

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida 1



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

**Département Sciences alimentaires**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master en

**Spécialité :** Nutrition et Diététique Humain

**Filière:** Sciences Alimentaires

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

Thème

**Effet de gomme de caroubier sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques d'un produit laitier (fromage fondu)**

**Présenter par :**

BENTAIBA Nesrine

BERKANI Mounira

**Devant le jury :**

Dr. GUESSAIBIA Nabila	MCA	U.Blida 1	Président
Dr. HAMZI Wahiba	MCB	U.Blida 1	Examinatrice
Dr. DEFFAIRI Djamila	MCB	U.Blida 1	Promotrice

**Année Universitaire 2020-2021**

## *Remerciements*

*Avant tout nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné le courage, la santé, la volonté et la patience pour faire ce travail.*

*En guise de reconnaissance, nous tenant bien fort à remercier :*

*Notre promotrice Dr DIFFAIRI Djamilia qui nous a attribué beaucoup de son temps, pour leur encadrement, pour l'aide précieuse qu'il nous a donné, pour ses remarques et ses conseils scientifiques judicieux qui nous ont permis de mener bien ce travail. Il nous fait aussi d'un agréable devoir de vous adresser un grand merci pour la sympathie, la confiance et la liberté d'action dont nous avons bénéficié tout au long de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier les membres de jury : Dr HAMZI Wahiba et Dr GUESSAIBIA Nabila pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail. Veuillez accepter nos plus vifs remerciements pour votre présence dans ce jury et soyez assuré de tout notre respect et de notre profonde gratitude.*

*Nos remerciements vont également :*

*Au personnel de l'industrie de fromagerie PRO-Cheese de Tsalat el Merdja à wilaya de Blida et de Cheraga à wilaya d'Alger, pour leur gentillesse et leur disponibilité.*

*L'ensemble des personnel de laboratoire BIOQUALITAL de Khraicia, pour leur entière disponibilité, coopération ainsi pour l'ambiance et les bonnes conditions.*

*Nous adressons de chaleureux remerciements à Mme WEZANI Nadjat l'ingénieure de laboratoire BIOQUALITAL et à Monsieur Djalal chef de production de l'industrie de fromagerie PRO-Cheese pour nous avoir aidés.*

*Nous tiennent à remercier monsieur ADOUN Abdellah pour ces conseils et le temps qu'elle nous a consacré.*

*Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminions nos études.*

*Merci enfin pour tous ceux et celles qui nous' ont aidé à une façon ou d'une autre lors de notre travail, nous les remercions du fond du cœur.*

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, qui c'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère ma jolie **khedaouedj** le symbole de tendresse.

A mon père **Mohamed** , école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager ; a me donner de l'aide et a me protéger .Que dieu le garde et le protège.

- A Mes très chères sœurs **Yasmine** et **Rania** pour leur soutien constant tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

- A Mon neveu **YOUCEF** mon prince .

-A mes Amies **Sofia** et **Meriem** ,**Lilia** , **Sara** , **Célia** , **souad**, ET a mes camarades Á toute la promotion de NDH 2021.

- A ma belle mère **Fatiha** pour leur soutien et leurs douaa que dieu vous protège inchallah .

-A ma Tante **kheira** et son mari **Med Monsieur Naceur** Pour leur affection, et leurs encouragements ; et leur douaa inchallah que Dieu vous prête santéet réussite dans la vie familiale et professionnelle.

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

# Dédicaces

*Pour que ma réussite soit complète je la partage  
avec toutes les personnes que j'aime, je dédie ce  
modeste travail à :*

*Ma très chère mère FATIHA ,qui m'a tant aidé avec son  
soutient, elle est ma source de courage et de patience  
à qui j'exprime toute ma reconnaissance et Mon très  
cher père BACHIR pour sa patience et tous ses efforts.*

*A mes chères sœurs : HAKIMA,HAYAT,KHEIRA,IMEN,SOUAD pour le  
courage et la volonté qu'ils m'ont  
Inculqués.*

*A mes nièces : ALIYA, SARAH, RAHAF,LILIA*

*A mes neveux : FIRAS,WASSIM,MOHAMED*

*A mes copines MOUNIRA, MERIEM, LOUIZA, et toute la promo de  
nutrition et détitique humain*

**BENTAIBA NESRINE**

## Résumé

Cette étude a été conçue pour l'étude de l'effet de la gomme de caroube sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du fromage fondu

Les résultats des propriétés physico-chimiques de la gomme de caroube (pH, extrait sec et humidité) sont respectivement de 5.9, 84% et 10.6,

Les analyses biochimique ont révélé un taux de cendre qui est d'ordre de 1.22%, un taux de protéines de 7.55g/100 et un taux de lipide 0% le taux de sucre est 4.9g/100g c qui déduit que notre produit est riche en protéines.

les résultats des analyses physico-chimiques (pH, extrait sec, et matière grasse ) du fromage fondu à base de la gomme de caroube ont révélé des valeurs conformes aux normes qui sont respectivement 5.9, 39.93(g) et de 16.4(g),

Les résultats bactériologique du fromage fondu incorporé de gomme de caroube, ont montré que le fromage fondu est d'une bonne qualité bactériologique et hygiénique suite à l'absence totale des germes recherchés (staphylococcus aureus, Listeria monocytogenés, les coliformes totaux et la salmonelle).

Enfin les analyses sensorielle ont montré que la dose de la gomme de caroube incorporée est 0.5% d'après le jury de dégustation de ce fromage a une bonne texture élastique , une couleur blanchâtre et un gout peu sucré caractéristiques des fromages.

Mot clés : Fromage fondu, Gomme de caroube, L'incorporation de la gomme de caroube.

## Abstract

This study was designed to investigate the effect of locust bean gum on the physicochemical and organoleptic characteristics of processed cheese

The results of the physicochemical properties of carob gum (pH, dry extract and moisture) are respectively 5.9, 84% and 10.6,

The biochemical analysis revealed an ash rate of about 1.22%, a protein rate of 7.55g/100 and a lipid rate 0% the sugar rate is 4.9g/100g c

This means that our product is rich in proteins.

The results of physico-chemical analysis (pH, dry extract, and fat) of processed cheese based on carob bean gum have revealed values in accordance with the standards which are respectively 5.9, 39.93 (g) and 16.4 (g),

The bacteriological results of processed cheese incorporated carob bean gum, showed that the processed cheese is of good bacteriological and hygienic quality following the total absence of germs sought (staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, total coliforms and salmonella).

Finally, the sensory analysis showed that the dose of carob gum incorporated is 0.5% according to the tasting panel of this cheese has a good elastic texture, a whitish color and a taste not very sweet characteristic of cheeses.

**Key words:** Processed cheese, Carob bean gum, The incorporation of locus bean gum.

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)

## ملخص

صممت هذه الدراسة لدراسة تأثير اللثة الخروب على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للجبن المطبوخ. كانت نتائج الخواص الفيزيائية والكيميائية للثة الخروب (الأس الهيدروجيني والمستخلص الجاف والرطوبة) 5.9 و 84% و 10.6 على التوالي.

كشفت التحاليل البيوكيميائية عن مستوى رماد يبلغ حوالي 1.22% ، ومستوى بروتين 7.55 جم / 100 ، ومستوى دهني بنسبة 0% ، ومستوى السكر 4.9 جم / 100 جم مما يدل على أن منتجنا غني بالبروتين. أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني والمستخلص الجاف والدهون) للجبن المعالج المصنوع من اللثة الخروب قيمًا وفقًا للمعايير وهي 5.9 و 39.93 (جم) و 16.4 (جم) على التوالي. أظهرت النتائج البكتريولوجية للجبن المطبوخ المتضمن مع اللثة الخروب أن الجبن المعالج ذو جودة بكتريولوجية وصحية جيدة بسبب الغياب التام للجراثيم المرغوبة (المكورات العنقودية الذهبية ، الليستريا مونوسيتوجينيس ، القولونيات الكلية ، السالمونيلا).

أخيرًا، أظهرت التحليلات الحسية أن جرعة اللثة الخروب المدمجة هي 0.5% حسب لوحة التذوق ، هذا الجبن له ملمس مرن جيد ، ولون أبيض ومذاق حلو بعض الشيء يميز الجبن. الكلمات المفتاحية: الجبن المطبوخ ، صمغ الجراد ، دمج صمغ الجراد.

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne ( <i>Rejeb</i> , 1994).....	1
<b>Figure I.2</b> : L'arbre du caroubier (the nature conservancy., 2001).....	2
<b>Figure I.3</b> : Coupe transversale d'une graine de caroube (DAKIA et al ; 2008).....	3
<b>Figure II.1</b> : Composition générale du fromage fondu (FEINBEG, 2002).....	10
<b>Figure II.2</b> : Diagramme de fabrication du fromage fondu (LUQUET, 1990).....	15
<b>Figure III.1</b> : Etapes de l'extraction de la gomme de caroube.....	17
<b>Figure III.2</b> : Solution de titrage.....	19
<b>Figure III.3</b> : Filtration du mélange.....	22
<b>Figure III.4</b> : L'étuve.....	26
<b>Figure III.5</b> : Pesage de l'échantillon.....	28
<b>Figure III.6</b> : Acide Sulfurique et Alcool iso-amylque.....	29
<b>Figure III.7</b> : pH mètre.....	30
<b>Figure III.8</b> : Mesure de pH.....	30
<b>Figure III.9</b> : L'échantillon avant et après le séchage.....	31
<b>Figure III.10</b> : Prélèvement de l'échantillon.....	32
<b>Figure III.11</b> : Incubation des tubes dans l'étuve.....	34
<b>Figure III.12</b> : Délution de l'échantillon par l'eau peptonée tamponnée.....	34
<b>Figure III.13</b> : Milieu sélectif Fraser avec fromage.....	38
<b>Figure III.14</b> : Préparation du produit fini.....	39
<b>Figure III.15</b> : Les échantillons de fromage fabriqué.....	40
<b>Figure IV.1</b> : Résultat de <i>Salmonelle</i> .....	47
<b>Figure IV.2</b> : Résultat de <i>Listeria</i> .....	47
<b>Figure IV.3</b> : Résultat de <i>Staphylococcus</i> .....	47
<b>Figure IV.4</b> : Résultat d' <i>E.coli</i> .....	47

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1:</b> Composition chimique de la gomme de caroube (Lopes da Silva and Goncalves, 1990).....	5
<b>Tableau I.2:</b> L'application de gomme de caroube.....	7
<b>Tableau II.1:</b> Classification des fromages selon la norme CODEX STAN A-6(1978).....	8
<b>Tableau II.2:</b> Composition du fromage fondu (Feinberg <i>et al</i> ,1987).....	10
<b>Tableau IV.1:</b> Résultats des analyses physicochimiques de la gomme de caroube.....	42
<b>Tableau IV.2:</b> Résultats des analyses physicochimiques de fromage fondu.....	44
<b>Tableau IV.3:</b> Analyse physico-chimique du fromage après la pasteurisation.....	44
<b>Tableau IV.4:</b> Résultats de dénombrement de <i>coliforme totaux</i> du fromage fondu.....	45
<b>Tableau IV.5:</b> Résultats de dénombrement de <i>Salmonelle</i> de fromage fondu.....	45
<b>Tableau IV.6:</b> Résultats de dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> de fromage fondu...	46
<b>Tableau IV.7:</b> Analyses microbiologique de fromage après la pasteurisation.....	46

## Liste des abréviations

**C°**: degré Celsius

**Abs** : absence

**%**: Pourcentage

**NaOH**: Hydroxyde de sodium

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**: Acide sulfurique

**AFANOR** :association française de normalisation

**SFB** : bouillon au sélénite du sodium et cystéine

**LBG** : la gomme de caroube

**FAO** :food and agricultural organisation

**h**: heure

**Min**: minute

**g** : Gramme

**ml** :millilitre

**m** : mètre

**mm** : Millimètre

**mg** : milligramme

**p** : protéine

**C** : concentration

**S** : seconde

**ha** :hectare

**cm** : centimètre

**M/G** : mannose sur galactose

**GGC** :Gomme de graine de caroube

**T°** : température

**UFC** : unité Formant Colonie

**E .coli**: Escherichia coli

**°Brix** : Degrés de Brix.

**JORA** : Journal officiel de la république Algérienne

**nm** : Nanomètre.

**MS** : Matière sèche

**MG** : Matière grasse

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**Veq** : Volume équivalent

**E410** : Additif alimentaire ( galactomannane)

**HRED** :Humidité rapporté à l'extrait

# Sommaire

## Remerciement

## Résumé

### Chapitre I : Généralité de gomme de caroube

I.1. Généralités sur le caroubier .....	1
I.1.1. L'origine du caroubier .....	1
I.1.2. Description botanique du caroubier .....	2
I.1.3. Intérêt et l'utilisation du caroubier .....	4
I.2. La gomme de caroube .....	5
I.2.1. La composition chimique de la gomme de caroube.....	5
I.2.2. La structure chimique de la gomme de caroube .....	5
I.2.3. La masse moléculaire de la gomme de caroube .....	6
I.2.4. Propriétés physico-chimiques de la gomme de caroube .....	6
I.2.5. Propriétés Rhéologiques .....	6
I.2.6. Utilisation de la gomme de caroube.....	7

### Chapitre II : Le fromage

II.1. Le fromage .....	8
II.2. classification du fromage .....	8
II.3. Fromage fondu .....	8
II.3.1. Définition du fromage fondu .....	8
II.3.2. Les différents types de fromages fondus .....	9
II.3.3. Composition et valeur énergétique du fromage fondu.....	10
II.3.4. Les éléments essentiels du fromage fondu .....	11
II.3.5. Les étapes de fabrication du fromage fondu.....	12

### Chapitre III : Matériels et Méthodes

Objectif .....	16
III.1. Présentation de matière première (l'extraction de gomme de caroube).....	16
III.1.1. Analyse physico-chimique de la gomme .....	18
III.2. Analyse physico-chimique de fromage fondu .....	24
III.3. Les analyses microbiologiques du fromage fondu .....	28
III.4. L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu.....	32

III.5- Analyse physico-chimique et microbiologique de fromage fondu incorporé.....33

## **Chapitre IV : Résultats et Discussions**

IV.1- Résultats des analyses physico-chimiques de la gomme de caroube Et de fromage fondu.....34

IV.2- Résultats des analyses physique-chimiques de fromage fondu.....36

IV.3- Résultats physico-chimiques de produit fini (fromage fabriqué à base de la gomme de caroube ).....36

IV.4- Résultats bactériologiques de fromage fondu.....37

IV.5- Test de dégustation.....40

## INTRODUCTION GENERALE

La croissance de la population mondiale et l'augmentation du niveau de vie exigent l'approvisionnement accru des denrées alimentaires. Celui-ci peut être obtenu non seulement par une augmentation de la production, mais également par une amélioration de la protection et de la conservation des aliments et par l'emploi des meilleures techniques de traitement, de pair avec les progrès de la technologie alimentaire.

Le fromage constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse, ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme ou presque par toutes les régions du globe.

Il existe une très grande variété de fromage, selon la nature du lait et les technologies mises en œuvre (**Mahaut et al, 2000**). Le fromage fondu est une préparation beaucoup plus récente, qui a permis une stabilisation bien plus poussée des protéines laitières, tout en conservant plus ou moins l'aspect d'un fromage (**Boutonnier, 2000**).

Cependant, le caractère de production d'exopolysaccharides par certaines souches lactiques est extrêmement instable dans les ferments industriels sans que la cause en ait été encore déterminée. De plus, il est difficile de corréler la viscosité du produit avec la production d'exopolysaccharides, étant donné que la viscosité ne dépend pas uniquement de la quantité d'exopolysaccharides présentes, mais dépend également de la structure et du poids moléculaire de ces composés, ainsi que de leur interaction avec les protéines du fromage au cours de la fermentation (**Luquet et Corieu, 2005**).

Dans de nombreuses formulations, des hydrocolloïdes sont employés afin de compenser le manque de texture dû à la réduction de la teneur en matières grasses. Ces agents épaississants et/ou gélifiants sont de nature principalement osidique. Ils améliorent la consistance (augmentent la viscosité) et réduisent la synérèse. Les agents fréquemment utilisés sont la gélatine, les pectines, les carraghénanes, les dérivés de méthylcellulose, la gomme arabique, l'amidon et les galactomannanes (**Everett et McLeod, 2005**). Ces derniers, sont des polysaccharides de réserve que l'on trouve dans l'endosperme translucide de nombreuses graines de plantes légumineuses (**Daas et al., 2000**); en particulier les graines de caroube. La gomme de caroube ou Locust Bean Gum (E410) est un polysaccharide appartenant au groupe des galactomannanes et est obtenue à partir de graines de caroube (*Ceratonia siliqua L.*); arbre du littoral méditerranéen. Ces polymères montrent un certain nombre de caractéristiques très recherchées en agroalimentaire, en particulier leur capacité de gélification élevée.

La gomme de caroube purifiée (E410) provenant de l'endosperme très utilisée dans la formulation de plusieurs aliments (alimentation, confiserie,..) la cosmétique et l'industrie pharmaceutique comme agent épaississant, gonflant, liant et stabilisant dans les préparations des émulsions (**Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo *et al.*, 2007**). Cette dernière est employée dans une large gamme de produits de l'industrie alimentaire, dont les plus importantes sont la crème glacée, les aliments pour bébé, fromage fondu et les produits laitiers (**Correia & Martins-Loucao, 1995, 2005**).

Cette étude est réalisée afin de pouvoir identifier les caractéristiques physico chimiques de la gomme de caroube de la région de Blida, et l'évolution de l'effet de l'incorporation de cette dernière à des différentes concentrations sur les caractéristiques, physico-chimiques et organoleptiques du fromage fondu.

Ce présent travail est constitué de deux parties :

- \_ La première partie est consacrée à une étude bibliographique portant sur quelques généralités sur le fromage fondu, le caroube et la gomme de caroube.
- \_ La deuxième partie est dédiée à une étude expérimentale et est constituée de deux chapitres on va réaliser une étude expérimentale, principalement axée sur:
  - Le matériel et les méthodes utilisés pour l'appréciation de la qualité physico-chimique et microbiologique de la gomme de caroube et le fromage fondu et incorporé de la gomme de caroube
  - La présentation et la discussion des résultats obtenus.
  - Enfin une conclusion générale et des perspectives.

## I.1- Généralités sur le caroubier

### I.1.1- L'origine du caroubier

Le mot caroubier vient de l'arabe El kharroub. Il est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* L. Ceratonia, du grec keratia, désigne une petite corne et le nom d'espèce Siliqua, désigne en latin une siliqua ou gousse. Le lieu d'origine du caroubier demeure incertain. Schweinfurth (1894) a insinué qu'il est originaire du Sud de l'Arabie (Yémen). D'autres auteurs, comme vavilov (1951) et de candolle (1983), ont rapporté qu'il serait natif de la région Est méditerranéenne (Turquie et Syrie). Cette espèce ligneuse a été domestiquée depuis le néolithique (4000 ans avant J.C.), et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. (BATTLE et TOUS, 1997).

Le caroubier a été introduit très anciennement par les grecs, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord il est également implanté dans plusieurs autres pays à climat méditerranéen comme l'Espagne, Portugal, Maroc, Grèce, Italie, Turquie, Algérie, Tunisie, Égypte, et Chypre.

En Algérie, comme dans plusieurs pays méditerranéens, le caroubier croît dans les conditions naturelles à l'état sauvage sous des bioclimats de type sub-humide, semi-aride et aride car la superficie cultivée est passant le 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (Faostat ,2011).En 2009, cette superficie était de 927 ha dont 645 ha.

La production nationale de la caroube dans la wilaya de Béjaia est estimée à 54,42% de la production nationale suivie par la wilaya de Blida 23,79 %, Tipaza 16,55 % et Tlemcen 0,65 %.

La production en Algérie est passée de 3952 tonnes en 2000 à 3136 tonnes en 2012. Cette régression est essentiellement due aux feux de forêt et l'abandon de cette culture dans les montagnes.



Figure I.1: Aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne (Rejeb, 1994)

**I.1.2- Description botanique du caroubier**

Le caroubier pousse lentement et vit longtemps, de 200 ans jusqu'à 500 ans en moyenne avec un tronc dont la base peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence. Cette espèce ligneuse a une écorce lisse et grise à l'âge juvénile et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois est blanc-jaunâtre lorsqu'il est jeune et devient rose veiné puis rouge foncé et dur en vieillissant. Il est très apprécié en ébénisterie, marqueterie, armurerie, charronnage et aussi pour la fabrication du charbon (**Quézel et Santa, 1962**).



**Figure I.2: L'arbre du caroubier (the nature conservancy., 2001)**

**A- Le système racinaire**

Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18 m de profondeur (**Aafi, 1996 Gharnit, 2003**).

**B- Les feuilles**

Les feuilles de caroubier sont assez grandes (10 à 20 cm de longueur), composées de 4 à 10 folioles ovales ou elliptiques (3 à 7 cm de longueur) opposées, de couleur verte luisante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure. Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans au moins de juillet.

**C- Les fleurs**

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille 6 à 16 mm de longueur, spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires, plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles elles se sont développées (**Battle et al., 1997**).

**D- Les fruits**

Les caroubes sont réunies en grappes simples. Ce sont des gousses indéhiscentes, de grande taille : 10 à 30 cm de largeur et de 1 à 2 cm d'épaisseur.

Chaque caroube pèse environ 15 à 30 grammes. la gousse est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme 12 à 16 graines brunes dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm ( **Battle et Tous,1997**).

La couleur de la caroube est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité. Pour arriver à cette maturité, la caroube nécessite généralement 9 à 10 mois.

**E- Les graines**

Les graines sont ovoïdes petite et aplaties, avec un pôle basal tronqué et écrasé en zone apicale rigides, d'une couleur qui dépend la variété, elle peut être marron, rougeâtre, ou noir dont la longueur et largeur.

Les graines sont constituées de trois parties :

**E.1- Le tégument (cuticule) :** est lisse, représente 30 à 35 % du poids sec de la graine de couleur brun rougeâtre et brillant. Il recouvre la graine et est constitué principalement de cellulose, de lignine et de tanin (**Dakia et al., 2007,2008**).

**E.2- L'endosperme (gomme de caroube) :** Qui représente 40 à 50 % du poids de la graine, c'est la partie la plus intéressante. Il constitue le tissu de réserve enrobant un germe ou embryon et possède une teneur élevée en galactomannane, qui est brute (**Fernandes et al., 2015**).

**E.3- Le Germe :** Qui représente 15 et 30 % du poids sec de la graine.il est soluble dans l'eau constitue de lipides insaturés et possédant une valeur énergétique élevée due à son taux important de protéines (**Fernandes et al., 2015**).

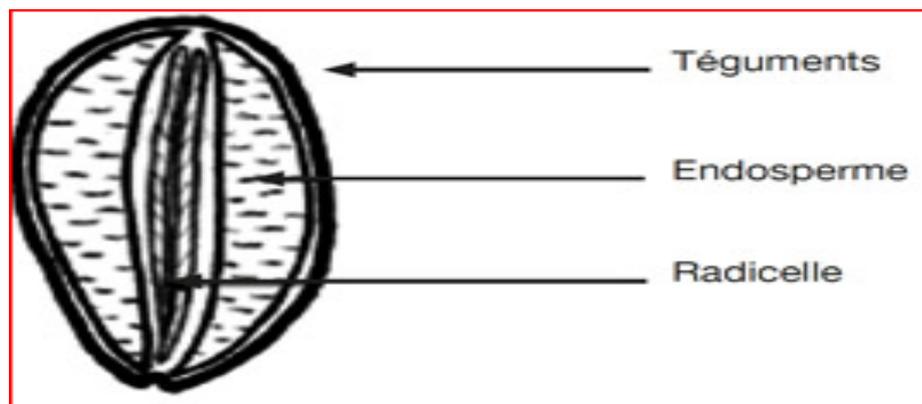


Figure I.3 : Coupe transversale d'une graine de caroube (DAKIA et al ; 2008)

**I.1.3- Intérêt et l'utilisation du caroubier**

L'importance de l'arbre caroubier existe dans le domaine écologique, industriel et ornemental indiscutable. Il se révèle actuellement l'arbre le plus performant parmi les arbres fruitiers et forestiers puisque toutes les parties de l'arbre (feuille, fleur, fruit, bois, écorce et racine) sont utiles, notamment le fruit, il est utilisé dans plusieurs domaines à savoir : alimentation, cosmétique et pharmaceutique (22).

L'arbre, est souvent utilisé dans le domaine écologique pour le reboisement des zones affectées par l'érosion, pour la foresterie ou reboisement et aussi utiliser comme plante ornementale en bordure des routes et des jardins (Batlle et al., 1997 ; Rejeb et al., 1995). Son bois est très apprécié en menuiserie et en charbonnerie grâce à sa dureté et à sa couleur rougeâtre, quand à l'écorce et aux racines sont utilisés dans le tannage grâce à leur richesse en tannins. Les fleurs sont exploitées en apiculture de la production du miel de caroube alors que les feuilles sont utilisées pour l'alimentation des animaux (Hariri et al., 2009).

Par ailleurs, dans le domaine agroalimentaire le développement des différents aliments pour le mode de vie de l'homme peuvent dériver de la pulpe de caroube tels que les sirops de sucre ou de mélasse, la poudre de caroube non torréfié et torréfié utilisés comme substituts de cacao dans les pâtes, les barres de céréales, les confiseries au chocolat, les crèmes glacées et les produits légers (Marakis, 1996; Loeb, 1989).

La poudre de caroube tirée des gousses est un édulcorant naturel, qui a la saveur et l'apparence semblable du chocolat. C'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao. L'avantage d'utiliser la caroube réside dans le fait que contrairement au chocolat, il ne contient pas de stimulants puisque il est dépourvu de caféine et de théobromine (Bengoechea, 2008).

La caroube est utilisée aussi dans le domaine :

**A- Médical :** Actuellement, la caroube est considérée comme une plante d'investigation de nouveaux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe de la graine et la pulpe du fruit. Cette activité anti-oxydante est attribuée à la présence de composés phénoliques et fibres (Custódio, 2011).

Le caroubier est un remède naturel et particulièrement conseillé en cas de troubles digestifs, de reflux gastriques fréquents, d'irritation du côlon, de vomissements persistants, d'acidité gastrique, de stéatorrhée (terme médical utilisé pour désigner l'excès de graisses dans les selles), d'hémorroïdes, d'anémie et de carences nutritionnelles (Thèse Sallouh ;Nouioui, 2019).

Le caroubier est également un excellent allié dans les régimes amincissants. Des études scientifiques ont démontré que cette plante officinale permet de traiter les problèmes associés au surpoids et à l'obésité en inhibant certaines enzymes digestives grâce à une teneur élevée en tannins, et en créant une sensation de satiété. Il est utilisé notamment dans les préparations des aliments diététiques humains ou comme ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales pour les personnes cœliaques (Berrougui H., 2007).

Les fibres et la farine de cette plante sont utilisées dans la régulation des niveaux de glucose dans le sang et dans la réduction du niveau de cholestérol total (Loeb H., Vandenplas Y., Würsch P., Guesry P., 1989), Guggenbichler J.P., 1983).

**B- Dans l'industrie cosmétique :** l'une des applications industrielles, la gomme de caroube est utilisée dans la fabrication de (savons, crèmes, dentifrices...), (**Thèse Sallouh ;Nouioui, 2019**).

pour sa capacité à former une solution très visqueuse, à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (**Battle et al., 1997 ; Sandolo et al., 2007**).

## I.2- La gomme de caroube

La gomme de caroube est fabriquée à partir de l'endosperme de la graine après élimination de la cuticule et du germe par l'opération d'extraction avec l'eau bouillante.

Elle est composée de polysaccharides, qui ont pour fonction de servir de réserve de nourriture pour l'embryon lors de la germination et qui sont appelés galactomannanes ou sous le nom le plus couramment connue sous le sigle E410 dans les additifs alimentaires, commercialisée sous forme de poudre blanchâtre (**Dakia, 2003**).

### I.2.1- La composition chimique de la gomme de caroube

**Tableau I.1: Composition chimique de la gomme de caroube (Lopez and Goncalves, 1990)**

Constituants	Pourcentages % M.S
Galactomannanes	<b>80-85</b>
Protéines	<b>4</b>
Celluloses et lignine	<b>1-4</b>
Cendres	<b>1</b>
Humidité	<b>13</b>
Lipides	<b>1</b>
Minéraux	<b>1</b>

### I.2.2- La structure chimique de la gomme de caroube

La structure chimique fine d'un galactomannane de caroube est fortement liée au comportement physique qu'il développe en solution aqueuse. Grace à ses propriétés stabilisantes, épaississantes, agglomérâtes et gélatinâtes

En général, les différents types de galactomannanes possèdent une structure similaire mais l'arrangement des substituants galactosyl sur la chaîne de mannose est très différent d'un galactomannane à l'autre, selon l'origine de l'espèce végétale (**Moreira et Filho, 2008**).

La gomme mucilagineuse de caroube a conquis des domaines de plus en plus pointus comme les industries alimentaires, pharmaceutiques, textiles et cosmétiques (**Konate et al.,2007**).

Les galactomannanes possèdent la même structure, formée par un enchainement linéaire de  $\beta$ -D mannose avec des branchements constitués d'une seule unité  $\alpha$ -D galactose liée en  $\alpha$  (1-6). La caroube compte en moyenne une unité galactose pour quatre mannoses, (**Moreira et Filho, 2008a**).

Dans la littérature, trois éléments de caractérisation structurale sont principalement décrits pour établir une distinction entre les différents types de galactomannanes : leur teneur en unités galactose, exprimée par le rapport mannose sur galactose (M/G) ; la répartition des unités galactose le long de la chaîne de mannane, et aussi leur masse molaire (**Mahmoud, 2009**) (**Azero and Andrade, 2002a**).

Les interactions moléculaires et les propriétés rhéologiques des solutions de galactomannanes sont influencées par cette différence au niveau de la microstructure. Par ailleurs, les galactomannanes sont des polysaccharides hydrosolubles et neutres.

### **I.2.3- La masse moléculaire de la gomme de caroube**

Les galactomannanes présentent des associations intermoléculaires, qui persistent souvent même à faible concentration ( $C = 0,1\%$ ) et qui contribuent à des valeurs de masse moléculaire artificiellement élevées. Ils ont été déterminés par chromatographie d'exclusion stérique (**Viscotek, Malvern, cité in Zeaiter, 2019**)

La masse moléculaire moyenne était estimée à **0,812. 10<sup>6</sup> Da**.

### **I.2.4- Propriétés physico-chimiques de la gomme de caroube**

Les propriétés d'un polysaccharide pour une application donnée dépendent essentiellement de son action sur l'eau, de ses pouvoirs épaississant, gélifiant, stabilisant, émulsifiant et texturant, de sa résistance aux traitements thermiques (congélation, chauffage...), de sa non-digestibilité, du pH et de la température (**Aubin Dakia et al., 2010**).

### **I.2.5- Propriétés Rhéologiques**

#### **A- Viscosité et propriétés épaississantes**

Le facteur température exerce une forte influence sur la gomme pure, car elle peut induire une dégradation par rapport à la gomme non pure qui possède des matières protectrices qui évitent la dégradation des galactomannanes.

L'effet épaississant des gommes alimentaires est caractérisé par leur viscosité en solution. Le degré d'épaississement varie avec les types de gommes, et la majorité des gommes développe une grande viscosité à très faible concentration, habituellement inférieure à 1%, grâce à ses fortes capacités de rétention d'eau non assimilable par l'organisme (**Batal et al, 2013**).

D'autre part (**Rizzo et al. 2004**) ont montré qu'un rapport mannose sur galactose élevé (équivalant à une faible teneur en résidus galactose dans la chaîne de galactomannane) entraînait une viscosité élevée. L'augmentation de la concentration des molécules de galactomannanes en solution favorise l'interpénétration des chaînes macromoléculaires conduisant à la création d'enchevêtrements plus ou moins denses, mais favorisent aussi l'établissement d'interactions interchaînes (**Dakia, 2010**). Ces phénomènes contribuent fortement au développement de la viscosité et expliquent la plus forte dépendance de la viscosité avec la concentration que pour d'autres polymères (**Dakia, 2010**).

#### **B- Propriétés d'association de gomme de caroube**

Le galactomannane est utilisé dans de nombreux produits alimentaires, seuls ou en interaction avec d'autres polymères et conduit à des changements de comportement rhéologique. Il possède la propriété de former des gels physiques, plus denses ou plus rigides, par association avec la protéine de soja (**Dos Santos et al., 2015**). Il réagit en synergie avec le xanthane pour former des gels thermoréversibles qui restent stables à la congélation (**Rinaudo, 2001 ; Secouard et al., 2007**) et avec le carraghenane pour former des gels plus

consistants et plus élastiques (Arnaud et al., 1988) (Saha et Bhattacharya, 2010), pour fabriquer des substituts de gélatine.

Les galactomannanes utilisés seuls ne permettent pas d’obtenir des textures gélifiées ou des solutions visqueuses.

La force des interactions dans ces mélanges augmente avec la diminution de la teneur en galactose dans le galactomannane.

**I.2.6- Utilisation de la gomme de caroube**

Très appréciées, les graines de caroube sont dotées de multiples usages industriels. L’utilisation, dans l’industrie alimentaire (Tableau N° 02), du polyphénol antioxydant contenu dans l’enveloppe tégumentaire des graines de caroube (Makris et Kafalas, 2004), a soulevé d’énormes intérêts au même titre que la production industrielle de la gomme de caroube (Batista et al., 1996).

La gomme de caroube est, par ailleurs, utilisée en industrie alimentaire. En effet, elle est utilisée dans la fabrication d’un grand nombre de denrées alimentaires comme les crèmes glacées, les soupes, les sauces, les biscuits, les tourtes, les confiseries, les produits de boulangerie, les aliments pour bébés et, nourriture des animaux. (Johnson et al., 1988 ; Neukom, 1988).

La gomme de caroube est le hydrocolloïde préféré pour les desserts glacés, le fromage fondu et les produits laitiers fermentés. Il existe aussi des cultivars dont la différence est liée à la qualité de la gomme, en particulier concernant la viscosité, la résistance au gel et au contenu des galactomannanes (Correia et Martins-Loucao, 1995, 2005).

**Tableau I.2: L’application de gomme de caroube**

<b>Application</b>	<b>Gomme de graine de caroube</b>	<b>produit</b>	<b>Références</b>
<b>Alimentaire</b>	Gomme de graines de caroube purifiée (GGC) (ou poudre d’endosperme purifié)	<b>E410 :</b> Additif alimentaire en industrie agroalimentaire (agent gélifiant, Liant, agent d’adhésion)	<b>(Battle et Tous, 1997)</b>

**II.1. Le fromage**

Le fromage, selon La norme *Codex*, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé est dans lequel le rapport protéines de lactosérum: caséines ne dépasse pas celui du lait. On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce a l’action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. On Peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques. Chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente (**Carole, 2002**).

**II.2.classification du fromage**

Les fromages peuvent être classé en basant sur leur l’humidité rapporte a l’extrait sec dégraissé, est représentée dans le tableau 1 :

**Tableau II.1: Classification des fromages selon la norme CODEX STAN A-6(1978)**

Formule I		Formule II		Formule III
HRED*en %	Première phrase de désignation	MG/ES**En %	Deuxième phrase de dénomination	Désignation d’après les principales caractéristiques de maturation
≤51	Pâte extra-dure	≥60	Très gras	1. Affiné
<b>49-56</b>	Pâte <b>dure</b>	<b>45-60</b>	<b>Gras</b>	a. principalement en surface
<b>54-63</b>	Pâte demi-duré	<b>25-45</b>	<b>Demi gras</b>	b. Principalement dans la masse
<b>61-69</b>	Pâte demi-molle	<b>10-25</b>	¼ de gras	2. mûri ou affiné aux
≥67	Pâte molle	≤10	Maigre	2. Affiné aux moisissures a. principalement l’extérieur b. principalement l’intérieur 3. non mûri ou non affiné***.

**\*HRED: Humidité Rapporté a l’Extrait Sec**

**\*\*MG/ES : Matière Grasse sur Extrait Sec**

**II.3. Fromage fondu**

**II.3.1.Définition du fromage fondu**

C’est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d’affinage avec des sels de fonte. Ce mélange est broyé puis chauffé sous agitation constante, jusqu’à l’obtention d’une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur. L’incorporation d’autres matières d’origine laitières et d’ingrédients aromatiques est autorisée (**ECK et GILLIS, 2006**).

### II.3.2. Les différents types de fromages fondus

Les variétés des fromages fondus peuvent être couramment rencontrées sur le marché :

➤ **Fromage fondu en bloc**

C'est le plus ancien des fromages fondus. L'extrait sec totale est relativement élevé dans le rapport MG/ES. Il a une consistance ferme et une bonne élasticité. Le coulage s'effectue sous forme de blocs de poids différents, mais aussi de plus en plus sous forme de tranche (**Anonyme, 1989**).

➤ **Fromage fondu à couper**

Moins ferme que le bloc, il n'est pas pour autant tartinable. Il contient trois à quatre points de moins de matière sèche que le précédent, de moins de matière, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois recherché, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques (**Boutonnier, 2000**).

➤ **Fromage fondu à tartiner**

Ce type de fromage nécessite un crémage important par rapport au fromage fondu en bloc ; ceci a permis d'augmenter de 10% la teneur en eau et d'obtenir un produit à consistance comparable à celle du beurre. De plus l'extrait sec relativement faible et la teneur élevée en matière grasse permettent des fontes relativement faciles (**Anonyme, 1989**).

➤ **Fromage fondu pour la refonte**

Originaire d'Amérique du Nord, il se présente généralement sous forme de tranche adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers, les croques monsieur.... Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique de la matière première (**Boutonnier, 2000**).

➤ **Fromage fondu résistant à la chaleur**

C'est un fromage fondu qui ne peut pas être refondu. Il est coupé sous forme de dés. Il accompagne d'autres aliments comme ingrédient tel que les pâtes. Ce genre de fromage ne change pas de goût et de valeur nutritionnelle après la cuisson (**Anonyme, 1989**).

➤ **Fromage fondu fluide pour le fourrage alimentaire**

Il s'est récemment développé grâce aux nouvelles formulations. C'est un fromage fluide à une température ambiante (**Anonyme, 1989**).

### II.3.3. Composition et valeur énergétique du fromage fondu

#### A- Composition du fromage fondu

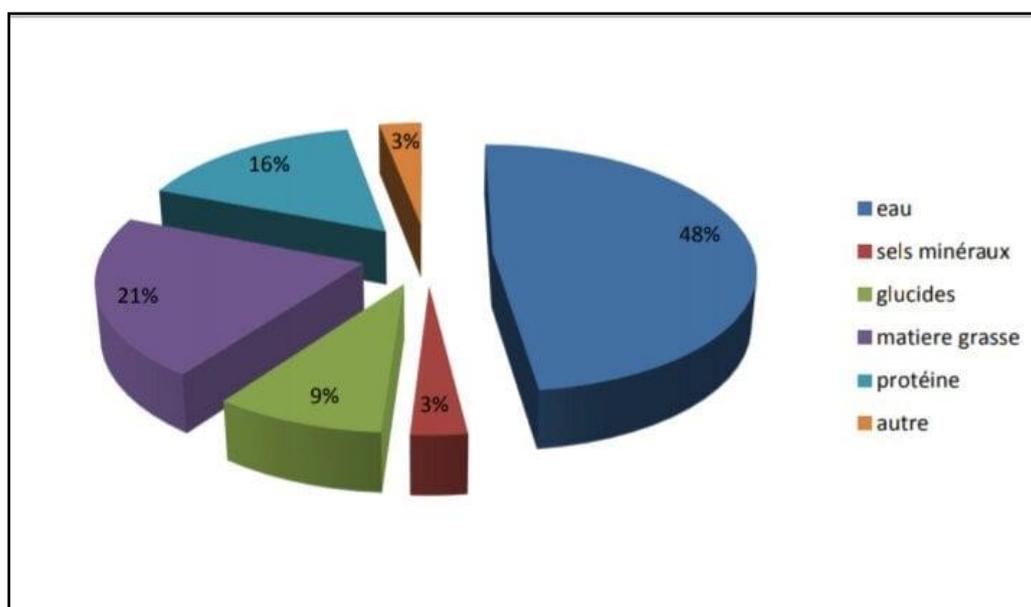
La composition de fromage fondu est représentée dans le tableau suivant :

**Tableau II.2: Composition du fromage fondu (Feinberg *et al* ,1987)**

Éléments constitutifs du fromage fondu	Composition moyenne
Eau (g/kg)	32
Glucides (g/kg)	18.3
Energie (kcal)	292
Lipides (g/kg)	25.4
Protéines (g/kg)	38
Calcium (g/kg)	940
Phosphates (mg/kg)	1170
Magnesium (mg/kg)	25
Potassium (mg/kg)	760
Sodium (mg/kg)	1600

#### B- La valeur nutritionnelle :

D'après **FEIBERG (2002)**, le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles essentielles des produits laitiers qui le composent (**figure N° 01**). Il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire. Il ne nécessite aucune préparation. C'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et structuraux nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux et vitamines).



**Figure II.1 : Composition générale du fromage fondu (FEINBEG, 2002)**

### II.3.4- Les éléments essentiels du fromage fondu

#### ✓ Les matières premières utilisées

Les matières premières utilisées dans la fabrication du fromage fondu sont :

#### A- Le Cheddar (fromage de fonte)

Le cheddar est un fromage d'origine anglaise. C'est le plus fabriqué dans le monde, à partir de lait cru pasteurisé. Il se conserve pendant une durée allant de six semaines à trois mois. C'est un fromage à pâte dure et de bonne conservation. Il se présente sous forme cylindrique ou en blocs parallèles de dimension et de poids variables. Il peut présenter une croûte dure et lisse de couleur allant de paille pâle à paille foncée jusqu'à orange et peut être recouverte de cire enveloppée d'une toile (LUQUET, 1985).

#### B- La poudre de lait

C'est un produit laitier obtenu à partir d'un lait cru, ayant subi une déshydratation par la chaleur (180°C) ; permettant ainsi une longue conservation. La durée de conservation est environ 3 ans pour la poudre de lait écrémé, tandis qu'elle est de 6 mois maximum pour la poudre de lait entier (CAROLE et VIGNOLA, 2002).

On répartit les poudres de lait en trois groupes:

- La poudre de lait entier (26% de matière grasse)
- La poudre de lait demi-entier (22% de matière grasse)
- La poudre de lait écrémé (0% de matière grasse)

#### C- Eau de processus

L'eau est l'un des paramètres physico-chimiques, jouant un rôle déterminant dans la fabrication de tous les produits alimentaires. L'humidité des fromages est généralement faible à cause de l'ajout des poudres. Par conséquent, l'eau va solubiliser et disperser les protéines et émulsionner les matières grasses. Cette eau doit être exempte de micro-organismes et de contaminants chimiques, tel que le nitrate (GERMAN, 1976).

#### D- Les sels de fonte

Les sels de fontes sont des additifs de base employés dans la fabrication des fromages fondus. Ils permettent la réalisation du processus de la fonte. Ils agissent comme des émulsifiants et permettent de donner au produit fini une texture homogène (LUQUET, 1987).

Il existe plusieurs sels de fontes autorisés par la réglementation, qui contribuent à la diversification de la gamme des fromages fondus.

Actuellement, les types des sels de fontes utilisés sont le EMIPRO-90SS et 92BL. Ils ont l'aspect d'une poudre blanche hygroscopique, conditionnée en sachets de 25 kg, stockés dans des endroits secs. Ils présentent une bonne capacité d'échange d'ions et une forte réaction de crémage.

Le pH d'EMIPRO-90SS est de 8,7 à 9,2 et est composé de poly-phosphates de sodium alimentaires. Le pH d'EMIPRO-92BL est de 8,5 à 9,5 et est composé de phosphates et de poly-phosphates de sodium alimentaires (DANIMEX, 2002).

### E- La matière grasse végétale

Selon (ECK et GILLIS 1997), l'incorporation de matières grasses laitières est fréquente pour ajuster la teneur finale en matière grasse du produit et lui conférer des qualités organoleptiques, notamment aromatiques agréables. Elle se fait essentiellement sous forme de beurre, de crème, de matière grasse laitière anhydride ou autres présentations commerciales.

### F- Autres matières premières

- 1- **Colorants** : Ils sont essentiellement utilisés pour conférer au produit une couleur jaune orangée. Il s'agit essentiellement de la bixine et de carotène (CHAMBRE et DAURELLE, 2006).
- 2- **Hydro colloïdes** : Il s'agit de polymères glucidiques utilisés pour améliorer la consistance, la stabilité et éviter toute exsudation d'eau. Parmi les gommes les plus utilisées : les carraghénanes, et les gommes xanthane (ECK et GILLIS, 2006).
- 3- **Aromes** : Certains fromages fondus sont aromatisés par l'apport d'ingrédients aromatiques d'origines animale (jambon, crustacés, poisson, crevette,...) ou végétale (épice, fruits, légumes,...) (ECK et GILLIS, 2006).
- 4- **Les agents conservateurs** : Sont des substances dont l'effet direct retarde ou empêche d'indésirables modifications microbiologiques dans les denrées alimentaires, en particulier leur altération.

Selon BOURGOIS et COULDE (1996), on peut définir un additif conservateur comme une substance non consommée normalement en tant que denrée alimentaire, que l'on incorpore à un aliment en vue d'accroître sa stabilité dans la mesure où elle dépend des microorganismes.

Les conservateurs chimiques doivent assurer :

- L'innocuité de l'aliment par l'inhibition de la multiplication des micro-organismes pathogènes éventuellement présents (*Salmonelles*, *Clostridium*, *Staphylocoques*, moisissures diverses) et de la production de toxines, mais ne sont utilisés qu'avec des doses faibles, conformément à la norme.
- La stabilité organoleptique de l'aliment par l'inhibition des microorganismes d'altération.

Ils ne peuvent donc pas rendre sain un produit qui ne l'était pas, ni améliorer la qualité d'un mauvais produit, mais conserve les caractéristiques initiales de produit plus longtemps qu'à l'ordinaire. Ils sont particulièrement utiles pour allonger la durée de conservation des produits alimentaires.

Selon ECK et GILLIS (2006), ces conservateurs sont des agents anti-moisissures (acide sorbique, acide propénoïque, et leurs sels), et inhibiteurs des germes (nisine).

### II.3.5- Les étapes de fabrication du fromage fondu

Les étapes de fabrication du fromage fondu sont présentées comme suit :

#### a-Nettoyage de la surface des fromages

Cette opération consiste à un déshabillage manuel du bloc de cheddar de son film plastique puis se débarrasser évidemment, à l'aide d'un couteau ou grattoir, des moisissures qui se manifestent sur la surface (BOUTONNIER, 2000).

#### b. Coupage et broyage du fromage

Les fromages de fonte doivent subir un broyage. Cette technique s'effectue à l'aide de machine spéciale «broyeur». Le fromage sort du broyeur sous forme de long spaghetti (Luquet, 1985).

### c. Pesage et mélange des ingrédients

Une fois le broyage est terminés, les différents lots de fromage sont pesés et mis dans des grandes machines «cuiseurs» avec les autres ingrédients préalablement pesés avec exactitude. Les sels de fonte sont pesés soit à l'état sec, soit sous forme de solution (**Anonyme, 1989**).

### d. Cuisson et traitement thermique du mélange

Le traitement thermique se fait dans des cuiseurs, avec un brassage simultané. Ces pétrins traditionnels à double parois assurent un chauffage par injection indirecte sous vide, réalisant ainsi une pasteurisation du fromage à 85-90°C pendant 5 à 10 minutes (**LUQUET, 1985**).

Cette opération consiste en deux étapes qui se déroulent simultanément et qui sont :

pasteurisation et cuisson (**Luquet, 1985**) :

#### 1-La pasteurisation

C'est une opération qui consiste à chauffer les produits sous la pression atmosphérique à des températures inférieures ou égales à 100°C durant un temps précis par passage entre les plaques chauffantes. Cette méthode est appliquée à certains produits pour assurer momentanément la conservation sans altérer les caractères organoleptiques (odeur, saveur, couleur,...). La température utilisée est suffisante pour détruire les micro-organismes pathogènes (**BRAINER et al., 2007**).

#### 2-Cuisson

Cette étape est importante dans le processus de fabrication du fromage fondu. Le mélange est introduit dans les cuiseuses, ou il subit une cuisson et brassage simultané, la cuisson est réalisée grâce à l'injection directe de vapeur sous vide pendant 5 à 10 minutes. La température de mélange atteint une valeur de 85°C à 90°C (**Luquet, 1985**).

On constate trois phénomènes physico-chimiques :

- **Péptisation**

Selon (**Luquet, 1987**) les protéines émulsifiantes de la matière grasse dans les fromages naturels sont stabilisés par le pont calcique.

Les sels de fonte vont chélates ce calcium transformant ainsi le paracaséinate de calcium insoluble en paracaseinate de sodium soluble, c'est la péptisation ou déstructuration du gel existant.

- **Hydratation**

Le processus d'hydratation ou de «gonflement» aboutit à une édification de la consistance, c'est à ce moment-la qu'a lieu la phase de «crémage» (**Luquet, 1987**).

- **Crémage**

Le crémage est un phénomène physico-chimique caractérisé par l'absorption d'une quantité d'eau au niveau de chaque particule protéique, provoquant le gonflement et l'épaississement de la pâte et une modification de liaison chimique qui a lieu pendant le chauffage, le cambrage, le refroidissement et le stockage (**Luquet, 1987**).

**E- Homogénéisation**

On peut éventuellement faire subir au produit une étape d'homogénéisation cette dernière améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille de globule gras. Toutefois, du fait de son coût supplémentaire, de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse (**Luquet, 1986**).

**F-Conditionnement du fromage fondu**

Le conditionnement est réalisé à l'aide de machines à très grande vitesse (de plusieurs centaines de portions par minute). Ces machines emballent le fromage fondu, à chaud et le mettent dans des feuilles d'aluminium laquées. Ces portions sont emballées par la suite manuellement dans des boîtes en carton, contenant 8 ou 16 portions de forme triangulaires.

**G-Refroidissement**

Après conditionnement, le refroidissement se fait rapidement dans des chambres froides, sous une température de 8 à 10°C. mais sans trop de brutalité pour éviter la condensation d'eau qui pourrait se produire à l'extérieur des emballages (**Anonyme, 1986**).

**H-L'étiquetage**

Selon (**GAILING et LOCH 2000**), l'étiquetage est la première catégorie de mentions qui permet au consommateur, de connaître les principales caractéristiques du produit :

- L'indication du responsable de commercialisation du produit
- La DLC : date limite de consommation
- DLUO : date limite d'utilisation optimale
- Le mode de conservation et de préparation
- Indication de lot de fabrication et de la masse ou du volume
- Et enfin, la liste des ingrédients utilisés

**I-Stockage et commercialisation**

Le stockage se fait dans des chambres à basses températures (4°C) pendant 1 à 2 jours et commercialisé par commande.

Le processus de fabrication du fromage fondu est résumé dans la figure :

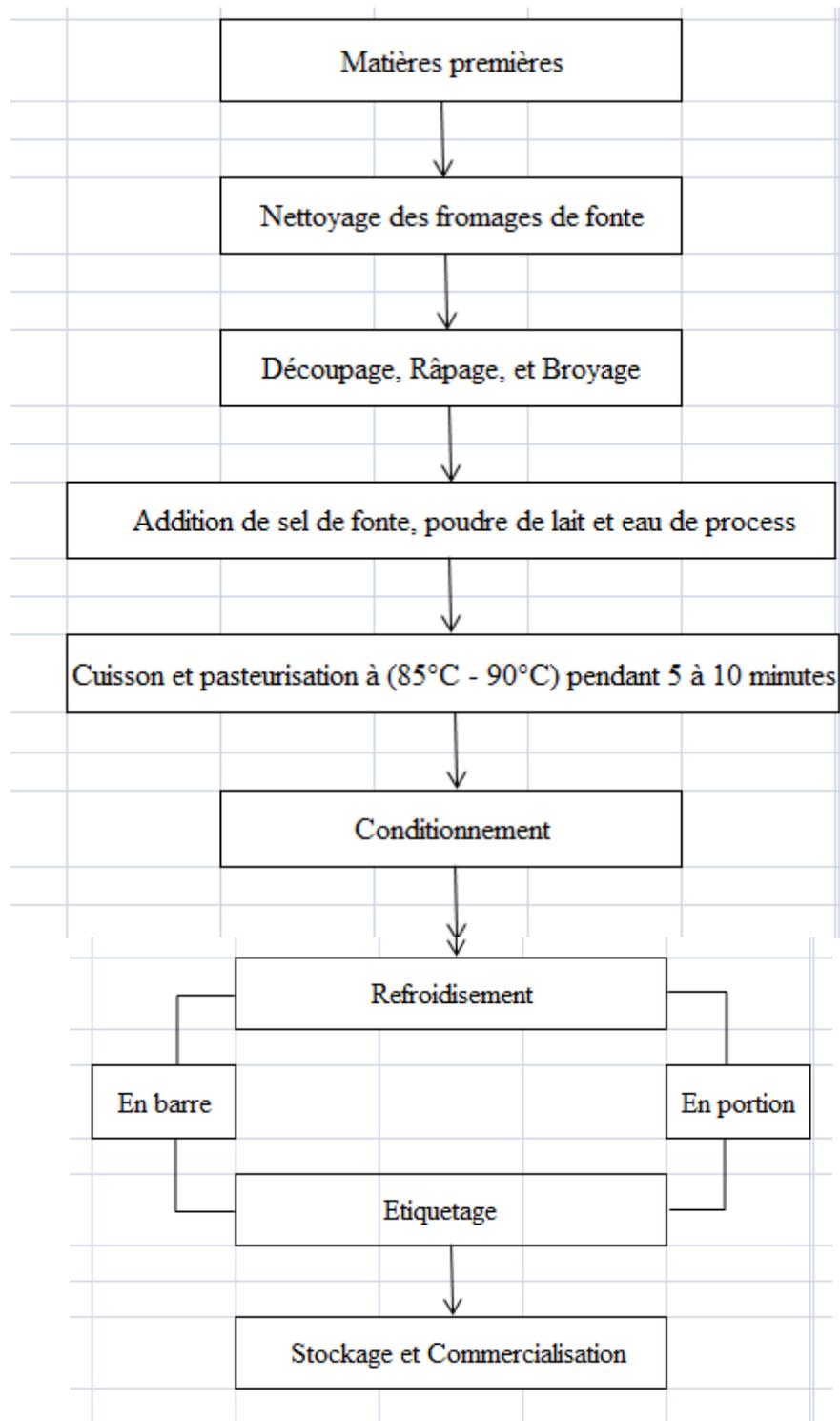


Figure II.2 : Diagramme de fabrication du fromage fondu (LUQUET, 1990)

**Objectif**

Le but de ce travail expérimental consiste à étudier l'effet de l'incorporation de la gomme de caroube à différents taux d'incorporation dans un fromage type fondu sur les caractères physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques.

Pour atteindre notre objectif, nous avons effectué un stage pratique d'une durée de deux mois de Mai jusqu'au début du mois de juillet au niveau de l'industrie de fromagerie PRO-Cheese dans le lieu de Tsalat el Merdja dans la wilaya d'ALGER.

Les analyses physiques, chimiques et microbiologiques ont été réalisées au niveau de laboratoire bioqualitale à khraicia.

L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage a été réalisée au niveau de l'industrie de fromagerie à Cheraga.

**III.1- Présentation de la matière première (l'extraction de gomme de caroube)**

La gomme de caroube est extraite à partir de l'endosperme de la graine de caroube .Elle forme une réserve de nourriture pour les graines et aide à maintenir l'eau dans des conditions aride. Cette méthode consiste à laisser gonfler les graines dans l'eau bouillante. Ensuite, il y a séparation des constituants de la graine (endosperme, germe, peau)

**Selon les étapes suivantes :**

- Nettoyer les graines de caroube.
- Immerger a 800 ml d'eau bouillante à 100°C pendant 1 heure.
- séparer manuellement L'endosperme et le germe.
- Sécher dans l'étuve à 105°C.
- Broyer.



Figure III.1: Etapes de l'extraction de la gomme de caroube

### III.1.1- Analyse physico-chimique de la gomme

#### A- Détermination de pH (NF V 05-108, 1970)

##### Le principe

La détermination en unité de pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de la gomme de caroube.

##### Mode opératoire

- A l'aide d'une balance peser 10g de la poudre de gomme de caroube, avec une pipette à jaugé ajouter 10ml d'eau distillée.
- Rincer l'électrode de pH avec de l'eau pure et essuyer avec un mouchoir en papier.
- Introduire directement l'électrode déjà étalonnée dans la solution (gomme + eau distillée).
- Appuyer sur le bouton Entrer jusqu'à ce que l'appareil de mesure atteigne le résultat final.-Lire directement sur l'échelle graduée la valeur du pH donnée (**Annexe 1**).

#### B- Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974)

##### Le principe

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse de la gomme de caroube avec une solution d'hydroxyde de sodium.

##### Mode opératoire

On pèse 1g de gomme de caroube et on prélève à la pipette à jaugé 19ml de l'eau distillée ensuite on les verse dans un bécher sous agitation par le mélangeur magnétique pour bien mélanger ; après le mélange on rajoute 2 gouttes de l'indicateur coloré phénol phtaléine de 1%, et on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH 0.1 N) ensuite on opère rapidement jusqu'à obtention d'une couleur rose, pour déterminer le volume équivalent ( $v_{eq}$ ) (**Annexe 2**).



Figure III.2: Solution de titrage

**Expression des résultats**

L'acidité titrable est exprimée selon la formule suivante :

$$V_{eq}=0.21\text{ml.}$$

$V_{eq}$  : volume équivalent.

A%=acidité titrable.

Coefficient de l'acide gallique : 0.7

$$A\% = v_{eq} (\text{NAOH}) \times \text{coefficient} \times 20 \text{ dilution}$$

**C- Détermination de taux des pertes pendant le séchage (NF T 60-305, Juin 1976)****Le principe**

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation de 5g de gomme de caroube dans une capsule en porcelaine puis séchée dans une étuve, à une température de 103°C.

**Mode opératoire**

On pèse 5g de gomme de caroube ; on à l'étuve à 103°C jusqu'à la stabilisation du poids pendant 2h et on repese l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (**annexe 3**).

**Expression des résultats**

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H \% = (m_0 + m_1) - m_2 / 5 \times 100$$

Soit :

H % : Humidité.

$m_0$  : masse du creuset vide en g

$m_1$  : masse du creuset et échantillon avant séchage en g

$m_2$  : masse du creuset et échantillon après séchage en g

**D- Détermination de la matière sèche : (Audigie et al., 1982)****Le principe**

On procède à une dessiccation de l'échantillon à analyser dans une étuve aux températures de 100°C et 105°C, sous la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placés dans un dessiccateur.

**Expression des résultats**

A partir de l'humidité, on détermine le taux de matière sèche qui est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux de matière sèche (\%)} = 100 - \text{Humidité(\%)}$$

**E- Détermination de la teneur en cendres (la matière minérale)(Audigie et Dupont 1982)****Le principe**

Consiste en une incinération du matériel biologique au four à moufle, dans un creuset en porcelaine, à une température de 900°C.

**Mode opératoire**

Nous pesons une quantité  $m_0=1g$  de l'échantillon gomme de caroube qui sera déposée dans des creusets en porcelaine, déjà pesé vide est marqué le poids ( $m_1$ ), ensuite l'ensemble est déposé dans un four à moufle (**Annexe 4**) réglé à 900°C pendant 4 à 5 heures jusqu'à ce que le contenu des creusets prend une couleur blanc grisâtre qui blanchit après refroidissement, placer les creusets dans un dessiccateur après la sortie du four et pesé après refroidissement le poids ( $m_2$ ).

**Expression des résultats**

$$\text{Cendre} = (m_1+m_0)-m_2$$

Soit :

$C_r$  : taux des cendres

$m_0$  : masse du creuset vide en g

$m_1$  : masse du creuset et échantillon avant séchage en g

$m_2$  : masse du creuset et échantillon après séchage en g

**F- Dosage des sucres****Le principe**

Le dosage des sucres totaux est effectué par la méthode de phénol / acide sulfurique (**Dubois et al., 1956**).

Cette dernière nécessite une hydrolyse acide qui permet la rupture de toutes les liaisons glucidiques dans le polyside.

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 490nm.

La teneur des sucres est exprimée en  $\mu g / ml$  (convertie en grammes / litre) de  $\alpha D (+)$  Glucose à partir d'une courbe d'étalonnage.

**Mode opératoire**

-Peser 1g de gomme de caroube dans une balance. Rajouter 5ml de l'acétate de plomb et une pincée de sulfate de sodium dans une fiole ,puis verser dans l'éprouvette150ml d'eau bouillante et rajouter dans la fiole ,laisser reposer 10 min ensuite on rajoute 50 ml d'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

-Agiter le mélange par un agitateur pour obtenir un mélange homogène. Filtrer ce mélange avec un papier filtre.

- Prendre trois tubes d'essai (1 tube : témoin,2 tubes :échantillons ) :

- Tube témoin :

- 1ml d'eau distillé

- 1ml de Phénol 5%

- agiter bien le mélange

- 5ml d'acide sulfurique(  $H_2SO_4$  ) pure

- Tubes d'échantillons :

- 1ml d'échantillon

- 1ml de phénol 5%

- Agiter bien le mélange

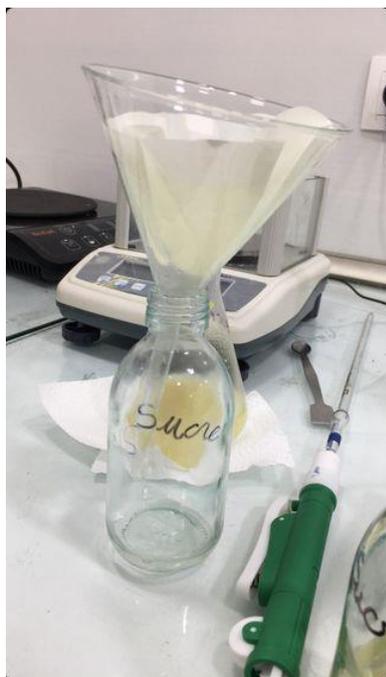
- 5 ml d'acide sulfurique (  $H_2SO_4$  ) pure

- mettre les trois tubes dans un bain marie à 95°C pendant 5 minutes.

- laisser à l'obscurité 1heur à 2heurs.

- lecture se fait aux Spectromètre à 490 nm (remplir la cuvette par la solution témoin, après le 1<sup>er</sup> échantillon ,2<sup>eme</sup> échantillon ).

- la détermination du taux de sucre se fait à partir d'une courbe d'étalonnage (Annexe 5).



**Figure III.3: Filtration du mélange**

### G- Détermination du résidu sec soluble (°Brix)

#### Le principe

On entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractométrie) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit d'analyse, dans les mêmes conditions de préparation et de température. **AFNOR (NF V 05-109, 1970)**.

#### Mode opératoire

- A l'aide d'une balance, peser 5g de la poudre de gomme de caroube dans un bécher de 250ml préalablement taré.
- Ajouter une quantité d'eau distillée égale à 45ml.
- Chauffer au bain marie pendant 30minutes en remuant de temps en temps. Après refroidissement.
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit approximativement de 100ml. On mélange avec soin.
- Après 20minutes centrifuger le mélange, puis déterminer le taux de résidu sec soluble par le Réfractomètre (**Annexe 6**).

### H- Détermination de la teneur en lipides (NF EN ISO 734-1,2000)

#### Le principe

Les corps gras sont les substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits et végétaux par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil SOXHLET.

L'échantillon est hydrolysé au moyen d'acide chlorhydrique, ce qui a pour effet de rendre la tissu moins dense et de libérer la graisse qui y est contenue. Ensuite, on filtre, on lave jusqu'à élimination de l'acide le résidu contenant la graisse, on sèche et on procède à une extraction à chaud ou à froid au moyen d'éther de pétrole. On évapore ensuite le solvant, et on détermine la quantité de matière grasse par pesage.

#### Mode opératoire

Après le Séchage du ballon de 500 ml à l'étuve à 105°C pendant une heure et refroidissement au dessiccateur pendant 30 mn, peser le ballon à la précision de 0.001g. peser 20g de gomme de caroube est introduire dans la cartouche à l'intérieur de l'appareil Soxhlet (**Annexe 7**) verser 200ml d'éther de pétrole dans le ballon et 50ml dans l'extracteur, puis chauffer le ballon pendant 4h (20 siphonages par heure) jusqu'à l'épuisement de la matière grasses. Après élimination du solvant du ballon par distillation, sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70-80°C, puis on laisse refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30mn. On pèse le ballon avec l'huile.

### I- Quantification des protéines solubles

#### Le principe

Le dosage des protéines totales solubles des extraits de gomme de caroube a été réalisé selon la méthode préconisée par **Kjeldahl (1883)**, est une technique de détermination du taux de protéines dans un échantillon, elle est applicable pour le dosage de l'azote de différents composés azotés tels les amines.

**Mode opératoire****.Minéralisation :**

-Peser 1g de gomme de caroube, ajouter 15g de Sulfate de Potassium et 1g de Sulfate de Cuivre et 25ml de l'acide Sulfurique, chauffer le mélange jusqu'à l'apparition de couleur verte, après 2heurs ajouter 50ml d'eau distillée.

**.Distillation :**

-Ajouter 100ml de l'Hydroxyde de Sodium NaOH 40%, puis distillé complètement.

**.Titrage :**

-Plonger l'extrémité du réfrigérant dans 25ml de l'Acide Sulfurique et Rouge de Méthyle.

-Titrer avec l'Hydroxyde de Sodium NaOH 0.1N.

-Virage du rose au jaune.

La teneur en protéine est exprimée par la formule suivante :

$$P = [(V-V_0) \times C \times 0.014 \times 100 \times 6.25] / m$$

**Expression des résultats**

Soit :

$V_0$  : Volume de l'essai à blanc.

$V$  : Volume titré.

$C$  : Concentration du NaOH : 0.1mol/l.

$M$  : Prise d'essai.

**J- Teneur en cellulose brute (fibre)****Le principe**

Réalisé par la méthode de **Henneberg et Stohmann en 1860** appelée aussi la méthode Weende en utilisant un extracteur des fibres brutes

**Mode opératoire**

-Peser le creuset vide. Noter la masse.

**-Digestion acide :** Bouillir 29d'échantillon dans 150ml  $H_2SO_4$ :0.13mol/l pendant 30 minutes puis filtrer et laver avec l'eau chaude 3 fois.

**-Digestion basique :**Bouillir le résidu filtré dans 150ml NaOH :0.23molll pendant 30 minutes puis filtrer et laver avec l'eau chaude 3 fois.

**-Etuvage:** Etuvé le résidu filtré de la digestion pendant 1 heure à 130°C, puis peser.

**-Incinération :**Mettre dans l'étuve à 550°C pendant 1 heure, puis peser.



**Figure III.4: L'étuve**

### Expression des résultats

$$C = (b-c)/m \times 100$$

Soit :

m : prise d'essai en g.

b : perte de masse à l'étuvage.

c : perte de masse à la calcination

### III.2- Analyse physico-chimique de fromage fondu

Les analyses physico-chimiques sont effectuées dans le but du contrôle de la qualité de fromage : pH, extrait sec total (EST), matière grasse (MG), et le rapport gras sur sec (G/S).

#### A- Mesure de la teneur en matière grasse

La matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber ou méthode acidobutyrométrique de **VAN GULIK (ISO3433-2002)**.

Cette technique conventionnelle appliquée à un fromage donne une teneur en matière grasse, exprimée en grammes.

#### Le principe

Après dissolution des protéines du fromage au moyen d'acide sulfurique, il est procédé à la séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre de Van Gulik, la séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isoamylique. Obtention de la teneur en matière grasse par lecture directe sur l'Échelle du butyromètre.

**Mode opératoire**

-Dans un contenant en verre préalablement taré, introduire 3g de l'échantillon du fromage. Introduire le gobelet dans la panse du butyromètre et fixer le bouchon au col. Ajouter l'acide Sulfurique 62%, par l'ouverture étroite jusqu'à ce que le niveau de l'acide atteigne une hauteur d'environ les deux tiers de la chambre du butyromètre et que le système de pesage soit complètement recouvert d'acide sulfurique.

-Après avoir bouché l'ouverture de la tige, le butyromètre est placé dans un bain marie à 65°C jusqu'à obtenir la couleur violet. Agiter manuellement de temps en temps le butyromètre dans un plan horizontal jusqu'à la dissolution complète de la prise d'essai (**annexe 8**).

-Retirer le butyromètre du bain d'eau, ajouter 1 ml d'alcool iso-amylque par l'ouverture étroite. Agiter immédiatement durant 30 s.

-Ajouter l'acide sulfurique par l'ouverture Étroite jusqu'à ce que le niveau atteigne le trait repère 20 % de l'Échelle. Fermer immédiatement avec le petit bouchon.

-Agiter le butyromètre énergiquement durant 10 s dès que la matière grasse est montée dans la chambre du butyromètre. Retourner à nouveau de façon que l'acide s'écoule de la tige.

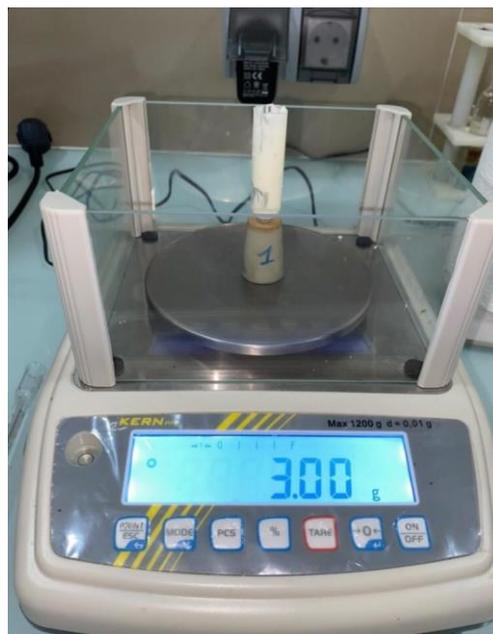
Répéter deux fois les opérations de retournement et d'agitation.

-Placer le butyromètre, col en bas, dans un bain marie à 65°C durant 5 min.

-Retirer le butyromètre du bain d'eau. Mettre le butyromètre dans la centrifugeuse (**Annexe 9**) pendant 10min.

- Placer le butyromètre, col en bas, dans le bain marie durant 5 min. Retirer le butyromètre du bain d'eau et ajuster soigneusement le gros bouchon afin d'amener l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse. La teneur en matière grasse est obtenue par lecture directe sur la graduation du butyromètre (**Annexe 10**).

-Pendant les lectures, le butyromètre doit être tenu verticalement et l'œil doit être au niveau du point de lecture.



**Figure III.5: Pesage de l'échantillon**



Figure III.6: Acide Sulfurique et Alcool iso-amylque

### Expression des résultats

La teneur en matière grasse exprimée en g pour 100g de matière sèche est donnée par la formule :

$$\text{MG/MS(\%)} = \text{MG(\%)/MS(\%)} \cdot 100$$

Soit :

MS : La teneur en matière sèche.

MG : La teneur en matière grasse

## B- Mesure de pH

### Le principe

Cette méthode décrit la mesure électro-métrique du pH, elle s'applique au fromage fondu. Son principe est la mesure directe du pH (Amargilios, 1986).

### Mode opératoire

- Rincer l'électrode de pH avec de l'eau pure et essuyer avec un mouchoir en papier.
- Introduire directement l'électrode déjà étalonnée dans le fromage en réglant le correcteur de la température du pH mètre (Figure III.7) à celle du produit.
- Appuyer sur le bouton Entrer jusqu'à ce que l'appareil de mesure atteigne le résultat final.
- Lire directement sur l'échelle graduée la valeur du pH donnée



Figure III.7: pH mètre



Figure III.8: Mesure de pH

### C- Détermination de l'extrait sec totale (EST)

#### Le principe

la dessiccation par l'évaporation de l'eau à  $+ 80^{\circ}\text{C}$  d'une quantité déterminée du fromage fondu. La matière sèche est exprimée en pourcentage en masse (AFNOR, 1986).

#### Mode opératoire

- Étaler une quantité de 2 g du fromage fondu sur une feuille d'aluminium.
- placer la feuille d'aluminium qui contient du fromage fondu dans le dessiccateur pendant un temps d'évaporation.
- Appuyer sur le bouton Start jusqu'à ce que l'appareil de Dessiccateur (Annexe 11) mesure atteigne le résultat final.
- La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil de Dessiccateur.



Figure III.9 : L'échantillon avant et après le séchage

### III.3- Les analyses microbiologiques du fromage fondu

- **Préparation des dilutions :**

La préparation des dilutions pour le fromage fondu a été réalisée par le procédé suivant :

- Dans un flacon stérile préalablement taré. Ajouter aseptiquement 10 g de fromage.
- Avec une pipette stérile, prélever 90 ml d'eau physiologie puis l'ajouter dans le flacon qui contient le fromage (**Annexe 12**).
- Ce mélange a été homogénéisé à l'aide d'un agitateur. A la fin nous avons obtenu une solution mère qui correspond à la dilution  $10^{-1}$ .



Figure III.10: Prélèvement de l'échantillon

### A- Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

#### Le principe

La recherche de l'espèce *Staphylococcus aureus*, les seuls à produire éventuellement une entérotoxine protéique cause d'intoxication alimentaire, permettent donc de savoir si l'aliment présente des risques pour le consommateur (Joffine et Joffin., 1999).

Le dénombrement de *Staphylococcus aureus* est réalisé grâce au Réactif Giolliti de couleur jaune avec l'Additif Tellurite de Potassium.

#### Mode opératoire

-Dans un flacon qui contient 200 ml de Réactif Giolliti, ajouter 5 ml de l'Additif Tellurite de Potassium.

-A partir de la solution mère, et à l'aide d'une pipette stérile, prélever 5 ml et l'introduire dans un tube d'essai.

-Avec une pipette stérile, prélever une quantité de  $\frac{1}{4}$  de la solution (Giolliti + Tellurite de Potassium) (Annexe 13) puis l'ajouter à l'échantillon prélevé de la solution mère.

-Incuber le tube à l'étuve de 30°C pendant 24-48h.



Figure III.11: Incubation des tubes dans l'étuve

#### Lecture

Un résultat positif se traduit par un précipité noirâtre.

### B- Recherche et dénombrement des *salmonelles*

#### Le principe

Le nombre de *Salmonelles* étant en générale faible dans le produit, il est nécessaire de procéder à un enrichissement dans un milieu sélectif. Cette opération est suivie d'un isolement sur le milieu gélosé sélectif (Hektoën) (Sutra et al., 1998).

**Mode opératoire****1- Le pré-enrichissement :**

-Dans un flacon qui contient 100 ml d'eau peptonée tamponnée, ajouter 10 g de fromage fondu.( **Figure III.12**).

-Agiter la solution (eau peptonée tamponnée + fromage) par un agitateur pour obtenir un mélange homogène, puis incubé à 30°C pendant 24 heures (**Annexe 14**).



**Figure III.12: Délution de l'échantillon par l'eau peptonée tamponnée**

**2- L'enrichissement :**

-Nous avons transféré 3 ml de la suspension de pré-enrichissement dans un tube à essai qui contient 10 ml d'un milieu sélectif Bouillon au sélénite du sodium (S.F.B) (**Annexe 15**) et cystéine. plus 4 gouttes de Réactif Sélénite de Sodium. Le tube a été incubé à 30°C pendant 24 heures (**Annexe 16**).

Le but de cette étape est d'éliminer au maximum les autres germes et de garder uniquement les germes appartenant au genre salmonelle.

**3- L'isolement :**

- Se réalise sous forme de stries sur milieu sélectif solide qui est la gélose Hektoene, à partir d'une goutte du milieu d'enrichissement. L'incubation est faite à 30°C pendant 24 heures.

**Lecture**

Les colonies caractéristiques des *Salmonelles* apparaissent avec une coloration bleu verdâtre à centre noirâtre de 2 à 4 mm de diamètre.

**C- Recherche des coliformes totaux**

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ils sont aérobies facultatifs. Ce sont des bactéries qui vivent principalement dans les intestins. La présence de ces bactéries hors intestin traduit une contamination fécale (Laurent et al., 1998).

### Le principe

Les coliformes se distinguent des autres entérobactéries par leur aptitude à transformer le lactose. Leur détection consiste à incuber l'échantillon à 37° C pendant 24 à 48h. Pour cela, on utilise des milieux de culture contenant du lactose comme source de carbone et d'énergie, (**JORA, 1998**).

### Mode opératoire

- Dans la zone stérile A partir d'une solution mère porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétri vide et stérile préparée et identifiée à cet usage. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose désoxycolate (**Annexe 17**) fondue puis refroidie à 45°C ou 47°C ou 49°C, faire ensuite des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger avec la gélose. Laisser solidifier sur la paillasse.

Les boîtes seront incubées à 37°C et en faisant première lecture après 24 heures la deuxième après 48 heures.

### Lecture

Le résultat positif a été traduit par l'apparition des colonies de couleur rouge cerise.

## D- Recherche de *Listeria monocytogenes*

### Le principe

Sont des microorganismes formant des colonies typiques sur un milieu sélectif solide Et possédant les caractéristiques morphologiques, physiologiques et biochimiques. La Recherche et le dénombrement de *Listeria* est réaliser grâce au milieu de *Listeria* Chromogénique.

### Mode opératoire

Dans la zone stérile  
Prise d'essai de 10g d'Échantillon de fromage fondu Dans un flacon contenant 180ml De milieu sélectif Fraser puis on ajoute le réactif fraser Enrichement supplément (**Annexe 18**).

Préparation de solution de réactif : fraser Enrichement supplément poudre avec 10ml d'eau distillé , bien mélanger jusqu'à l'obtention de la solution de réactif puis Incuber à 30° C pendant 24 h, après l'incubation on prend une goutte de mélange de listeria et on rajoute dans la boîte de pétri stérile contenant de gélose Listeria chromogénique (**Annexe 19**), puis ensemercer la boîte pétri.

Incubation à 30°C pendant 24h.



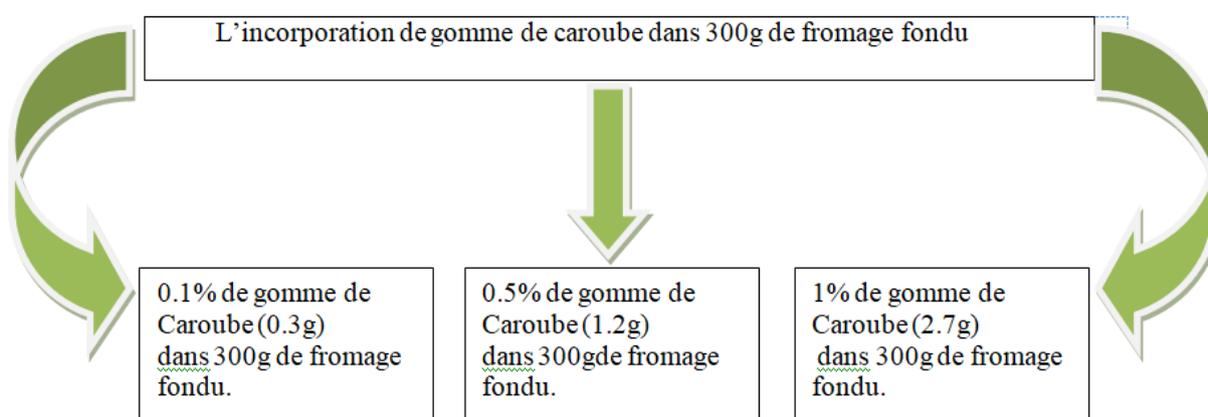
**Figure III.13: Milieu sélectif Fraser avec fromage**

#### Lecture

Le résultat négatif a été traduit par absence des colonies jaunâtre brillante.

#### III.4. L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu

Dans cette partie on a fait l'incorporation de différentes quantités de gomme de caroube dans le fromage fondu.



**Figure III.37: L'incorporation de différentes quantités de gomme de caroube dans 300g de fromage fondu**

#### Mode opératoire

A l'aide d'une balance peser des différentes quantités des matières premières (sel de fonte, cheddar, eau de process, poudre de lait, la grasse végétal, amidon) rajouter le tous dans le Thermomix à 40°C ( **Figure III.14** ) pour bien mélanger puis verser l'acide citrique petit à petit pour obtenir le pH idéal(5,9), après la correction de pH rajouter des doses différent de la gomme 0.1% ,0.5% et 1% ,mettre en cuisson à 90°C avec une vitesse rapide ensuite mettre le thermomètre dans le mélange pour confirmer la température de fromage fondu puis lancer le crémage pendant 5 min avec ralentissement de vitesse par apport la pré cuisson et laisser refroidir jusqu'à sa solidification .



Figure III.14: Préparation du produit fini



Figure III.15: Les échantillons de fromage fabriqué

### III.5- Analyse physico-chimique et microbiologique de fromage fondu incorporé

Les analyse physico-chimiques (pH (**Annexe 20**), extrait sec total (EST), matière grasse (MG) (**Annexe 21**), le rapport gras sur sec (MG/MS) et microbiologique ( Coliformes Totaux, *Staphylococcus aureus*, *Listeria* et des Salmonelles) ont été réalisé au sein du laboratoire Bioqualital de contrôle de qualité à khraicia dans le but de contrôler et assurer la qualité du produit fini ,nous avons adopté les mêmes procédures que les méthodes précédentes.

### IV.1- Résultats des analyses physico-chimiques de la gomme de caroube Et du fromage fondu

Les résultats des analyses physicochimiques de la gomme de caroube sont représentés dans le tableau IV.1 :

**Tableau IV.1: Résultats des analyses physicochimiques de la gomme de caroube**

Analyses	Résultats
Taux de pertes pendant le séchage	10.6
Matière sèche	89.4%
Taux les cendres (%)	1.22%
pH	6.57
L'acidité titrable(%)	2.94%
Protéines	7.55g/100
Lipides (%)	0%
Degré de Brix(%)	5%
Sucres	4.9
Fibres	1.17

D'après le tableau IV.1 les résultats obtenus sont :

#### A- Pertes pendant le séchage

Les résultats des analyses des échantillons ont révélés un taux de perte pendant le séchage d'ordre de 10,6% cela signifie que la gomme de caroube est pauvre en eau et presque la totalité de son poids est constituée par la matière sèche 89,4%.

**Selon Gaouar , (2010) . L'humidité de la gomme est généralement inférieure à celle de la graine.**

#### B- Détermination du pH

La valeur du pH acquise dans la gomme de caroube est de  $6,57 \pm 0,012$ . Notre résultat est en accord avec celui obtenu par Kivrak et al. (2013) qui est de 6,52.

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 (**Batlle et Tous, 1997**).

#### C-L'acidité titrable de la gomme de caroube

Les résultats obtenus mettent en évidence la nature de gomme de caroube. La teneur de l'acidité titrable de la gomme étudiée est de l'ordre de 2, 94%,

cette valeur faible peut être expliquée par le pourcentage faible d'acide présent dans la gomme et justifier que notre gomme est de nature neutre.

#### D- Taux de cendres

Le taux des cendres nous renseigne sur la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon de gomme, et par déduction le taux de la matière organique présente dans le même échantillon.

En effet, la teneur en cendres des aliments doit avoir un seuil à ne pas dépasser pour la Consommation humaine (**Maier, 1993**).

Les résultats obtenus montrent un taux de cendre de la gomme de caroube de 1,22%. Cette valeur est légèrement supérieure comparativement à celle trouvée par (**Maier, 1993**) qui est d'ordre de 1%.

Par ailleurs selon (**Gaouar, 2010**) notre résultat est inférieur au taux de cendre des graines de caroubes qui montre que ce taux est de 4% pour les graines de caroube en Algérie.

#### E- Degré de Brix

La gomme de caroube est un galactomannane, qui sont des polysaccharides obtenus à partir de l'endosperme de la graine (**Kok et al., 1998 ; Dea et al., 1975**).

L'indice de brix de notre gomme de caroube est de 5%.

Cette valeur est inférieure à celle des graines de caroube trouvée par (**Gaouar, 2010**) qui est de 40%.

#### F- Teneur en protéine soluble

La teneur en protéine obtenue est de 7.55g/100g. Notre résultat concorde avec celui énoncé par (**Dakia et al, 2008**) qui a trouvé un taux de protéine de 7,4%.

D'autres part, Cette valeur est supérieure aux résultats rapportés par (**Lopez et Gonçalves, 1990**), (**Bouzouita et al, 2007**) et (**Haddarah et al, 2013**) qui sont 4,66 et 4,52 g/100g et 3,92 g/100g respectivement.

Selon (**Lopes 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.

#### G- Détermination de la teneur en sucres totaux

La teneur en sucre totaux de la gomme de caroube est de 4,9 g/100 g. Ce résultat est élevé par rapport à celui restitué par (**Kivrak et al, 2013**) qui est de 1,74g/100g mais inférieur à 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 cette étude qui est liée aux facteurs génétiques.

#### H- Détermination de la teneur en fibres

La teneur en fibres trouvée dans cette étude est 1,65%. Ce résultat est proche à celui rapporté par (**Mekhoukhe et al, 2018**) (0,29%), mais supérieur à celui révélé par (**Lopez et al, 1990**) qui a montré que la teneur des fibres est de 1,55% par contre on constate que notre valeur est inférieure à celle trouvée par (**Farahnaki et al, 2014**) qui est de 2,14%.

**IV.2- Résultats des analyses physico-chimiques du fromage fondu**

Les résultats des analyses physico-chimiques du fromage fondu sont représentés dans le tableau IV.2 :

**Tableau IV.2: Résultats des analyses physicochimiques de fromage fondu**

Analyses	Résultats
pH	5.7
ES (g)	38.5
MG (g)	16.2
MG/ES	42.03%

Les résultats du tableau IV.2 indiquent :

Notre analyse physico-chimique a précisé que le produit est conforme pour les déterminations effectuées conformément à l'arrêté interministériel (journal officiel), vu les différentes valeurs d'analyse accomplit, tel que la matière grasse totale pour une valeur de 16.2g , la teneur en extrait sec pour une valeur de 38.5g, le pH pour une valeur de 5.7, ainsi que le rapport MG/MS pour une valeur 42,03 qui est environ dans le seuil de la norme fixer à 40

Nos résultats sont conformes à la réglementation en vigueur.

**IV.3- Résultats physico-chimiques de produit fini (fromage fabriqué à base de la gomme de caroube )**

Cette partie sera consacrée à l'analyse de produit élaboré avec les différentes doses de la gomme de caroube.

**E1** : l'échantillon de fromage fondu qui contient 0,1% de gomme de caroube.

**E2** : l'échantillon de fromage fondu qui contient 0,5% de gomme de caroube.

**E3** : l'échantillon de fromage fondu qui contient 1% de gomme de caroube.

**E4** : l'échantillon de fromage fondu témoin.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur 4 échantillons de fromage fondu sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.3: Analyse physico-chimique du fromage après la pasteurisation**

Echantillon	E1	E2	E3	E4 (Témoin)	NORME JORA
pH	5.9	5.9	5.9	5.9	5.65-5.85
ES(g)	40%	40.6%	39.2%	38.5	40
MG(g)	16	16.7	16.9	16.5	16-18
H%	60%	59.4%	60.8%	61.4%	+46
(MG/MS)	40%	41%	43%	42.03%	+40

D'après les résultats indiqués dans le tableau on constate que :

**A- pH**

Le pH des échantillons E1, E2 et E3 et E4(témoin) est de 5.9 . ce résultat est conforme à la norme JORA.

**B- EST**

Le taux de l'extrait sec total (EST) des 4 échantillons (E1, E2, E3, E4) est respectivement 40%, 40.6%,39.2% et 38,06% .Cette valeur est conforme à la norme JORA qui exige un taux de 40%.

La différence de teneur en extrait sec entre les 4 échantillons élaborés (E1, E2, E3, E4) peut être expliquée par la concentration de la gomme de caroube incorporée.

**C- MG**

Le taux de la matière grasse se situe entre 16 et 16.9 qui est en accord avec les normes de JORA qui stipule un taux de matière grasse entre 16 % et 18%.

**D- Rapport MG/MS**

le rapport MG/MS est de 40% pour E1 , 41 % pour E2 et 43% pour E3 alors que pour le E4 ce rapport est de 42% notre résultat est conforme à la norme JORA. qui exige un taux de ce rapport supérieur à 40%.

La mesure de la matière grasse dans l'extrait sec joue un rôle dans la consistance du Fromage.

**IV.4- Résultats bactériologiques de fromage fondu**

**Tableau IV.4: Résultats de dénombrement de *coliforme totaux* du fromage fondu**

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
1 <sup>er</sup> lecture à 24h	10 E.Coli	Absence	Absence	Absence	Absence
2 <sup>eme</sup> lectures à 48h	10 E.Coli	Absence	Absence	Absence	Absence
3 <sup>eme</sup> lectures à 72h	10 E.Coli	Absence	Absence	Absence	Absence

**Tableau IV.5: Résultats de dénombrement de *Salmonelle* de fromage fondu**

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
1 <sup>er</sup> lecture à 24h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
2 <sup>eme</sup> lectures à 48h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

**Tableau IV.6: Résultats de dénombrement de *Staphylococcus aureus* de fromage fondu**

Echantillons	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05
1 <sup>ère</sup> Lecture à 24 h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
2 <sup>ème</sup> Lecture à 48 h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

D'après les tableaux d'analyse bactériologiques du produit fini a révélé une absence des germes recherchés ( *staphylococcus aureus* ,*salmonella*, et coliformes totaux) sauf pour l'échantillons 1 on a révélé la présence d'*Echérichia coli* avec un taux de 10 germes qui reste conforme à la norme .

L'analyse bactériologique doit être considérée comme un test de vérification de la bonne qualité des matières utilisées et les conditions d'hygiène de fabrication.

Donc nos échantillons sont de bonne qualité.

**Tableau IV.7: Analyses microbiologique de fromage après la pasteurisation**

Germes Recherchés	Echantillons				Journal officiel 27 mai 1998 (N°15)
	E1	E2	E3	E4	
<b>Coliformes totaux /g</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	<b>10<sup>2</sup></b>
<b>S. aureus /g</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	<b>Max 10<sup>2</sup></b>
<b>Salmonelles /g</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	<b>Abs</b>
<b>Listeria</b>	Abs	Abs	Abs	Abs	<b>Abs</b>

Les résultats du tableau indiquent :

- L'absence totale des germes indicateurs de contamination (*coliformes totaux*) responsables de l'altération de la qualité du produit fini. **(Figure IV.4)**

Ce résultat est conforme à la norme JORA qui donne une marge de **10<sup>2</sup>** de germes.

- L'absence totale de germes pathogène (*salmonelle et Listéria, staphylococcus* ) **(Figure IV.1,2,3)**

dans les 3 échantillons et le témoin, et dont la présence peut causer de sérieux problèmes sanitaire pour le consommateur. Notre résultat est conforme à la norme interne.

Cela est peut être du :

- Innocuité des matières premières (cheddar, poudre de lait, eau de process).
- Traitement thermique appliqué pendant le processus de fabrication (90°C pendant 5 à 10 minutes) qui vise à éliminer la flore banale et pathogène.
- Respect des bonnes conditions de stockages (4°C).
- pH acide du fromage fondu qui limite la prolifération de la plupart des bactéries pathogènes.

On peut conclure que la gomme de caroube et le fromage fondu sont de bonnes qualité bactériologique.

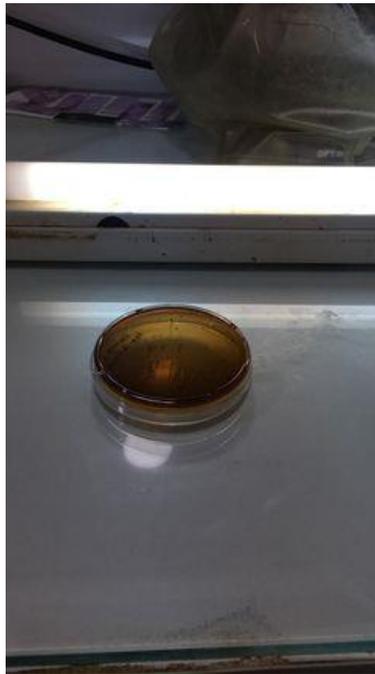


Figure IV.1: Résultat de *Salmonelle*



Figure IV.2: Résultat de *Listeria*



Figure IV.3: Résultat de *Staphylococcus*

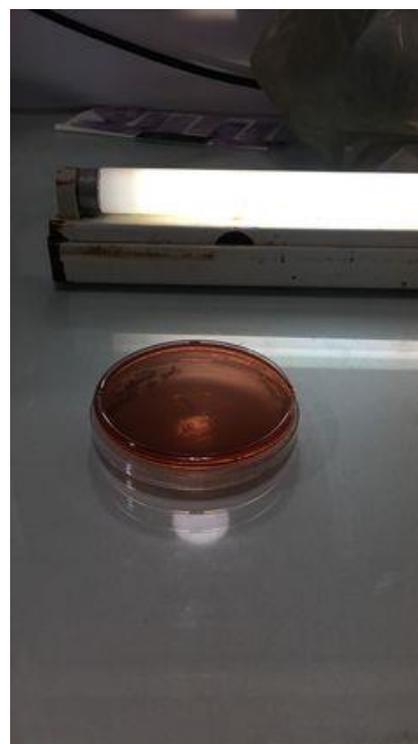


Figure IV.4: Résultat d'*E.coli*

IV.5- Test de dégustation

Test sensoriel

L’analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l’odorat, du gout, du toucher pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l’acceptabilité de produit alimentaire ainsi que de nombreux autres produits. (BMWatts *et al.*, 1991).

Le test de dégustation s’est déroulé au niveau du laboratoire d’analyse dans l’industrie de fromagerie Pro-Cheese à cheraga

Au moment de la dégustation chaque membre avait en face de lui 4 échantillons de fromage fondu à déguster, 3 échantillons correspondants aux fromages formulées (additionner de la gomme de caroube) et un échantillon correspondant au fromage témoin.

Les échantillons ont été présentés comme suite :

- ✓ La référence A correspondante à l’échantillon (0,1 g de gomme de caroube).
- ✓ La référence B correspondante a l’échantillon (0,5g de gomme de caroube).
- ✓ La référence C correspondante a l’échantillon (1g de gomme de caroube).
- ✓ La référence D correspondante a l’échantillon témoin.

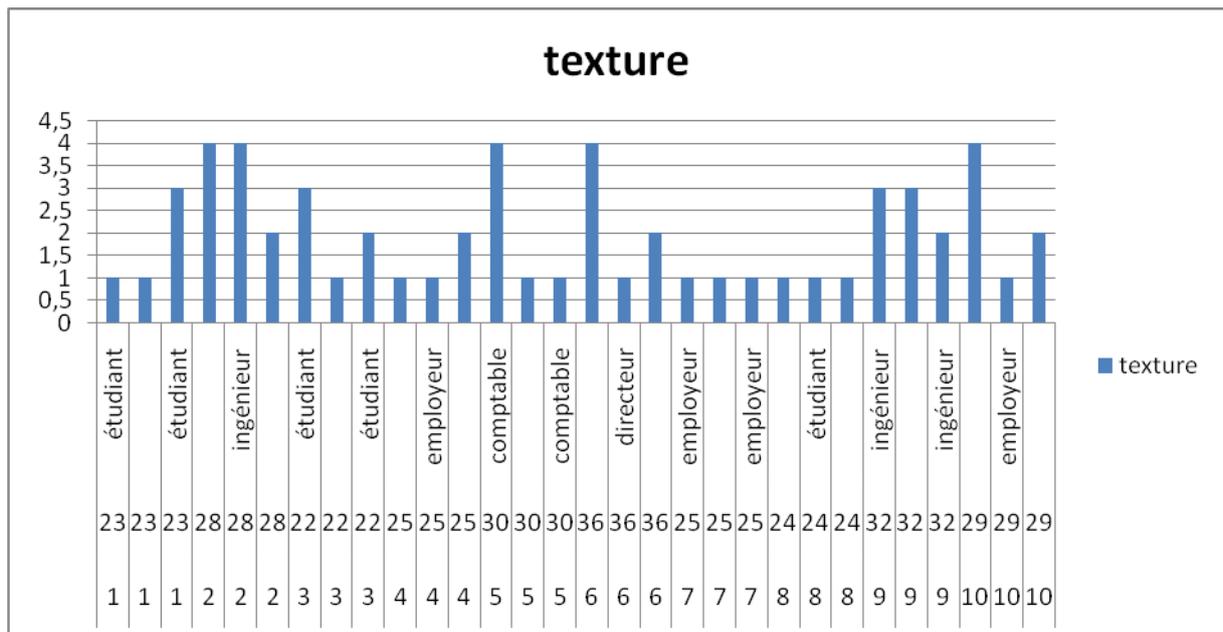
Les différentes étapes de l’analyse sensorielle de nos produits

- ✓ La texture
- ✓ La couleur.
- ✓ Le gout.
- ✓ La saveur.

La texture

A partir des résultats obtenus, et la comparaison avec le témoin D qui a une texture parfaite 100% on remarque le fromage obtenu de 0.5 % de meilleure texture (élastique, viscosité, lisse ) par apport les autres échantillons de 0.1% et 1% moins visqueuse donc le fromage fondu incorporé de 0,5% de gomme de caroube est le plus acceptable.

Résultats de l’appréciation des produits sur la texture :

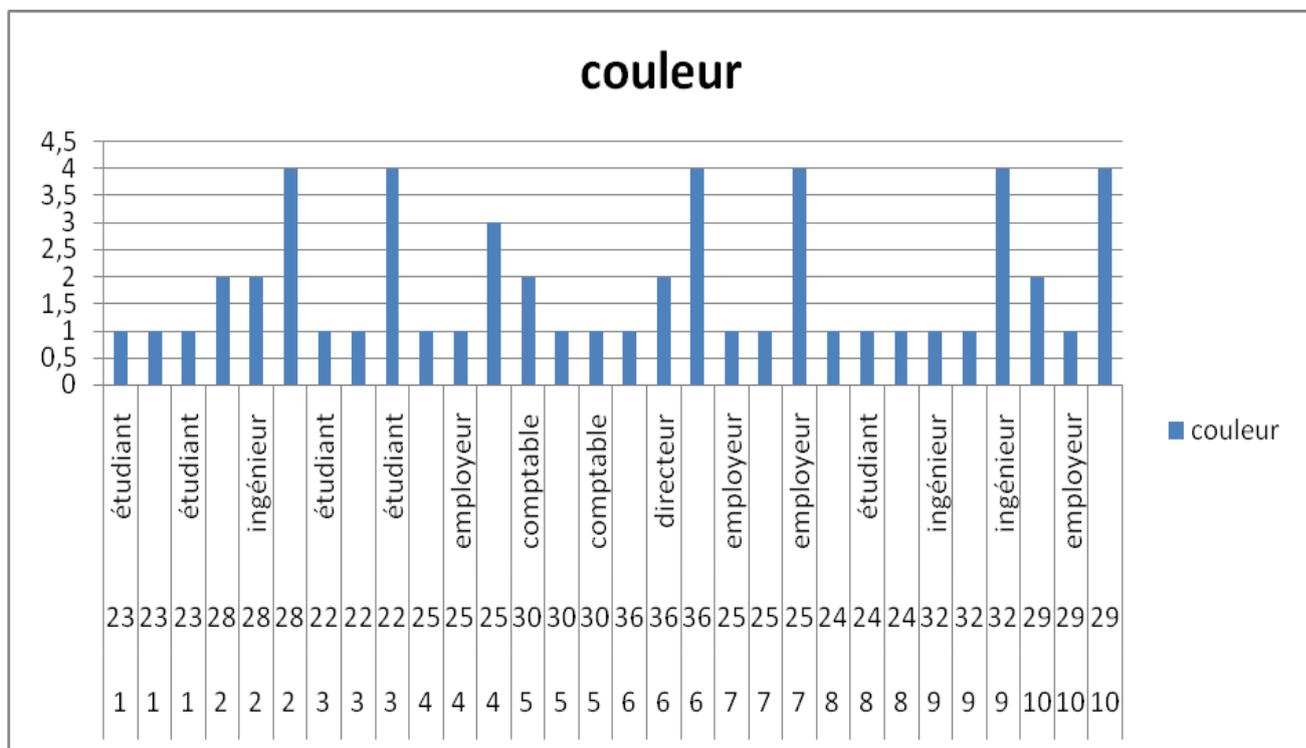


**La couleur**

A partir des résultats obtenus, on remarque la couleur blanchâtre d'échantillon de 0.5% présente un taux d'acceptation par rapport les autres échantillons de 0.1% de couleur plus blanche et 1% de couleur un peu foncé

Le fromage fondu incorporé de 0,5% de gomme de caroube est le plus acceptable

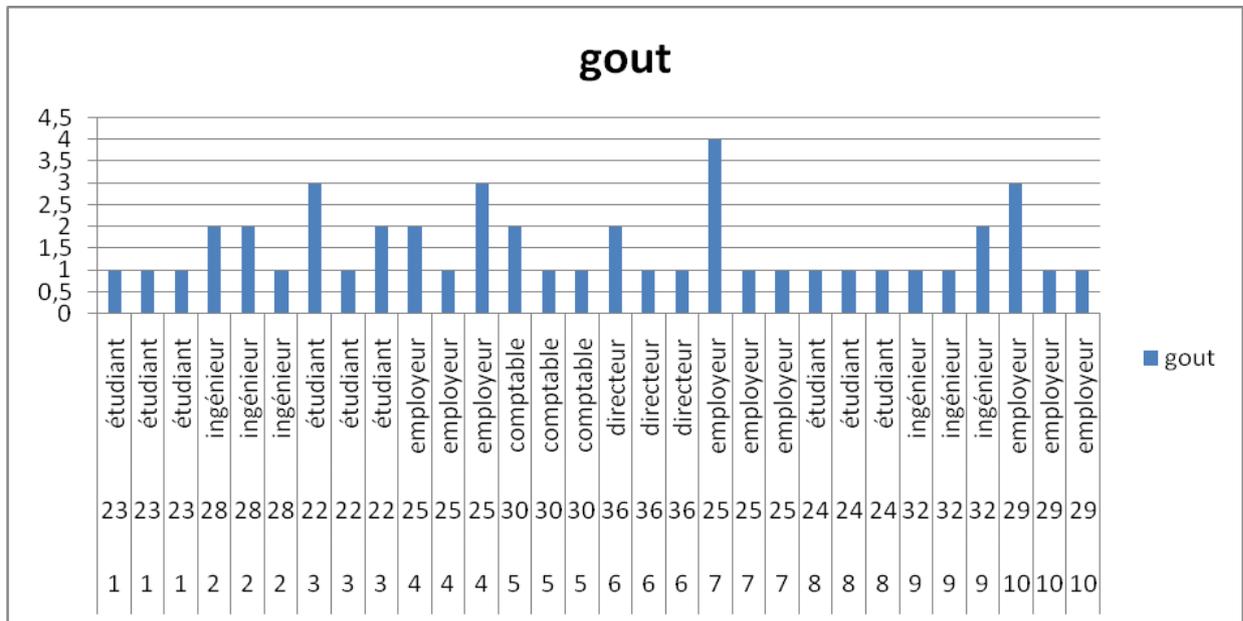
Résultats de l'appréciation des produits sur la couleur :



**Le Gout**

A partir des résultats obtenus on remarque que l'échantillon de 0.5% de gomme a un gout frais, bon, moins acide par rapport aux autres échantillons de 0.1 % et 1% et au témoin. Le fromage fondu incorporé de 0,5% de gomme de caroube est le plus acceptable

Résultats de l'appréciation des produits sur le gout :

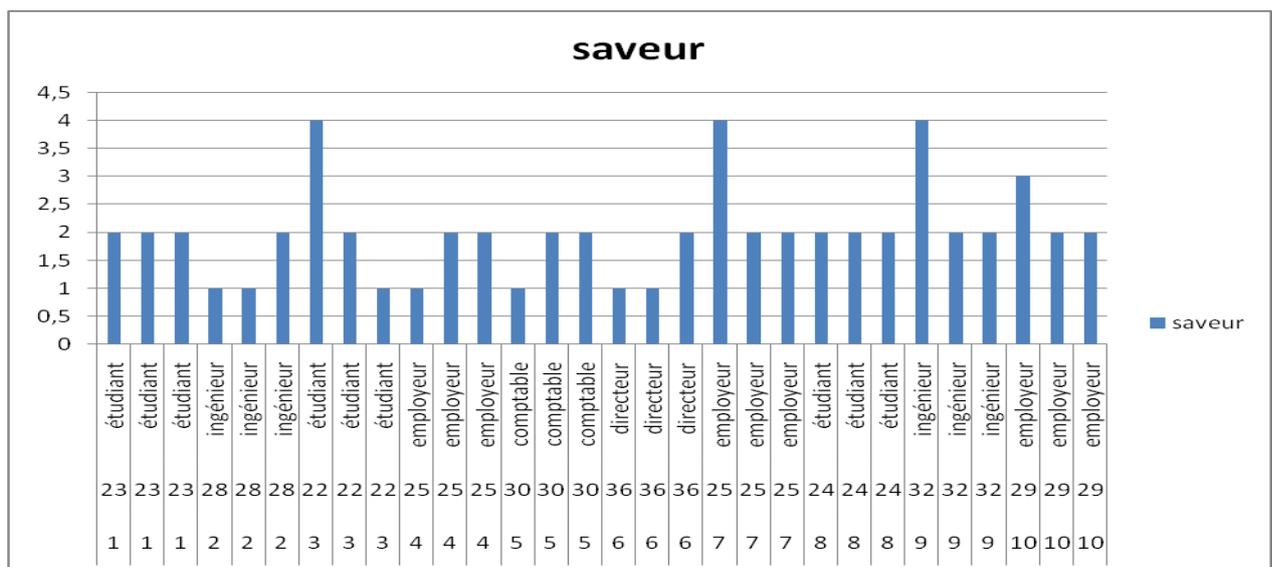


**Le Saveur**

A partir de résultats obtenus on remarque que l'échantillon de 0.5% de gomme de caroube qui contient de 4.9g de sucre, le plus acceptable, de gout un peu sucré par rapport les autres échantillons de 0.1 % et 1% et le témoin.

Le fromage fondu incorporé de 0,5% de gomme de caroube est le plus acceptable

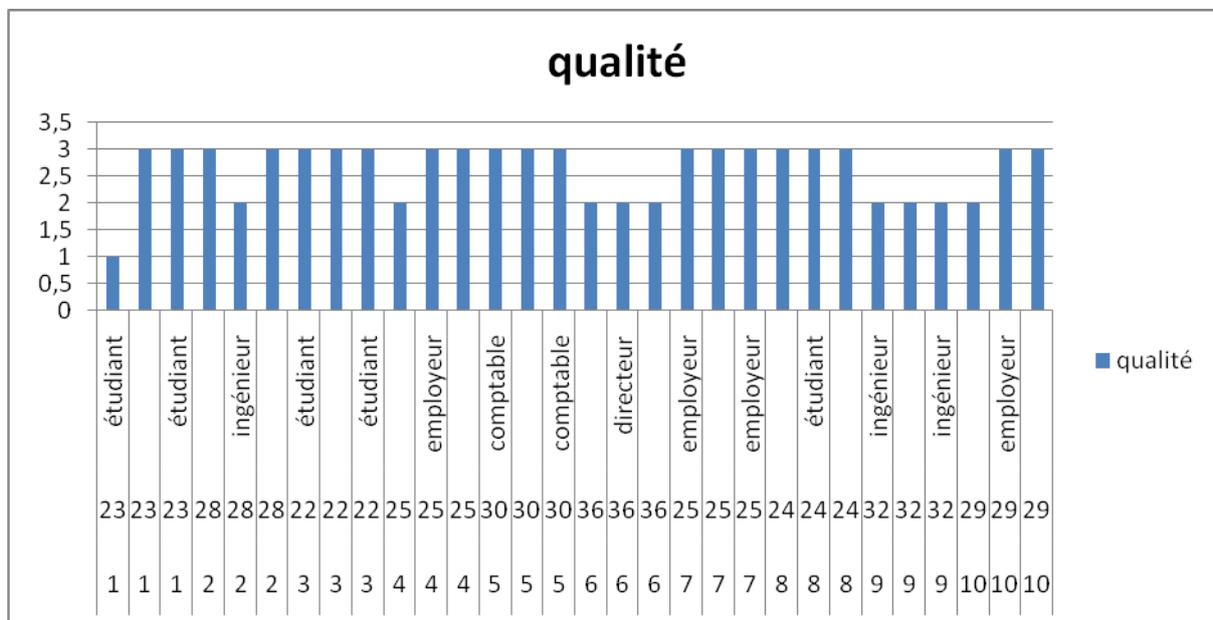
Résultats de l'appréciation des produits sur le saveur :



Ces résultats permettent de conclure que les taux d'incorporation de gomme de caroube choisis dans le fromage fondu, modifient la texture, le gout et la saveur, et elle touche légèrement la couleur.

On se base sur le test de dégustation, on peut dire que l'échantillon A (0,5% de gomme de caroube) est le plus acceptable après le témoin.

Confirmité que le produit est de bon qualité :



- Un questionnaire à été établi pour évaluer les caractéristiques organoleptiques de notre produit fini (**Annexe 4**).

## Conclusion

Au terme de notre étude portant sur l'étude de l'effet de l'incorporation de la gomme de caroube dans la fabrication du fromage fondu à différentes doses (0.1%, 0.5% et 1%) nous avons obtenu les résultats suivants :

Les résultats des propriétés physico-chimiques de la gomme de caroube ont révélé un taux de cendre qui est d'ordre de 1.22%, un taux de protéines de 7.55g/100, un taux de fibre de 1.17%, un degré de Brix de 5%, une acidité titrable de 2.94%, un taux de lipide 0%, et (pH, extrait sec et humidité) sont respectivement de 5.9, 84% et 10.6, ce qui déduit que notre produit est riche en protéines et contient une quantité assez importante de sucre (4.9g/100g).

L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu à différentes doses (0.1%, 0.5 % et 1%) a révélé que la dose 0.5% était acceptable par tous les membres de jury de dégustation sur le plan physicochimique et organoleptique avec une texture visqueuse et élastique, un goût peu sucré, et une couleur blanchâtre caractéristiques des fromages.

Par ailleurs les analyses bactériologiques ont montré que notre produit est d'une bonne qualité hygiénique avec l'absence totale de tous les germes recherchés (*coliforme totaux, Salmonelle, Staphylococcus aureus, et Listéria*).

Enfin on peut conclure que la gomme de caroube incorporée dans la fabrication du fromage fondu a remplacé des substances synthétiques comme la carraghénane et xanthane et a donné un fromage d'une bonne gélification et élasticité.

En effet, Le caroubier et ses constituants, (les gousses, les graines...etc) proviennent d'une véritable source naturel que l'industrie agro-alimentaire peut améliorer la qualité alimentaire par ce biais vu son efficacité approuvé par plusieurs études.

Comme perspective :

L'utilisation de la gomme de caroube dans la fabrication d'autre type de fromages et peut être par la suite dans d'autres denrées alimentaires pour substituer d'autre ingrédients synthétique comme ingrédient naturel car les substances naturelles occupent de plus en plus une place de choix en agroalimentaire.

## *Référence bibliographique*

### **A**

**Anonyme, (1989).** Bienvenus dans le monde de KASOMEL et des fromages fondus. Europhos p 73.

**Anonyme.1986(AFNOR).**Controle de la qualité des produits laitiers,recueil des norms francaises,paris,3éme edition pp 663,1009.

**Audigie C.L and Dupont G., (1982),**Principes des methods d'analyses biochimiques,Paris,pp.566-567.

**Aafi A, (1996).** Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*), Centre Nationale de la Recherche Forestière, Rabat (Maroc). 10.

**Azero, E.G., and Andrade, C.T, (2002a).** Testing procedures for galactomannan purification. Polym. Test. 21, 551–556.

**Aubin Dakia,P., Wathelet, B., and Paquot,M. (2010).** Influence de la teneur en galactose sur les interactions moléculaires et sur les propriétés physico-chimiques des galactomannanes en solution.BASE.

**Arnaud, J.P., Choplin, L., and Lacroix, C. (1988).** Rheological Behavior of Kappa-Carrageenan/ Locust Bean Gum Mixed Gels. J. Texture Stud. 19, 419–429.

**Amargillos.1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers, Analyse physique et chimiques.Ed. AFNOR-itsv 3éme édition,Paris,P1030.

**AFNOR.1986.** Association française de Normalisation, Recueil des normes françaises. Contrôle de la qualité des produits laitiers.3éme édition. 647-651 P.P.

### **B**

**Battle I. Tous J, (1997).** Carob tree. *Ceratonia siliqua L.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1-92.

**BOURGOIS C-M.(1996).** Microbiologie alimentaire. Tome 1. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. 2éme édition, Lavoisier,Paris.

**BOUTONNIER J-1. (2000).** Fabrication du fromage fondu, Technique de l'ingénieur.

**BRAINER A. MADELEINE RICHER M. ROSTEL. S. 2077.** Alimentations et processus technologique. Sécurité et contrôle microbiologique, Edition Educ agri.

**BMWatt, (1991).** Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments préparés avec l'aide du centre de recherche pour le développement international. Ottawa.Canada (CRDI,1991).

**Benamar Benmahioul, Meriem Kaïd-harche et Florence Daguin, (mars 2011).** Le caroubier , une espèce méditerranéenne à usages multiples. Forêt méditerranéenne n° 1,

[-http://ekladata.com/1dkHE79JZAwoFIT6Doqa\\_QOsJxc.pdf](http://ekladata.com/1dkHE79JZAwoFIT6Doqa_QOsJxc.pdf)

[-https://leurquin-mediolanum.fr/documents/p15/FR2-Carruba.pdf](https://leurquin-mediolanum.fr/documents/p15/FR2-Carruba.pdf)

**Berrougui H, (2007).** Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N° 9.

**Battle I. Tous J, (1997).** Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1-92.

**Batal, H.E., Hasib, A., Ouatmane, A., Boulli, A., Dehbi, F., and Jaouad, A, (2013).** Yield and composition of carob bean gum produced from different Moroccan populations of carob (*Ceratonia siliqua* L.). 6.

**Batista M. T., Amaral M. T. and Proença Da Cunha A, (1996).** Carob fruits as source of natural antioxidant. In Proceeding of the III International Carob Symposium. Cabanas-Tavira, Portugal.

**Battle I. Tous J, (1997)..** Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. (carob tree, *Ceratonia siliqua* L.) International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy.

## C

**Chambre et Daurelles, (2006).** Le fromage de la science à l'assurance qualité 3ème édition. In (fromage), édition Eck et Gillis, Technique et documentation Lavoisier, paris.

**Custódio L., A.L. Escapa, E. Fernandes, A. Fajardo, A. Rosa, F. Albericio, N. Neng, J.M.F. Nogueira, A. Romano, (2011).** Phytochemical profile antioxidant cytotoxic activities of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) germ flour extracts, Plant Foods Human Nutrition 66 78–84.

**Correia,P. J., & Martins-Loucao, M. A. 2005.** The use of macronutrients and water in marginal mediterranean areas, the case of carob-tree. Field Corps Research, 91, 1-6.

## D

**Danimex, (2002).** Fiches techniques des sels de fontes. (Information produit). DANIMEX FOOD A/S. Ryttervangen 17323GIVE, Danemark

**Dubois M.K.A., Gilli Y.K., Hamilton P.A.,(1956)**, Colometrie method for determination of sugari et related substances, Anal et chem.Jour., Vol. 28,pp. 350-356.

**Daas P. J. H., Schols H.A et De Jongh H.H J. (2000)**. On the galactosyl distribution of commercial galactomannans. Carbohydrate research, 329, pp,609-619.

**Dakia, P.A., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, B., and Paquot M, (2008)**. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocolloids Vol. 22 N5,pp 807-818.

**Dakia, P.A., Blecker, C., Roberta, C., Wathelet, B., and 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.

**Dea, I.C.M. & Morrison, A, (1975)**. Chemistry and interactions of seed galactomannans. Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. 31, 241-312.

**Dakia, P.A., Wathelet, B., and Paquot. M, (2007)**. Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua L.*) seed germ. Food Chem. 102, 1368–1374.

**Dakia, P.A., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, B., and Paquot, M, (2008)**. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocoll. 22, 807–818.

**Dakia.P, (2003)**. Extraction et caracterisation de la gomme de caroube (*Ceratonia siliqua L.*). Mem. Fac.Univ. Sci. Agron. Gembloux Belg.

**Dakia P.A., Wathelet B. and Paquot M. (2010)**. Influence of galactose content on interactions phenomena and on galactomannans physicochemical properties in solution.Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 14(1), 213-223.

**Dos Santos, V.R.F., Souza, B.W.S., Teixeira, J.A., Vicente, A.A., and Cerqueira, M.A. (2015)**. Relationship between galactomannan structure and physicochemical properties of films produced thereof. J. Food Sci. Technol. 52, 8292–8299.

## E

**ECK A. GILLIS J, (2006)**. Le fromage de la science à l'assurance qualité. 3éme édition technique et documentation. Lavoisier, paris.

**ECK A. GILLIS J, (1997)**. Le fromage: de la science a l'assurance qualité. Edition Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

**Everett D. W. et McLeod E. R. (2005)**. Interaction of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in skim-milk yoghurt. International Dairy Journal 15, pp 1175-1183.

## F

**Feinberg M, Favier .j. Et Jreland T.R ., (1987).** Répertoire générale des aliments, table de composition des produits laitiers : vache, brebis, chèvre, Ed. Tec et Doc, Lavoisier, paris, T3, 442 p.

**Feinberg M, (2002).** Répertoire générale des aliments. Tome 2 : Produits laitiers, 2ème édition. Tech & doc, Lavoisier, Paris.

**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.

**Fernandes, L., Pereira, J.A.C., Lopez-Cortes, I., Salazar, D.M., and Ramalhosa, E.C.D. ,(2015).** Physicochemical Changes and Antioxidant Activity of Juice, Skin, Pellicle and Seed of Pomegranate (cv.Mollar de Elche) at Different Stages of Ripening. Food Technol. Biotechnol. 53, 397–406.

## G

**German.Colas L. Roquet J, (1976).** Le traitement des eaux. Edition Dunod, Paris.

**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.

**Gaouar N, ( 2010).** «Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes ». Diplôme de Magister en Agronomie. Université Abou Beker Belkaid. Tlemcen.

**Guggenbichler J.P., (1983).** Adherence of enterobacteria in infantile diarrhea and its prevention. Infection, 11, 239-242.

**Goycoola F.M., Morris E.R. & Gidley M.J., (1995).** Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH : evidence of “hyperentanglement” in solution. Carbohydr. Polym., 27, 69-71.

## H

**Hariri A., N.Ouis, Sahnouni F et D.Bouhadi, (2009).** Mise en œuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux à base des extraits de caroube, rev. microbiol. ind. san et environn. pp. 37-55.

**Henneberg, W., Stohmann, F. C., & Rautenberg, F. (1860).** Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer.

## J

**Jean Luc Boutonnier, (2000).** La fabrication de fromage fondu, Technique de l'ingénieur, p F6310-2, 3, 11.

**J.O.R.A, (1998).** Journal Officiel de la République Algérienne. N°35.

**Johnson S., Bruun P. and Okkala P, (1988).** Application of LBC in food and pet food systems. Pp. 577-587 *in* Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain.

**Joffin, C.H., et Joffin, J.N. (1999).** Microbiologie alimentaire. 5<sup>ème</sup> édition, Paris, PP122-176

## K

**Kivrak, I., Kivrak, S., Harmandar, M., & Cetintas, Y, (2013).** Phenolic compounds of *Pinus brutia* ten.: chemical investigation and quantitative analysis using an ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry with electrospray ionization source. *Records of Natural Products*, 7(4), 313.

**KONATE, I., FILALI-MALTOUF, A., and BERRAHO, E.B(2007).** Diversity Analysis Of moroccan Carob (*Ceratonia Siliqua* l.) accessions using Phenotypic traits and rapid markers. 12.

## L

**LUQUET. F-M, (1985).** Lait et produits laitiers, Les laits. De la mamelle à la laiterie. Tome 1. Tech & doc. Lavoisier, Paris.

**LUQUET. F-M, (1990).** Lait et produits laitiers Vache, Brebis, Chèvre. Transformation et Technologies. Tome 2. Tech & doc. Lavoisier, Paris.

**Luquet F.M et Corieu G., 2055,** Bactéries lactiques et probiotiques, Ed Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

**Lopes da Silva, J.A., and Goncalves, M.P, (1990).** Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. *Food Hydrocolloids*. 4, 277–287.

**LAURENT S. FEDERIGHI M. JOUVE J-L, (1998).** Manuel de bactériologie alimentaire, polytechnica, Paris.

**Loeb H., Vandenplas Y., Würsch P., Guesry P., (1989).** Tannin-rich carob pod for the treatment of acute onset diarrhea. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 8, 480-485.

**Lopes da Silva, J.A., and Goncalves, M.P, (1990).** Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. *Food Hydrocolloids*. 4, 277–287

## M

**MAHAUT M. JEANTET R. BRUL2 G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère, Tech et Doc, Paris.

**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 Integrative Medicine. 20170158.

**Mairier, H., Anderson, M., Karl, C., Magnuson, K. & Whistler, R. L. (1993).** Guar, locust bean, tara and fenugreek gums. In R. L. Whistler, J. N. BeMiller (Eds.), Industrial Gums, Polysaccharides and their Derivates (pp. 205-215). Academic Press, San Diego.

**Multon J.L. (1984).** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Paris : Lavoisier.

**Moreira, L.R.S., and Filho, E.X.F. (2008).** An overview of mannan structure and mannan degrading enzyme systems. Appl. Microbiol. Biotechnol. 79, 165.

**Mahmoud, R.I. (2009).** Preparation and Characterization of Poly Acrylic Acid-Locust Bean Gum. J. Reinf. Plast. Compos. 28, 2413–2427.

**Makris D. P. and Kefalas P. (2004).** Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidant. Food Technol. Biotechnol. (42): 105- 108.

## N

**Neukom H. (1988).** Carob bean gum: properties and application. Pp. 551- 555 in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain.

## R

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

**Rizzo, V., Tomaselli, F., Gentile, A., La Malfa, S. & Maccarone, E. (2004).** Rheological Properties and Sugar Composition of Locust Bean Gum from Different Carob Varieties (*Ceratonia siliqua* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 7925-7930.

**Rinaudo, M. (2001).** Relation between the molecular structure of some polysaccharides and original properties in sol and gel states. Food Hydrocolloids. 15, 433–440.

## S

**Secouard, S., Grisel, M., and Malhiac, C, (2007).** Flavour release study as a way to explain xanthan–galactomannan interactions. *Food Hydrocoll.* 21, 1237–1244.

**Sutra, L.,Federighi, M., et Jouve, J.L. (1998).** Manuel de bactériologie alimentaire.Polytechnica. PP53,81.

**Saha, D., and Bhattacharya, S, (2010).** Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food : a critical review. *J. Food Sci. Technol.* 47, 587–597.

## V

**VIGNOLA C. (2002).** Science et technologie du lait. Transformation du lait. Edition presses internationales polytechniques, Fondation de technologie laitière du Québec.



**Les Annexes :**

**Annexe 1 :**



**Figure. La gomme de caroube**

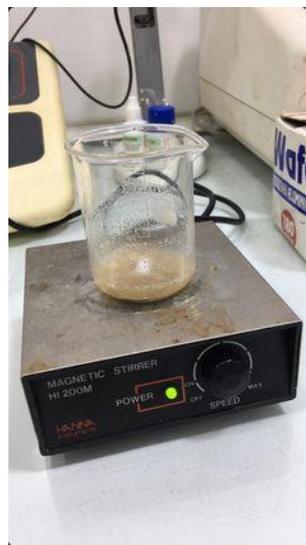


**Figure. PH-mètre**

**Annexe 2 :**

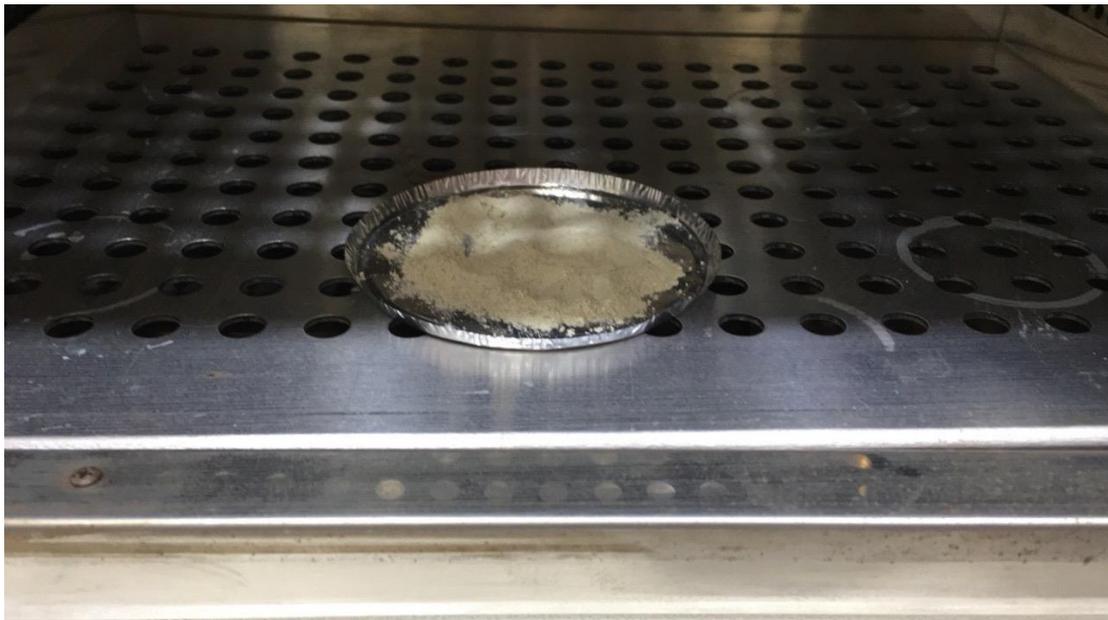


**Figure. Gomme de caroube**

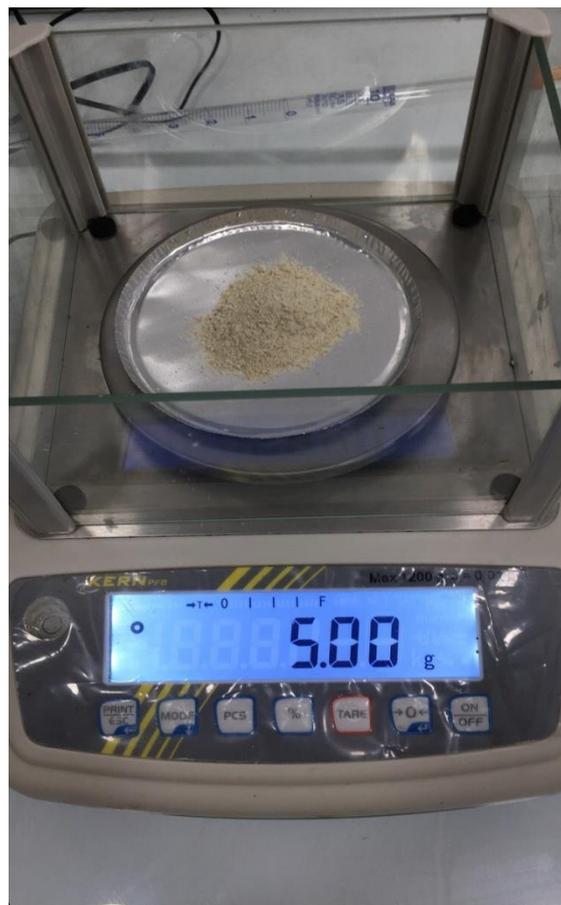


**Figure. Agitateur**

**Annexe 3 :**



**Figure. La gomme de caroube dans l'étuve.**



**Figure.la gomme de caroube**

Annexe 4 :

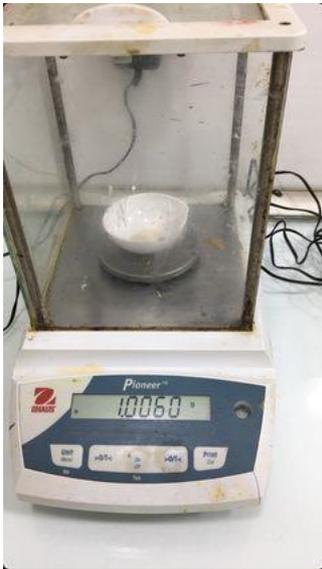


Figure. Gomme de caroube



Figure. Four a moufle



Annexe 5 :

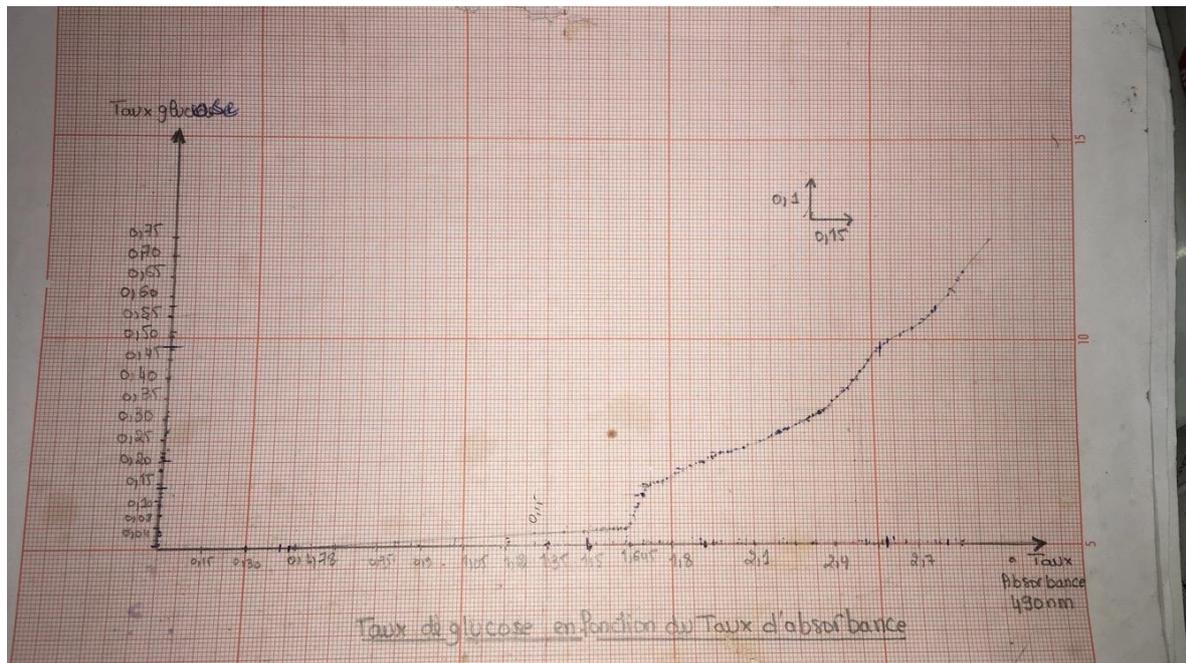
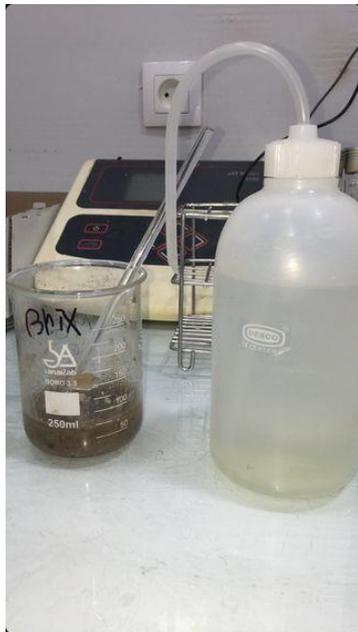


Figure. La courbe d'étalonnage des sucres

**Annexe 6 :**



**Figure. Préparation de mélange**



**Figure. L'appareil du Brix**

**Annexe 7 :**



**Figure. L'appareil de SOXHL**

**Annexe 8 :**



**Figure. Le bain marie**

**Annexe 9 :**



**Figure. Centrifugeuse**

**Annexe 10 :**



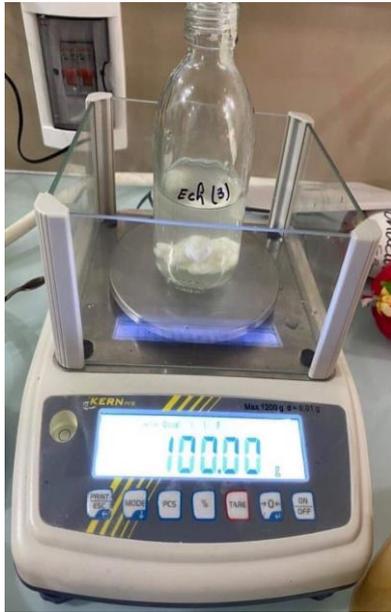
**Figure. Butyromètre**

**Annexe 11 :**



**Figure. L'appareil de Dessiccateur**

**Annexe 12 :**



**Figure . Délution de l'échantillon avec l'eau physiologie**

**Annexe 13 :**



**Figure. Préparation de la solution (Giolitti + Tellurite de Potassium)**

**Annexe 14 :**



**Figure. Incubation de l'échantillon dans l'étuve**

**Annexe 15 :**



**Figure. Milieu sélectif S.F.B et le Réactif Sélénite de Sodium**

**Annexe 16 :**



**Figure. Incubation d'échantillon dans l'étuve**

**Annexe 17 :**



**Figure. Gélose désoxycolate**



**Figure. Incubation des boîtes pétris dans l'étuve**

Annexe 18 :



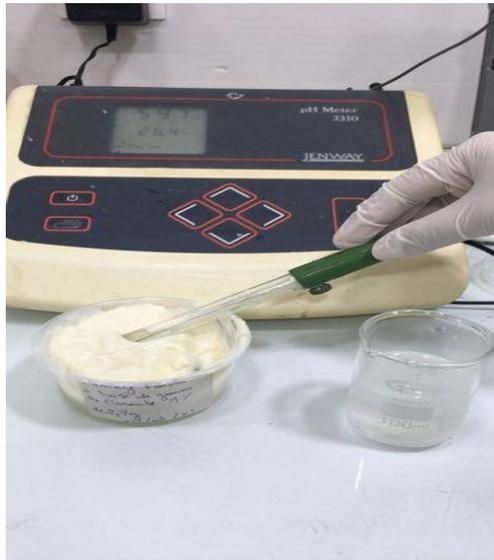
Figure. Réactif fraser Enrichement supplément

Annexe 19 :



Figure. Gélose de *Listeria* chromogénique

**Annexe 20 :**



**Figure. Détermination du Ph**

**Annexe 21 :**



**Figure. Détermination de matière grasse**

**Annexe 22 :**



**Figure. Milieu sélectif  
S.F.B**



**Figure .Milieu sélectif fraser et gélose  
de listeria chromogénique**



**Figure.Gélose désoxycolate**



**Figure.Eau péptonée tomponée**



**Figure. Incubation des échantillons dans l'étuve**

## Annexe 23:

### Questionnaire :

numéro	Age	fonction	couleur	texture	saveur	gout	qualité	
1	23	étudiant	1	1	1	2	1	1
1	23	étudiant	1	1	1	2	1	3
1	23	étudiant	1	3	3	2	1	3
2	28	ingénieur	2	4	4	1	2	3
2	28	ingénieur	2	4	4	1	2	2
2	28	ingénieur	4	2	2	2	1	3
3	22	étudiant	1	3	3	4	3	3
3	22	étudiant	1	1	1	2	1	3
3	22	étudiant	4	2	2	1	2	3
4	25	employeur	1	1	1	1	2	2
4	25	employeur	1	1	1	2	1	3
4	25	employeur	3	2	2	2	3	3
5	30	comptable	2	4	4	1	2	3
5	30	comptable	1	1	1	2	1	3
5	30	comptable	1	1	1	2	1	3
6	36	directeur	1	4	4	1	2	2
6	36	directeur	2	1	1	1	1	2
6	36	directeur	4	2	2	2	1	2
7	25	employeur	1	1	1	4	4	3
7	25	employeur	1	1	1	2	1	3
7	25	employeur	4	1	1	2	1	3
8	24	étudiant	1	1	1	2	1	3
8	24	étudiant	1	1	1	2	1	3
8	24	étudiant	1	1	1	2	1	3
9	32	ingénieur	1	3	3	4	1	2
9	32	ingénieur	1	3	3	2	1	2
9	32	ingénieur	4	2	2	2	2	2
10	29	employeur	2	4	4	3	3	2
10	29	employeur	1	1	1	2	1	3
10	29	employeur	4	2	2	2	1	3

<b>Le gout</b>	<b>La saveur</b>	<b>La texture</b>	<b>La couleur</b>
1-Fraiche	1-Acide	1-Fondant	1-Blanc
2-Beurré	2-Sucré	2-Elastique	2-Beige
3-Lait caillé	3-Salé	3-Crémeux	3-Jaune pale
4-Fumé	4-Amer	4-Mou	4-Jaune d'or