

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**



**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département de Biochimie-Microbiologie**

## ***Mémoire de fin d'études***

**En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences  
Biologiques**

**Spécialité : Biotechnologie Microbienne**

**Filière : Biotechnologie Microbienne**

## ***Thème***

**Caractérisation physicochimique, phytochimique et biologique des fruits de  
caroubier "*Ceratonia siliqua*", et essai de production du yaourt à base de  
caroubier**

**Présenté par :**

**M<sup>lle</sup> Amrioui Nedjma      M<sup>lle</sup> Ait Chekdhidh Ldjida      M<sup>lle</sup> Ait Ghezali Karima**

**Devant le jury :**

**Président : M<sup>me</sup> BENAHMED DJILALI A.      Professeur.      À      UMMTO**

**Examineur : M<sup>me</sup> DERMECHE S.      Maître de conférences B.      À      UMMTO**

**Promoteur : M<sup>me</sup> BENZAOUZ K.      Maître de conférences B.      À      UMMTO**

Année Universitaire : 2022-2023

## Remerciements

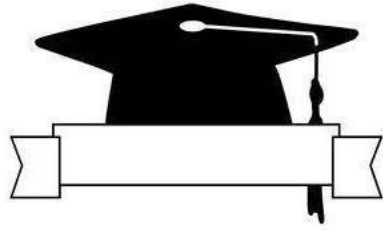
Avant tout, le grand merci s'adresse au bon dieu le tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour pouvoir accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements et notre profonde gratitude pour notre promotrice Mme **BEN AZZOUZ Kinza**, maître de conférences B à l'UMMTO qui nous a honorés en acceptant d'encadrer ce travail proposé par elle-même, et son soutien et sa disponibilité permanente.

Nous exprimons ici notre gratitude et notre respect envers elle.

Nos remerciements vont particulièrement à :

- M<sup>me</sup> **BENAHMED DJILALI Adiba**, Professeur à l'UMMTO, pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.
- M<sup>me</sup> **DERMECHE Samia**, maître de conférences B à l'UMMTO d'avoir accepté de faire partie de notre jury et de participer à l'évaluation de notre travail.
- Le personnel des laboratoires communs 1 et 2 et de laboratoire pédagogique de microbiologie de nous avoir soutenu, encouragé et orienté tout le long de notre travail en particulier Mme GENDOUIZI Sonia , Mme LAMRI pour leur précieuse aide.



### *Dédicace*

Je souhaite dédier humblement ce travail à ma mère qui m'a soutenu et encouragé tout au long de mes années d'études. Je veux qu'elle sache à quel point je suis reconnaissante pour son soutien.

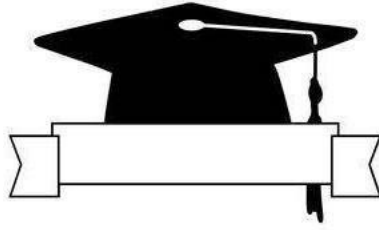
Je tiens également à remercier mon père pour sa présence constante à mes côtés, ainsi que mon frère **Sid Ahmed** et ma sœur **Nadjet** pour leur amour et leur encouragement. Je prie pour leur santé, leur bonheur et leur réussite.

Je tiens également à remercier tous mes amis, ainsi que tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé au cours de cette année.

Je suis également reconnaissante envers ma promotrice, **Mme BEN AZZOUZ KINZA** pour son aide précieuse dans la réalisation de mon travail.

À mes binômes et amies avec qui j'ai eu l'honneur de travailler et de partager cette belle expérience.

**Karima**



### *Dédicace*

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, mon père.

Et à la lumière de mes jours, maman que j'aime tant.

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté.

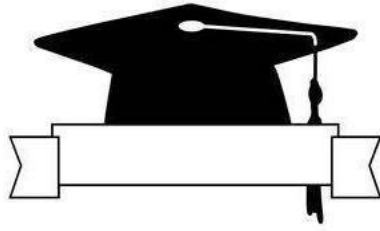
A mes très chères sœurs malgré la distance vous étiez ma source de courage et de persévérance  
« **Imane, Lynda Tassadit, Sara** ».

A mon petit frère « **Amar** ».

A mes merveilleux petits neveux « **Ghiles, Dina, Mohamed, Danny, Anna, Louise** ».

À mes binômes et amies avec qui j'ai eu l'honneur de travailler et de partager cette belle expérience.

**Nedjma**



## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents : **Kamel** et **Nadia**, pour tous leurs sacrifices, amour, tendresse et leurs soutiens tout au long de mes études.

À mon **cher frère** qui est toujours dans mon cœur malgré son absence

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

À mes binômes et amies avec qui j'ai eu l'honneur de travailler et de partager cette belle expérience.

*Ldjida*

# Table des matières

Résumé	
Abstract	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1

### Partie I : Synthèse bibliographique

#### I. Généralités sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* )

I.1.Définition du Caroubier.....	3
I.2 Origine.....	3
I.3 Taxonomie et description.....	4
I.3.1 Taxonomie.....	4
I.3.2 Description.....	5
I.4 Distribution géographique.....	8
I.5 Production mondiale.....	9
I.6 Air de production en Algérie.....	10
I.7 Composition chimique.....	12
I.8 Propriété thérapeutique et nutritionnelles.....	13
I.8.1 Propriété thérapeutique.....	13
I.8.2 Propriété nutritionnelles.....	14
I.9 Utilisation.....	15

#### II. Généralités sur le Yaourt

II.1 Définition du yaourt.....	17
II.2 Historique.....	17
II.3 Classification des différents types de yaourts.....	18
II.3.1 Selon la technologie de fabrication.....	18
II.3.2 Selon la teneur en matières grasses.....	18
II.3.3 Selon les ingrédients additionnés.....	18
II.4 Caractéristiques générales des bactéries du yaourt.....	19

II.4.1 <i>Streptocoques thermophilus</i> .....	19
II.4.2 <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .....	19
II.5 Intérêt et fonction des bactéries du yaourt.....	20
II.5.1 Activités protéolytique .....	20
II.5.2 Activité aromatique.....	20
II.5.3 Activités texturants .....	21
II.6 Fabrication de yaourt.....	21
II.6.1 Standarisatation.....	21
II.6.2 Homoginisation .....	21
II.6.3 Traitement thermique .....	22
II.6.4 Ensemencement .....	22
II.6.5 Fermentation .....	22
II.6.6 Refroidissement .....	23
II.6.7 Condisionnemnt .....	23
II.6.8 Stokage .....	23
II.7. Intérêts nutritionnels du yaourt .....	25
Patrie expérimentale	
I. Matériels et méthodes	
I.1. cadre d'étude .....	27
I.2 Matériels utilisée.....	27
I.2.1 Matériel végétale .....	27
I.2.2 Matériel biologique .....	27
I.3 Méthodes d'analyse utilisé .....	28
I.3.1 Préparation de l'échantillon .....	28
I.3.2 Détermination des propriétés physicochimique de la poudre du caroubier .....	28
I.3.2.1 Détermination de l'humidité .....	28
I.3.2.2 Teneur en cendre .....	29
I.3.2.3 Mesure u potentiel d'hydrogène (pH) .....	29
I.3.2.4 Détermination de l'acidité tétrable .....	30
I.3.2.5 Détermination de la teneur en sucre .....	31
I.3.3 Analyse phytochimique de fruit du caroubier .....	33
I.3.3.1 Préparation de l'infusé .....	34
I.3.3.2 Anthocyanes .....	34

I.3.3.3 Tanins .....	34
I. 3.3.4 Tannis gallique .....	34
I.3.3.5 Flavinoïdes .....	34
I.3.3.6 Glucosides .....	34
I.3.3.8 Quinos libres .....	34
I.3.3.9 Saponosides.....	35
I.3.4 Détermination de la teneur en polyphénols totaux(PPT).....	35
I.3.4.1 Extraction des polyphénols .....	35
I.3.4.2 Dosage des polyphénols .....	36
I.3.5. Dosage des fibres .....	37
I.3.5.1 Dosage des fibres totaux .....	37
I.3.5.2 Dosage de fibres brutes.....	38
I.3.6. Activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de fruit du <i>Ceratonia Siliqua</i> .....	39
I.3.6.1 Préparation des milieux de culture .....	39
I.3.6.2 Préparation des disques stériles.....	40
I.3.6.3 3.6.3 Préparation de la pré-culture .....	40
I. 3.6.4 Préparation des suspensions bactériennes .....	40
II. préparation du yaourt à base de sirop du caroubier	
II.1 préparation de sirop à base de fruit du caroubier .....	42
II.2 Préparation du yaourt .....	42
II.2.2. Mode opératoire.....	43
II.2.2.1. Préparation du lait.....	44
II.2.3 Test de dégustation .....	44
II.2. Analyse microbiologique.....	44
III. Résultats et discussion	
III.1 Résultats des paramètres physicochimiques de la poudre de caroubier.....	48
III.2 Résultats d'analyse phytochimique.....	51
III.3 Résultats de dosage polyphénols totaux des extraits .....	52
III.4 Résultats de la teneur en fibres .....	52

## Table de matières

---

III.5 Résultats de l'activité antimicrobienne.....	54
III.6 Résultats de la production de yaourt à base de fruit de caroubier.....	55
III.6.1 Résultat de l'aspect du yaourt élaboré.....	55
III.6.2 Résultats d'analyse microbiologique.....	56
III.6.3. Test de dégustation .....	57
Conclusion et perspectives .....	58
Références Bibliographiques	
Annexes	

### Résumé

L'objectif de cette étude est une caractérisation physicochimique, phytochimique et biologique de la poudre de fruits de *Ceratonia siliqua*, ainsi qu'un essai d'élaboration d'un yaourt à base du sirop des fruits de cette plante.

Les principaux résultats des analyses réalisées montrent que les fruits de *Ceratonia siliqua* ont une faible teneur en eau 11% ; un pH acide 5,14 ; une acidité de 2,8%, une teneur en cendres de 4% et une richesse en matière organique de l'ordre de 96%. Les fruits analysés sont riches aussi en sucres à raison de 41,8% pour les sucres totaux et 39 % pour les sucres réducteurs en plus d'un taux de 26,6 % de saccharose qui représente le sucre le plus abondant dans le fruit.

Concernant la recherche des composés secondaires, nous avons constaté que les fruits de cette espèce sont riches en tanins, tanins galliques, glucosides et en flavonoïdes. La concentration en polyphénols totaux enregistrée est de 25,04µg Eq AG/mg de MS. La teneur en fibre totaux et brute calculée est de 17% et 7 % respectivement. Par ailleurs, l'activité antimicrobienne a permis de montrer que l'extrait méthanolique dilué de moitié de cette plante présentent un faible effet sur les microorganismes pathogènes testées (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* ATCC 25322). En fin Les résultats des analyses organoleptiques et microbiologiques montrent que le yaourt préparé à base de sirop de *Ceratonia siliqua* répond aux critères des yaourts fonctionnels. Il présente des caractéristiques organoleptiques appréciées par les dégustateurs. Il a une odeur caractéristique (odeur de yaourt), un goût sucré et légèrement acide.

**Mots clés :** *Ceratonia siliqua*, extrait méthanolique, polyphénols totaux, yaourt activité antibactérienne.

### Abstract

The objective of this study is a physicochemical, phytochemical and biological characterization of the fruit powder of *Ceratonia siliqua*, as well as a test for the production of a yogurt based on the syrup of the fruits of this plant.

The main results of the analyzes carried out show that the fruits of *Ceratonia siliqua* have a low water content 11% ; an acidic pH 5,14 ; an acidity of 2,8%, an ash content of 4% and richness in organic matter of around 96%. The fruits analyzed are also rich in sugars at a rate of 41,8% for total sugars and 39% for reducing sugars in addition to a rate of 26,6% sucrose which represents the most abundant sugar in the fruit.

Regarding the search for secondary compounds, we found that the fruits of this species are rich in tannins, gallic tannins, glucosides and flavonoides. The concentration of total polyphenols recorded is 25,04 $\mu$ g Eq AG/mg DM. The calculated total and crude fiber content is 17% and 7% respectively. Furthermore, the antimicrobial activity has made it possible to show that the methanolic extract diluted by half of this plant has a weak effect on the pathogenic microorganisms tested (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Escherichia coli* ATCC25322). At the end the results of the organoleptic and microbiological analyzes show that the yoghurt prepared with *Ceratonia siliqua* syrup meets the criteria of functional yoghurts. It has organoleptic characteristics appreciated by tasters. It has a characteristic odor (smell of yogurt), a sweet and slightly sour taste.

**Key words :** *Ceratonia siliqua*, methanolic extract, total polyphenols, yoghurt antibacterial activity.

# Introduction

Le mot caroubier vient de l'arabe El kharroub, il est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* qui désigne une petite corne et une siliqua ou gousse. Il est aussi appelé Carouge, Pain de Saint Jean-Baptiste, figuier d'Egypte, fève de Pythagore (Batlle et Tous, 1997).

Des molécules qui sont très importantes pour le fonctionnement et la structure de la cellule, sont produites dans les plantes et identifiées, dont la classe des composés phénoliques produites dans la plante *Ceratonia siliqua* (Wink, 2003 ; Aharoni et Galili, 2011). Ces derniers sont très répandus dans le règne végétal, ils existent sous forme de polymères naturels, tanins (Walton et Brown, 1999).

Les polyphénols qui sont les métabolites secondaires naturels, regroupent les substances chimiques comprenant un noyau aromatique (acide phénolique, acide gallique ou acide tannique) Dewick, 1995, les composés phénoliques ou métabolites secondaires de *Ceratonia siliqua* désigne les simples acides phénoliques dont les acides phénoliques, Flavonoïdes et les grands polymères complexes comme Tanins hydrolysables, Tanins condensés (Hopkins, 2003).

La caroube est une bonne source de polyphénols, environ 16-20% (Bamforth, 1999 ; Dewick, 1995). *Ceratonia siliqua* est connue par ces vertus thérapeutiques en raison de sa richesse en polyphénols qui sont des molécules biologiquement actives et utilisés en vasoconstricteurs, anti-inflammatoires, antioxydants et anti radicalaires, anti carcinogènes, antimicrobiens, antibactériennes, antiviraux et anti-allergène (Zoughlache, 2008).

Cet arbre est exploité en industrie alimentaire, la caroube est utilisée en tant qu'aliment, ingrédient ou additif (Rejeb, 1995 ; Tounsi et Kechaou, 2017).

La poudre de caroube peut servir comme un ingrédient substituant le cacao grâce à sa qualité sensorielle et l'absence de caféine (Ayaz *et al.*, 2009), en parlant aussi de la gomme de la caroube qui est utilisée comme additif grâce à ses propriétés fonctionnelles (Dakia *et al.*, 2008). Grâce à la composition nutritionnelle riche en sucre de sirop de la caroube, il est consommé comme un aliment énergétique, ce dernier peut être incorporé comme élément de base pour la fabrication de yaourt.

Le mot yaourt 'originaire d'Asie' vient de 'Yoghurmark', un mot turc signifiant 'épaissir' (Tamime et Deeth, 1980). Metchnikoff (1845-1916) a isolé la bactérie spécifique du yaourt « le bacille bulgare », a analysé l'action acidifiante du lait caillé et a suggéré une

méthode de production sûre et régulière (Rousseau, 2005). Le yaourt est un produit laitier coagulée obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* '*Lb. Bulgaricus*' et de *Streptococcus salivarius*, sous-espèce *thermophilus* '*St. Thermophilus*' à partir du lait frais ou pasteurisé, avec ou sans addition d'autres substances (Codex Alimentarius). Ce dernier peut être considéré comme une alimentation fonctionnelle (Kim, 2003) et des vertus santé ont été associées à sa consommation (Donovan et Shamir, 2014).

Le but de notre étude est la caractérisation phytochimique, physicochimique et biologique des fruits de caroubier et essai d'élaboration d'un yaourt à base de ces fruits. Pour cela, notre travail est divisé en trois parties, la première est consacrée à une étude bibliographique qui porte des généralités sur la plante étudiée, les métabolites secondaires et l'activité antibactérienne, et le yaourt. La deuxième illustre le matériel et les méthodes utilisées, et la dernière regroupera les résultats obtenus et leurs discussions. Enfin ce travail se termine par une conclusion générale et les perspectives.

# I. Généralité sur le Caroubier

### I.1. Définition

Le mot caroubier vient de l'arbre El Kherroub, scientifiquement connue sous le nom *Ceratonia siliqua* L., une espèce appartenant à la famille des légumineuses (Fabacées), agrosylvo-pastorale possédant beaucoup d'intérêt socio-économique et écologique (Tous et *al.* 1996 ; Baltte et Tous, 1997 ; Gharnit et *al.* 2001). Il peut être un arbre, arbuste, herbacées ou plantes grimpantes à lianes volubiles ou à vrilles (Judd et *al.*, 2002), à croissance lente d'une durée de vie dépassant souvent les 200 ans dans les zones méditerranéens sous différents climats aride, semi-aride et sub humide. L'arbre du caroubier peut atteindre jusqu'à 15 mètre de hauteur (Figure 01) (Quezelet et Santa, 1962).

### I.2. Origine

Le lieu d'origine du caroubier demeure incertain, en raison de l'existence de plusieurs hypothèses proposées par différents auteurs. Selon Vavilov (1951) et Candolle (1986), l'origine du caroubier semble être de la méditerranée (Turquie, Syrie). Tandis que les études de Liphshitz (1987), ont insinué qu'il est originaire du Sud de l'Arabie en raison de leur caractère thermophile et sa présence sur les hauts plateaux du Yémen. D'autres études archéobotanique obtenue à partir des troncs calcinés de bois et de fruits ont affirmé que le caroubier était présent dans la méditerranée orientale au néolithique 4000 ans avant J.C.

La découverte récente de *Ceratonia oreothauma* Hillc Lewis. Verde, une nouvelle espèce de caroubier, qui est plus ancienne que *Ceratonia siliqua* et qui pousse dans les montagnes de l'Arabie (Oman) et de Somalie (Hillcoat et *al.*, 1980) semble que la dernière hypothèse soit renforcée. D'après Tucker (1992), *Ceratonia* est considérée comme l'un des genres de Legumineuses les plus archaïques. Par ailleurs, Zohary (1973), considère le caroubier comme une relique procédant de la flore Indo-Malaisienne dont sont aussi issus les groupes *Olea*, *Laurus*, *Myrtus*, et *Chamaerops*. Selon les caractéristiques physiologiques propres à l'espèce, il paraît que cette dernière hypothèse d'origine tropicale de la caroube en se justifiant de l'existence d'une période de floraison tardive (juillet-octobre) des arbres et des arbustes méditerranés, ainsi par la présence inhabituelle des enzymes photosynthétiques de type « C4 » (caractéristique des plantes de climat chaud) durant les premières étapes de son développement qui s'inhibe à l'âge adulte (Catarino et Bento –Pereira, 1976).

Les pharaons d’Egypte utilisaient de la farine du fruit de caroubier pour rigidifier les bandelettes des momies (XVII<sup>e</sup> siècle avant J.C) (Baltte et *al.*, 1997).

### I.3. Taxonomie et description

#### I.3.1. Taxonomie

Le mot caroubier vient de l’arbre el Kherroub, nommé *Ceratonia siliqua* L., dérivé du mot grec ‘keras = keratina’ signifiant (corne) et nom d’espèce siliqua désignant en latin une silique ou gousse, faisant allusion à la dureté et à la forme de la gousse) (Batlle et Tous, 1997). Le caroubier est également connue sous d’autre nom tel que la carouge ; fuguée d’Egypte ; pain de Saint Jean baptiste.

L’espèce *Ceratonia siliqua* appartient à la famille des légumineuses (Fabacées) et à l’ordre des rosales, sous famille des Caesalpinioideae. Cette famille contient environ 630 genres et 18000 espèces répartis à travers le monde (Judd et *al.*, 2002), en Algérie il existe que 53 genres et 339 espèces de fabacées (Quezel et Santa, 1962), cette famille est classée en 3 sous familles : Ceralpiniodeae, Mimosoideae, Papilionoideae.

L’espèce *Ceratonia siliqua* L. a été considéré comme l’unique espèce de *Ceratonia*.L, jusqu’à la découverte de la nouvelle espèce de caroubier *Ceratonia oreothauma* (Hillcoat et *al.*, 1980), donc le genre *Ceratonia* renferme en plus de *Ceratonia siliqua* deux autres espèces :

- *Ceratonia oreothauma* originaire d’Arabie (oumane) (Hillcoat et *al.*, 1980).
- *Ceratonia somalensis* d’origine du nord de la Somalie selon Batlle et Tous (1997).

Selon Sbay (2008), la classification taxonomique du genre *ceratonia* est la suivante :

Règne : Plante  
Sous Règne : Tracheobionta  
Division : Magnoliophyta  
Classe : Magnoliosida  
Sous classe : Rosidae  
Ordre : Rosale  
Famille : *Legumineuses*  
Sous famille : Caesalpinioideae

Sous-tribu : Ceratoniae

Genre : *Ceratonia*

Espèce : *Ceratonia siliqua*

### **I.3.2. Description**

Le caroubier est persistant et très dense, appartient aux xérophiles, il peut atteindre 7 à 20 mètres de hauteur. C'est une espèce dioïque avec quelques formes hermaphrodites et rarement monoïques (Liskens et Scholten, 1980 ; Batlle et *al.*, 1980). Il pousse comme un arbre ou arbuste sclérophylle à feuilles persistantes atteignant 10 mètres de haut, avec une cime très étalée et arrondie (Batlle et *al.*, 1997), des racines très puissantes qui pénètrent le sol à une profondeur de 18 mètres ou plus, et un tronc épais avec une circonférence à la base de 2 à 3 mètres.

La carouge ne perd pas ses feuilles à l'automne mais seulement en mois de juillet tous les deux ans, et il ne renouvelle que partiellement ses feuilles au printemps (avril ; mai) (Diamantoglou et Mitrakos, 1981).

#### **I.3.2.1. Fleurs**

Les fleurs de la carouge ont une couleur pourpre et parfois rougeâtre, groupées en grappes latérales. Les fleurs du caroubier naissent à partir de quelques bourgeons floraux, volumineux, les inflorescences apparaissent entre juillet et décembre. Les fleurs sont inhabituelles sans pétales (Batlle et Tous, 1997). Il existe des fleurs mâles, femelles et hermaphrodite qui poussent sur des pieds différents. Selon Rejeb (1995), les pieds mâles sont stériles et improductifs (Figure02).

L'apparition des fleurs se diffère selon les saisons, les fleurs mâles apparaissent du mois d'août à septembre, tandis que les fleurs femelles apparaissent à partir de juillet (Benmahioul et *al.*, 2011). La floraison dépend également de la région, l'altitude et la situation géographique.



**Figure 01** : Types de Fleurs du caroubier: **(a)** : Fleurs femelles; **(b)** : Fleurs hermaphrodites; **(c)** : Fleurs males

### **I.3.2.2. Feuilles**

Les feuilles du caroubier sont assez grandes de 10 à 20 cm de longueur persistantes, caractérisés par un pétiole sillonné. Composées de 4 à 10 folioles (Figure 03) et sont occasionnellement chez les arbres cultivés et plus fréquemment chez le caroubier sauvages de nombre impaire chez quelques familles (Albanel, 1990), de forme ovales ou elliptique. De 3 à 7 cm de longueur opposées, et de couleur verte luisante à la face supérieure et vert pale à la face intérieure (Rejeb et *al.*, 1991 ; Ait chitt et *al.*, 2007 ; Batlle et Tous, 1997).



**Figure 02** : Feuilles de l'arbre du caroubier

### **I.3.2.3. Fruit**

Le nom de fruit du caroubier est la caroube qui est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de 10 à 20 cm de longueur, brun foncé à noir à maturité, et de forme allongée, rectiligne ou courbée, séparé à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renfermes de 5 à 16 graines brunes (Ait chitt et *al.*, 2007).

Le fruit de la carouge atteint sa maturité par 3 stades de développement :

-Le stade initial est défini par une croissance lente durant les saisons d'automne et d'hiver. Le second stade se caractérise par une croissance rapide et un développement actif des gosses

pendant la saison de printemps. Tandis que le cycle de croissance (stade final) se termine par la maturation et le durcissement de la gousse, qui a lieu généralement en juin ou juillet (Benmahioul et *al.*, 2011)



**Figure 03 :** Fruits de l'arbre du caroubier (gousses vertes à gauche et mûrs à droite)

### I.3.2.4. Tronc

Le caroubier possède un tronc épais (Figure 05), qui peut atteindre 2 à 3 mètre de circonférence et de 50 cm de diamètre en fonction de l'âge de l'arbre (Albanell, 1990). Robuste avec de clairs canaux de circulation de la sève associés aux racines les plus épaisses, donnant ainsi un aspect tortueux particulièrement marqué chez certaines variétés (Melgarejo et Salazar, 2003).

L'écorce est lisse et grise lorsque la plante est jeune, brune et rugueuse à l'âge adulte avec un bois de couleur blanc-jaunâtre lorsqu'il est jeune et devient rose veiné puis rouge foncé et dur en vieillissant (Ait chitt et *al.*, 2007).



**Figure 04 :** Tronc de l'arbre du caroubier.

### I.3.2.5. Graine

Les graines de caroubier ont une forme ovoïde, petite et aplaties, rigide (Gillet, 2018), d'une couleur qui dépend de la variété, peut être brunes, marron ou rougeâtre. Selon Batlle et Tous (1997), elles ont une longueur et une largeur respectivement de 8 à 10 mm et 7 à 8 mm

Les graines de carouge sont constituées de 3 éléments d'après Gillet (2018), Les téguments, sont lisse et dur (Albanell, 1990), avec une enveloppe résistante de couleur brune

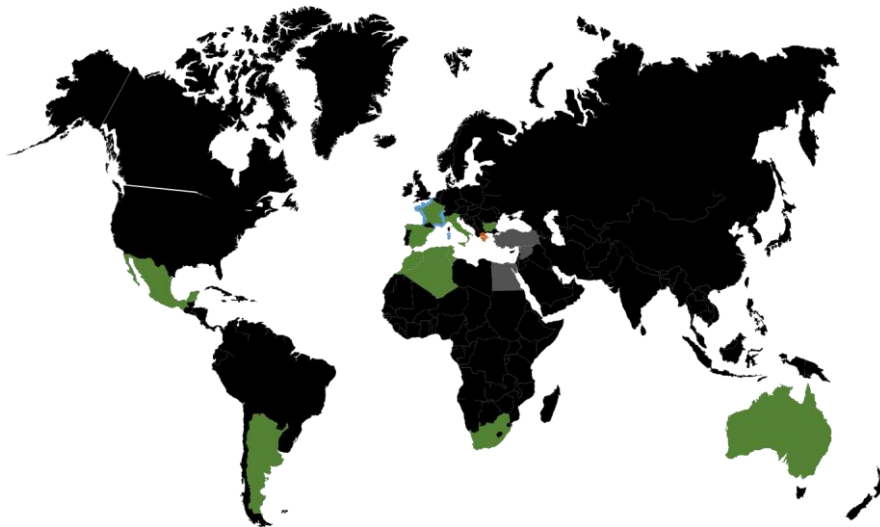
(Dakia et *al.*, 2007), la radicelle, l'endosperme et les graines (Figure 06) qui constituent environ 10% de la masse totale de la gousse de caroube (Petit et *al.*, 1995).



**Figure 05 :** Graines du caroubier.

#### **I.4. Distribution géographique du caroubier**

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



**Figure 06 :** Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Batlle et Tous, 1997).

Le caroubier a été également, introduit avec succès dans plusieurs autres pays ayant un climat méditerranéen. C'est le cas en Australie, en Afrique du Sud, aux Etats Unis (Arizona, Californie du Sud), aux Philippines et en Iran (Evreinoff, 1947 ; Batlle et Tous, 1997). Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *Ceratonia siliqua* est limitée

par des stress liés aux froids (Mitrakos, 1981). En effet, l'espèce *C. oreothauma* qui semble être plus sensible au froid a une répartition restreinte et limitée seulement à Oman et au Somalie (Hillcoat et *al.*, 1980).

### **I.5. Production mondiale**

Le caroubier présente une irrégularité de production très marquée dont on attribue Généralement la cause à une mauvaise pollinisation, à des déficiences en soins culturaux et aux conditions climatiques (FAO, 2003).

La production mondiale annuelle de caroube essentiellement méditerranéenne, est estimée à 310 000 tonnes dont les principaux producteurs sont l'Espagne (42%), l'Italie (16%), le Portugal (10%), le Maroc (8%), la Grèce (6,5%), la Chypre (5,5%) et la Turquie (4,8%) (Tableau I) (FAOSTAT, 2010). Ainsi, L'Espagne étant le plus grand pays producteur et exportateur des gousses de caroube avec une production d'environ 150.000 t/an, couvre 57,5% de la superficie cultivée, et 47,6% de la production mondiale (Petit and Pinilla, 1995 ; Matthausa et Ozcan, 2011). La différence en rendement dépend de la récolte, de la région et des pratiques de culture (Makris et Kefalas, 2004). Ainsi, La grande variabilité phénotypique au sein et entre les cultivars a d'importantes implications pour la sélection, la création de nouvelles plantations et l'optimisation de la productivité de cette culture (Batlle et Tous, 1997).

Dans de nombreux pays arabes, le fruit est utilisé pour préparer des boissons populaires et des confiseries. Dans les pays occidentaux, la poudre de caroube est produite par égrenage des gousses et la caroube concassés ainsi obtenu est enfin grillée et broyée (Yousif et Alghazawi, 2000).

**Tableau I :** Production de caroubier dans le monde et dans le bassin méditerranéen de 2000 à 2008 (FAOSTAT, 2011).

Pays	Production (tonnes)								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Espagne	93863	73211	74736	67403	79200	64100	70000	72000	72000
Italie	38079	16282	24015	18637	19060	31665	26110	32784	31224
Grèce	20192	16464	15015	14789	14594	14815	14506	15000	15000
Maroc	23000	24000	24000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
Portugal	20000	20000	20000	20000	20000	20000	22000	23000	23000
Turquie	14000	13500	13500	14000	14000	12000	12388	12161	12100
Chypre	7300	2850	7200	6550	6250	6942	5650	3839	3915
Monde	226829	177787	188070	174365	186595	181830	184115	193250	191167

#### **I.6. Aire de production en Algérie**

La superficie cultivée totale du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAOSTAT). En 2009, cette superficie était de 927 ha (Tableau II) dont 645 ha, soit 69,58 % de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaia. La production nationale de la caroube est estimée à 33841 QX et se concentre principalement dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18.417 QX, ce qui représente 54,42 % de la production nationale, suivie par la wilaya de Blida (23,79%) et Tipaza (16,55%). Alors que dans le Nord-ouest d'Algérie (Tlemcen et Mascara) ne représente que 6 ha, soit 0,65 % de la superficie nationale.

**Tableau II** : Estimation de la surface cultivée, la production et le rendement de la caroube en Algérie année 2009 (DSA, 2009)

<b>Wilaya</b>	<b>surface cultivée (ha)</b>	<b>production (Qx)</b>
Bejaia	645	18417
Tipaza	105	5600
Blida	100	8050
Boumerdes	32	1080
Bouira	22	144
Mila	10	80
Tlemcen	5	100
Mascara	1	30
Tizi-Ouzou	1	20
Totale	927	33841

---

### I.7. Composition chimique

Chaque gousse de caroube pèse 15 à 30 grammes, contient la pulpe charnue et la graine se sont les composants essentiels du fruit (Figure 07).

La composition chimique du caroubier selon Biner et *al.* (2007) est comme suit :

- **La pulpe** représente 90% de la composition du fruit : glucides 48 à 72 % ; polyphénols 16 à 20% ; cellulose et hémicellulose 18 % ; pectines et fibres 4.2 à 9.6 % ; cendres 1.5 à 2.4 % ; protéines et matières grasses : 0.5 à 2 % et les minéraux (Mg, Ca, K, P).
- **La graine** représente 10% du fruit : l'embryon 23-25 % ; l'endosperme 42-46 % et l'enveloppe tégumentaire 30-33 %.

L'analyse phytochimique préliminaire de l'extrait éthanoliques des feuilles de *Ceratonia siliqua* a montré la présence de tanins, d'alcaloïdes, de flavonoïdes et de terpénoïdes (Abdelrahim, 2022).



**Figure 07 :** Gousse de caroubier

Les gousses de caroube contiennent divers composés phytochimiques notamment des polyphénols, des protéines, des acides aminés, des acides gras, des fibres et des glucides (Andreas et Pinakoulami, 2017).

La gousse de caroube est riche en fibres et aussi en hydrates de carbone, mais une faible quantité de protéines, teneurs négligeables en lipides et teneur en minéraux appréciable (Tableau III) (Avallone et *al.*, 1997 ; Bengoechea et *al.*, 2008).

**Tableau III** : Valeurs moyennes de la teneur en minéraux de la poudre de caroube (mg/kg)  
(Youssef et *al.*, 2013)

<b>Minéral</b>	<b>Mg/Kg</b>
Mn	10,24
Zn	24,71
Fe	381,80
Cu	4,84
Se	9,79
Ca	2123
Na	505,97
K	8637,64
P	2255,21
S	17577,80

Les quantités de sucre varient beaucoup selon le pays de culture et la variété. Les analyses américaines ont constaté jusqu'à 72.6 % de sucre (saccharose et glucose) et 15.2 % de protéines.

### **I.8. Propriétés thérapeutiques et nutritionnelles**

#### **I.8.1. Propriété thérapeutiques**

Le caroubier est un fruit qui contient des composants bénéfiques pour notre organisme : des Antioxydants (polyphénols), sels minéraux et oligoéléments, des glucides (saccharose et glucose).

Les activités biologiques du caroubier sont résumées comme suit :

Les travaux d'Abdelrahim et *al.* (2022) ont démontrés que l'extrait éthanolique des feuilles de *Ceratonia siliqua* pourrait posséder des propriétés anti-inflammatoires et anti-nociception et devrait être pris en compte pour d'autres recherches thérapeutiques.-Grace aux extraits des

fleurs de *Ceratonia siliqua* L. (Leguminosae), cette dernière a des effets neuroprotecteurs, mutagènes, hypotenseurs, antibactériens, hypoglycémiques et anti-inflammatoires.

Les gousses de caroube et leurs propriétés antioxydants exercent des effets bénéfiques sur l'élevage et l'état nutritionnel des larves, et elles ont entraîné une diminution des indicateurs apoptotiques et une faible expression des protéines liées au stress. Une teneur en caroube à 100 % puisse avoir un mauvais effet en raison de quantités élevées en tanins (Efthimia, 2022).

### **1.8.2. Propriétés nutritionnelles**

Le caroubier est considéré comme un excellent aliment énergétique pour le bétail, sa farine est utilisée dans le lait en poudre pour bébés comme épaississant en remplaçant la farine de blé, elle est ainsi utilisée comme additif pour les glaces et les aliments diététiques comme le cacao (Sallouh et Nouioui, 2019).

Les composés phytochimiques de la gousse de caroube représentent une source importante de nutriments et de composés bénéfiques pour la santé humaine.

Le cacao est le principal ingrédient dans la fabrication du chocolat, la demande croissante de cacao et son prix croissant poussent à la recherche de substituts de cacao qui est la caroube. Les composés bioactifs présents dans la caroube, associés aux saveurs de cacao et aux propriétés sensorielles uniques qui sont renforcées par la torréfaction de la poudre de caroube, soulignent le potentiel de la caroube à remplacer le cacao dans divers produits alimentaires (Tableau IV) (Andreas et Eftychia, 2017).

La farine de caroubier (*Ceratonia siliqua*) peut être utilisée en tant qu'ingrédient fonctionnel en raison de son abondance en fibres alimentaires, glucides et en composés bioactifs (Maja et al., 2017).

**Tableau IV :** Valeurs nutritionnelles pour 100g de farine de caroube.

Valeur énergétique	459,45 Cal
Eau	3,58
Protéines	4,62
Lipides dont	0,65
Acides gras saturés	0,09
Glucides dont	49,08
Sucres totaux	49,08
Fibres alimentaires	39,8
Sels	0,09

### **II.9. Utilisation**

Le caroubier est riche en plusieurs composants essentiels qui peuvent être bénéfiques dont des fibres, sucres, polyphénols...etc., la farine, la gomme et le bois jouent un rôle important dans plusieurs domaines (Cosmétique, Médicale, chimique, etc.).

- Les différents domaines dans lesquels la caroube est utilisée sont :
  - **Le domaine industriel** : grâce à la teneur en tanins de l'écorce et les racines, ces dernières sont utilisées en tannerie, le bois de la caroube est estimé dans la menuiserie et la charbonnerie (Gaouar, 2011).
  - **Le domaine écologique** : Il est utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (Maameri et Said, 2018).

- **Le domaine chimique** : La farine de la caroube est utilisée pour l'extraction de sucre, la production de l'acide citrique et la fermentation de l'éthanol.

Les racines et l'écorce sont employées dans le tannage (Haddarah, 2013).

- **Le domaine Médicale** : Traitement de la diarrhée, les fibres contenues dans la poudre de caroube agissent comme un laxatif naturel.

-Traitement de l'hypercholestérolémie (l'augmentation du cholestérol dans le sang).

-Traitement de reflux gastro- œsophagien (Tabet, 2017).

-La gomme est utilisée comme agent stabilisateur, épaississant, agglomérant et gélifiant (Sallouh et Nouioui, 2019).

- **Le domaine cosmétique** : La gomme de la caroube est utilisée dans le domaine cosmétique grâce à sa capacité de former une solution visqueuse (Khouas et Hmamou, 2020).

# II. Généralité sur le Yaourt

### II.1. Définition du Yaourt

Le nom « **yaourt** » est réservé au lait fermenté obtenu par le développement des deux bactéries lactiques suivantes : *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (agent d'acidification) et *Streptococcus thermophilus* (agent d'aromatisation).

Le yaourt est un lait coagulé obtenu par la fermentation lactique acide due aux deux bactéries essentielles '*Lactobacillus bulgaricus*' et '*Streptococcus thermophilus*' du lait pasteurisé ou concentré avec ou sans addition (de lait en poudre et d'autres fruits ou sucres), dans le but d'éliminer la plus grande partie ou la totalité de la flore microbienne préexistante, les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants (Luquet, 1990). Cette action (fermentation) entraînant une diminution de pH et une acidité titrable doit être de 0.7% (Van Asseche, 1994).

Donc le yaourt provient de la transformation du lait par les bactéries lactiques. Cette transformation biologique, appelée fermentation lactique, donne une saveur acide, une couleur crémeuse et une consistance solide au lait.

Le Lait fermenté ou yaourt est un produit laitier dont la coagulation est obtenue par des microorganismes spécifiques "probiotiques", qui sont bénéfiques à l'organisme (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*).

Ces bactéries doivent toujours être vivantes à des concentrations minimales de  $10^7$  germes/g de yaourt (produit vivant).

Il existe des yaourts congelés où les germes utilisés peuvent résister à la congélation (donc toujours vivant après la décongélation) (B.T.S/Bioanalyses et contrôles).

### II.2. Historique

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de mot yoghurmark mot turc signifiant épaissir (Tamime et Deeth, 1980). De nombreux autres produits sont arrivés par la suite sur le marché : laits fermentés probiotiques, laits fermentés de longue conservation (pasteurisés ; UHT ; lyophilisés ou séchés). Traditionnellement, c'est le yaourt dit -nature- et ferme qui consistait l'essentiel des productions de laits fermentés.

Après les découvertes de Luis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs se sont intéressés aux micro-organismes présents dans le lait. En (1902) Ris et Khoury, deux médecins, isolent la bactérie spécifique du yaourt « *Bacillus bulgari* », analysent l'activité acidifiante du caillé et proposent une méthode de production sûre et souvent efficace (Rousseau, 2005).

Dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits qui dominant désormais le marché (Tamime et Deeth, 1980).

### II.3. les Différents types de yaourt

Le yaourt se défait selon plusieurs critères : Selon La technologie de fabrication, selon la teneur en matières grasses et selon le goût.

#### 1. Selon la technologie de fabrication Vignola (2000).

- **Le yaourt ferme** (étuvé ou traditionnel) dont le laitensemencé est directement mis dans des pots ou la fermentation aura lieu, le mélange ne doit plus être bougé afin d'obtenir une texture solide, après sa formation un refroidissement sur place sera effectué à une température de 2°C. Tel que le yaourt aromatisé et nature.
- **Le yaourt brassé** dont la fermentation du laitensemencé aura lieu dans des cuves en acier inoxydable avant brassage et conditionnement. Ce sont généralement les yaourts veloutés nature ou aux fruits.
- **Le yaourt à boire (boisson)** a une texture liquide pour être consommé sans cuillère dont le processus de fabrication est le même que celui du yaourt brassé mais le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement.

#### 2. Selon la teneur en matière grasse

- Yaourt entier : au minimum 3% de matière grasse en poids.
- Yaourt partiellement écrémé : moins de 3% en matière grasse.
- Yaourt écrémé : au maximum 0,5% de matière grasse.

#### 3. Selon les ingrédients additionnés

- Yaourt aromatisé : addition d'arôme.
- Yaourt fruité : addition de fruit.
- Yaourt light: addition d'édulcorant (aspartame).

### II.4. Caractéristique générale des bactéries du yaourt

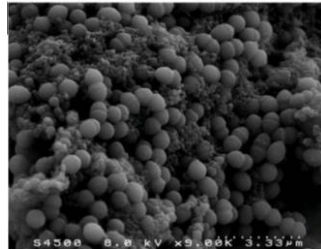
#### II.4.1. *Streptococcus thermophilus*

*Streptococcus thermophilus* est une bactérie lactique économiquement importante utilisé dans la fabrication de yaourt et de fromage (Roussel et al., 1994). Est l'unique espèce à intérêts industriels et nutritionnels du genre *Streptococcus*.

C'est une bactérie Gram+ d'une taille comprise entre (0,7 et 0,9  $\mu\text{m}$ ) et d'une forme sphérique ou ovoïde qui se regroupe en paires ou en longues chaînes de différentes longueurs pendant sa croissance, Appartient au phylum des Firmicutes et à l'ordre des lactobacillales, non mobile catalase et oxydase(-), du point de vue métabolique elle est anaérobie facultatif et chimioorganotrophe fermentaire. Elle fait partie du microbiote intestinal.

D'après Bergey et al., (1984) ; Chandan (2006), cette bactérie à une température optimale de croissance comprise entre (42°C et 45°C) mais elle est également résistante à des températures allant de (22°C à 52°C) (Figure 08).

*S. thermophilus* produit de l'acide lactique à partir du lactose, du glucose et du sucrose, mais elle est incapable de métaboliser le galactose (Vaillancourt et al., 2008) et certaines souches peuvent aussi fermenter le fructose et plus rarement, le galactose (Hols et al., 2005)

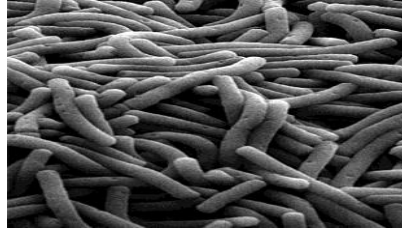


**Figure 08 :** Aspect des cellules de *Streptococcus thermophilus* sous microscope électronique à balayage avec une résolution X9000. Source T.Meylheuc. MIMA2.

#### II.4.2. *Lactobacillus bulgaricus*

Son nom complet est *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* est un bacille Gram +, de 1 à 3  $\mu\text{m}$  de diamètre et de 1,5-6  $\mu\text{m}$  de long sous forme de bâtonnets regroupée en diplobacilles ou en longues chaînes, asporulé, immobile. Appartient à la famille des Lactobacillaceae de l'ordre Lactobacillales ; Catalase et oxydase(-), anaérobie. Son métabolisme est homofermentaire dont le produit final est uniquement le lactate (acide lactique).

*L. bulgaricus* est une bactérie thermophile, Elle se développe à des températures comprises entre (45°C -50°C), avec une température optimale de croissance d'environ 42°C, c'est principalement cette bactérie qui est responsable de la synthèse de l'acétaldéhyde (Marty-Teyesset et *al.*, 2000). Elle est une bactérie lactique nécessaire pour les productions de produit laitiers fermentés tel que le fromage, le yaourt, laits fermentés, etc.



**Figure 09 :** Aspect des cellules de *Lactobacillus bulgaricus* sous microscope électronique avec une résolution X20000.

### II.5. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt

#### II.5.1. Activité protéolytique

Les bactéries lactiques sont dotées de systèmes protéolytiques complexes (par leur nature et leur localisation). Elles possèdent des exopeptidases également associées aux enveloppes cellulaires (Schmidt et *al.*, In Sahali et Kournane, 1997). En effet, certaines espèces ont une bonne activité protéolytique, comme c'est le cas de *L. bulgaricus* qui dégrade la caséine du lait et libère des peptides de plus faible poids moléculaire, qui sont dégradés en tri et dipeptides ou acides aminés par *S. thermophilus*, ceci explique la symbiose qui existe entre ces deux espèces lors de la fabrication du yaourt (Chandan 1982 ; Alam, 1983) ; Marteau in Loones, 1989 ; Groseva et *al.*, 1994).

#### II.5.2. Activité aromatique

La fermentation lactique de *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* libère non seulement de l'acide lactique, mais également un certain nombre de composés secondaires (aromatiques), principalement : l'acide formique, l'acide acétique, l'éthanol, l'acétone, l'acétoïne, le diacétyl et l'acétaldéhyde (Bottazi et *al.*, Terre ; Georgala et *al.*, In Sahali et Kournane, 1997).

En (1979) Dumont et Adda ont attribué un rôle de premier plan à l'acétaldéhyde dans la formation de l'arôme du yaourt alors que, Dellaglio (1984) considère que le rapport l'acétaldéhyde / l'acétoïne est également essentiel dans l'arôme du yaourt. La production de

l'acétaldéhyde est avant tout, le fait de *L. bulgaricus*. L'acétaldéhyde est formé à partir du pyruvate par décarboxylation. Il est toutefois, vraisemblable que dans le cas des bactéries du yaourt, le pyruvate formé à partir du lactose est affecté en totalité à la production d'acide lactique afin de permettre la glycolyse de se poursuivre (Suzuki et *al.* in Accolas et *al.*, 1980).

### II.5.3. Activité texturant

La texture est élaborée par les bactéries lactiques thermophiles et mésophiles qui synthétisent plusieurs types d'agent texturants. Certains sont les constituants de la paroi, tels que les peptidoglycanes et les acides teichoïques, d'autres sont élaborés et excrétés dans le milieu de culture sous forme de polymères, généralement des polysaccharides exocellulaires (Cerning, 1990). Cette production est souvent estimée indirectement par l'évolution de la viscosité, ou simplement par une estimation sensorielle de la consistance, de la résistance au rendement ou des propriétés de filage du produit. Dellaglio (1984) ; Loones (1989) ; Zourari et *al.* (1991) ; Hassan et *al.* (1996) considèrent que la croissance des polysaccharides dans le yaourt peut augmenter sa viscosité et produire une texture agréable, en augmentant la résistance aux manipulations, en particulier aux traitements mécaniques du yaourt, tout en réduisant la susceptibilité à la fusion. Cela peut être dû à la formation de fibres par les polysaccharides qui vont renforcer la cohésion entre les différents composants du caillé.

### II.6. Etapes de Fabrication de Yaourt

Il existe deux types de yaourts : Yaourt fermes et yaourt brassés. La fabrication peut être réalisée à partir d'un lait entier, demi écrémé ou écrémé (3.5% ; 1.0% ; 0.0% de Mg) (Figure 10).

#### II.6.1. Standardisation

Pour remédier aux variations naturelles de la composition, le lait est standardisé au taux de matière grasse désiré et peut être enrichi en extrait sec laitier par addition de la poudre de lait ou les protéines lactières. On choisira de la poudre de lait écrémé, moins chère et tout aussi efficace que la poudre de lait entier. On veillera à conserver la poudre de lait dans un endroit frais, sec et protégé (Christine, 2010).

#### II.6.2. Homogénéisation

Ce traitement permet pour le lait standardisé en matière grasse destiné à la fabrication du yaourt une stabilisation de l'émulsion et évite ainsi la remontée de crème.

### II.6.3. Traitement thermique

Le lait destiné à la fabrication du yaourt subit une pasteurisation à 90° C (traitement thermique modéré) permettant la destruction des microorganismes pathogènes éventuellement présents et la diminution du nombre de microorganismes totaux. Puis baissé la température à 45° C.

### II.6.4. Ensemencement

C'est l'inoculation de deux germes spécifiques du yaourt : *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* dont le rapport est de 1/2 (pour le yaourt nature), jusqu'à 1/10 (pour le yaourt aux fruits). L'ensemencement du lait doit se faire à un taux suffisamment élevé, pour avoir l'assurance d'une acidification correcte et il doit être homogène, c'est-à-dire que l'on doit avoir une répartition des germes bonne et régulière dans le lait (Luquet, 1985).

Chimiquement l'ajout des ferments lactiques au lait va permettre le développement des bactéries. En début de fermentation, ces deux bactéries vont absorber le lactose et le transformer en acides lactiques, acidifiant ainsi le lait. Dit simplement, plus on met de ferments lactiques, plus le yaourt sera acide (Branger, 2004). Plus précisément, cela varie si les deux bactéries sont présentes ou non et selon la température.

### II.6.5. Fermentation

La température de fermentation du yaourt est comprise entre 42 à 45°C et sa durée de fermentation varie de 2h 30min à 3h 30min, au cours de cette étape le laitensemencé par les ferments lactiques est versé dans des pots de yaourt, et une partie du lactose est fermenté en acide lactique, ce dernier entraîne une diminution de pH du lait conduisant à une déminéralisation de la micelle de caséine. Cette déminéralisation provoque une déstabilisation de la micelle de caséine ce qui aboutit à la coagulation.

#### ➤ Action des ferments lactiques

Les ferments lactiques transforment le lait en yaourt. Il s'agit d'une fermentation lactique, car les bactéries transforment les éléments du lait en substances dont l'une d'elles, l'acide lactique, permet au yaourt d'acquérir son goût acide, sa couleur crémeuse et son aspect solide par coagulation. La vitesse de fermentation dépend de la température. C'est à 40-45 °C que l'activité des bactéries est favorisée.

### **II.6.6. Refroidissement**

Lorsque l'acidité de yaourt atteint une valeur voisine de 80° pour le yaourt ferme et 120° pour le yaourt brassé, il est nécessaire d'arrêter l'acidification en inhibant la multiplication des bactéries lactiques par abaissement considérable de la température (choc thermique).

### **II.6.7. Conditionnement**

C'est la phase ultime de la fabrication. Les yaourts sont généralement conditionnés dans deux types d'emballage : les pots en plastiques (yaourt étuvé ou yaourt brassé) ou des bouteilles en plastiques (yaourt à boire).

Lors du remplissage et du dosage des pots s'effectuent l'ajout d'arôme, de pulpe ou de fruits pour les pots multiples, sous protection bactériologique avec air filtré, et la fermeture des pots sera par thermoscellage avec l'impression et le marquage de la date limite de consommation (Luquet, 1990).

### **II.6.8 Le stockage**

Le yaourt doit être conservé au frais à une température comprise entre 2 et 6° C, sa consommation doit intervenir avant la date limite de consommation (DLC) figurant sur l'emballage (24 jours après la fabrication). Lorsqu'un récipient est ouvert, il convient de consommer son contenu rapidement pour éviter l'installation des moisissures favorisées par l'acidité (Tremolieres et *al.*, 1984).

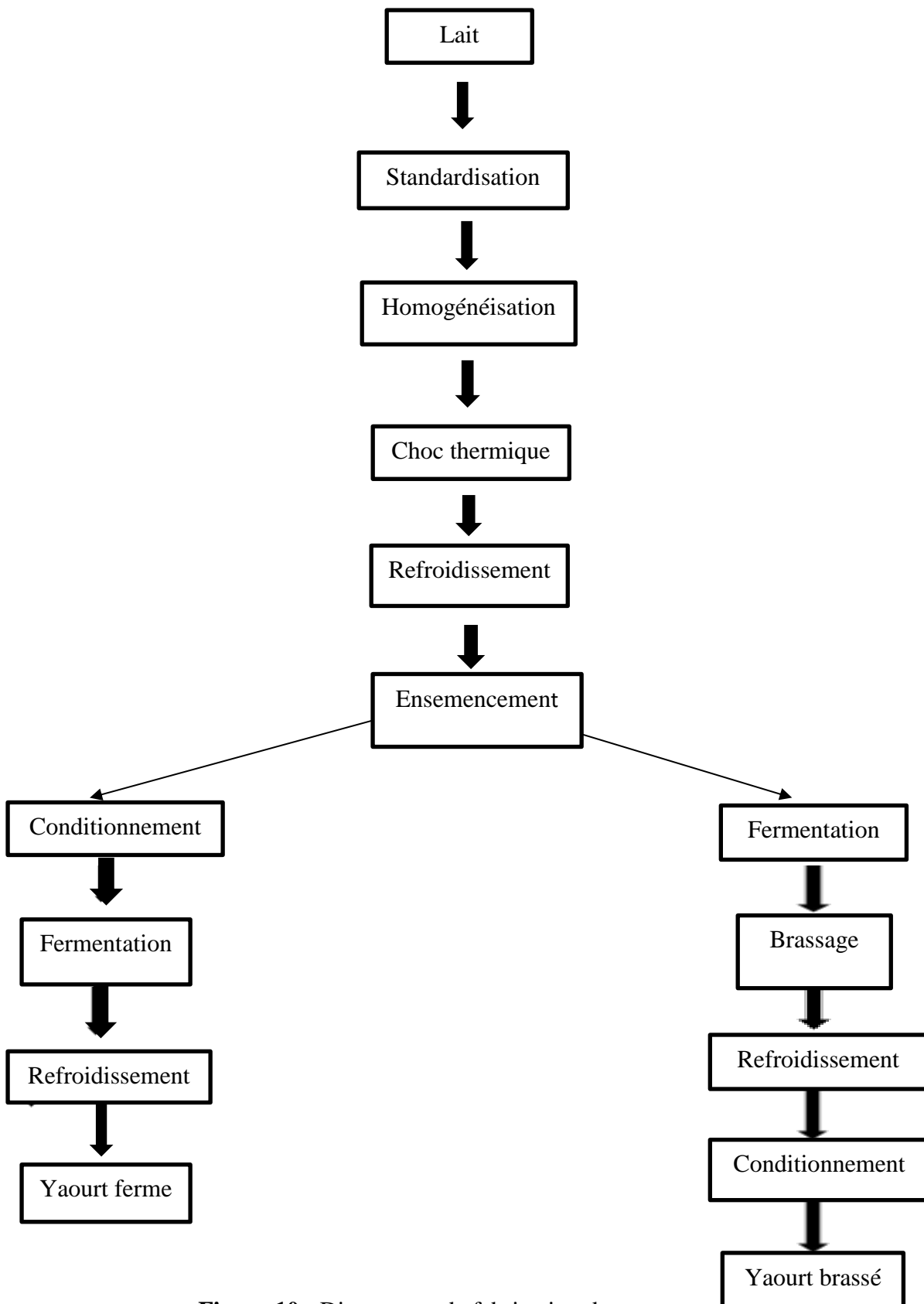


Figure 10 : Diagramme de fabrication de yaourt

- **Les Yaourts fermes** : sont les yaourts coagulés en pots, selon Veisseyre (1997), généralement des yaourts naturels ou aromatisés, dont la fermentation s'opère après la mise en pot à une température comprise entre 42 et 44°C dans le cas des yaourts sucrés, aromatisés, aux fruits, à la confiture, etc., l'apport des additifs se fait avant ou après le remplissage des pots (Keddar et Koubich, 2009).
- **Les Yaourts brassés** : ce sont les yaourts coagulés en cuve et brassés avant la mise en pot.

### II.7. Intérêts nutritionnel et thérapeutique

En plus des avantages technologiques (amélioration du goût, de l'arôme, de la texture et de la stabilité du produit), de nombreux effets bénéfiques sont attribués aux bactéries lactiques notamment des effets nutritionnels et thérapeutiques (Serra et *al.*, 2009 ; Sodini et Beal, 2012).

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle tels que : l'amélioration de l'absorption du lactose et l'amélioration de la digestibilité de la matière grasse et des protéines (Jeantet et *al.*, 2008).

Outre les qualités nutritionnelles et organoleptiques, les yaourts peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine (Xanthopoulos et *al.*, 2001). Ces effets dépendent à la fois des souches utilisées et des métabolites produits. Les bienfaits des yaourts sont : une activité antimicrobienne (Schmidt et *al.*, 1994), stimule le système immunitaire, une action anticholestérolémiante, une activité anti-carcinogène (Mahhaut et *al.*, 2000).

Parmi ses intérêts on peut citer

- ✓ **Amélioration de l'absorption du lactose** : La consommation du yaourt peut atténuer les symptômes liés à la mauvaise digestion du lactose, ceci est dû aux ferments lactiques qui synthétisent la  $\beta$ -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose (Saloff-Coste, 1995).
- ✓ **Amélioration de la digestibilité des protéines** : Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait, il renferme des acides aminés libres indispensables à l'organisme. Ceci résulte de l'activité protéolytique des bactéries lactiques au cours de la fermentation du lait (Mahhaut et *al.*, 2000).

- ✓ **Stimulation du système immunitaire :** Les bactéries lactiques présentent une action stimulante sur le système immunitaire de l'hôte, en agissant sur les cellules impliquées dans l'immunité spécifique ou non spécifique (Marteau et *al.*, 1994).
- ✓ **Activité antimicrobienne :** Les bactéries lactiques produisent des substances antimicrobiennes ; l'effet antimicrobien principal exercé par ces bactéries résulte de la production d'acides organiques principalement l'acide lactique, qui conduit à la diminution du pH. Cette baisse de pH inhibe le développement de microorganismes pathogènes et contribue à la conservation des produits laitiers fermentés (Herrerros et *al.*, 2005).
- ✓ **Action hypocholestérolémiante :** L'effet des bactéries lactiques sur le métabolisme du cholestérol est controversé. Plusieurs études rapportent que le taux de cholestérol sérique diminue suite à la consommation de produits laitiers fermentés, malgré un apport alimentaire important en cholestérol. L'une des hypothèses proposées, pour expliquer cette diminution est l'absorption du cholestérol par les bactéries lactiques (Drouault et Corthie, 2001).
- ✓ **Action préventive contre les cancers :** De nombreuses études ont mis en évidence l'existence d'une relation entre la consommation de laits fermentés et le risque réduit du cancer. Les bactéries lactiques ont un effet inhibiteur sur la prolifération des cellules tumorales Shahani et Chandan (1979). Les nitrites utilisés en technologie alimentaire peuvent être convertis en nitrosamines qui seraient impliquées par conséquent dans la cancérogenèse colique Fernandes et Shahani (1990). Une diminution du taux de nitrites et de leur conversion en nitrosamines a été démontrée chez *Lactobacillus delbrueckii\_ssp. bulgaricus* par l'action du nitrate réductase Absolonne (1989).
- ✓ **effets probiotiques :** Les ferments lactiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* sont des probiotiques. De nombreuses études ont montré qu'ils possédaient des propriétés propres aux probiotiques : ils améliorent les troubles fonctionnels intestinaux, réduisent la sévérité des diarrhées infectieuses, exercent un effet favorable sur la diarrhée post-antibiothérapie. Ils sont susceptibles également d'améliorer favorablement le microbiote intestinal chez les sujets sains ou chez les enfants sains. On note toutefois que cet effet favorable sur le microbiote intestinal est observé également avec des laits fermentésensemencés avec d'autres souches, telles que *Lactobacillus casei* ou *Bifidobacterium longum* (cf. infra) (Bartram et *al.*, 1994).

Patrie  
expérimentale  
I. Matériel et  
méthodes

### III.1. Cadre de l'étude

Notre travail expérimental s'est déroulé au niveau des laboratoires pédagogiques des analyses physico-chimiques (I et II) et microbiologiques de département Biochimie -Microbiologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

#### ✓ Objectif de l'étude

Cette étude a pour objectif la détermination des propriétés physico-chimiques, phytochimiques de la plante *Ceratonia siliqua*, évaluation de l'activité antibactérienne de ses extraits phénoliques, ainsi qu'un essai d'élaboration d'un yaourt à base de fruits de cette espèce.

### III.2. Matériel utilisé

#### III .2.1. Matériel végétal

Les fruits de *Ceratonia siliqua* ont été achetés auprès d'un herboriste situé au centre commercial Amyoude de la wilaya de Tizi-Ouzou.

#### III.2.2. Matériel Biologique

✓ Souches bactériennes testées

L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de la plante étudiée a été réalisée sur deux souches bactériennes (Tableau V). La sélection de ces souches a été faite en fonction de leur pathogénicité et de leur résistance naturelle aux antibiotiques. Ces souches nous ont été fournies par le laboratoire de microbiologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

**Tableau V** : Souches bactériennes testées.

Souches	N° ATCC	Genre	Famille
<i>Staphylococcus aureus</i>	25923	Gram positif	Micrococcaceae
<i>Escherichia coli</i>	25922	Gram négatif	Enterobacteriaceae

### III.3. Méthodes d'analyse

#### III.3.1. Préparation de l'échantillon

Les fruits de *Ceratonia siliqua* ont été préalablement séchés, puis broyés à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre est conservée dans un flacon stérile et stockée à l'abri de la lumière et d'humidité jusqu'à son utilisation.

#### III.3.2. Détermination des propriétés physico-chimiques de la poudre des fruits du caroubier

##### III.3.2.1. Détermination de l'humidité (teneur en eau)

Le taux d'humidité est la quantité d'eau présentée à la fois sous forme libre et sous forme liée à des composés chimiques dans les cellules, tel que les hydrates de carbone et les protéines.

- **Mode opératoire**

- Peser le creuset en porcelaine à l'aide d'une balance de précision.
- Tarer le creuset.
- 4 grammes de poudre broyé mises dans le creuset.
- Placée dans l'étuve pendant 1 heure à  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Retirer le creuset de l'étuve et le placé directement dans un dessiccateur pour ne pas se réhydrater, après refroidissement, l'échantillon est pesé.
- L'opération est refaite chaque 15 minutes jusqu'à obtention d'un poids constant.

La détermination de la teneur en eau (%) de la poudre du caroubier est donnée par la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{M1 - M2}{M} \times 100$$

Soit :

H : Humidité

M1 : Masse de la capsule + la matière fraîche avant séchage en (g).

M2 : Masse de l'ensemble après séchage en (g).

M : Masse de la prise d'essai.

$$\text{Matière sèche}(\%) = 100 - H(\%)$$

### III.3.2.2 Teneur en cendre (matière minérale)

La teneur en cendre est une mesure de la teneur en oxyde minéral sur une base de poids.

#### ➤ Principe

Le principe consiste à mettre l'échantillon dans un creuset en porcelaine et le calciné à 550°C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention de cendres blanchâtres.

#### ➤ Mode opératoire

- Peser 5g de l'échantillon (la poudre) dans un creuset en porcelaine.
- Placer dans un four a moufle réglé à 550°C pendant 6 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre.
- Retirer l'échantillon du four, puis refroidir dans un dessiccateur.
- Peser à l'aide d'une balance de précision.

La matière organique est calculée selon la formule suivante :

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

Soit :

MO : Matière organique (g)

M1 : Masse de la capsule + prise d'essai (g)

M2 : Masse de la capsule + cendres (g)

P : Masse de la prise d'essai (g).

La teneur en cendres (Cd) est déterminée comme suit :

$$Cd = 100 - MO(\%)$$

### III.3.2.3. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'activité chimique des protons ou ions hydrogène en solution, il sert à mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution à une température donnée.

### ➤ Principe

Définir l'acidité du fruit étudié, mesuré à l'aide d'un pH-Mètre.

### ➤ Mode opératoire

- Un volume de 10 ml d'eau distillée chaude est ajouté à 2g de poudre du caroubier.
- mélanger puis filtré et laisser refroidir.
- En utilisant des solutions tampons (pH=4 ; pH=7 ; pH=10), étalonner le pH-mètre

Prélever comme prise d'essai un volume V de l'échantillon suffisamment important pour

Permettre l'immersion de l'électrode (ce dernier doit être rincé avec l'eau distillée avant et après chaque mesure).

La valeur du pH est lue directement sur le pH-mètre.

### III .3.2.4. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est la somme des acides minéraux et organiques libres dans le jus de fruit.

### ➤ Principe

Le principe de cette méthode consiste en un titrage acide/base à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) en présence de quelques gouttes de phénophtaléine comme indicateur coloré.

### ➤ Mode opératoire

- Peser 5g de l'échantillon.
- Dans une fiole conique verser l'échantillon, puis ajouter 50ml d'eau distillée récemment bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.
- Chauffer au bain marie le contenu pendant 30 min.
- Laisser refroidir, transvaser le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée, puis bien mélanger.
- Filtrer à l'aide d'un papier filtre.
- Prélever 10ml du filtrat dans 10ml d'eau distillée.

- Tout en agitant ajouter trois gouttes de phénolphaléine, titrer à l'aide d'une burette la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 30 secondes.

Faire la lecture sur la burette graduée pour noter le volume de NaOH ayant décoloré la solution.

L'acidité titrable est calculée par la formule suivante :

$$A(\%) = \frac{250 \times V_1 \times 100}{M \times V_0 \times 10} \times 0,07$$

Soit :

A : Acidité titrable en pourcentage (%).

V 1 : volume en ml de la solution NaOH à 0,1N.

V 0 : volume en ml de la prise d'essai.

M : masse prélevée en gramme.

### III .3.2.5. Détermination de la teneur en sucre

Cette méthode repose sur la réduction de la liqueur de Fehling.

#### III .3.3.2.5.1. Les sucres

Trois classes de sucres ont été déterminées, à savoir : les sucres totaux, les sucres réducteurs et le saccharose. Avant de commencer, préparer les solutions de Fehling A et B et deux filtrats (1) et (2) de composition suivante :

##### ➤ Filtrat (1)

- Peser 5g de l'échantillon dans un bécher de 100ml.
- Ajouter 1,5ml d'acétate de plomb.
- Remplir jusqu'au 2/3 du volume de bécher avec l'eau distillée.
- Agiter et laisser reposer pendant 15min.
- Ajuster avec d'eau distillée à 100ml.
- Homogénéiser et filtrer avec un papier filtre et récupérer le filtrat.

### ➤ Filtrat (2)

- Chauffer Prélever 50ml du filtrat (1) et ajouter 5ml d'HCl concentré.
- le mélange à 70°C pendant 5 min au bain marie.
- Neutraliser avec NaOH (10N) en présence de phénolphtaléine à 1%.

### III .3.2.5.2. Les sucres totaux

#### ➤ Mode opératoire

- Prélever 5ml de la solution Fehling A et 5ml de la solution Fehling B.
- Avec l'eau de robinet ajuster jusqu'à 100 ml.
- Chauffer le contenu durant 2 min jusqu'à ébullition.
- Titrer par le filtrat(2) préparé au préalable jusqu'à la disparition de la couleur bleue.
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène jusqu'à ce que la coloration bleue soit remplacée par une coloration marron cuivrée.
- Noter le volume de filtrat (2) dépensé V2.

La quantité des sucres totaux dans la prise d'essai est donnée par la formule suivante :

$$S_T = \frac{500}{V \times (V_2 - 0,05)} \times 10$$

Soit :

$S_T$  : quantité des sucres totaux (g/100ml).

V : volume de la prise d'essai.

V 2 : volume du filtrat (2) dépensé pour le titrage.

### III.3.2.5.3. Les sucres réducteurs

#### ➤ Mode opératoire

- Dans un bécher de 500ml introduire 5ml de la solution Fehling A et 5ml de la solution Fehling B.
- Avec l'eau de robinet ajuster jusqu'à 100 ml.

- Chauffer le contenu jusqu'à l'ébullition pendant 2 minutes.
- Titrer par le filtrat (1) jusqu'à la disparition de la couleur bleue.
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène et continuer le titrage jusqu'à ce que la coloration bleue devienne rouge brique.
- Noter le volume du filtrat (1) dépensé V1.

La quantité de sucres réducteurs dans la prise d'essai est donnée par la formule suivante :

$$S_R = \frac{240}{V \times (V_1 - 0,05)} \times 10$$

Soit :

$S_R$  : quantité des sucres réducteurs (g/100ml) ;

V : volume de la prise d'essai (ml) ;

V 1 : volume du filtrat (1) utilisé au titrage.

#### III.3.2.5.4. Taux de saccharose

La quantité de saccharose est calculée selon la formule suivante :

$$S = (S_T - S_R) \times 0,95$$

Soit :

S : quantité de saccharose en g/l ;

$S_T$  : quantité des sucres totaux en g/l ;

$S_R$  : quantité des sucres réducteurs en g/l

#### III.3.3. Analyse phytochimique de la poudre du caroubier

Les différentes classes de métabolites secondaires issues de la poudre sont mises en évidence grâce aux méthodes standards du screening phytochimique (Dohou et *al.*, 2003).

##### III.3.3.1. Préparation de l'infusé

Une quantité de 20g de matière végétale est macéré dans 100ml d'eau distillée, le mélange est Porter à l'ébullition pendant 15min ; après refroidissement et filtration, le filtrat

est ajusté à 100ml d'eau distillée. L'infusé obtenu est récupéré et conservé pour d'autres recherches.

### ❖ Anthocyanes

5 ml de l'infusé sont introduits dans un Erlenmeyer puis ajouter quelques gouttes d'HCL.

- Une coloration rouge indique la présence des anthocyanes.

### ❖ tanins

0.5 g de la poudre d'FeCl dans 50ml d'eau distillé sont mélangés pour avoir la solution d'FeCl. Ajouter quelques gouttes d'FeCl (5%) à 5 ml de l'infusé.

- une coloration bleu noire de la solution indique la présence des tanins.

### ❖ tanins galliques

Le filtrat est saturé par l'acétate de sodium ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ). Puis ajouter quelques gouttes de  $\text{FeCl}_3$ .

- La réaction est positive lors de l'apparition d'une coloration bleue foncée.

### ❖ flavonoïdes

Préparer dans un bicher 5ml de l'infusé. Ajouter 5 ml d'HCl, un coupeau de magnésium(Mg) et 1ml d'alcool iso-butanol.

- La réaction est considérée comme positif lors de l'apparition d'une coloration rouge orangé.

### ❖ glucosides

Ajouter quelques gouttes  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 2g de poudre du caroubier.

- Une coloration rouge brique puis violette indique la présence des glucosides.

### ❖ coumarines

Préparation dans un bicher 3 à 5ml de filtrat. Ajouter 10 gouttes de la solution alcoolique de KOH (10%), rajouter quelques gouttes d'HCL (10%) jusqu'à l'obtention d'un milieu faiblement acide.

- L'apparition d'un trouble indique la présence des coumarines.

### ❖ quinones libres

Ajouter 2 ml d'HCl (1N) à 2 g de la poudre végétale. Ensuite ajouter 20ml de chloroforme, laisser le mélange pendant 3 heures. Après filtration, rajouter 5 ml d'ammoniaque (1/2).

- La réaction est positive lorsque la coloration rouge violette apparait.

### ❖ Saponosides

Mettre dans deux tubes à essai fermés l'un 5 ml d'HCl à (0,1 N), l'autre 5 ml NaOH à 0,1 N ; Dans chacun des deux tubes, introduire trois gouttes de l'infusé, puis agiter pendant 30 secondes et laisser reposer pendant 15 min.

➤ Une réaction positive est déterminée par la présence ou non d'une mousse persistante.

- **Deux cas sont possibles**

1<sup>er</sup> cas : en présence des saponines stéroïdiennes, le même volume de la mousse est obtenu dans les deux tubes.

2<sup>ème</sup> cas : formation d'une mousse quelque fois plus grande par stabilité et par volume, en milieu basique si la plante contient des saponines tri terpéniques.

### III.3.4. Détermination de la teneur en polyphénols totaux(PPT)

#### III.3.4.1. Préparation de l'extrait (Extraction des polyphénols)

5g de la poudre de caroubier a été macéré pendant 24 à 48 heures dans une solution de méthanol à 80% (v/v). Ensuite l'extrait a été récupéré après filtration puis évaporation dans un évaporateur rotatif à une température de 45°C. L'extrait brut d'une couleur jaune foncée a été conservé à 4°C jusqu'à utilisation (Figure 11).



**Figure 11** : Extrait méthanolique pendant et après évaporation dans un évaporateur rotatif

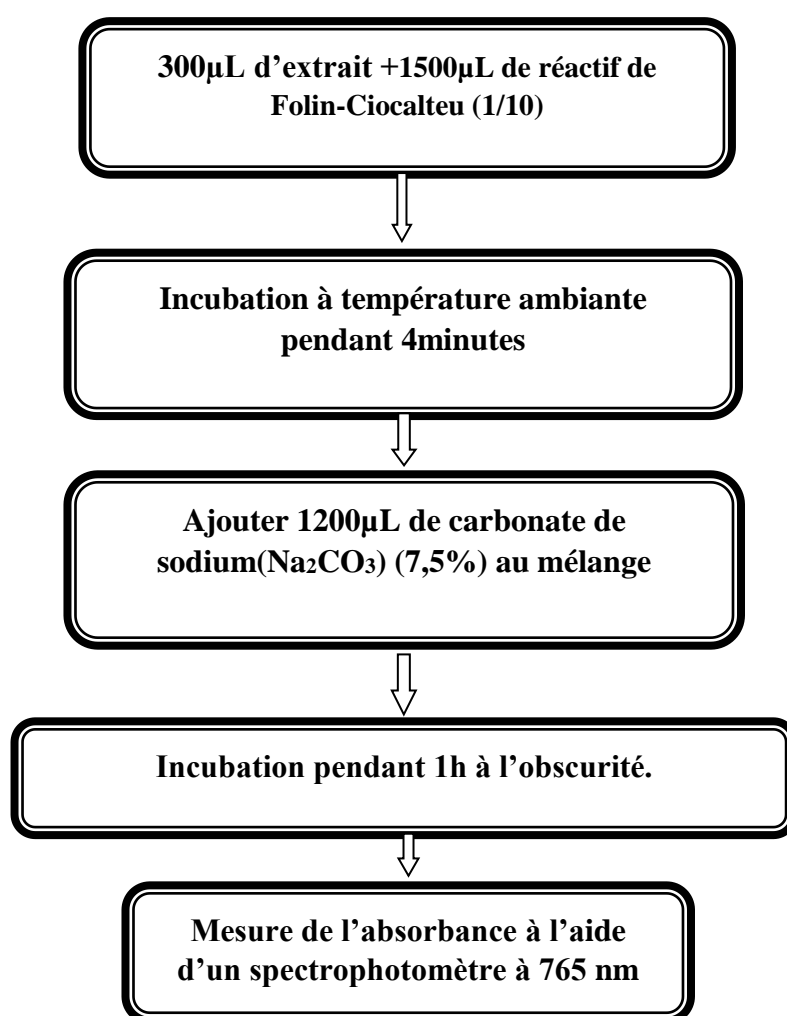
#### III.3.4.2. Dosage des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu

Le dosage des polyphénols a été décrit pour la première fois en 1965 par Singleton et Rossi. Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune fabriqué à partir d'un mélange d'acide Phosphotungstique( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide Phosphomolybdique( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ).

Lorsque les phénols subissent une oxydation, le réactif est réduit en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène.

### ➤ Principe

Le taux des polyphénols totaux contenu dans les extraits est déterminé en se référant à la courbe d'étalonnage, obtenue à différentes concentrations en acide gallique à partir de la solution mère (SM) (100 $\mu$ g/ml). Un blanc est réalisé dans les mêmes conditions décrites dans la (Figure 12), en remplaçant l'échantillon par le méthanol. Pour chaque extrait 3 répétitions sont réalisées. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg EAG/g MS) en appliquant la formule suivante :



**Figure 12 :** Diagramme de dosage des polyphénols totaux (PPT) Selon le protocole légèrement modifié par (Wong *et al.*, 2006)

### III.3.5. Détermination de la teneur en fibres

#### III.3.5.1 Dosage de fibres totaux

##### ➤ Principe

La poudre des fruits de caroube à analyser est traitée avec de l'acide sulfurique et de la potasse. Notez que tous les composants cellulaires, à l'exception des fibres et des sels inorganiques, sont dissous à des températures élevées en raison de l'action de l'hydrolyse acido-basique.

##### ➤ Mode opératoire

- Dans des Becher préparer les deux solutions suivantes ; l'une d'acide sulfurique à 1,25 (%) et l'autre de l'hydroxyde de potassium (KOH) à 1,25 (%).
- Mettre une quantité de 1g de l'échantillon séché et broyé dans un creuset, puis ajouter 150ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 1,25%.
- Après le préchauffage, chronométrez avec précision 30 minutes.
- Rincer trois fois avec 30 ml d'eau distillée tiède afin de vidanger l'acide sulfurique, ensuite ajouter 50ml de la solution KOH.
- Préchauffer et compter à nouveau 30 minutes.
- Opter à un deuxième lavage trois fois avec 30ml d'eau distillée chaude, puis un dernier lavage avec l'eau distillée froide.
- L'étape finale consiste à laver trois fois le résidu contenu dans le creuset avec 25 ml d'acétone.
- Placer le creuset dans une étuve à 105 °C pendant une heure jusqu'à ce que le point fixe (M<sub>2</sub>) soit atteint.
- Peser le creuset afin d'obtenir le poids (M<sub>2</sub>).
- Placer le creuset dans un four à moufle à 550°C jusqu'à ce que la couleur du résidu vire au blanc grisâtre.
- Refroidir le creuset dans un dessiccateur et peser (M<sub>3</sub>).

La teneur des fibres totale est calculée par la formule présentée ci-dessous :

$$F(\%) = (M_2 - M_3) \times 100$$

Soit :

F : pourcentage des fibres totales

M<sub>2</sub> : Poids de l'échantillon à la sortie de l'étuve (fibres+ les cendres).

M<sub>3</sub> : poids de l'échantillon à la sortie du four (fibres seulement)

### III.3.5.2. Dosage des fibres brutes

#### ➤ Principe

Consiste à traiter l'échantillon à analyser successivement avec de l'acide sulfurique et de la potasse.

#### ➤ Mode opératoire

- Préparation des deux solutions :

- Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1.25%) : 1.92 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans 150 ml d'eau distillée.
- Hydroxyde de potassium KOH (1.25%) : 1.87 g de KOH dans 150 ml de l'eau distillée.

- 1g de l'échantillon (poudre de la caroube) a été ajouté à 150 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

- Sur une plaque chauffante laisser le mélange chauffer pendant 30 min.

- Vidanger l'acide sulfurique tout en lavant trois fois avec 30 ml d'eau distillée chaude.

- Puis ajouter 150 ml de la solution KOH à l'échantillon

- Le mélange est chauffé pendant 30 minutes.

- Un deuxième lavage trois fois avec 30 ml de l'eau distillée chaude, puis effectuer un dernier lavage avec 30 ml de l'eau distillée froide.

- Mettre l'échantillon dans un creuset et l'introduire dans une étuve réglée à 105°C pendant une heure jusqu'à un point constant (M<sub>2</sub>).

- Peser les creusets à l'aide d'une balance de précision (M<sub>2</sub>).

- Placer le creuset dans un four à moufle à 550°C jusqu'à ce que la couleur des résidus devienne blanc grisâtre.

- Laisser le creuset refroidir dans un dessiccateur puis peser ( $M_3$ ).

La teneur en fibres brutes est calculée par la formule présentée ci-dessous :

$$F(\%) = (M_2 - M_3) \times 100$$

F(%) : pourcentage des fibres brutes.

$M_2$  : Poids d'échantillon à la sortie de l'étuve.

$M_3$  : Poids d'échantillon à la sortie du four.

### **III.3.6. Activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de la poudre de *Ceratonia siliqua*.**

Nous avons utilisé la méthode de diffusion sur un milieu gélosé avec des disques stériles de papier wattman afin d'évaluer l'activité antimicrobienne. Cette méthode consiste à diffuser le produit antimicrobien sur un milieu solide dans des boîtes de Pétri, ce qui permet de créer un gradient de concentration après un certain temps de contact avec le microorganisme cible. L'effet du produit est mesuré en observant la zone d'inhibition, qui permet de classer la souche en fonction de sa sensibilité, allant de sensible à résistante, en passant par très sensible ou extrêmement sensible.

#### **III.3.6.1. Préparation des milieux de culture**

Dans notre étude nous avons utilisé les milieux de culture suivants :

- La gélose nutritive a été utilisée pour obtenir des cultures bactériennes jeunes et des colonies isolées par repiquage des souches bactériennes.
- Le milieu gélosé Muller Hinton(MH), pour tester l'activité biologique des souches bactériennes.

Mettre les deux bouteilles des géloses (GN et MH) dans le bain marie afin de les liquéfier, puis couler dans des boîtes de pétri stériles de 90 mm de diamètre et laisser solidifier sur la paille.

### III.3.6.2. Préparation des disques stériles

- Préparation des disques par papier wattman (de 6 mm) de diamètres à l'aide d'une perforuse.
- Regrouper les disques dans un tube à essai propre.
- Stériliser dans l'autoclave et garder jusqu'à leurs utilisation.

### III.3.6.3. Préparation de la pré-culture

Les tests de l'activité antibactérienne sont réalisés sur des cultures jeunes de 18 à 24h en phase exponentielle de croissance.

Les deux souches à tester (*Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) et *Escherichia coli* (ATCC 25922)), sontensemencées dans des boîtes de Pétri préalablement coulées de la Gélose nutritive, puis incubées à 37°C pendant 24h.

### III.3.6.4. Préparation des suspensions bactériennes

Après incubation à 37°C, la suspension bactérienne a été préparée comme suite :

A l'aide d'une pipette Pasteur, quelques colonies bien isolées, ont été prélevées et mise dans 10 ml d'eau physiologique stérile et bien homogénéiser. La lecture des densités optiques des suspensions bactériennes (entre 0,08 et 0,1) a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 620 nm.

#### III.3.6.4.1. Préparation des extraits à tester

L'extrait saturé a été préparé par dissolution d'une quantité de 1 mg d'extrait sec dans 1 ml d'eau distillée stérile, tandis que l'extrait dilué a été préparé par dissolution de la même quantité d'extrait dans 3 ml d'eau distillée stérile.

#### III.3.6.4.2. Ensemencement et dépôt des disques

L'ensemencement a été réalisé par trempage d'un écouvillon dans la suspension bactérienne (*E. coli* et *S. aureus*). L'excès du liquide est retiré en tournant l'écouvillon sur les parois du tube. La surface de la gélose (MH) a étéensemencée avec des stries bien serrées trois fois, en faisant tourner la boîte d'environ 60°C afin de répartir uniformément la suspension sur la gélose. Par la suite, les disques de papier wattman imbibés de 10 µl de

l'extrait saturé et dilué sont déposés à la surface de la gélose. Un témoin positif (un disque de Gentamicine et Ampicilline) et un témoin négatif (disque imbibé du méthanol) ont été également utilisés. Les boîtes de Pétri sont ensuite incubées à 37°C pendant 24h.

### ✓ Lecture des antibiogrammes

La lecture des résultats a été effectuée en mesurant les diamètres de zones d'inhibition autour des disques.

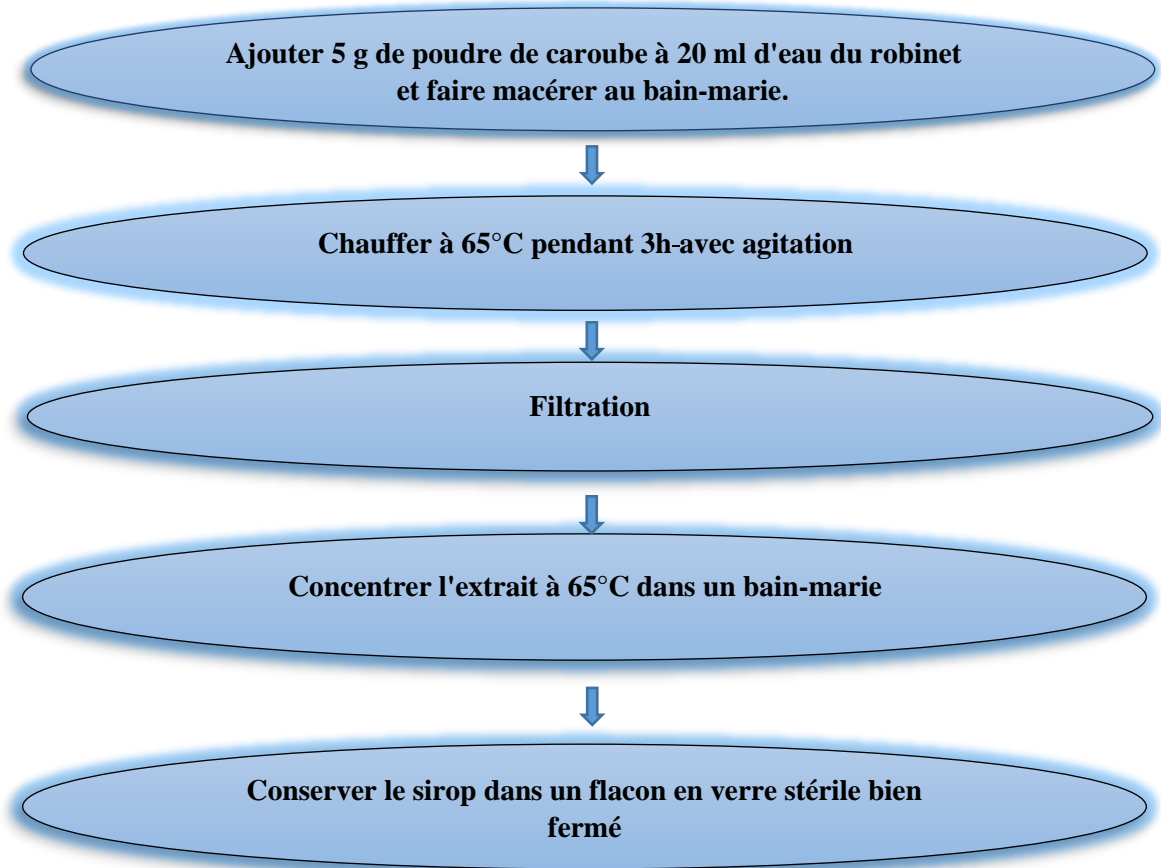
Selon leur sensibilité, les souches peuvent être classées comme suit :

- Souche non sensible(-) ou résistante : diamètre < à 8mm.
- Souche sensible (+) : diamètre compris entre 9 et 14 mm ;
- Souche très sensible (++) : diamètre compris entre 15 et 19 mm ;
- Souche extrêmement sensible (+++) : diamètre > à 20 mm ;

# II. Préparation du yaourt à base du sirop de caroubier

### IV.1. Préparation du sirop de poudre de caroube

Les étapes de préparation de l'arôme et présenté dans le diagramme ci-dessous :



**Figure 13 :** Etapes de préparation et de stérilisation du sirop de caroube

### IV.2. Processus de préparation du yaourt

#### IV.2.1. Préparation du matériel

Le matériel utilisé dans la préparation des produits est stérilisé dans un autoclave et gardé jusqu'à utilisation (Tableau VI ; Figure 14).

## Préparation du yaourt à base de l'arôme de caroubier

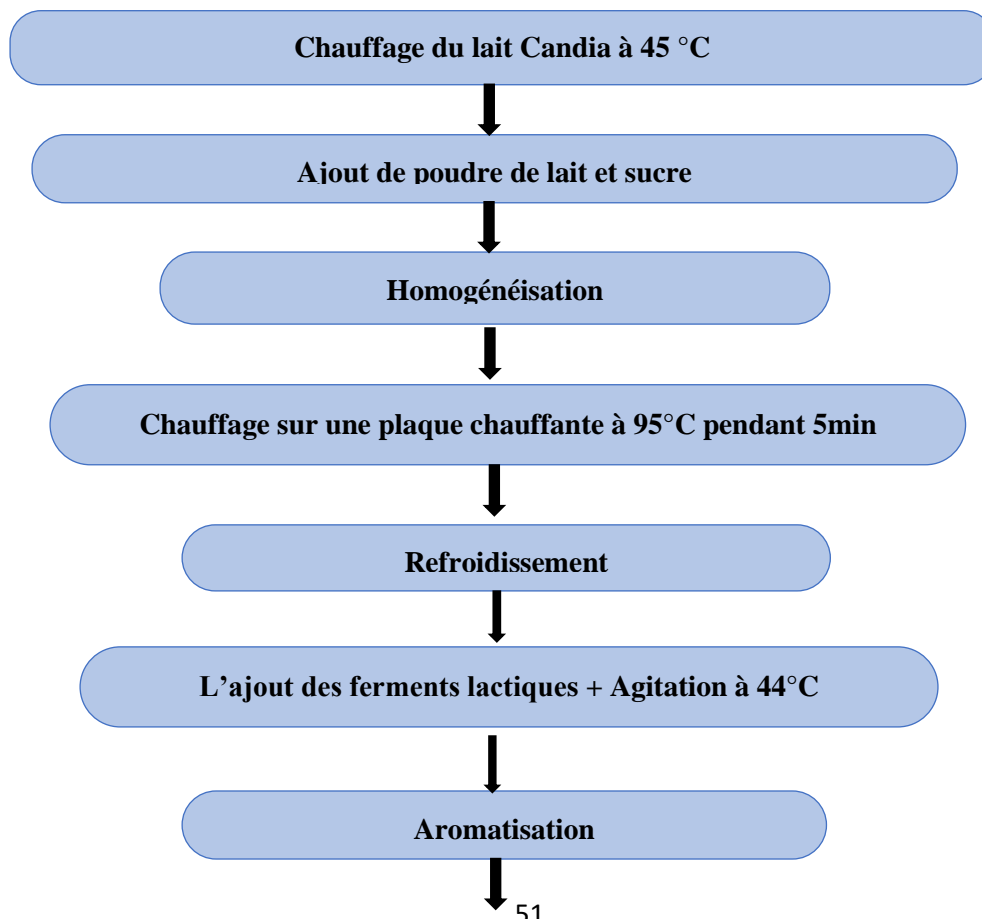
Tableau VI : Matériel et produits utilisés.

Matériel	Produits
3 pots en verres avec leurs couvercles	Lait UHT semi écrémé (Candia)
1 fouet	Poudre du lait
1 Cuillère à Soupe	Sucre
1 récipient	Yaourt nature
Une casserole	Sirop de caroubier



Figure 14 : Matériel et produit utilisé pour la préparation du yaourt.

### IV.2.2. Mode opératoire



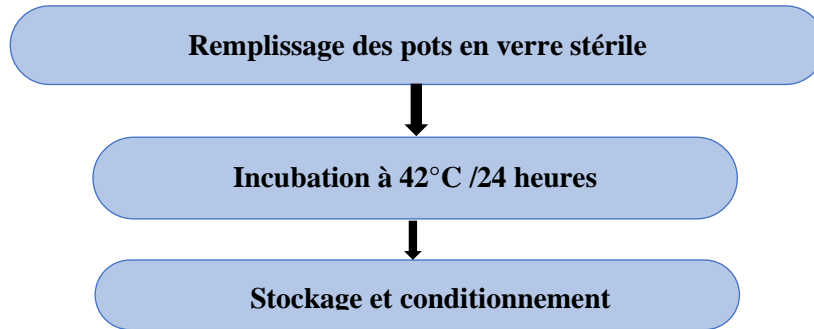


Figure 15 : Diagramme de préparation du yaourt aromatisé

### IV.2.3. Test de dégustation

La sélection optimale de la formulation est basée sur les propriétés organoleptiques. Par conséquent, nous avons opté pour analyser les caractéristiques d'apparence, de couleur, d'odeur et du goût décrites dans la fiche de dégustation proposée aux juges.

Ce test de dégustation a été réalisé le 15 juin 2023 par 6 membres (collègues), dans des fiches de dégustation (Annexe 07).

### IV.2.4. Analyse microbiologique

La recherche des micro-organismes a pour but l'évaluation quantitative et qualitative du microbiote contaminant (agent pathogène) d'un produit à un moment précis. Il permet d'évaluer la sécurité la conformité aux exigences réglementaires ou commerciales, le respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication, et l'efficacité des traitements appliqués.

Les analyses microbiologiques réalisées sur notre échantillon (yaourt) correspondent à la recherche et au dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale (coliforme totaux et coliformes fécaux) et dénombrement des levures et moisissures.

Les bactéries coliformes sont des bactéries en bâtonnets, Gram négatifs, oxydase négatif, aérobies ou anaérobies facultatifs.

Les coliformes thermotolérants sont ceux résistant à une température de 44°C, notamment le colibacille, *Escherichia coli*.

#### IV.2.4.1. Recherche des germes pathogène

*Staphylococcus aureus* : doit être recherchée dans la majorité des produits laitiers. Le pouvoir pathogène de *Staphylococcus aureus* est dû à des toxines (hémolysine, leucocidines et entérotoxines) causant des intoxications

alimentaires. Donc leur recherche permet de savoir si le produit alimentaire présente un risque ou non pour le consommateur (Mahaut et *al.*, 2000)

**Salmonella** : appartient à la famille des Enterobacteriaceae sont caractérisées par des bacilles à coloration de Gram négative, non sporulées, la plupart du temps douées d'une mobilité grâce à des flagelles péritriches. Ils sont aéro-anaérobies facultatifs, fermentent le glucose en acide et produisent du gaz à partir du glucose, elles sont catalase positive et oxydase négative. Elles provoquent des toxi-infections alimentaires, et sont responsables des salmonelloses (Mahaut et *al.*, 2000).

### IV.2.4.2. Préparation des milieux de cultures

Liquéfier dans un bain marie les différents milieux de cultures à utiliser dans l'analyse microbiologique du produit et préparer les milieux d'enrichissement des germes pathogènes.

#### IV.2.4.2.1. Préparation de la solution mère

1 g d'échantillon (yaourt) est ajouté à 9 ml d'eau peptone. Cette dernière ne doit pas provoquer de modifications quantitatives ou qualitatives de la microflore existante et doit assurer la survie de tous les micro-organismes sans favoriser leur reproduction (Bourgois et *al.*, 1996).

#### IV.2.4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Le dénombrement s'effectue sur le milieu solide gélose VRBG. Les coliformes totaux et fécaux se présentent sous forme de colonies de couleur violacées d'un diamètre de 0.5mm.

#### Mode opératoire

A l'aide d'une micropipette, introduire 1 ml de la solution mère sur la surfaces des boites de Petri ; ensuite couler une couche de VRBG préalablement liquéfié et refroidie à 45°C dans les boites de Petri, puis réaliser des mouvements circulaires en forme de «8» afin de bien homogénéiser puis laisser les solidifier. Les boites de Petri sont préparées en duplicata.

- Pour le dénombrement des coliformes totaux : les boites de Petri sont incubées pendant 24±2 heures à 37°C.
- Pour le dénombrement des coliformes fécaux : les boites de Petri sont incubées pendant 24 heures à 44°C (Beerens et Luquet, 1987).

#### IV.2.4.2.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Le milieu utilisé pour le dénombrement est le milieu OGA à l'oxytétracycline, Ce milieu permet la croissance des levures et moisissures (Afnor.nf v 03-454, 1981).

#### ✓ Mode opératoire

La gélose OGA est liquéfiée au bain-marie, refroidi puis coulée dans des boites de Pétri et laisser solidifier sur la paillasse. Dans la zone stérile, Ensemencer 1ml de la solution mère sur la surface de la gélose, puis étaler à l'aide d'un étaloir stérile. L'incubation des boites a été effectuée à 30°C pendant 72 heures.

### ✓ Lecture des résultats

- **Levures** : colonies de formes arrondies, lisses, brillantes, de différentes couleurs (jaune, rose).
- **Moisissures** : colonies plus au moins grandes et différentes couleurs (jaune, bleu, etc.).

#### IV.2.4.2.4. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

L'enrichissement se réalise généralement sur le milieu Giolitti Cantoni (GC) dans le cas de l'absence de ce dernier on peut réaliser l'enrichissement sur bouillon Chapman, deux étapes à réaliser :

- Un enrichissement sur Bouillon Chapman qui permet une revivification des souches stressées.
- Isolement sur gélose Chapman (NF V 08-057).

### ✓ Mode opératoire

Introduire 1ml de la solution mère dans 9ml de bouillon Chapman, puis incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

### ✓ 1<sup>ère</sup> Lecture

Tube positif : noircissement du milieu

Ensemencement en surface à partir des tubes positifs sur gélose Chapman et incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures.

### ✓ 2<sup>ème</sup> Lecture

Colonies lisses, brillantes et pigmentées en jaune.

#### IV.2.4.2.5. Recherche et dénombrement des *Salmonelles*

Deux étapes pour la recherche des *Salmonelles* :

Enrichissement sur le bouillon Sélénite SFB S/C puis isolement sur gélose SS (Guiraud, 2003).

### ✓ Mode opératoire

Introduire 1ml de la solution mère dans 9ml de bouillon Sélénite SFB S/C ; puis incubation à 37°C pendant 24 heures ;

### ✓ Lecture

Tube positif : virage de la couleur du jaune au rouge.

- à partir des tubes positifs on réalise l'isolement sur gélose HEKTOEN ; et incubation à 37°C pendant 18 à 24 heures.

### ✓ Lecture

- Colonies incolores.

# III. Résultats et discussion

### V.1. Résultats des paramètres physico-chimiques des fruits de *Ceratonia siliqua* L.

Les résultats des analyses physique-chimiques des fruits de caroube sont présentés dans le tableau VII.

**Tableau VII :** Résultats des paramètres physico-chimiques de la poudre de *Ceratonia siliqua* L.

Paramètres physicochimiques	Résultat Moyenne± ET
<b>Humidité (%)</b>	11±0,763
<b>Matière sèche (%)</b>	89±0,763
<b>Matière organique (%)</b>	96±1,414
<b>Teneur en cendre (%)</b>	4±1,414
<b>pH à 21 °C</b>	5,14±0,09
<b>Acidité tétrable (%)</b>	2.8±0,129

D'après nos résultats montrés dans le tableau ci-dessus on déduit que, la poudre des gousses du *Ceratonia siliqua* contient peu d'eau (11%) par rapport à sa matière sèche (89%). il est possible que les résultats de nos analyses, effectuer 6 mois après la récolte, soient affectés par l'augmentation de la quantité de la matière sèche et la diminution du taux d'humidité due à la durée écoulée depuis la récolte.

Le taux d'humidité de l'échantillon de caroube que nous avons trouvé est supérieur à la valeur énoncée par Youssef et *al.* (2013), qui est de 5,3%, mais très proches à ceux de Khelifa et *al.* (2013), qui ont déterminé une valeur de  $10,2 \pm 0,13\%$ .

Il existe d'autre cas où la teneur en eau est largement supérieure à nos résultats, cela peut être dû aux conditions environnementales, à la période de la récolte, aux cultivars et degré de maturation, et la durée de stockage.

Nos résultats indiquent que le taux de matière sèche est d'environ 89%. Cette valeur est proche de celle enregistré par Gaouar (2001), qui est entre 88,68% et 90,40%.

Concernant la teneur en matières minérales, celle-ci montre la qualité nutritionnelle de notre échantillon, et peut être exprimé selon la géographie, le climat et les caractères édaphiques des sols (Bezzala, 2005). D'après les résultats montrés dans le tableau VII, la teneur en cendre de l'échantillon analysé est importante 4% par rapport aux résultats enregistrés par El-Haskoury et *al.*, (2018) qui se situent entre 0,13% et 0,69%.

En outre, nos résultats coïncident avec ceux trouvés par Zegeur et Bissar (2019), qui rapportent la valeur de 2,8% pour les cendres et 97,2% pour la matière organique de la farine de caroubier.

Le pH est un paramètre lié à la concentration de la solution en proton  $H^+$  et de la température, nos résultats présentés dans le tableau II, démontre que le pH de la caroube est acide. Selon Elyah (2003), L'acidité peut s'expliquée par la richesse de la plante en acides organiques. Nos résultats dans ce cas concordent avec ceux trouvés par Zegeur et Bissar (2019), qui indiquent une valeur de  $pH=5,42$ .

D'après Leila et *al.* (2021) le pH de sirop de caroube présente une valeur qui ne dépasse pas 5 (entre 5.14 et 5.20).

Bouchena et Ouaffai (2021), rapportent que le pH des gousses ou de la pulpe de caroube ne dépasse pas 6.08, il se situe entre 4 et 5.

L'acidité titrable de la gomme de caroube obtenue met en évidence la nature de gomme de caroube. Elle est de l'ordre de  $(5.14\% \pm 0,09)$ , cette valeur élevé peut être expliqué par le pourcentage élevé d'acide présent dans la gomme et justifier que notre gomme est de nature acide.

### V.2.Teneur en sucres

Les résultats de la détermination de la teneur en sucres sont montrés dans le tableau ci-dessous

**Tableau VIII** : Résultats de la teneur en sucre de la poudre de *Ceratonia siliqua*.

Paramètres	Valeurs
Sucres totaux	41,8%
Sucre réducteur	39%
Saccharose	26,6%

La caroube est un fruit caractérisé par une teneur en sucre plus élevée (environ 500 g/kg) (40-60%) c'est ce qui lui vaut sa saveur très sucrée Petit et Pinilla (1995), cela correspond parfaitement aux résultats de notre étude, montrant que la farine de caroube est très riche en sucres totaux avec une valeur de 41,8 %.

Concernant la teneur en sucre de la caroube (41,8% pour les sucres totaux et 39 % Pour les sucres réducteurs) sont en plein accord avec les résultats approuvé par Ozcan et *al.* (2007) qui montrent une valeur en teneur totale en sucre estimé de 48,35 %. De même, Gouar (2011), a déterminé que la teneur en sucre réducteur varie entre 37.5% et 45.3%.

En plus des études ont montré que la teneur en saccharose peut varier entre 27 et 40% représentant le sucre le plus abondant, suivi du glucose (3-5%) et du fructose (3-8%) Shaw, (1988). Ceci corrobore nos résultats pour un taux de saccharose de 26,6 %.

De ces analyses, on peut conclure que les différences de teneur en sucre dans les différentes opérations réalisées s'expliquent par les variétés de caroube utilisées, leur origine et période de récolte, ainsi les conditions climatiques.

### V.2. Résultats des paramètres phytochimique de la poudre du *Ceratonia siliqua*

Le screening phytochimique nous a permis de mettre en évidence la présence de métabolites secondaires au niveau de la poudre de l'espèce *Ceratonia siliqua* L. En effet, selon leur intensité de couleur, les tests qui se produisent sont classés de : négatif (-) ou positif (+) (Tableau IX).

**Tableau IX :** Résultats du screening phytochimique effectué sur la poudre de fruits de *Ceratonia siliqua*

Paramètres phytochimiques	Quantité
Saponosides	(-)
Tanins	(+++)
Tanins galliques	(+++)
Glucosides	(++)
Coumarines	(-)
Anthocyanes	(-)
Flavonoïdes	(+)
Quinons libres	(-)

(+++): Abondance ; (++) : Moyen ; (+) : Faible ; (-) : Absence

L'analyse phytochimique de *Ceratonia siliqua* est une étape très importante, puisqu'elle détecte la présence des constituants bioactives responsables des vertus thérapeutiques.

D'après les résultats obtenus de l'analyse des gousses de *Ceratonia siliqua* L. cette dernière contient suffisamment de métabolites secondaires dont les flavonoïdes en faible quantité, les glucosides en quantité moyenne, tandis que les tanins et les tanins galliques se trouvent en quantité abondante.

Cependant les quinones libres, coumarines, saponosides et les anthocyanes sont totalement absents.

Selon Catarzina et *al.* (2018) la caroube est riche en polyphénols, en particulier en tanins et en tanins galliques, responsables de la modulation de l'expression génique et de la protection des cellules du colon. La présence de ces molécules phytochimiques dans la plante *Ceratonia siliqua* L. indique qu'elle possède plusieurs activités biologiques importantes, notamment des propriétés antiseptiques, antifongiques, anti-inflammatoires, bactéricides et antibiotiques (Belboukhari et *al.*, 2013).

### V.3. Résultats du dosage en polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux, en équivalent d'acide gallique, de l'extrait de gousses de caroube a été estimé par la méthode de Folin-Ciocalteu.

La concentration en polyphénols totaux enregistrée est de 25,04 $\mu$ g Eq AG/mg de MS. Ces résultats sont supérieurs à ceux d'Avallone et *al.*, (1997) et d'Owen et *al.*, (2003) qui ont enregistré une valeur de  $1.9 \pm 0.12\mu$ g Eq AG/mg de polyphénols totaux, en outre nos résultats coïncident avec les résultats de Glew et *al.*, (2003) qui ont trouvé une valeur de  $19.2 \pm 0.00\mu$ g Eq AG/mg.

Les variations constatées dans les résultats de différentes études peuvent être attribuées à des facteurs tels que l'origine géographique, le type de plante, la variété, et surtout, le niveau de maturité.

### V.4. Résultats de la teneur en fibres

Les fibres alimentaires sont des polymères glucidiques d'origine végétale, liés ou non dans les plantes avec de la lignine ou d'autres composants non glucidiques (polyphénols, cires,

saponosides, phytostérols, etc.) la consommation des fibres alimentaires peut influencer la faim, l'apport énergétique chez l'humain (Afssa, 2002).

Le dosage des fibres alimentaires effectué sur l'échantillon de caroube a été estimé à 17%. Ces résultats sont présentés en pourcentage de (MS) dans le tableau ci-dessous.

**Tableau X :** Résultats de la Teneur en fibres (Totaux et brute) de fruit de *Ceratonia siliqua*.

Paramètre	Valeur
Fibre totaux	16,90%
Fibre brute	7%

Les résultats obtenus concernant le taux de fibre totale sont supérieurs à ceux énoncés par Yousif et Alghazawi en (2000), qui sont estimés de (10,99% de MS). De plus, la comparaison de ces résultats avec l'étude d'Albanell et *al.* (1991) a révélé que la caroube d'Espagne avait moins de fibres alimentaires (8,01 %) que celle d'Algérie.

Plusieurs études ont été menées sur la fibre de caroube avec les résultats suivants ;

- Les fibres de caroube augmentent le métabolisme des lipides en favorisant leur utilisation donc leur oxydation ; par conséquent ; les fibres de caroube exercent une bonne influence sur l'énergie ingérée et le poids corporel (Gruendel et *al.*, 2007).
- L'ingestion des fibres de caroube diminue le taux de glucose postprandiale dans le sang et l'insulinémie chez les sujets ayant le diabète de type 2 (Tabatabai et Li, 2000 ; Gruendel et *al.*, 2007).

Les résultats obtenus des teneurs en fibres brute, de la farine de caroube étudiée, est estimé à 7 % représenté en pourcentage de (MS) sur l'histogramme ci-dessus (Figure 24). Des chercheurs ont qualifiés les fibres comme étant des fibres brutes (Faq, 1991).

La différence dans la quantité des fibres de la poudre de caroube est due aux méthodes appliquées pour calculer les différentes fractions de fibres (Lipumbu, 2008).

D'après Albanell *et al.* (1991) ; lipumbu *et al.* (2008) la valeur des fibres dans la poudre de la caroube varier entre 24.13% et 49.47%, elle peut varier selon le type de caroube.

Youssef *et al.* (2012) ont signalé une teneur en fibres brutes de 7.30%.

### V.5. Résultats de l'activité antimicrobienne

Nous avons évalué l'effet antibactérien de l'extrait dilué et saturé contre *E. coli* ATCC 25922 et *S. aureus* ATCC 25923 en utilisant la méthode de diffusion des disques. Les résultats obtenus par cette méthode sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XI** : Résultats de l'activité antibactérienne de l'extrait de la poudre de *Ceratonia*

Diamètres des zones d'inhibition (mm)				
Microorganismes Testés	Extrait dilué	Extrait saturé	Ampicilline	Gentamicine
<i>Escherichia Coli</i> ATCC 25922	6,5±0,707	0	12±0	23±0
	(-)	0	(+)	(+++)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	7,4±0,565	0	25±0	23,5±0,707
	(-)	0	(+++)	(+++)

*siliqua.*

(-) : Sensible ; (+) : Peu sensible ; (++) : moins sensible ; (+++) : Plus sensible

Dans cette étude, l'évaluation de l'activité antibactérienne de *Ceratonia siliqua* sur *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, montre que l'effet de l'extrait dilué est très faible sur les deux souches, dont le diamètre des zones d'inhibition produits sur la souche *S. aureus* est de 7,4mm tandis qu'il est de 6,5mm sur *E. coli*.

### V.6. Résultats de la production de yaourt à base de fruit de caroubier

#### V.6.1. Résultat de l'aspect du yaourt élaboré

Le yaourt produit est assez concentré et contient du lactosérum en surface. Après brassage, il devient un liquide blanc visqueux, en termes de consistance, il est de couleur blanche crémeuse, plus le lait est refroidi, plus la consistance augmente, il est assez homogène, opaque et brillant.



**Figure 16** : Aspect du yaourt produit à base de sirop de poudre de caroube.

#### V.6.2. Résultats d'analyse microbiologique

Les résultats de l'analyse microbiologique du yaourt produit sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XII : Analyse microbiologique du yaourt.**

Paramètre	Résultats			Normes
	24h	48h	72h	
<i>Coliformes totaux</i>	Abs	Abs	Abs	10
<i>Coliformes fécaux</i>	Abs	Abs	Abs	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs	Abs	10
<i>Levures</i>	Abs	Abs	Abs	<10 <sup>2</sup>
<i>Moisissures</i>	Abs	Abs	Abs	Absence
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Abs	Absence

Les analyses microbiologiques du produit fini ont révélé l'absence totale des agents pathogènes « coliformes totaux ainsi que les levures et moisissures, staphylocoques et salmonelles », ces résultats conformes à la norme du magazine officiel de la République Algérienne Numéro 35 (1998) et cela confirme :

- Respect adéquat des conditions de fabrication.
- Le respect des conditions d'hygiène dans la production et le stockage des matières premières.
- Pratiques de nettoyage et de désinfection appropriées ainsi que le bon état d'hygiène du personnel.

Étant donné que ce produit ne contient pas d'agents pathogènes provoquant une intoxication alimentaire, on peut dire que le produit fabriqué et analysé ne présente aucun danger pour la santé des consommateurs. Ces résultats sont conformes aux normes de J.O.R.A (1998). Ceci est dû aux bonnes pratiques d'hygiène et au traitement appliqué. Ces résultats reflètent la qualité de la matière première utilisée lors de la fabrication du yaourt.

En outre, selon Morou (2010), l'absence ou la faible présence de la flore pathogène peut trouver son explication par le fait que la contamination initiale va subir l'effet de l'abaissement du pH et de l'antagonisme des bactéries lactiques. Par ailleurs, Leur diminution peut être due aux mauvaises conditions de leur développement causées par le froid (Conte, 2008).

### **IV.6.3. Test de dégustation**

Des analyses réalisées depuis le premier et le huitième jour après la fabrication du yaourt permettant de déterminer sa qualité organoleptique ainsi que sa variabilité sur la période de consommation. Il a une odeur caractéristique au produit (odeur de yaourt). Le yaourt a un goût sucré et légèrement acide.

Le produit fini est gentiment testé par nos collègues et la note de notre produit dédié par ces derniers a été notée sous une fiche de dégustation présentée sur (Annexe 07).

# Conclusion et perspectives

Le caroubier est décrit comme une plante médicinale adaptée au bassin méditerranéen, connue pour ses usages médicaux depuis l'Antiquité. Grâce aux propriétés thérapeutiques dues aux métabolites secondaires contenus dans ces extraits. La plante *Ceratonia siliqua* a fait l'objet de cette étude. Enfin, certaines analyses ont été réalisées sur la poudre de cette plante, à savoir les analyses physico-chimiques, phytochimique, le dosage des composés phénoliques ainsi que leur activité antibactérienne et le dosage des fibres.

Les résultats d'évaluation des paramètres physico-chimiques de la poudre de caroube présente un pH proche de la neutralité, une faible acidité titrable et un pourcentage important en cendres (4%) et en polyphénols 25,04µg Eq AG/mg de MS, ainsi leur richesse en métabolites secondaires (tanins, tanins gallique et glycosides), connus pour leurs intéressantes propriétés biologiques et thérapeutiques. Le fruit de cette espèce est avéré riche en fibres totaux et brute, avec des taux de 17% et 7% respectivement et riche en sucres avec des teneurs de 41,8 ; 39 et 26,6 qui correspondent aux sucres totaux, sucres réducteurs et saccharose respectivement.

L'effet antibactérien de l'extrait méthanolique des fruits de *Ceratonia siliqua* était faible vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* ATCC 25922.

Toutes les analyses microbiologiques et sensorielles du yaourt préparé montrent que le yaourt à base de poudre de fruits de *Ceratonia siliqua* est de bonne qualité et répond au standard du yaourt fonctionnel.

À la suite de cette recherche, et d'après les résultats obtenus il est souhaitable de poursuivre les recherches sur les fruits de cette espèce par :

- Des analyses complémentaires pour en savoir plus sur la valeur nutritionnelle de ce yaourt : valeur énergétique, matière sèche, protéine, lipide, glucides, minéraux.
- Développer la recherche sur l'activité antioxydant et antibactérienne des extraits phénoliques sur d'autres espèces bactériennes pathogènes.

# Références bibliographiques

### Æ

**Ait Chitt M., Belmir H. et Lazrak A., 2007.** Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Bulletin de transfert de technologie en agriculture, n°153 : 4p

**Absolonne J., (1989).** Les yaourts : adaptation aux objectifs nutritionnels. Les laits fermentés-actualité de la recherche.135-159 pp.

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

**Abdelrahim Alqudah, EsamY. Qnais, MohammedA. Wedyan, Muna Oqal, Mohammed Alqudah, Rawan AbuDalo, Nabil AL-Hashimi., 2022)** *Ceratonia siliqua* leaves éthanol extracts exert anti-nociceptive and anti-inflammatory effects.

**Aribi Hadjer ; Habchi Randa, Saaidia Rayene, (2022),** Etude de l'impact des fruits rajoutés sur la qualité physicochimique et microbiologique d'une marque locale de yaourt.

**Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A. (1997),** Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*) : Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal of food composition and analysis, Vol.10, pp.166–172.

**Ayaz, F. A., Torun, H., Robert, H. G., Zehra, D. B., Luther, T. C., Jack, M. P., & Ronnie, A. (2009).** Nutrient Content of Carob Pod (*Ceratonia Siliqua* L.) Flour Prepared Commercially and Domestically. Plant Foods for Human Nutrition 64, 28692.

**Andreas Louis, Eftychia Pinakoulaki., (2017),** Carob as cocoa substitute : a review on composition, health benefits and food applications.

### Ë

**Benmahioul, B., Kaïd-Harache, M and Daguin, F., (2011).** La caroube, une espèce méditerranéenne à usages multiples. Forêt méditerranéenne t. XXXII, pp 51-58.

**Bartram HP, Scheppach W, Gerlach (1994).** Does yogurt enriched with *Bifidobacterium longum* affect colonic microbiology and fecal metabolites in health subjects.

**Battle, I., J. Tous.** Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, (1997), p. 17.

**Battle I. & Tous J., (1988).** Lineas d'investigación sobre el algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) en el IRTA, Cataluña (España). In : Brito De Carvalho JH, ed. I Encorto Linhas de Investigaçao d'Alfarroba. AIDA, Oeiras : AIDA, 92-104.

**Biner et al., (2007),** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carobbean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, Food Chemistry. 100 : 1453-1455.

**Bouzouita N., A. Khaldi, S. Zgoulli, L. Chebil, R. Chekki, M.M. Chaabouni and P. Thonart, (2007),** The analysis of crude and purified locust bean gum : A comparison

of samples from different carob tree populations in Tunisia Food Chemistry Vol. 101, N°4, pp. 1508-1515.

### Ƨ

**Catarino F., (1993).** Le caroubier une plante exemplaire. Naturopa conseil de l'Europe. Centre Naturopa. N° 73, pp. 14-15.

**Catarino F.M. & Bento-Pereira F., (1976).** Ecological characteristics and CO<sub>2</sub> fixation in a xérophytique plant (*Ceratonia siliqua* L.). Vardar, Sheikh, Ozturk. Turkiagraphiques.

**Cerning(1990).** Exocellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria.

**Chandan ;(1982)** Action of *Lactobacillus bulgaricus* proteinase preparations on milk proteins. J Dairy Sci 65, 1408-1413 York : M. E. Sharpe.-977.

### Ƨ

**Dellaglio (1984)** Presence of lactic acid bacteria in the affected and preserved vacuum-packed San Daniele ham] [1984].

**Drouault S. et Corthier G. (2001).** Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. Veres. 32 :101-117 pp.

**Dakia, P. A., Christophe B., Christelle R., Bernard W. & Michel, P. (2008).** Composition and Physicochemical Properties of Locust Bean Gum Extracted from Whole Seeds by Acid or Water Dehulling Pre-Treatment. Food Hydrocolloids 22, 807-18.

**Dakia P.A ; Wathel et Band. Paquot M. (2007).** «Isolation and chemical evaluation of, carob (*Ceratonia siliqua* L.) Seed germ food Chemistry, Vol. 102, N°4, pp. 13681374.

**Donovan et Shamir, (2014),** Introduction to the yogurt in nutrition initiative and the First Global Summit on the health effects of yogurt. The American journal of clinical nutrition, Vol .99(5).

**Diamantoglou, S. et K. Mitrakos. (1981).** Longévité des feuilles dans l'Evergeen méditerranéen sclérophylles. Pp. 17-19 dans Composantes de la productivité du climat méditerranéen Régions - Aspects fondamentaux et appliqués (NS Margaris et HA Mooney, éd.). DéchetEditeurs, La Haye.

### Ƨ

**Estrada C., Vázquez M., Melis B. & Vadell J., (2006).** Fruticultura de secano. El Algarrobo. In : Labrador. J, Porcuna. J.L & Bello. A (Cords), Manual de agricultura y ganadería ecológica. Eumedia. España, pp. 186-195.

**Elyah, A., (2003).** Quel avenir pour la spiruline. Mémoire Bibliographique Université de Montpellier II, 30p.

### Ƨ

**Fernandes C. F. et Shanik K. M., (1990).** Anticarcinogenic and immunological properties of dietary Lactobacilli. J. Food Prot. 8 :704-710 pp.

**Fadel et al., (2011)**, Activité antifongique d'extraits de *Ceratoniasiliqua* sur la croissance in vitro de *penicillium digitatum*.

### Ɔ

**Gruendel S., B. Otto, A.L. Garcia, K. Wagner, C. Mueller, M.O. Weickert, W. Heldwein, C. Koebnick, (2007)**. Carob pulp preparation rich in insoluble dietary fibre and polyphenols increases plasma glucose and serum insulin responses in combination with a glucose load in humans, *British J. Nutrition* 98 101–105.

**Gaouar, (2011)**, Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes.

**Gharnit N., Mtili N., Ennabili A. T. and Ennabili A. (2001)**. Social characterization and exploitation of carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.) from Mokrisset and Bab Taza (NW of Morocco). *Sci. Lett.* 3 n°2.

### Ɔf

**Herreros., 2005 et Veisseyre, R., (1979)** : Technologie du lait : Constitution, Recolte, Traitement et Transformation du lait, 3<sup>e</sup>édition, La maison Rustique, Paris, France, 714 p.

**Hillcoat D., Lewis G. & Verdcourt B., (1980)**. A new species of *Ceratonia* (Leguminosae:Caesalpinoideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew bull.* 35 : 261-271.

**Haddarah (2013)**, L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube libanaise. Thèse de Doctorat : Procédés Biotechnologiques et alimentaire

### Ɔ

**Jeanter, R., Croguennes, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brule, G., (2008)**. Les produits laitiers. Ed Techniques et Documentations. Lavoisier-Paris .Pp185.

### Ɔ

**Khouas et Hmamou(2020)**, Caractérisation morphologique, anatomique et biochimique de l'espèce *ceratoniasiliqua* L. (caroubier) provenant des régions Blida et Tipaza.

**Kim, (2003)** Aptitude à l'amélioration de la qualité physicochimique et microbiologique d'un lait fermenté (yaourt étuvé) par l'ajout de l'extrait hydrométhanolique de *Mentha x piperita* L.

### Ɔ

**Liphshitz N., (1987)**. *Ceratonia siliqua* L. in Israel : An ancient element or a newcomer ? *Israel J. Bot.* 36: 191-197.

**Lipumbu, L. (2008)**. Compositional analysis of locally cultivated carob (*Ceratonia siliqua*) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors (Doctoral dissertation, Stellenbosch : Stellenbosch University).

**Linskens, HF et W. Scholten. (1980)**. La fleur de caroube. *Portug. Acta Biol. (A) XVIII-4* : 95-102 littorale) Le Chevalier, Paris.

### Ɔ

**Mahaut M., Jeanter R., Schak P. et Brule. (2000)**. Les produits industriels laitiers. Ed, techniques et documentation, Lavoisier, Paris. 26-40.

- M. Kamal E. Youssef, Moshera M. El-Manfaloty, Hend M. Ali, (2012).** Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua L.*)
- Makris, D.P. et Kefalas, P. (2004)** Carob Pods (*Ceratonia siliqua L.*) as a Source of Polyphenolic Antioxidants. *Food Technology and Biotechnology*, 42, 105-108.
- Marteau PH., Pochart PH., Bouhnik Y. et Rambeau. (1994).** Survie et effets de lactobacilles acidophiles et bifidobactéries des produits laitiers fermentés dans le tube digestif de l'homme. *Cahier de la nutrition et de diététique*. 321-384 pp.
- Martin, M, (2004).** Technologie des laits de consommation. Ed. Lait. Candia Direction développement technique. Pp135.
- Matthausa B., Ozcan M. M., (2011).** Lipid evaluation of cultivated and Wild carob (*Ceratonia siliqua L.*) seed oil growing in Türkiye. *Scientia Horticulturae* 130 181– 184.
- Mitrakos K., (1981).** Temperature germination responses in three mediterranean evergreen sclerophylls. In : Margaris N.S. & Money H.A., (Eds). *Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions - Basic and Applied Aspects*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London.
- Mitrakos, K. 1981.** Réponses de germination de la température dans trois plantes à feuilles persistantes méditerranéennes sclérophylles. Pp. 277-279 dans *Composantes de la productivité du climat méditerranéen*.
- Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003.** Tratado de fruticultura para zonas áridas semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162 ;
- Maskan, Kaya et Maskan. (2002).** Effect of Concentration and Drying Processes on Color Change of Grape Juice and Leather (Pestil). *Journal of Food Engineering* 54, 75-80.
- ☉
- Ozcan. M.M. ; Arslan. D. ; Gökçalik. H. (2007).** Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. *Nt. J. Food. Sci. Nutr.*, vol.58, N°8, pp.652-8.
- Orphanos et Papaconstantinou, 1969 ; Vardar et al., (1972) ; Calixto et Canellas, 1982 ; Albanell et al., 1991).** The carob varieties of Cyprus, *Tech. Bull. 5. Cyprus Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and Natural Resource, Nicosia.*
- Owen, R. W., Haubner, R., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., & Haber, B. (2003).** Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food and Chemical Toxicology*, 41(12), 1727-1738
- ℘
- Petit M. D. & Pinilla J. M., (1995).** Production and Purification of a Sugar Pods Syrup from Carob Pods *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 28, 145-152.
- Petit, M.D., J.M. Pinilla.** Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *LWT Food Science and Technology*, 28 (1995)

**Quezel P. & Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des zones désertiques méridionales. Paris, CNRS, Tome I et II, 1170p.

℞

**Rousseau M, (2005).** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9 pages.

**Redouan El-Haskoury, Walid Kriaa, Badiia Lyoussi, and Mohamed Makni., (2018),** *Ceratonia siliqua* honeys from Morocco : Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities.

**Rejeb (1995); Leila Tounsi, Héra Kechaou et Nabil Kechaou (2021),** Study of the physico-chemical and functional properties of carob syrup.

**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 LibbeyEurotext, Paris, pp. 79-85

**Rejeb M. N., Laffray D. & Louguet P., (1991).** Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semiarides, Groupe d'Etude de l'Arbre, Paris, France : 417-426.

℞

**Saloff –Coste C. J., (1995).** Yoghurt as a calcium source. Danone world newsletter. N°4. 1-12 pp.

**Schmidt J.L., Tourneur C. et Lenoir J, (1994).** Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M.Ed. Loriga, paris. 37- 46.

**Shahanik K M. et Chandan R C., (1979).** Nutritional and healthful aspects of cultured and heat containing dairy food. Dairy SCI. 62 (10). 1685-1694 pp.

**Shaw, R.H. (1988)** Climatic Requirement, In : Sprague, G.F. and Dudley, J.W., Eds., Corn and Corn Improvement, Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, 609-638.

**Sallouh et Nouioui,(2019)** Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques de la caroube algériennes.

**Sbay H. & Abrouch M., (2006).** Apport des espèces à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier. Centre de Recherche Forestière Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification. Rabat, 1-9

**Souhila Mahmoudi, Nacéra Mahmoudi, Karima Benamirouche, Mario Estévez, Mohamed Abou Mustapha, Khadidja Bougoutaia, Nour El Houda Ben Djoudi., (2022),** Effect of feeding carob (*Ceratonia siliqua* L.) pulp powder to broiler chicken on growth performance, intestinal microbiota, carcass traits, and meat quality.

**Schweinfurth G., (1894).** Sammlung arabischaethiopischer Pflanzen, Ergebnisse von Reisen in dem Jahren 1881, 1888-89, 1891-92. Bull, Herb. Boissier 2 : 1-114.

℞

**Tamime et Deeth, (1980).** Yogurt : Technology and Biochemistry. J. Food Protect. 43: 939.

**Tabet, (2017)**, Activité antimicrobienne des extraits phénoliques de caroube *Ceratonia siliqua* (L.). Mémoire de Magister en sciences agronomiques.

**Tehami, W ; Meraou, A ; Benali, M, (2014)**, Appréciation de la valeur nutritive de la caroube « *Ceratonia Siliqua* ». Université Frères Mentouri-Constantine 1,2014.

**Tucker, SC (1992)**. La base développementale de l'expression sexuelle chez *Ceratonia siliqua* (Légumineuses : Caesalpinioideae : Cassieae). *Un m. J. Bot.* 79 (3) : 318-327.

**Tucker, SC (1992)**. Le rôle du développement floral dans les études de l'évolution des légumineuses. *Pouvez. J. Bot.*70 : 692-700.

*T*

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

*W*

**Wink, M., (2003)**. Evolution des métabolites secondaires d'un point de vue écologique et phylogénique moléculaire. *Phytochimie*, 64,3-19.

**Wong C., Li H., Cheng K., Chen F.A.(2006)**. Systematic survey of antioxidant activity of 30 chinese medical plant using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chem.* 97:705-711.

*X*

**Xanthopoulos et al., (2001)**. Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes' milk Get access Arrow.

*Y*

**Yousif, A.K. et Alghzawi, H.M. (2000)** Processing and Characterization of Carob Powder. *Food Chemistry*, 69, 283-287.

**Youssef M. K. E., El-Manfaloty M. M., Ali H. M. (2013)**. Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compound of carob (*Ceratonia siliqua* L.).*Food and Public Health.* 3 (6) : 304-308

# Annexes

## Liste des Annexes

**Annexe 01** : Matériel utilisé ; solvants ; appareillages ; réactifs chimiques ; solution et milieux de cultures.

Matériels et verrerie de laboratoire	Appareillages + celui utilisés pour l'activité antimicrobienne	Solvants, solutions
-Anse de platine	- Agitateurs variés à barreau magnétique	-Acétate de sodium
-Antibiotiques	- Autoclave	-Acide gallique
-Béchers	- Bec bunsen	-Acide sulfurique
-Burettes	- Balance	-Ammoniaque
-Ballon à fond rond	- Balance de précision (0,0001g)	-Alcool iso-butanol
-Boîtes de pétri	- Bain marie	-Acide chlorhydrique
-Barreau magnétique	- Broyeur	-Bleue de méthylène
-Cristallisoir	- Dessiccateur	-Chlorure ferrique
-Creusets	- Etuve	-Chloroforme
-Capsules en porcelaine	- Four à moufle	- Carbonate de sodium
-Cuvettes	- Hôte	-Eau distillé
-Disque stériles (papiers wattman)	- pH-mètre	-Eau physiologique stérile
-Erlenmeyer	- plaque chauffante	-Eau de robinet
-Eprouvette graduée	- spectrophotomètre	-Fehling A
-Entonnoir	- réfrigérateur	-Fehling B
-Ecouillons		-Hydroxyde de sodium
-Embouts en plastiques stériles		-Hydroxyde de potassium
- Fiole jaugé		-Méthanol
- Fiole conique		-Magnésium
- Lames		-Réactif du Folin-Ciocalteu
-Micropipettes		
-Pipettes gradée		
-Pissette		

## Liste des Annexes

-Passoire		
-Pipettes pasteur		
-Portoir tubes à essai		
- Pincés		
-Papiers filtre		
-Spatules		
-Tubes à essai		
-Verre de montre		

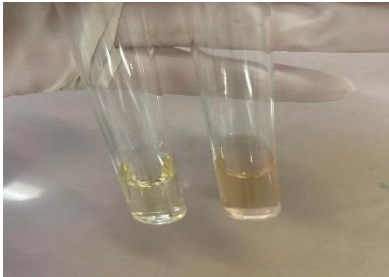
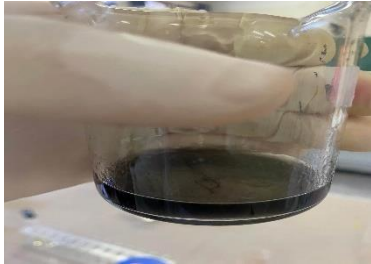

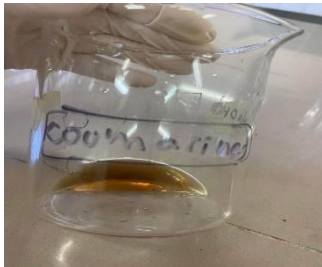
### Annexes 02 : Milieux de cultures utilisées



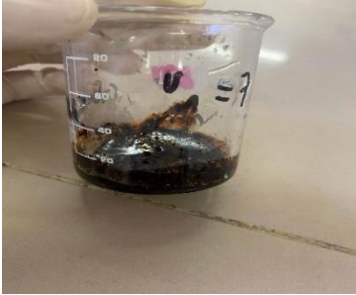
- Bouillon cystine sélénite (SFB-Cystine).
- Gélose nutritive(GN).
- Gélose Mueller Hinton(MH).
- Gélose VRBL (violet Red Bile Lactose Agar).
- Gélose Sabouraud au chloramphénicol.
- Gélose Chapman.
- Gélose SS.
- Giolitti Cantoni.

### Annexe 03 : Antibiotiques utilisés

Antibiotique	Abréviation	Famille	Dose
Ampicillin	AMP	Betalactamines	10µg/disque
Gentamicine	GN	Aminosides	10µg/disque

**Annexe 04 : Résultats de l'analyse phytochimique**

<p><b>les Saponosides</b></p>		<p>(-)</p>
<p><b>Tanins galliques</b></p>		<p>(+)</p>
<p><b>Glucosides</b></p>		<p>(+)</p>
<p><b>Coumarines</b></p>		<p>(-)</p>

<p><b>Anthocyanes</b></p>		<p>(-)</p>
<p><b>Flavonoïdes</b></p>		<p>(+)</p>
<p><b>Quinones libres</b></p>		<p>(-)</p>

Annexe05 : Courbe d'étalonnage du dosage des polyphénols totaux

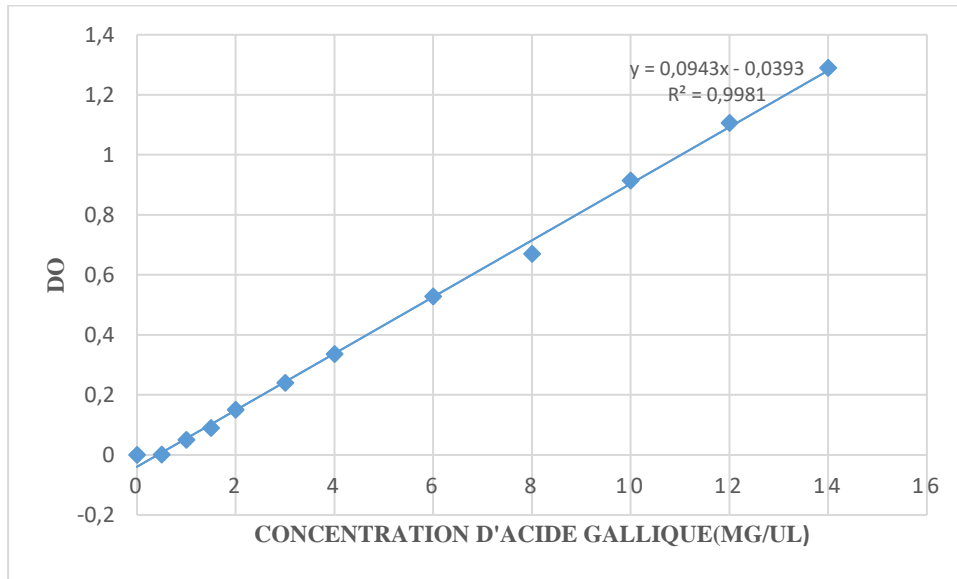
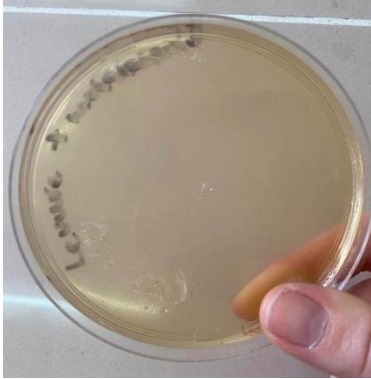
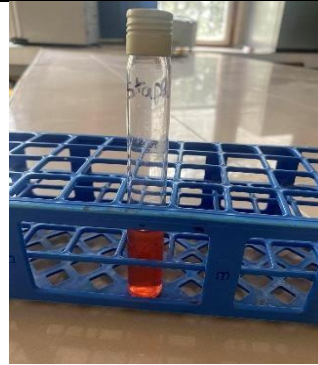


Figure 01 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des PPT en équivalent d'acide gallique.

**Annexe 06 : Résultats des analyses microbiologiques du produit final (Yaourt).**



**Levures et moisissures**



***Staphylococcus***



**Enrichissement des *Salmonelle***



**Isolement de la *Salmonelle***



**Coliformes totaux**



**Coliformes fécaux**

Annexe 07 : fiches de dégustation

Fiches de dégustation

Proposition organoleptique	Sensation ressentie	Membre 1	Membre 2	Membre 3	Membre 4	Membre 5	Membre 6
<b>Gout</b>	<b>Sucre</b>						
	<b>Acide</b>						
	<b>Aigre</b>						
	<b>Doux</b>	×	×	×	×	×	
<b>Texture</b>	<b>Pâteux</b>	×	×		×		
	<b>Crémeux</b>			×			
	<b>Velouté</b>					×	
	<b>Préséance de morceaux de fruit</b>						
<b>Arome</b>	<b>Naturel</b>	×	×	×	×	×	
	<b>Artificiel</b>						
<b>Couleur</b>	<b>Blanc</b>	×	×			×	
	<b>Coloré</b>			×	×		