de la prise d'essai (g) ;

14,01 : Masse atomique de l'azote. (g/mol) ;

### III.3. Dosage des fibres

#### ▪ Principe

Elle consiste d'après **De Pádua et al. (2004)** à traiter l'échantillon successivement avec de l'acide et de la base. L'hydrolyse acide/ basique (à chaud) permet de solubiliser la quasi-totalité du contenu cellulaire à l'exception des fibres alimentaires et des sels minéraux.

#### ▪ Protocole

La teneur en fibres est déterminée selon le protocole décrit par **De Pádua et al. (2004)** avec quelques modifications ; 2g de poudre de GCB sont digérés dans 200mL de HCL (5%) pendant 30 min, le mélange est filtré et lavé à l'eau chaude. Le résidu obtenu est digéré par un volume de NaOH (5%) sous reflux pendant 30 min, le mélange est filtré et lavé à l'eau jusqu'à neutralité du pH. La solution obtenue est lavée à l'alcool éthylique et éther éthylique, le résidu est séché à 100°C pendant 2 h et la masse résiduelle est considérée comme des fibres.

### III.4. Dosage des cendres

#### ▪ Principe

Le principe consiste en une incinération du matériel biologique. L'opération ne sera terminée que lorsque la couleur des résidus deviendra blanche grisâtre, qui se transformera en une couleur blanche après refroidissement (**AOAC, 2006**).

#### ▪ Protocole

La teneur en cendres contenus dans la GCB est déterminée selon la technique **AOAC (2006)**. 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 6h.

La teneur en cendres est déterminée en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_i} * 100$$

$m_1$  : Masse (g) de creuset avec cendre après incinération ;

$m_0$  : Masse (g) de creuset vide ;

$m_i$  : Masse (g) initiale d'échantillon.

### III.5. Lipides

#### ▪ Principe

L'extraction par solvant organique (éthyle éther), est réalisée avec un appareil de type Soxhlet. 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 poudre de gomme (2g) est extraite avec le soxhlet en utilisant l'éther diéthylique pendant 4 h. Le solvant est évaporé et le résidu est considéré comme lipides.

### III.6. Test de l'humidité

Après la récupération des graines, un test d'humidité a été réalisé selon la méthode **AOAC (2000)**. 100 mg d'échantillons ont été séchés pendant 3 h à 105°C, repesé après séchage. Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Teneur en eau \%} = \frac{M_f - M_s}{M_s} \times 100$$

$M_f$  : Masse de la matière végétale avant séchage (mg).

$M_s$  : Masse de la matière végétale après séchage (mg).

### III.7. Mesure de pH

#### Préparation de la solution

Une solution de GCB a 5% est préparée (La même concentration de la gomme est incorporée dans la confiture).

5 g GCB sont additionnés à 100 ml d'eau distillée préalablement chauffée à 80°C, puis agités pendant 5mn tout en maintenant la température stable aux alentours de 80°C.

On laisse la solution refroidir puis on plonge la sonde de pH mètre dans la solution. Lire la valeur directement.

## IV. Etude rhéologique

### IV.1. Test de solubilité

Plusieurs échantillons (8) de GCB ont été préparés à une concentration de 0,1%, quatre échantillons à température ambiante (23–25 °C), sous agitation pendant 0,5 ; 1 ; 2 et 3 h. quatre autres échantillons ont été préparés dans les mêmes conditions mais à une température 80 °C pendant 5, 10, 30 et 60 min. Les solutions ont été par la suite centrifugés (6000g, 30 min, à 20 °C). Les surnagants ont été récupérés et séchés dans une étuve à 105°C pendant 24h. (**Dakia et al., 2008**).

La solubilité a été déterminée en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$\text{Solubilité (\%)} = \frac{C_s}{C_p} * 100$$

$C_s$  : Concentration du surnagent (mg/mL) ;

$C_p$  : Concentration de la préparation initiale (mg/mL).

### IV.2. Mesure de la viscosité

#### a) Préparation de la solution

Un échantillon GCB est préparé immédiatement avant les mesures rhéologiques à une concentration de 5% (La même concentration de la gomme est incorporée dans la confiture).

5 g GCB sont additionnés à 100 ml d'eau distillée préalablement chauffée à 80°C, puis agités pendant 5mn tout en maintenant la température stable aux alentours de 80°C. La solution obtenue est laissée refroidir à température ambiante.

#### b) Détermination de la viscosité

La viscosité de la GCB a été mesurée par un viscosimètre rotatif modèle SMART de type **Myr**. L'évolution de la viscosité a été définie comme suit : sélectionner le mobile idéal (L1, L2, L3 ou bien L4), les rampes de vitesse de cisaillement de 0,3 à 100t/min, le temps de rampe pendant quelque minute ; l'échantillon (100 mL), la mesure effectuée à température ambiante. Ceci nous a permis d'obtenir la courbe de viscosité en fonction de la rampe de taux de cisaillement

## V. Essai de production de confiture

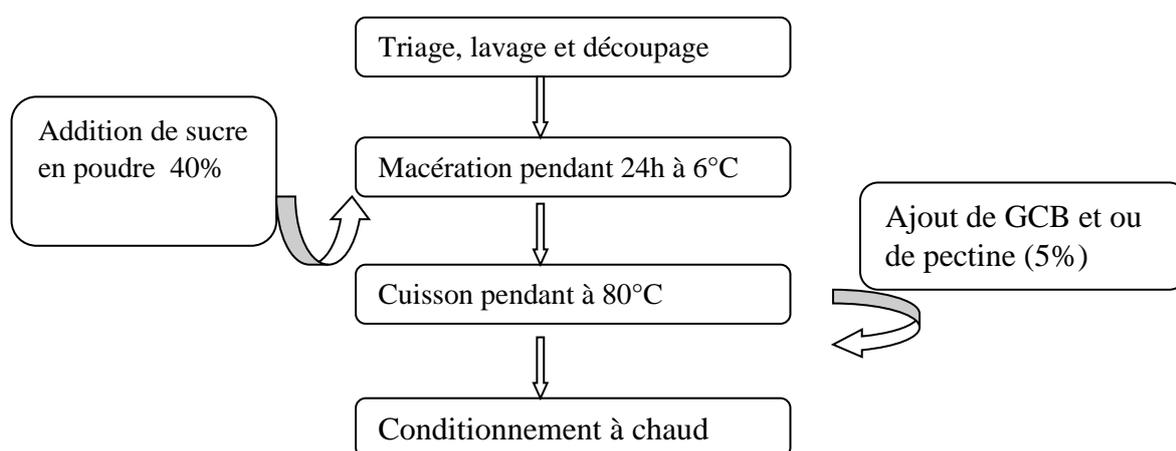
Dans cette partie un essai de fabrication de 4 échantillons (E1, E2, E3, E4) de confiture de fraise a été réalisé (au niveau de l'université de Bejaïa laboratoire de biotechnologie alimentaire).

### A) Ingrédients

Les fruits (fraises) ont été procuré du marché, le sucre en poudre a été acheté, la gomme de caroube a été préparée au niveau de l'université de Bejaïa laboratoire de biotechnologie alimentaire, la pectine a été fournie par SARL SPC GB El kseur, Groupe Toudja.

### B) Préparation

La première étape de l'essai de formulation consiste à trier les fruits (choisir les fraises saines, encore fermes), laver les fraises (environ 6kg) avec de l'eau, par la suite procéder au découpage du fruit en petits morceaux à l'aide d'un couteau (Figure 12), puis on ajoute une quantité de sucre en poudre aux fruits découpés ensuite on mélange et on laisse macérer pendant 24h à 6° C. après on procède à une cuisson à 80°C, ce qui permet d'éliminer l'excédentaire d'eau, de cuire les fraises à ce moment également s'effectue l'adjonction de la gomme de caroube et ou de pectine (5%). À la fin de cuisson il est impératif de remplir les bocaux avec le produit encore chaud.



**Figure 14 :** Diagramme de l'essai de fabrication de confiture de fraise.

La composition des différents échantillons préparés est présentée dans le Tableau V

**Tableau V** : Composition des échantillons de la confiture préparée

Echantillons	Composition			
	Eau	Sucre	gomme	Pectine
<b>E1</b>	-	+	-	-
<b>E2</b>	-	+	+	-
<b>E3</b>	-	+	-	+
<b>E4</b>	-	+	+	+
<b>E5</b>	+	+	-	+

E : Echantillon ; E1 : Confiture de fraise sans addition des additifs ; E2 : Confiture de fraise avec gomme de caroube ; E3 : Confiture de fraise avec pectine ; E4 : Confiture de fraise avec mélange (gomme de caroube /pectine) ; E5 : Confiture de fraise industrielle

## VI. Analyse physico-chimique

### VI.1. Détermination du pH (NF EN 1132, 1994)

#### ▪ Principe

Le pH est un d'indicateur de qualité biologique et chimique du produit à analyser. La mesure du pH est basée sur la détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de l'échantillon. Le pH est un facteur important en transformation fruitière.

#### ▪ Protocole

Pour chaque échantillon, on mesure le pH à l'aide d'un pH mètre de type (BANTE).

Une quantité de la confiture est mise dans un bécher, après l'étalonnage du pH mètre on émerge sa sonde dans l'échantillon à température ambiante et on lit directement la valeur affichée sur l'écran de l'appareil.

### VI.2. Détermination de l'acidité

#### ▪ 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

L'acidité titrable a été réalisée selon le protocole décrit par **Rajeev et Kok (2017)**. Une quantité d'échantillon (1g) est additionnée à 20mL d'eau distillée, la solution obtenue est homogénéisée. Pour déterminer l'acidité de chaque échantillon on ajoute quelques gouttes de phénolphaléine 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.

$$\text{Acidité (g/100g)} = \frac{V * N(\text{NaOH}) * \text{EQ (A.C)} * 100}{m}$$

D'où :

V : chute de burette. (ml)

N : normalité de NaOH. 0,1

EQ(A.C) : équivalent gramme d'acide citrique (0,064).

m : masse de la prise d'essai en (g) .

### VI.3. Détermination du degré Brix

#### ▪ Principe

Le degré Brix (°Bx) est la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble. Par extension, cette échelle a été étendue à d'autres sucres ou à leurs mélanges. 1°Bx = 1g de matière sèche soluble pour 100g de solution. Cette unité sert à quantifier la fraction de sucre d'un liquide, elle se mesure avec un réfractomètre à 20°C. (**Witherspoon et Jackson, 1995**).

#### ▪ Protocole

Le Brix des échantillons est déterminé avec un réfractomètre de type (SCHMITD & HAENSCH). La lecture est faite en plaçant une goutte de confiture, sur la plaque de charnière de l'instrument, face à la lumière. La valeur de Brix est lue à travers l'œil de l'instrument. Il est essentiel de nettoyer le réfractomètre avec de l'eau distillée après chaque lecture pour s'assurer qu'aucune particule ne reste sur la plaque articulée (**Witherspoon et Jackson, 1995**).

### VII. Analyse microbiologique

Afin d'assurer aux confitures élaborés la qualité marchande et hygiénique mettant en cause la santé des consommateurs, une analyse microbiologique a été opérée pour permettre la confirmation de l'absence ou la présence de microorganismes pathogènes. En ce qui concerne la confiture, les germes susceptibles de la contaminer sont les levures et les moisissures.

#### VII.1. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Normes NF ISO 7954)

Les levures et moisissures sont des champignons hétérotrophes, organismes eucaryotes, uni ou multicellulaires.

##### ▪ Principe

L'analyse consiste à ensemencer un volume d'échantillon dans un milieu de culture sélectif des levures et moisissures (Sabouraud) en présence d'un antibiotique (chloramphénicol). Après incubation un dénombrement est réalisé.

##### ▪ Protocole

###### ✓ Préparation des solutions mères

Pour chaque échantillon de confiture, 10 g de confiture ont été ajoutés à 90 mL d'eau physiologique.

###### ✓ Réalisation des dilutions

Une série de dilution a été réalisée, ou 1 mL de chaque solution mère a été additionné à 9mL d'eau physiologique.

###### ✓ Mise en culture

Etalé, en surface du milieu de culture 0,1mL de la solution mère ou de ses dilutions (0,1mL), laissé sécher.

###### ✓ Incubation

Les différentes boîtes de Pétri ensemencées sont incubés dans une étuve réglée à 30°C pendant 3 à 5 jours.

###### ✓ Lecture

Dénombrer les colonies sur chaque boîte.

Le calcul du nombre N de levures et moisissures dénombrées à 30°C par mL de produit en tant que moyenne pondérée à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \Sigma C / 1.1 * D$$

Où :  $\Sigma C$  : Somme des colonies de levures ou moisissures ;

D : Première dilution ( $10^{-1}$ ).

### VIII. Évaluation sensorielle

Une évaluation sensorielle et hédonique a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia, sur les 5 échantillons de confiture préparés à base de la fraise, le panel d'analyse se compose de sujets naïfs bénévoles et des jurys experts. Les sujets ont été invités à déguster les échantillons dans des salles de dégustation spécifique individuelle, munie de lumière blanche, ils ont été servis dans des gobelets en plastique blanc et présentés avec un code à un chiffre 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).



**Résultats et  
discussion**

## I. Composition physico- chimique de la gomme

La composition chimique de la graine 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 (**Batle et Tous, 1997 ; Bouzouita et al., 2007**). Les résultats de l'analyse chimique de la gomme brute de la graine de caroube (GCB) sont regroupés dans le tableau VI.

**Tableau VI :** Analyses des propriétés physico- chimique de la gomme de caroube.

Analyse chimique	
Eléments	Teneur
Fibres*	0,65± 0,06
Cendres*	0,65± 0,05
Humidité*	8,66±0,48
Sucres totaux**	16,67± 0,46
Protéines**	4,46± 0,82
Lipides**	0,84± 0,05
Propriété physique	
pH	6,29 ± 0,012

\* : % ; \*\* : g/100.

- **Détermination du taux d'humidité**

Ce paramètre nous renseigne sur la présence de l'eau au niveau de la gomme des graines de caroube.

D'après les résultats dans (le tableau VI) on constate que le taux d'humidité dans l'échantillon étudié est de 8,6±0,48%.

Ce résultat est similaire à celui rapporté par **Kivrack et ses collaborateurs (2015)** dans une gomme de caroube turque ainsi que celle restituée par **Mekhoukhe et al. (2018)** qui sont 8,11 et 8,27 % respectivement, alors qu'elle est plus importante par rapport à celles énoncées par **Dakia et al. (2008)** dans des gommes de caroube Espagnoles et **El Batel et ses acolytes (2013)** qui ont travaillé sur des gommes de caroube Marocaines avec des proportions de 6,5 et 6,85% respectivement.

Ces variations sont probablement liées d'après **Batle et Tous (1997)** aux facteurs climatiques, géographiques, temps de récolte et même environnementaux.

- **Détermination de la teneur en cendres**

La teneur en cendres de la gomme de caroube (tableau VI) est de  $0,65\% \pm 0,05$ . Cette valeur est proche à celle retrouvé par **Da Silva et al. (1990)** dans la gomme de caroube du Portugal avec  $0,71\%$ , alors qu'elle est plus élevée par rapport à celle rapporté par **Frahnaky et al. (2014)** au niveau de la gomme de caroube d'Iran ainsi que celui énoncé par **Gillet et al. (2014)** dans la gomme de caroube de France qui sont  $0,58$  et  $0,31\%$  mais moins importante par rapport à celle de **Bouzouita et al. (2007)** qui est de  $3,78\%$ .

Ces différences peuvent être expliquées par rapport aux conditions géographiques (provenance), climatiques mais également à méthodes utilisées pour l'extraction de la gomme (**Da Silva et al., 1990**).

- **Détermination de la teneur en sucres totaux**

La teneur en sucre totaux (tableau VI) dans la gomme de caroube est de  $16,67$  g/100 g. ce sont les constituants majeurs de cette gomme. Ce résultat est beaucoup plus élevé par rapport à celui restitué par **Kivrak et al. (2013)** qui est de  $1,74$ g/100g mais moins important que celui rapporté par **Dakia et al. (2008)**. Cette fluctuation est probablement tributaire d'après **Gubbuk et al. (2010)** à la nature des graines utilisées dans ce travail qui est liée aux facteurs génétiques.

- **Teneur en protéines**

La teneur en protéine obtenue (tableau VI) est de  $4,46$  g/100g. Cette valeur est proche aux résultats rapportés par **Lopez Da Silva et Gonçalves (1990)** et de **Bouzouita et al. (2007)** qui sont  $4,66$  et  $4,52$  g/100g respectivement, mais plus importante par rapport à celle révélée par **Haddarah et al. (2013)** avec  $3,92$  g/100g, cependant ce résultat est inférieur à celui énoncé par **Dakia et al. (2008)** qui est de  $7,4\%$ .

Selon **Lopes Da Silva et Gonçalves (1990)**, cette teneur en protéine reflète la présence naturelle des protéines structurales et des enzymes dans l'endosperme de la graine mais aussi il peut s'agir d'une contamination par le germe qui est riche en protéine par rapport à l'endosperme.

- **Détermination de la Teneur en lipides**

Les résultats obtenus (tableau VI) indiquent, que la gomme de caroube détient une teneur faible en lipide qui est de  $0,84$ g/100g. Ces données sont presque similaires

avec ceux restitués par **Lopez Da Silva et al. (1990)** qui est de 0,92%, mais elle inférieure au résultat de **Dakia et al. (2008)** qui est 1,5%.

- **Détermination du taux en fibres**

La teneur en fibres retrouvée dans cette étude est 0,65%. Ce résultat est proche avec celui rapporté par **Mekhoukhe et al. (2018)** (0,29%), mais inférieur à celle révélée par **Lopes Da Silva et al. (1990)** avec 1,55% et par **Farahnaki et al. (2014)** avec 2,14%.

- **Détermination du pH**

Le pH est une expression de l'activité des ions de l'hydrogène et la valeur basse du pH augmente l'acidité de l'environnement (**Battle et Tous, 1997**).

La valeur moyenne de pH (tableau VI) acquise dans la gomme de caroube est  $6,29 \pm 0,012$ . Ce résultat est proche avec celui obtenu par **Kivrak et al. (2013)** qui est de 6,52.

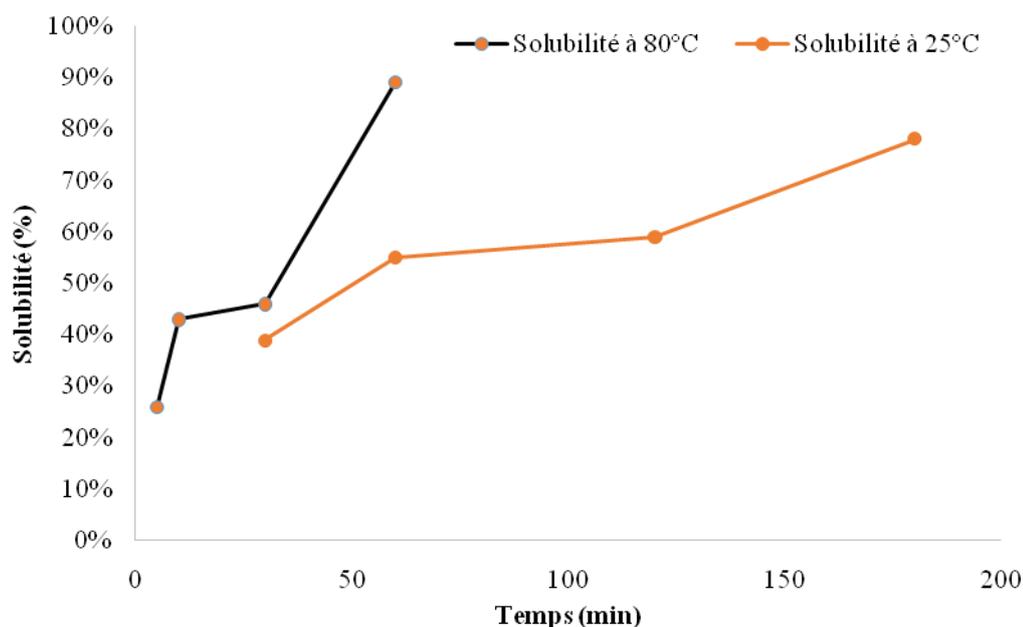
## II. Détermination de quelques propriétés de la gomme

### II.1. Détermination de la solubilité

Au vu des résultats obtenus des courbes de la mesure de la solubilité (figure10), nous notons que la gomme de caroube est partiellement soluble à l'eau froide 25°C (50%/ 1h) et doit être chauffé pour atteindre une solubilité maximum à 80°C (90% /1h).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Dakia et ses collaborateurs (2008)** qui ont révélés que la solubilité de la gomme de caroube est d'environ 50% à 25°C et 70-85% à 80°C alors que **Farahnaky et al. (2014)** ont trouvés qu'elle est soluble à 55% à 25°C et ~71% à 80°C.

Cette différence de solubilité est probablement tributaire aux propriétés de certaines molécules de haut poids moléculaire (à l'instar les galactomannanes mais présentant un taux faible en résidus galactoses) qui sont solubles à températures élevées néanmoins elles sont moins solubles à basses températures (**Garcia- Ochoa et Casas, 1992 ; Dakia et al., 2008**). Ce qui montre d'après les mêmes auteurs que la gomme de caroube n'est pas un galactomannane très homogène.



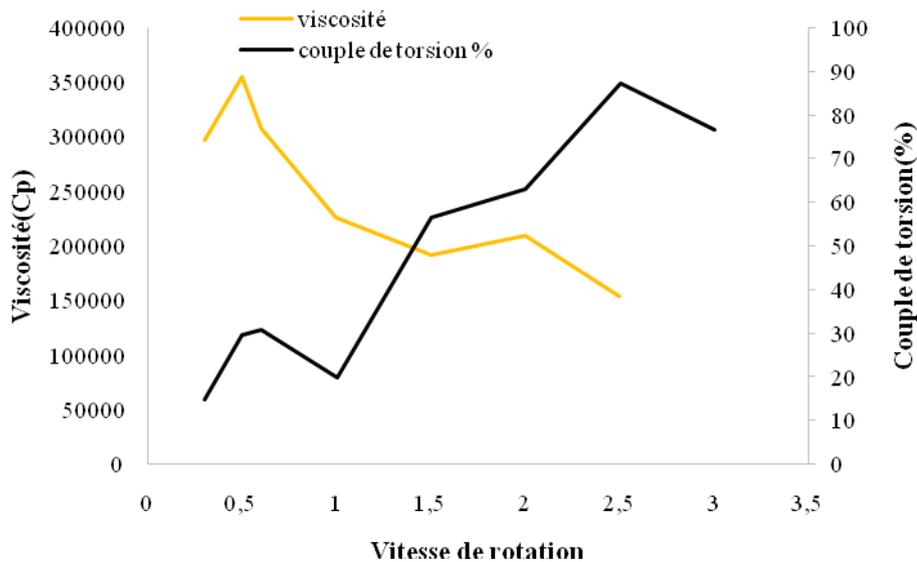
**Figure 15 :** Cinétique de solubilité de la gomme de caroube à 25°C et à 80°C.

Selon plusieurs investigations réalisées par de nombreux auteurs, la solubilité de la gomme de caroube n'excède pas les 90%, cependant il arrive qu'elle puisse varier selon certains facteurs à savoir la granulation de la gomme (dimension de la particule), la température et les forces ioniques (**Herald, 1986 ; Garcia- Ochoa et Casas, 1992 ; Pollard *et al.*, 2007**).

### II.2. Détermination de la viscosité

La viscosité est un paramètre important de la qualité de la plupart des produits. C'est une grandeur physique qui exprime la capacité d'un corps à s'opposer au cisaillement (**Gorlier et Germain, 1998**). Elle peut être influencée par la température mais également par le gradient de vitesse, la force de cisaillement ainsi que le temps (**Deuel et Neukom, 1954 ; Barak et Mugdil, 2014**).

L'une des propriétés la plus importante de la gomme de caroube est son habilité à former une solution visqueuse à haute température (**Barak et Mugdil, 2014**).



**Figure 16 :** Variation de la viscosité en fonction de la vitesse de rotation.

La figure représente l'évolution de la viscosité de la gomme de caroube estimée par le biais d'un viscosimètre de type rotatif à des rampes de vitesse de cisaillement de 0,3 à 100t/min à une concentration de 5%.

Les résultats indiquent une variation de la viscosité de la gomme de caroube en fonction du RPM. On remarque que la viscosité est inversement proportionnelle au couple de torsion. Plus on augmente la vitesse de rotation, la viscosité de la gomme diminue, alors que le couple de torsion augmente. La viscosité maximale de la gomme est de 354550 Cp à 0,5 rpm à ~90%.

La gomme de caroube se comporte comme un liquide rhéofluidisant en solution à cause des forces de cisaillement qui provoque le changement de l'organisation de la structure macromoléculaire de cette dernière. Ces forces aligneraient les molécules de la gomme de caroube dans la direction de l'écoulement diminuant sa viscosité dynamique (Sittikijyothin et al., 2005 ; Dakia et al., 2007).

### III. Valorisation de la gomme

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

### III.1. Analyses physico-chimiques de la confiture

Dans cette partie du travail, une analyse des caractéristiques physicochimiques de l'ensemble des échantillons (cinq) (tableau VII) a été réalisée.

**Tableau VII** : Résultats des analyses physico-chimique de la confiture.

Echantillons	B° %	Acidité g/100g	pH
<b>E 1</b>	61±0,00	0,67± 0,05	3,30± 0,02
<b>E2</b>	55±0,00	0,70± 0,10	3,39±0,01
<b>E3</b>	57±0,00	0,67± 0,05	3,29±0,01
<b>E 4</b>	58±0,00	0,76±0,00	3,21±0,01
<b>E 5</b>	67±0,00	0,67± 0,05	3,11±0,01

E : Echantillon ; B° : degré de Brix; E 1 : Confiture de fraise naturelle ; E2 : Confiture de fraise+ gomme de caroube ; E 3 : Confiture de fraise+pectine ; E 4 : Confiture de fraise+ gomme +pectine ; E 5 : Confiture de fraise industrielle.

#### III.1.1. Degré de Brix

Le degré de Brix mesure le poids en gramme de matière sèche soluble (le sucre dans les fruits) contenue dans 100 g de produit (**Smati et al., 2017**)

Les résultats obtenus indiquent que l'échantillon E5 (Confiture de fraise industrielle) détient le degré de brix le plus élevé (67%) par rapport aux 5 autres échantillons restant, alors l'échantillon E2 (Confiture de fraise+ gomme de caroube) présente la teneur la plus faible (55%).

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 très proches à ceux révélés par des travaux réalisés par **Rodrigues et al. (2017)** ; **Guichard et al. (1991)** et **Carbonell et al. (1991)** allant de 60 à 63%.

#### III.1.2. Détermination du pH

Les données obtenues (tableau VII), indiquent que les échantillons de confitures analysées ne présentent pas de grandes différences dans leurs valeurs de pH. L'échantillon E5 (Confiture de fraise industrielle) détient la valeur du pH la plus faible 3,11±0,01 alors que l'échantillon E2 possède le résultat le plus élevé 3,39± 0,01.

Généralement pour les confitures de fraises les valeurs de pH doivent être entre 3,2 à 3,4 (**FAO, 1995**). Les données obtenues montrent qu'avec les adjonctions ou sans

(ajout de gomme de caroube, de pectine ou de mélange des deux), les valeurs de pH des confitures élaborées ne sont pas affectées.

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 de l'amidon comme gélifiant et à différentes concentrations et ils ont rapportés des valeurs de pH plus importantes allant de 3,98 à 4,11. Cette élévation est éventuellement liée selon **(Kim et Kim ,1989)** à l'influence de l'épaississant additionné (amidon).

### III.1.3. Détermination de l'acidité

L'acidité de ces échantillons 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)**.

En se basant sur les résultats obtenus (tableau VII), on constate que les valeurs de l'acidité des échantillons testés sont presque similaires, elles varient entre 0,67 à 0,76 g/100g d'acide citrique. L'acidité la plus élevée est observée au niveau de l'échantillon E4 (0,76±0,), alors que la moins importante est obtenue au niveau des échantillons E 3, E5 et E1 avec 0,67±0,05 g/100g d'acide citrique.

Les résultats acquis par **Kang et Ch (2008)** qui ont étudié l'influence de la concentration de l'amidon sur les caractéristiques de la confiture de fraise, sont moins éminentes (0,28 à 0,46 %) que celles obtenues dans cette étude. Cependant elles sont légèrement inférieures par rapport à celles rapportées par **Rodrigues et al. (2017)** qui ont travaillé sur des confitures de fraise, la myrtille et mûre sauvage de Brésil avec 0,75 ± 0,13.

### III.2. Analyses microbiologiques

Les aliments à base de végétaux et les produits sucrés (miel, confitures, biscuits, jus, viennoiserie) sont particulièrement sensibles à des dégradations par les levures et moisissures. Elles peuvent entraîner l'apparition de troubles, d'odeurs ou de goûts anormaux (éthanol, variation du pH), ou le gonflement des produits emballés (libération du CO<sub>2</sub>). D'un point de vue technologique, elles peuvent être responsables d'accidents de fabrication rendant celle-ci incommercialisable (contamination des moules de fermentation) **(Feldesine et al., 2003 ; Sperber et Doyle,2009)**.

Les résultats de la recherche et dénombrement des levures et moisissures effectués dans les différents échantillons préparés sont regroupés dans le tableau suivant.

**Tableau VIII** : Résultats des analyses microbiologiques.

Levures et moisissures		
Echantillon	Solution mère	Dilution 10 <sup>-1</sup>
E1	Absence	Absence
E2	Absence	Absence
E3	Absence	Absence
E4	Absence	Absence
E5	Absence	Absence

E : Echantillon ; B° : degré de Brix; E 1 : Confiture de fraise naturelle ; E2 : Confiture de fraise+ gomme de caroube ; E 3 : Confiture de fraise+pectine ; E 4 : Confiture de fraise+ gomme +pectine ; E 5 : Confiture de fraise industrielle.

Les résultats obtenus dans le tableau VIII indiquent qu'il y a absence de germes fongiques dans l'ensemble des échantillons de confiture élaborés. En se référant aux normes internationales admises pour la limite totale des moisissures et levures qui est l'absence, l'ensemble des échantillons analysés répondent aux normes internationales (ISO DKS 139, 2018).

Selon **Feldesine et al. (2003)**, un aliment dont la flore mésophile est abondante peut être considéré comme impropre à la consommation. Ce test reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique des aliments.

### III.3. Analyse sensorielle

Cette partie est consacrée à l'évaluation sensorielle et hédonique des 5 échantillons de confitures formulés ou une palette de tests a été appliquée.

#### III.3.1. Test du plan d'expérience

Le plan d'expérience est une étape essentielle pour se garantir que les données collectées seront exploitables dans les meilleures conditions statistiques possibles.

L'objectif de ce test est de créer un plan d'expériences optimal, ou quasi optimal, dans le cadre d'expériences visant à spécifier les préférences d'un ensemble de consommateurs naïfs ou de jurys d'experts pour différents produits (**Perinel et Pages, 2004**).

Ce test a été appliqué dans cette étude, les résultats obtenus (tableau IX) indiquent deux critères A-Efficacité et le D-Efficacité égales à 1, ces données impliquent que le plan peut être validé ce qui permet d'effectuer les autres tests d'XLSTAT-MX.

**Tableau IX** : Evaluation du plan d'expériences.

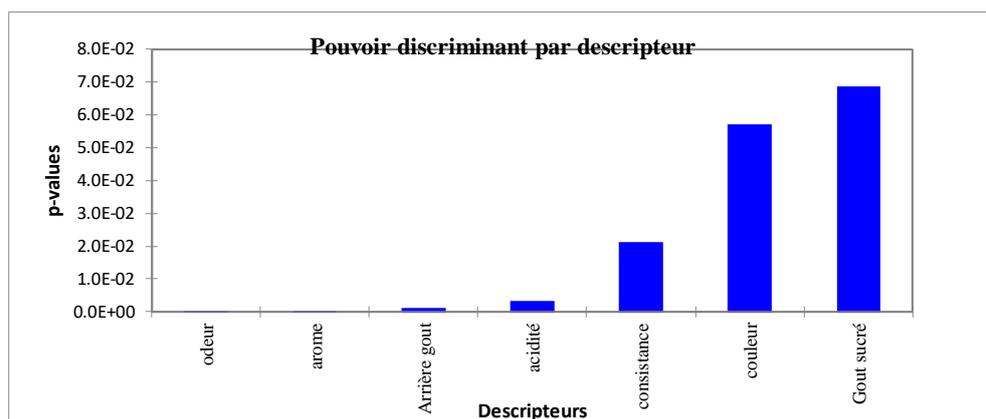
<b>A-Efficacité</b>	1,000
<b>D-Efficacité</b>	1,000

#### III.3.2. Caractérisation des produits

Ce test permet de caractériser rapidement les échantillons en fonction des préférences des juges, donc il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers dans le cadre de l'analyse sensorielle (**Husson et al., 2009**).

##### III.3.2.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés d'une façon décroissante c'est à dire du plus fort vers le plus faible pouvoir discriminant.



**Figure 17** : Pouvoir discriminant par le descripteur des experts.

Au vu des résultats de la figure 17, on remarque que l'odeur, l'arôme et l'arrière-gout sont les descripteurs qui détiennent le pouvoir discriminant le plus important. En contrepartie, la couleur et le gout sucré présente le pouvoir discriminants le plus faible, donc, on déduit que les experts n'ont pas constatés des divergences entre les descripteurs des échantillons.

### III.3.2.2. Moyennes ajustées par produit

Ce test a pour but de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. Les résultats sont regroupés dans le tableau X

**Tableau X** : Moyennes ajustées par produit pour les sujets experts.

	Odeur	Arome	Couleur	Gout sucré	Consistance	Arrière-gout	Acidité
E2	3,900	3,300	3,000	3,600	2,900	1,800	1,900
E1	3,700	3,500	3,600	3,900	3,300	1,600	1,900
E3	3,100	3,100	2,800	4,100	3,300	2,400	2,400
E4	2,400	2,700	3,000	3,800	3,700	2,100	2,400
E5	1,700	1,400	3,300	3,700	3,600	2,900	2,700

Le tableau X permet de faire ressortir les moyennes quand les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Les cellules en bleu sont les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale. Tandis ce que les cellules en rouge sont les moyennes qui sont significativement plus petites que la moyenne globale. Alors que les cellules en blanc sont les moyennes qui ne sont pas significatives.

Cela signifie que l'E1 (confiture sans additif) est fortement caractérisé par une odeur, un arôme mais présente une consistance faible. Concernant l'E2 (confiture avec gomme de caroube) il dispose une odeur et un arôme mais arrière-gout faible. Quant à l'E 4 (confiture

avec mélange de pectine et gomme) il est caractérisé par un manque de l'odeur. L'E 5 (confiture industrielle) est marqué par son acidité et son arrière-gout mais caractérisé par son odeur et arôme faible.

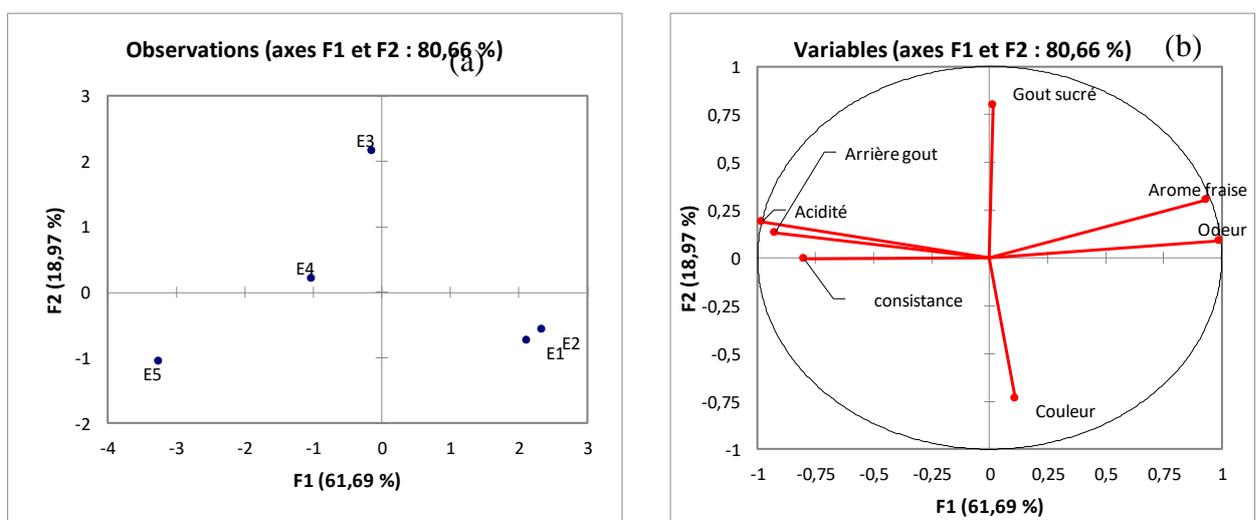
### III.3.5. Préférence MAPPING (Cartographie des préférences)

La cartographie externe des préférences (External Preference Mapping -PREFMAP) présente comme objectif la construction des cartes de préférence. Cette carte constitue un tribut à une décision non anodine dans toutes les études mettant en relation une configuration d'objets issue d'une analyse préalable (ACP, ACM, CAH) ainsi qu'un tableau de données complémentaires décrivant ces objets (attributs ou données de préférence). Afin de pouvoir effectuer une cartographie de préférence externe, on aura besoin de deux types de données :

- Les notes moyennes données par les experts pour chaque attribut étudié pour effectuer une Analyse en Composante Principale (ACP).
- Les notes d'acceptabilité attribuées par les consommateurs pour chaque échantillon pour réaliser une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

#### III.3.5.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multi variées les plus utilisées dès lors que l'on dispose d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) dans lequel les observations (des individus, des produits, ...) sont décrites par n variables (des descripteurs, attributs, mesures, ...). Si n est assez élevé, il est impossible d'appréhender la structure des données et la proximité entre les observations (**Jolliffe, 2002**).



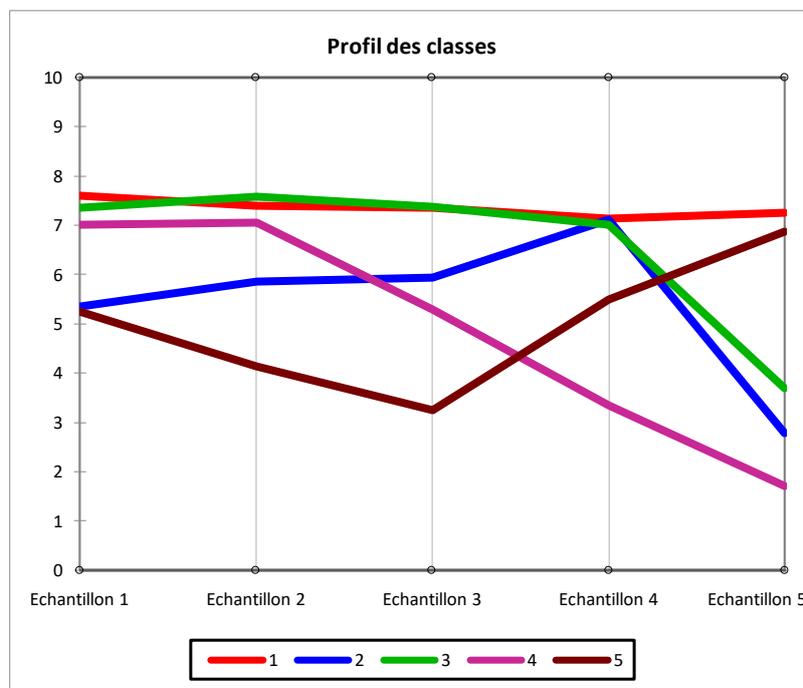
**Figure 18 :** Corrélations entre les variables (a) et les facteurs (b).

Une corrélation a été établie entre les différents échantillons et les descripteurs analysés. Les résultats de la carte obtenue révèlent que, l'ensemble des descripteurs sont présents dans le cercle et que le niveau de variabilité est de 80,66%. Cela veut dire que les produits ont été perçus par les experts comme assez différents.

### III.3.5.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique est une méthode de classification qui nous permis de visualiser le regroupement progressif des données. On peut alors se faire une idée d'un nombre conforme de classes dans lesquelles les données peuvent être regroupées (Everitt *et al.*,2001).

La figure suivante permet de représenter les différentes classes créées par les consommateurs naïfs.



**Figure 19 :** Profil des différentes classes.

Un profil des classes a été établi (figure 19). Le graphe permet de représenter le profil des classes qui ont été élaborées par les consommateurs naïfs et de comparer visuellement les moyennes des classes créées.

- La classe 1 : Préfère en première position l'E 1et l'E 2, puis l'E 3.
- La classe 2 : Préfère en première position l'E 4, puis l'E 3.
- La classe 3 : Préfère en première position l'E 2etl'E 1, puis l'E 3.
- La classe 4 : Préfère en première position l'E 1et l'E2, puis l'E 3.

- La classe 5 : Préfère en première position l'E 5 et l'E4 , puis l'E 3.

### III.3.5.3. Carte des préférences

Ce test permet de classer par ordre croissant de préférence, pour chaque juge, la liste des objets (tableau XI). Autrement dit, la dernière ligne correspond aux objets préférés des juges, selon les modèles de préférence.

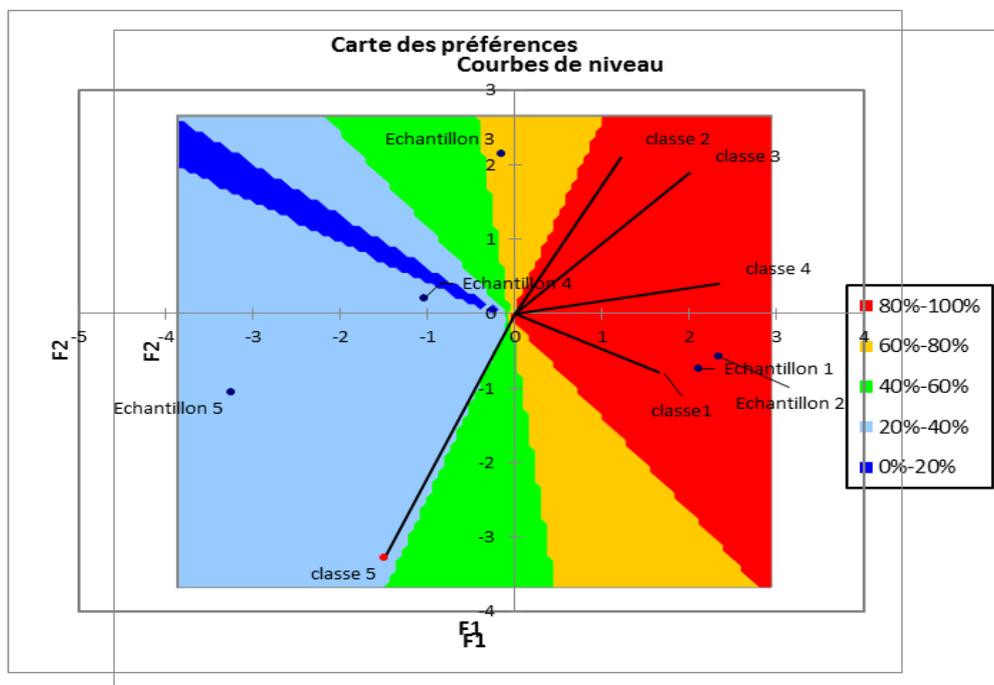
Un pourcentage de satisfaction des juges pour les échantillons a été déterminé tableau XIII.

**Tableau XI :** Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.

Objet	%
E 1	80%
E 2	80%
E 3	60%
E 4	20%
E 5	20%

Le tableau XI montre que les deux échantillons E1 et E2 ont été appréciés à un degré équivalent (80%) et l'E3 été apprécié à un degré de (60%), les deux échantillons E4 et E5 ont été moins appréciés (20%).

La figure 17 définit la courbe des niveaux et la carte des préférences.

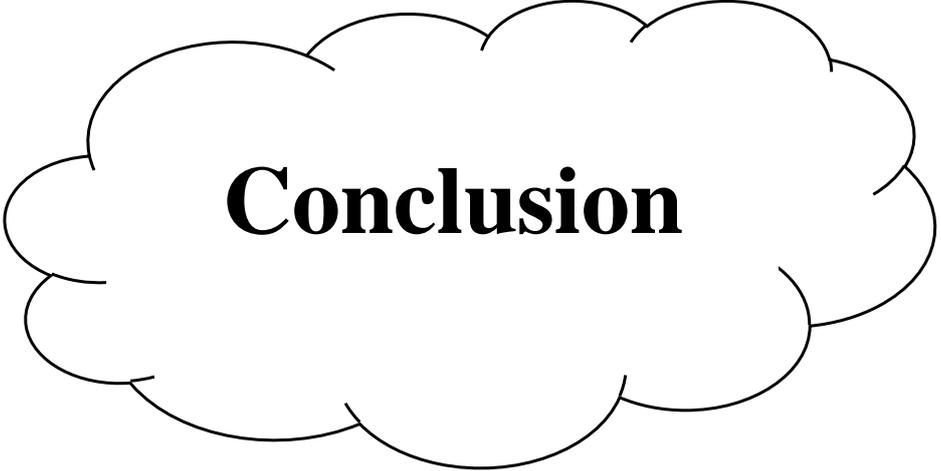


**Figure 20 :** Courbe de niveau et carte des préférences avec les caractéristiques des échantillons.

Le graphique des courbes de niveau permet de visualiser le pourcentage de groupes donnant une préférence supérieure à la moyenne en un point donné de la carte des préférences.

D'après les résultats obtenus, l'E 1 (confiture sans additifs) et l'E 2 (confiture avec gomme de caroube) sont les plus appréciés avec un pourcentage de (80%), ils sont caractérisés par l'arôme et l'odeur intense, alors que l'E 4 et l'E5 sont les moins appréciés avec un pourcentage de (20%). Ils sont caractérisés par une intense acidité et un arrière-gout marquant.

La superposition de cette carte avec l'ACP nous permet de faire le lien entre les préférences des différentes classes avec les caractéristiques des produits.



**Conclusion**

En Algérie, hormis les différentes propriétés de la pulpe de caroube qui sont exploitées dans diverses applications, peu de travaux sont disponibles sur les graines et leurs sous-produits qui peuvent être reconnus comme un trésor industriel. Ce travail a été réalisé dans le but de valoriser la gomme de caroube (sous-produit des graines) et son possible utilisation comme additif alimentaire (épaississant).

La détermination de quelques analyses physico-chimiques de la gomme de caroube après son extraction, a montré qu'elle est constituée essentiellement en sucres (constituant majeur)  $16,67 \pm 0,46$  g/100g mais également en protéines, en lipides mais en quantités moins importantes  $4,46 \pm 0,82$  g/100g et  $0,84 \pm 0,05$  g/100g respectivement et détient un pH proche de la neutralité  $6,29 \pm 0,012$ .

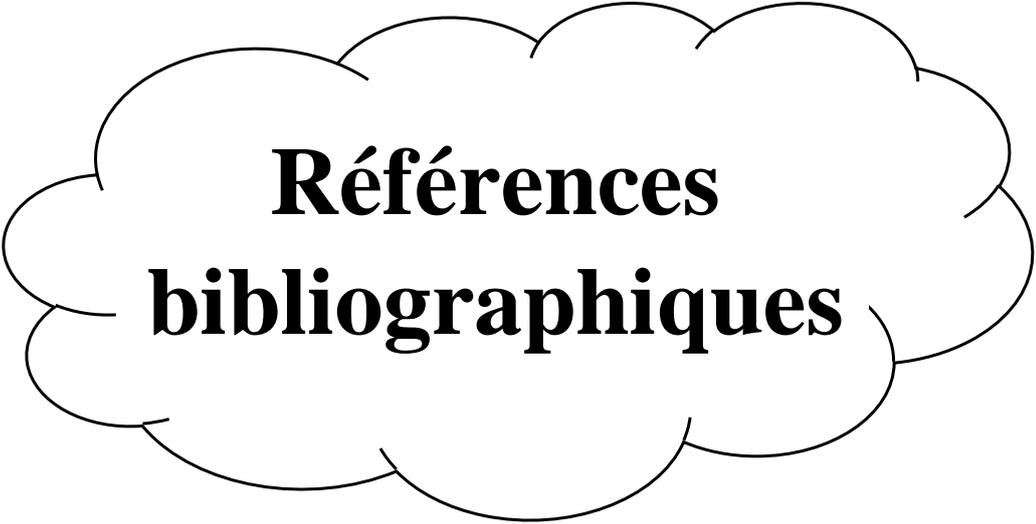
L'étude de la solubilité et la viscosité de la gomme a révélé, qu'elle est partiellement soluble à l'eau froide ~50% mais elle est maximale à températures élevées ~ 90%. L'étude rhéologique (viscosité) à 5% a montré le comportement rheofluidisant de la gomme, en effet la viscosité apparente est une fonction décroissante en fonction du taux de cisaillement.

La seconde partie a consisté, en l'incorporation de la gomme de caroube dans une confiture de fraise élaborée à l'échelle artisanale. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de la confiture ont démontré que cette dernière a été préparée conformément aux normes en vigueur en ce qui concerne le degré brix ( $55^\circ$  -  $61^\circ$  %), l'acidité ( $0,67\%$  -  $0,76\%$ ) ainsi que l'absence des levures et moisissures ou toute autre contamination. Les résultats de l'évaluation sensorielle et hédonique ont dévoilé que la confiture avec adjonction de la gomme de caroube est appréciée par une grande partie des dégustateurs (80%) par rapport à la confiture industrielle ou par rapport à celle avec une concentration de la pectine. Ces mêmes résultats ont démontré qu'elle est caractérisée par une bonne odeur et un arôme agréable.

Des lors de telles caractéristiques peuvent qualifier la gomme de caroube comme substitut naturel des épaississants exploités par les industries de confitures à l'instar de la pectine ou l'amidon.

Les données rapportées dans ce travail restent préliminaires et ouvrent les portes sur d'autres perspectives, il serait donc important de continuer les recherches et de mener une étude plus approfondie en ce qui concerne :

- Etude des caractéristiques structurelles et comportement rhéologique de la gomme de caroube ;
- Explorer d'autres méthodes d'extraction et optimiser les paramètres d'extraction à savoir la température et le temps en utilisant un plan d'expérience ;
- Evaluer d'autres propriétés de la gomme à savoir la fabrication des biofilms.



**Références  
bibliographiques**

### A

- **Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrak A. (2007).** Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture, N°153, IAV Rabat, pp.1-4.
- **Albagnac, G., Varoquaux, P., &Montignaud, J. C. (2002).** Technologie de transformation des fruits (EditionsLAVOISIER/ TEC ET DOC.). Collection sciences & technique agroalimentaires.INRA,Paris, France.PP 421.
- **Andrade C., Azero E., Luciano L.et Goncalves M. (1999).** Solution properties of the galactomannansextractedfrom the seeds of *Caesalpinia pulcherrima* and *Cassia javanica*:comparisonwithlocustbeangum. *Int. J. Biol. Macromol*, 26 :181-185.
- **AOAC (2006).** Official methodes of Analysis of international. Gaithersburg. Maryland: AOAC.31 :931.49,972.
- **AOAC (2007).** Official methodes of Analysis of international. Gaithersburg. Maryland : AOAC,2 :955.04,33 :990.19,945.46.
- **A.O.A.C (2000).** Official Methods of AssociationChemists International Arligton 16th end.Virginia, USA.

### B

- **Barak, S et Mudgil, D. (2014).** Locust bean gum: Processing, properties and foodapplications.*International Journal of BiologicalMacromolecules*, 66 : 74–80.
- **Bate-Smith, E. C. (1973).** Haem analysis of tannins: the concept of relative astringency. *Phytochemistry*,12 :907–912.
- **Battle I. et Tous J. (1997).** Carobtree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy 1-97.
- **Benmahioul, B., Kaid -Harche, M., Daguin, F. (2011).** Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne* t. XXXII, 1 : 51-58.
- **Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M. (2007).** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, *Food Chemistry*, N°100, pp.1453-1455.
- **Bonnier,G. (1990).**La grande flore en couleur. Collection, nouvelles flores 4 Ed Belin, pp1424.

- **Bouzonville.A. (2004).** Projet de génie des procédés : La fabrication de confitures de fruit rouges. P4-6.
- **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 :1508–1515.
- **Broutin C., Sokona K., Ndiaye A. (1998).** Fabrication artisanale de boissons, sirops et confitures fiches pédagogiques illustrées, Dakar, Enda-Graf, ITA, Programme Aval, Gret, mars 1998, p.29.

### C

- **Calixto, F.S., Canellas, J. (1982).** Components of nutritional interest in carob pods *Ceratonia siliqua*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 33: 1319–1323.
- **Carbonell et al. (1991)**
- **Codex Alimentarius (1995) :** Normes générales pour les additifs alimentaires. Codex STAN 162-1995 pp.24.

### D

- **Dakia P.A., Wathel et B. Paquot M. (2007).** Isolation and chemical evaluation of, carob (*Ceratonia siliqua L.*) seedgerm. Food Chemistry, 102: 1368-1374.
- **Dakia, P.A., Bleckerb, C., Roberta, C., Watheleta, B., Paquota, M. (2008)** Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocolloids, 22 : 807–818.
- **DASA de Tlemcen (2009).** La distribution de caroubier en Algérie.
- **De Pádua, M., Growski Fontoura, P S., Mathias, A. L (2004)** Chemical composition of *Ulva rioxysperma* (kützing) Bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (DELILE).Brazilian Archives of Biology and Technologie,41 :49-55.
- **Deuel, H., et Neukom. (1954).** Advan. Chem, Ser, No 11.,51.
- **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., Jaouad, A., Naïmi, M. (2012).** Rheology and influence factor of *Locust Bean Gum* solution. Revue de génie industriel,8, 55-62.

- **El Batal, H., Hasib, A. (2013).** Optimization of Extraction Process of Carob Bean Gum Purified from Carob Seeds by Response Surface Methodology. *Chemical and Process Engineering Research*. 12, 1-8.
- **Everitt B.S, Landau S, Leese M. (2001).** Cluster analysis, 4ème éd. Arnold, London, p. 35 -42.

### F

- **Feldsine, P T., Lienau, A H. Leung, S C. and Mui, L A. (2003).** Enumeration of Total Yeasts and Molds in Foods by the SimPlate® Yeast and Mold–Color Indicator Method and Conventional Culture Methods: Collaborative Study. *Journal of AOAC International* 86, (2) :296-313
- **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1995).** Fruit and vegetables processing. *FAO Agricultural services bulletin No.119*
- **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016).** Carob bean gum; chemical and Technical Assessment (CTA).
- **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/WHO. (2016).** Carob bean gum.
- **FAOSTAT (2017)** Food and agricultural commodities production. In <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>. FAO. (Page consultee le 2 Juin 2019). Composition nutritionnelle de la fraise. In : Site **Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (anses)** [en ligne]. (2017). Disponible sur : <https://ciqual.anses.fr/#/aliments/13014/fraise-crue>.
- **Farahnaky, A., Darabzadeh, N., Majzoobi, M., et Mesbahi, Gh. (2014).** Physicochemical Properties of Crude and Purified Locust Bean Gums Extracted from Iranian Carob Seeds. *Journal of Agricultural and Science and Technology*, 16: 125-136.

### G

- **Garcia-Ochoa, F., et Casas, J A. (1992).** Viscosity of Locust Bean (*Ceratonia siliqua*) Gum Solutions. *Journal of the sciences of Food and Agriculture*. 59 : 97-100.
- **Gaouar. (2011).** Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. Thèse de magistère en Nutrition. Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen. p 95.

- **Gillet, S., Blecker, C., Paquot, M., Richel, A. (2014).** La relation structure chimique propriétés physiques des galactomannanes extraits de la caroube. *Comptes Rendus Chimie*.17. 386–401.
- **Giminez, J., Kajda, P., Margomenou, L., Piggott, J. R., & Zabestakis, I. (2001).** A study on the colour and sensory attributes of highdrostatic-pressure jams as compared with traditional jams. *81*(13), 1228-1234.
- **Gorlier P, Germain G. (1998).** La viscosité et sa mesure. « La mesure » TIPE.
- **Gubbuk, H., Kafkas, E., Guven, D., et Gunes E. (2010).** Physical and phytochemical profile of wild and domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) genotypes. *Spanish Journal of Agricultural Research*,8 No (4), 1129-1136.
- **Guichard, E., Issanchou, S., Descourvieres, A., Etievant,P. (1991).** Pectin Concentration, Molecular Weight and Degree of Esterification: Influence on Volatile Composition and Sensory Characteristics of Strawberry Jam. *Journal of foodscience*,56: No. 6, 1621-1627.

### H

- **Haddarah, A. (2013).** L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise.Thèse de Doctorat de Procédés Biotechnologiques et Alimentaires.L'Université Libanaise (Ecole Doctorale des Sciences et Technologie) Et l'Université de Lorraine (France).
- **Harill, R. (1994).** Using a refractometer to test the quality of fruits and vegetables  
Published by Pinekoll publishing P.O. BOX 6, KEEDYSVILLE, MD 21756
- **Herald, C. T. (1986).** Locust/carob bean gum. In M. Glicksman (Ed.), *Food hydrocolloids* 3(5): 161–170). Boca Raton, FL: CRC Press.
- **Hillcoat, D., Lewis, G., Verdcourt, B. (1980).** A New Species of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic, *Kew Bulletin*,
- 35(2): 261
- **Husson F. and Page J. (2009).** Sensorielle. Manuel méthodologique.3ème éd. Lavoisier, 23 : p.16.

### I

- **ISO 7954. (1987).** Microbiologie : Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures dans les aliments destinés à l'alimentation humaine et animal. (1<sup>er</sup> Edition). International Standard Organisation, Genève, Suisse.pp..

- **ISO DKS 139. ICS 67.080 (2018).** Jams, Jellies and Marmalades –Specification.

### J

- **Jolliffe I.T. (2002).** Principal Component Analysis, 2ème éd. Springer, New York, 13-18.

### K

- **Kang.Nam-Eet Cho, Mi-Sook. (2008).** Quality Characteristics of Strawberry Jam Added with Various Levels of Resistant Starch.The korean journal of food and nutrition, 21: No. 4, 457-462.
- **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, 278-286.
- **Koyuncu, M.A et Dilmaçınal, T. (2010).** Determination of Vitamin C and Organic Acid Changes in Strawberry by HPLC During Cold Storage. Notulae Botanica Horti Agrobotanici Cluj-Napoca .38 (3), 95-98.

### L

- **Lopez da Silva J. et Gonçalves M. (1990).** Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. Food Hydrocolloids, 4: 277-287.

### M

- **Mekhoukhe, A., Kicher, H., Ladjouzi, A., Medouni-Haroune, L., Brahmi, F., MedouniAdrar, S., Madani,K. (2018).**Antioxidant activity of carob seeds and chemical composition of their bean gum by– products Journal of Complementary and IntegrativeMedicine.20170158.
- **Mishra,R et Kar,A. (2014).** Effect of Storage on the Physicochemical and Flavour Attributes of Two Cultivars of Strawberry Cultivated in Northern India, The scientific world journal 1-7.

### N

- **Naes T. and Risvik E. (1996).** Multivariate Analysis of Data in Sensory Science. Elsevier Science, Amsterdam.

### O

- **Ornelas-Paz, J. J., Yahia b, E.M., Ramirez-Bustamante, N., Perez-Martinez, J. D., Escalante-Minakata M., del P., Ibarra-Junquera, V., Acosta-Muniz ,C., Guerrero-Prieto,V., Ochoa-Reyes, E.(2013).** Physical attributes and chemical

composition of organics trawberry fruit (*Fragaria xananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening, *Food Chemistry* (138) 372–381.

### P

- **Perinel E., pages J. (2004).** Optimal nested cross-over designs in sensory analysis, *Food Quality and Preference*, 15, N° 5: p. 439-446.
- **Pollard, M. A., Kelly, R., Wahl, C., Windhab, E., Eder, B., & Amado, R. (2007).** Investigation of equilibrium solubility of a carob galactomannan. *Food Hydrocolloids*, 21(5-6): 683–692.

### Q

- **Quezel, P., Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tomes II. 1170 pp. Ed Centre National de la recherche scientifique. Paris.

### R

- **Rajeev, B., & Kok, M. G. (2017).** sonication treatment convalesce the overall quality of hand pressed Strawberry juice. *food chemistry*, 215 : 470-476.
- **Raoul, M. (1987).** Transformation des fruits : jus, confiture, fruits secs. pp. 57-75.
- **Reid, D. S. (2003).** Traditional Indirect Methods for Estimation of Water Content: Measurement of °Brix. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, University of California at Davis Davis, California. pp 141-145.
- **Rejeb MN., Laffray D., Louguet P. (1991).** Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie. In : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre, Paris, pp 417-426.
- **Romandini S, Mazzoni L, Giampieri F, et al. (2013).** Effects of an acute strawberry (*Fragaria × ananassa*) consumption on the plasma antioxidant status of healthy subjects. *J. Berry Res.* 2013; 3:169–179
- **Rodrigues, L. M., Souza, D. F. Da Silva, E. A., Oliveira, T. O., Lima, J. P. (2017).** Physical and chemical characterization and quantification of bioactive compounds in berries and berryjams. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 38: No 4, 1853-1864.

### S

- **Sperber, W.H., Doyle, M.P. (2009).** *Food Microbiology and Food Safety*. Center of Food Safety, Springer New York Dordrecht Heidelberg London University of Georgia, Griffin, GA, USA. Pp367.

- **Smati, I., Bettaieb Rebey, I., Hammami, M., Hamdaoui, G. Saidai Tounsi, M. (2017).** Variation of the quality of lemon (*Citrus limon* L.) juice during stage of fruit maturity. Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 43(1), 2334-2343
- **Sbay,H. (2008).** Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir. Centre de Recherche Forestière. Collection Maroc Nature. Pp 27.
- **Schwieterman, M. L., Colquhoun T.A., Jaworski E. A., Bartoshuk, L.M., Gilbert, J.L., Tieman D. M., Odabasi, A. Z., Moskowicz H. R., Folta, K. M.,Klee ,H. J., Sims C. A. Whitaker ,V. M., Clark, D. G.(2014).** Strawberry Flavor: Diverse Chemical Compositions, Seasonal Influence, and Effects on Sensory Perception, PLOS ONE 9(2) 1-12.
- **Sittikijyothin W., Torres D. &Gonclaves M.P. (2005).** Modelling the rheological behavior of galactomannan aqueous solutions. Carbohydr. Polym, 59: 339-350.
- **Smati,I., BettaiebRebey,I., Hammami,M., Hamdaoui,G., SaidaiTounsi, M. (2017).** Variation de la qualité du jus de citron (*Citrus limon* L.) au cours de la maturation fruit. Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 43(1) : 2334-2343.

### V

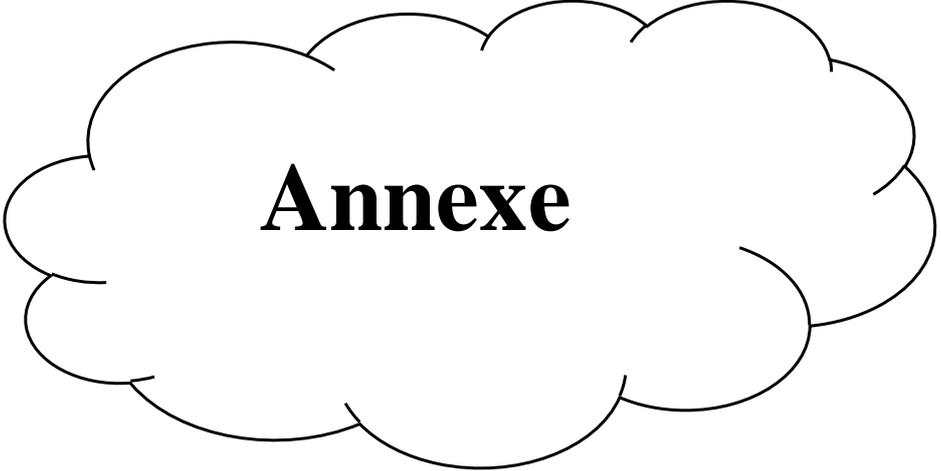
- **Vavilov N.I. (1951).** The Origin, Variation, Immunity, and Breeding of Cultivated Plants [translated from the Russian by K.S. Chester]. The Ronald Press Co., New York.

### W

- **Wielinga, W.C., Maehall, A.G. (2000).** Galactomannans. In: Handbook of Hydrocolloids. (ed): Phillips G. O and Wood head PUBLISHING Limited. North and South American. pp 472.
- **Witherspoon J. M. et Jackson J. F. (1995).** Analysis of fresh and driedapricot, *In:* Modern Methods of Plant Analysis. 18(eds H F. Linskens Fruit Analysis J. F & Jackson.pp.111-131.Springer-Verlag, Berlin.

### Z

- **Zohary, M. (1973).** Geobotanical Foundations of the Middle East, 2 vols. Stuttgart.



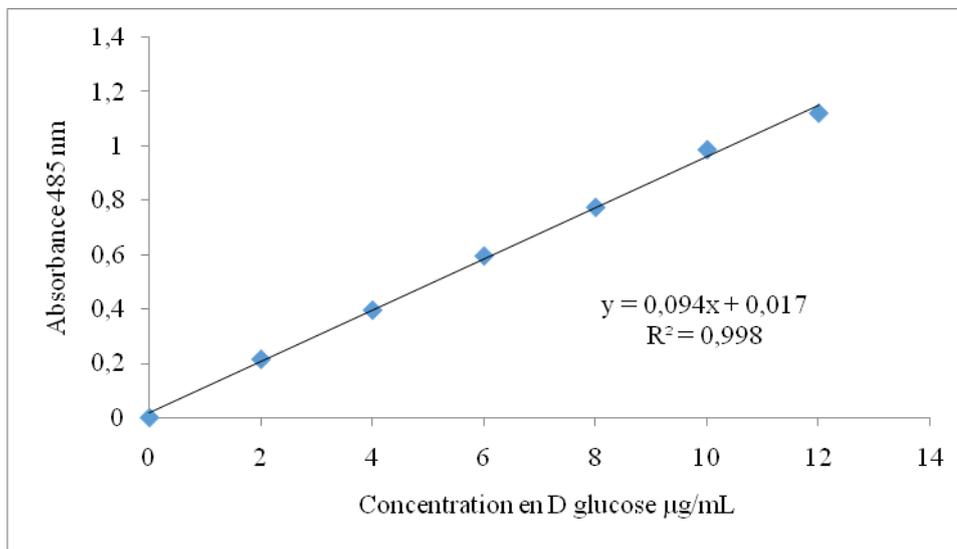
**Annexe**

**Annexe 1****Tableau I : Matériels et réactifs utilisés.**

	<b>Matériels</b>	<b>Références</b>
Solvants et produits	Ethanol (80%) 40 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (5ml) Phénol (5%) 1ml K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (20 g) HgO 1g NaOH (30%) 30ml NaOH (5%) HCL (5%) 200ml Pectine	PROLABO PROLABO SIGMA SIGMA SIGMA PROLABO PROLABO PROLABO VIS Allemagne
Matériels de laboratoire	Spectrophotomètre UV-visible pH mètre Plaque chauffante agitatrice Balance analytique Centrifugeuse Etuves à 37°C et 105°C Réfractomètre Viscosimètre Soxhlet	RAY LEIGH BANTE Instrument VELP Scientifica PS1200.R2 DT5-1C Benchtop Low speed centrifuge MEMMERT SCHMITD & HAENSCH MYR
Milieux de cultures	Sabouraud chloramphénicol	ECO PROLab.

Annexe2

- Courbe d'étalonnage pour le dosage du glucose

Annexe3

## Questionnaire de l'analyse hédonique de la confiture

## Questionnaire :

Nom : .....

Prénom : .....

Age : .....

Sexe : F ou H

Date : .....

**1. Préférence générale :**

Dans l'optique de réaliser une évaluation sensorielle de la confiture, cinq échantillons numérotés **1, 2, 3, 4, 5** vous sont présentés. Il vous est demandé de les goûter successivement et de les classer par ordre de préférence, en attribuant une note de 1 à 9 pour chaque échantillon. Sachant que la note 1 correspond au moins préféré et 9 au plus préféré, selon l'échelle présentée ci-dessous :

**N.B :** Veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

1 : Extrêmement désagréable,

2 : Très désagréable,

3 : Désagréable,

4 : Assez désagréable,

5 : Ni agréable ni désagréable,

6 : Assez agréable,

7 : Agréable,

8 : Très agréable,

9 : Extrêmement agréable.

<u>Echantillon</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>Note</u>					

## 2. Paramètre ayant motivé la préférence générale :

❖ Quel sont les caractéristiques organoleptiques qui ont motivé votre préférence :

Le gout sucré       L'acidité       L'arome fraise       La couleur

L'arrière-gout       L'odeur       La consistance

**\*Merci pour votre coopération**

### •Questionnaire d'analyse sensorielle de la confiture (panel expert)

**Sexe : F ou H**

**Date : .....**

**Age : .....**

Dans l'optique de réaliser une caractérisation sensorielle de la confiture, cinq échantillons numérotés **1, 2, 3, 4, 5** vous sont présentés. Il vous est demandé de les goûter successivement et d'évaluer les caractéristiques suivantes : La Couleur, L'odeur, la sensation en bouche (gout sucré, arôme fraise, acidité, arrière-gout) et la texture (consistance).

**N.B** : Veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

#### **Couleur :**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon comme présentée ci-dessous :

1 Très faiblement intense

2 Faiblement intense

3 Moyennement intense

4 Fortement intense

5 Très fortement intense

<u>Echantillon</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>Note</u>					

#### **Odeur :**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon concernant l'intensité de l'odeur fraise :

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

<b><u>Echantillon</u></b>	<b><u>1</u></b>	<b><u>2</u></b>	<b><u>3</u></b>	<b><u>4</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>Note</u></b>					

**Sensation en bouche :**

- **Goût sucré**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

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

<b><u>Echantillon</u></b>	<b><u>1</u></b>	<b><u>2</u></b>	<b><u>3</u></b>	<b><u>4</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>Note</u></b>					

- **Arome fraise**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

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

<b><u>Echantillon</u></b>	<b><u>1</u></b>	<b><u>2</u></b>	<b><u>3</u></b>	<b><u>4</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>Note</u></b>					

- **Acidité**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1Très faiblement acide
- 2 Faiblement acide
- 3 Moyennement acide
- 4 Fortement acide

5 Très fortement acide

<u>Echantillon</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>Note</u>					

- **Arrière-gout**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

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

<u>Echantillon</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>Note</u>					

- **Consistance**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 Trop molle
- 2 Molle
- 3 Moyenne
- 4 Gélifiante
- 5 Très gélifiante

<u>Echantillon</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
<u>Note</u>						

**1. 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.

<u>Echantillon</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>Note</u>					

## 2. Paramètre ayant motivé la préférence générale :

❖ Quel sont les caractères organoleptiques qui ont motivé votre préférence :

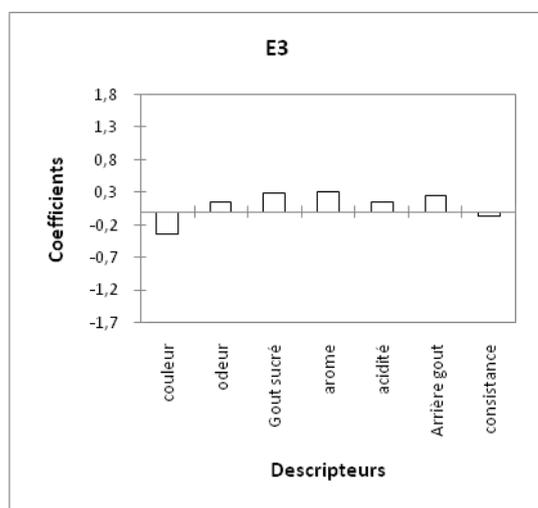
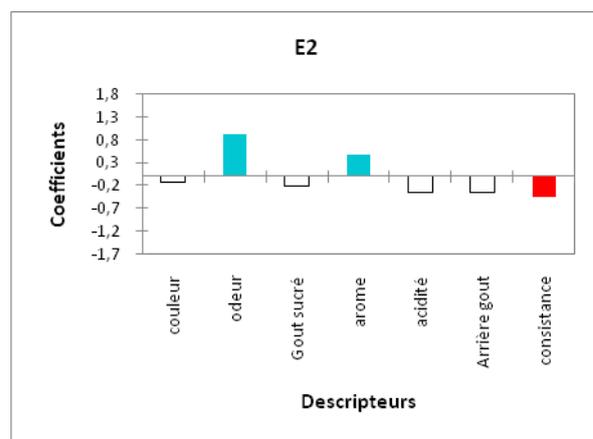
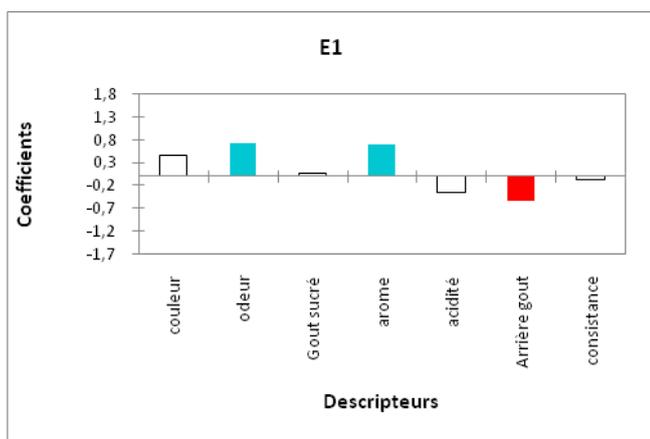
Le goût sucré       L'acidité       L'arôme fraise       La couleur

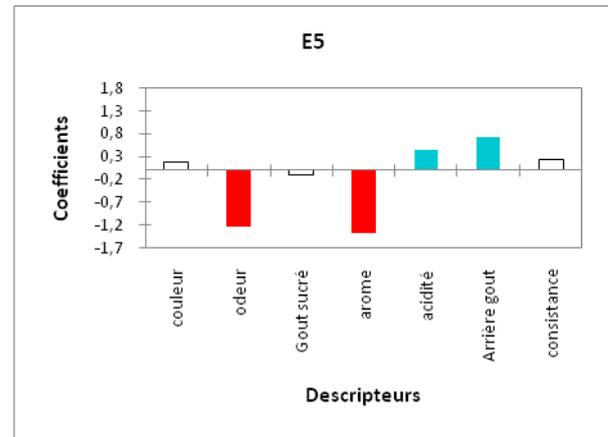
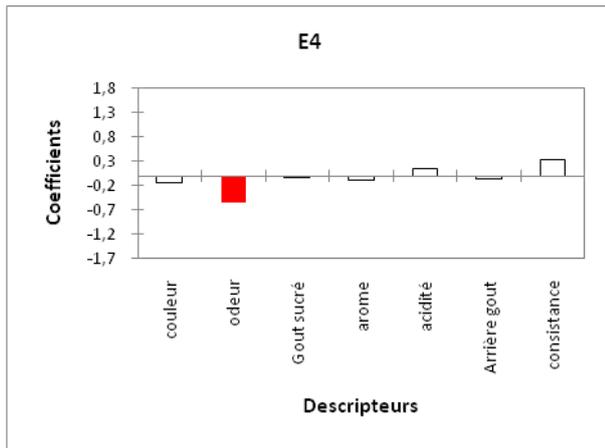
L'arrière-gout       L'Odeur       La consistance

**\*Merci pour votre coopération\***

### Annexe4

- Coefficients des modèles analysés par Excel Stat





**Tableau II : Résultats des sujets naïfs.**

Sujets naïfs	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5
01	9	7	6	7	6
02	7	5	8	9	3
03	8	9	8	8	4
04	8	4	6	9	2
05	7	9	8	7	7
06	8	7	7	6	7
07	5	6	6	8	3
08	4	7	6	9	5
09	8	5	7	4	4
10	9	7	6	8	2
11	9	7	5	3	2
12	7	8	8	6	6
13	1	2	1	2	1
14	8	7	3	6	2
15	7	7	3	7	3
16	5	7	8	7	1
17	9	8	7	7	6
18	7	7	7	8	8
19	3	3	6	7	8
20	5	8	6	7	1
21	2	7	3	9	8
22	1	7	9	9	1
23	7	4	3	9	2
24	9	7	6	6	3
25	8	8	7	6	4
26	8	5	6	7	4
27	7	9	9	8	4
28	6	7	8	9	4
29	7	6	4	7	5
30	9	8	9	8	2
31	6	8	8	9	7

---

---

32	9	9	9	9	8
33	7	7	7	6	6
34	6	7	8	9	3
35	8	7	2	6	1
36	2	8	4	5	3
37	6	7	9	8	2
38	7	9	8	5	3
39	9	7	8	7	6
40	4	5	7	8	3
41	9	7	5	6	8
42	8	5	3	7	3
43	9	8	9	7	4
44	8	9	9	7	4
45	8	9	7	4	4
46	9	7	7	6	7
47	5	7	9	9	5
48	7	6	5	4	2
49	7	7	6	6	3
50	5	4	7	7	5
51	5	6	6	7	3
52	5	7	7	8	8
53	5	4	2	3	7
54	7	2	8	9	3
55	9	4	6	5	7
56	9	1	6	5	8
57	6	7	9	4	2
58	4	6	8	7	3
59	6	4	3	5	8
60	7	9	8	6	4
61	7	6	4	8	9
62	7	8	6	5	5
63	5	7	3	8	2
64	4	6	8	8	2
65	9	7	9	9	8
66	4	3	8	7	2
67	8	7	6	9	4
68	9	6	4	8	9
69	9	7	8	9	8
70	6	7	9	8	3
71	9	8	3	1	2
72	7	2	6	8	2
73	9	7	7	8	9
74	6	7	8	9	6
75	3	9	6	8	2
76	8	7	9	7	8
77	7	5	7	8	2
78	7	7	8	7	8
79	8	7	7	5	1
80	8	6	7	7	2
81	6	5	5	3	1

---

---

82	8	9	6	4	2
83	6	3	5	2	1
84	5	6	7	3	1
85	8	9	8	9	3
86	8	7	6	9	5
87	4	8	7	6	3
88	5	8	6	4	8
89	4	7	5	6	5
90	5	8	6	4	4
91	8	8	4	4	3
92	5	9	7	6	2
93	9	8	7	6	5
94	8	6	5	4	2
95	7	9	5	4	2
96	5	6	8	9	4
97	8	7	4	5	2
98	6	8	6	7	7
99	7	9	6	3	3
100	7	7	7	6	8
101	6	7	7	5	4
102	7	5	1	8	8
103	1	9	7	4	3
104	7	6	6	6	6
105	3	5	7	8	1
106	6	8	4	6	3
107	5	9	4	2	1
108	5	3	2	4	6
109	2	4	2	2	6
110	7	4	6	8	5
111	8	7	7	6	7
112	6	7	6	3	1
113	3	7	8	7	4
114	6	3	2	5	8
115	6	7	4	3	1
116	5	3	9	4	1
117	8	3	3	5	2
118	4	5	3	5	3
119	2	3	3	4	5
120	7	8	5	6	4
121	9	7	6	8	5
122	7	6	4	8	9

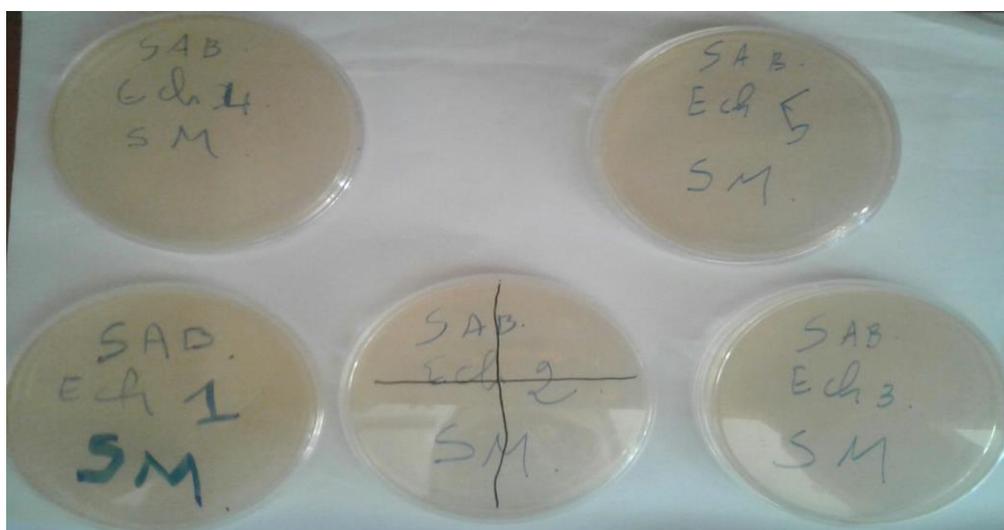
Tableau III : résultats des jurys experts.

Exper t	échantillo n	couleu r	odeu r	Gout sucr é	Arom e fraise	acidit é	Arrière -gout	consistanc e	préférenc e
A	E1	5	5	5	4	3	2	4	8
A	E2	3	4	3	4	2	2	4	7
A	E3	4	3	4	3	3	2	4	7
A	E4	3	2	4	2	3	1	5	8
A	E5	5	1	5	1	5	5	4	6
B	E1	4	5	5	5	3	1	4	7
B	E2	3	4	4	5	4	2	1	8
B	E3	3	3	5	3	4	3	3	8
B	E4	2	1	5	2	5	2	4	1
B	E5	1	2	5	1	4	4	4	1
C	E1	4	4	4	4	3	4	4	5
C	E2	2	4	4	3	2	3	4	7
C	E3	2	4	5	3	3	4	4	6
C	E4	3	2	4	4	2	4	4	8
C	E5	4	2	5	3	4	2	4	5
D	E1	3	3	4	3	1	1	3	5
D	E2	4	4	4	4	1	2	3	5
D	E3	2	3	4	3	1	2	3	5
D	E4	2	2	4	2	1	2	3	5
D	E5	4	2	4	2	1	3	4	6
E	E1	2	4	5	4	2	2	3	5
E	E2	4	4	4	4	2	2	3	5
E	E3	3	3	5	4	3	2	4	3
E	E4	3	3	5	4	3	2	3	3
E	E5	1	2	5	2	2	2	4	3
F	E1	4	3	3	4	2	1	4	8
F	E2	4	3	3	3	2	1	4	7
F	E3	3	4	4	3	2	3	4	7
F	E4	3	3	3	2	3	2	4	7
F	E5	3	3	3	1	2	1	5	7
G	E1	3	3	3	2	2	2	3	7
G	E2	3	3	3	2	1	2	3	6
G	E3	4	3	2	3	3	3	2	6
G	E4	3	3	3	3	2	3	3	7
G	E5	4	2	2	1	4	4	3	5
H	E1	4	5	5	5	1	1	1	8
H	E2	4	5	3	3	3	2	3	7
H	E3	4	3	3	3	3	2	3	7
H	E4	4	3	2	3	3	1	4	7
H	E5	1	1	4	1	3	4	3	1
I	E1	3	2	2	2	1	1	4	5

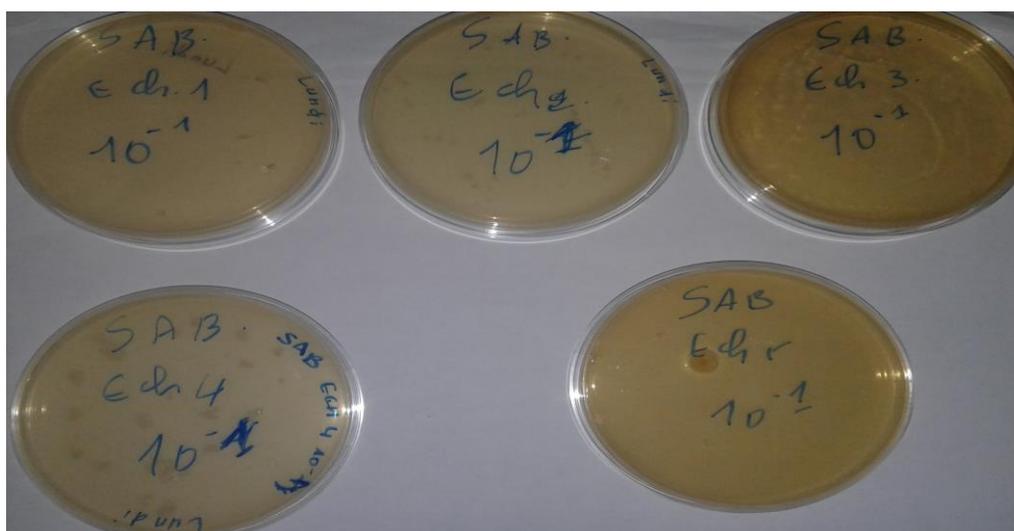
I	E2	2	5	5	3	1	1	2	4
I	E3	2	3	5	3	1	1	4	4
I	E4	4	3	4	3	1	1	3	6
I	E5	5	1	2	1	1	1	1	5
J	E1	4	3	3	2	1	1	3	8
J	E2	1	3	3	2	1	1	2	7
J	E3	1	2	4	3	1	2	2	8
J	E4	3	2	4	2	1	3	4	5
J	E5	5	1	2	1	1	3	4	2

### Annexe 5

- Résultats pour dénombrement et recherche de moisissures et levures.



Boîtes de Pétri représentent la solution mère.



Boîtes de Pétri représentent la dilution  $10^{-1}$ .

### Résumé

Ce travail vise à valoriser la gomme de caroube (*Ceratonia siliqua*) par son incorporation dans la technologie de fabrication des confitures, mais aussi à connaître son impact sur les propriétés des confitures. Les analyses effectuées sur la gomme de caroube ont montré une teneur importante en sucre par rapport aux autres constituants et elles ont démontrées sa forte viscosité. Les analyses physicochimiques effectuées sur la confiture ont révélé que la gomme de caroube n'influence pas les caractéristiques de la confiture tels que l'acidité, le pH, et le taux de brix.

La recherche d'altération sur la confiture a montré que cette dernière présente une bonne qualité hygiénique par rapport aux germes recherchés.

L'évaluation sensorielle de la confiture élaborée montre la satisfaction des dégustateurs avec un pourcentage de 80 %.

**Mots clés :** *Ceratonia siliqua*, gomme de caroube, analyse sensorielle, confiture, viscosité.

### Abstract

This work aims to evaluate carob gum by incorporating it into the technology of making jams, but also to know its impact on the properties of jams. The analyzes performed on locust bean gum showed a high sugar content compared to the other constituents and they demonstrated its high viscosity. The physicochemical analyzes carried out on the jam revealed that the carob gum does not influence the characteristics of the jam such as the acidity, the pH, and the brix rate.

Alteration assessemunt of the jam has shown that the latter has a good hygienic quality compared to the desired germs.

The sensory evaluation of elaborate jam shows the satisfaction of the tasters with a percentage of 80%.

**Key words :** *Ceratonia siliqua*, locust bean gum, sensory analyzes, jam, viscosity.