

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

Laboratoire : Sciences, Technologies et Développement Durable

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Nutrition et pathologie

Thème

Incorporation de la gomme de caroube dans la fabrication d'un fromage fondu

Présenté par :

M^{lle} Henni Mansour Sara

M^r Chelha Mohamed Chihab

Devant le jury :

Dr KOUIDRI A.	MCA	USDB1	Présidente
Dr MEZIANE Z.	MCB	USDB1	Examinatrice
Dr DEFFAIRI D.	MCB	USDB1	Promotrice

Année universitaire : 2021-2022

*« Certes, il y 'a des travaux pénibles ;
Mais la joie de la réussite n'a-t-elle pas à
compenser nos douleurs ? »*

Jean de la bruyère



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, on exprime nos remerciements au Bon dieu de nous avoir donner le courage et la force d'aller au bout de nos fins pour terminer notre travail et pour ça bienveillance.

Nos profonde gratitude vont à notre promotrice **M^{me} DEFFAIRI D.** Maître de Conférences Département sciences alimentaires Faculté des Sciences de la Nature et de Vie ,Université Blida 1 pour l'honneur qui nous a fait de nous encadrer, pour ses précieux conseils ses orientations et la confiance qu'elle nous a fait, dont en garderie les souvenirs de ses qualités profondément humaine .

On tient également à exprimer nos sincères remerciement à :

- ❖ **M^{me} KOUIDRI A.** Maîtrede Conférences Département sciences alimentaires Faculté des Sciences de la Nature et de Vie ,Université Blida 1 d'avoir accepté de présider le jury et de juger notre travail.
- ❖ **M^{me} MEZIANE Z.** Maître de Conférences Département sciences alimentaires Faculté des Sciences de la Nature et de Vie ,Université Blida 1 d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier aussi **M^{me} Abdul Hussain Alia** Maître de Conférences
Département Biologie Moléculaire et cellulaire Faculté des Sciences de la Nature et de Vie,
Université Blida 1 pour sa contribution et le temps qu'elle a consacré pour nous faire l'étude
statistique.

Dédicace

Je dédie cet humble travail avec un grand amour, sincérité et fierté :

A mes chers parents, source de tendresse et de noblesse. Tout ce que je peux vous offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je vous porte.

En témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier pour vos sacrifices et pour l'affection dont vous m'avez toujours entourée.

A ma chère grande sœur Selma, merci énormément pour ton soutien plus que précieux, pour ton grand cœur et toutes tes qualités qui seraient trop longues à énumérer. Ma vie ne serait pas aussi magique sans ta présence. Que Dieu te garde et illumine ton chemin.

Sans oublier mon binôme Chihab pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Mes tendres pensées vont à tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé de près ou de loin, et la mémoire peut en oublier d'autres, que j'en sois excusée.

Sara

Dédicace

A la mémoire de mon père { Allah yrhmou) Qui m'a fait un homme, qui a été ma source d'inspiration, mon meilleur ami et mon professeur.

-A l'être le plus cher de ma vie, ma mère je tiens à te remercier pour tes sacrifices et ton soutien depuis mon existence.

-A ma petite sœur adorée Sirine .

-A toute la famille Chelha et Melikaoui (oncles, tantes, cousins, cousines)

-A tous mes fidèles amis (es) sans citer de noms Pour ne pas oublier d'autres

-A mon binôme Sara

-A tous ce qui m'ont aidé de près ou de loin durant les moments difficiles

Chihab

Résumé

Notre travail consiste à l'étude de l'effet de l'incorporation de différentes doses de la gomme de caroube (0,1, 0.5 et 1%) sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques d'un fromage fondu.

L'analyse physicochimique de la gomme de caroube brute a montré environ 1.22 % de cendres, 7.55 % de protéines. Concernant les métabolites secondaires, nous avons noté que la gomme était riche en fibre (1.65%) et en sucre (4.9g/100g).

Les analyses physicochimiques du fromage fondu incorporé de différentes concentrations de gomme de caroube a montré une conformité totale de tous les paramètres recherchés (pH, MG, ES) aux normes exigées.

L'analyse statistique a révélé un effet très hautement significatif de la dose de la gomme de caroube brute sur les paramètres physicochimiques du fromage ce qui est traduit par l'augmentation de la teneur des protéines et de la matière sèche ainsi que l'enrichissement en fibres alimentaires.

Les analyses microbiologiques de la gomme de caroube et du fromage fondu ont montré que ces deux derniers sont exempt de tous les germes pathogène de contamination et d'altération recherchés (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, coliformes totaux et enfin *Salmonella*) donc une très bonne qualité hygiénique et sanitaire sont enregistrées, ce qui nous permet de conclure que les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrications sont respectés.

Le jury de dégustation a jugé que la dose 0.5% de gomme de caroube incorporé dans le fromage présente un aspect homogène, une bonne texture avec une couleur conforme, donc présente un effet positif sur la qualité du fromage fondu et considéré comme meilleure dose sur le plan organoleptique.

Mots clés : Fromage fondu, Gomme de caroube, Valorisation, Qualité nutritionnelle.

Abstract

Our work involves studying the effect of the incorporation of different doses of locust bean gum (0, 0.1, 0.5 and 1g) on the physico-chemical and microbiological properties of a processed cheese.

Physicochemical analysis of raw locust bean gum showed about 1.22% ash, 7.55% protein. Regarding secondary metabolites, we noted that gum was rich in fiber (1.65%) and sugar (4.9 g/100 g).

Physicochemical analyzes of the incorporated processed cheese of different concentrations of locust bean gum showed that all the desired parameters (pH, MG, ES) met the required standards.

The statistical analysis revealed a very highly significant effect of the raw carob gum dose on the physicochemical parameters of the cheese, which is reflected in the increase in protein and dry matter content as well as the enrichment in dietary fiber.

Microbiological analyzes of locust bean gum and processed cheese have shown that the latter two are free of all the pathogenic and weathering germs sought (Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, total coliforms and finally Salmonella) and therefore very good hygiene and health quality are recorded, which allows us to conclude that good hygiene and manufacturing practices are respected.

The tasting panel found that the 0.5g dose of locust bean gum incorporated into the cheese has a homogeneous appearance, a good texture with a consistent color, and therefore has a positive effect on the quality of the processed cheese and is therefore considered to be the best organoleptic dose.

Keywords: Processed cheese, locust bean gum, recovery, nutritional quality.

ملخص

على الخصائص الفيزيائية - الكيميائية (g وعملنا هو دراسة أثر إدراج جرعات مختلفة من لثة الخروب (0.5، 0.1، 0 و 1 و الجرثومية للجبين الخفيف .

وقد أظهر التحليل الفيزيائي الكيميائي للثة الخروب الخام حوالي 1.22 في المائة من الرماد و 7.55 في المائة من البروتين. (g/100g وفيما يتعلق بالمستقلبات الثانوية لاحظنا أن الصمغ غني بالألياف (1.65 في المائة) وبالسكر (4.9).

و (PH) وقد أظهرت التحاليل الفيزيائية للجبين المقلوب من تركيبات مختلفة من لثة الخروب أن جميع البارامترات المطلوبة (MG و ES) مطابقة كاملة للمعايير المطلوبة (MG و ES).

وقد أظهر التحليل الإحصائي أن جرعة لثة الخروب الخام ذات تأثير كبير جدا على بارامترات الجبنة الفيزيائية الكيميائية مما أدى إلى زيادة البروتينات والمواد الجافة فضلا عن إثراء الألياف الغذائية.

وقد أظهرت التحاليل الجرثومية البيولوجية للطحوم والجبنة المحذوفة أن هذين النوعين لا يتحققان من جميع الجراثيم ، Colleximonie ، Listeretugenes ، Staphylokokuus auuus (المسببة للمرض أو التشوهات المطلوبة مما يؤدي إلى وجود سجل سليم للغاية بشأن سلامة النظافة الصحية والممارسات الصحية السليمة في مجال Smonila) ... النظافة والمصانع

من لثة الخروب المدمج في الجبنة هي شكل متجانس وملمس جيد بلون متوافق g وقد رأت هيئة المحلفين أن الجرعة 0.5 وبالتالي فإن لها تأثيرا إيجابيا على جودة الجبنة المشوبة وبالتالي تعتبر أفضل جرعة عضوية.

الكلمات الرئيسية: جبنة مقسمة علكة الخروب التقييم الجودة الغذائية

Sommaire

Résumé	
Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
Chapitre 1 : Partie bibliographique.....	03
Partie 1 : Généralités de gomme de caroube.....	04
1.1. Généralités sur le caroubier.....	05
1.1.1. Présentation de l'espèce <i>Ceratonia siliqua L.</i>	05
1.1.2. Description botanique du caroubier.....	05
1.1.3. Répartition géographique du caroubier.....	06
1.1.4. Reproduction biologique	08
1.1.5. Composition du caroubier.....	09
1.1.6. Intérêt et utilisation du caroubier.....	10
1.2. Gomme de caroube.....	11
1.2.1. Structure.....	12
1.2.2. Comportement Rhéologique.....	13
1.2.3. Application.....	14
1.2.4. Bienfaits et vertus de la gomme de caroube	16
Partie 2 : Le fromage fondu.....	19
2.1. Le fromage.....	19
2.2. Le fromage fondu.....	20

2.2.1. Historique et marché.....	21
2.2.2. Présentation actuelle du produit.....	22
2.3. Technologie : Matière première.....	23
2.3.1. Matière première laitière	23
2.3.1.1. Les fromages naturels.....	23
2.3.1.2. Autres matières premières laitières	23
2.4. Technologie de la fonte	24
2.5. Propriétés organoleptiques du fromage fondu.....	28
2.6. Valeur nutritionnelle du fromage fondu.....	29
Chapitre 2 : Partie expérimentale	30
Partie 3 : Matériel et méthodes	31
3.1. Objectif.....	32
3.2. Matériel.....	32
3.2.1. Présentation de la matière première.....	32
3.3. Méthodes.....	35
3.3.1. Analyse physico-chimique de la gomme de caroube.....	35
3.3.1.1. Détermination des métabolites primaires.....	35
3.3.1.2. Détermination de l'acidité titrable.....	36
3.3.1.3. Détermination de taux des pertes pendant le séchage.....	37
3.3.1.4. Détermination de la matière sèche	38
3.3.1.5. Détermination de la teneur en cendre.....	38
3.3.1.6. Dosage des sucres.....	39
3.3.1.7. Détermination du résidu sec soluble.....	41
3.3.1.8. Détermination de la teneur en lipide.....	42
3.3.1.9. Quantification des protéines solubles.....	43
3.4. Les Analyses physico-chimiques du fromage fondu.	44
3.5. L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu	45

3.6. Analyses physico-chimiques et microbiologiques du fromage fondu incorporé	47
3.7. Analyse statistique	53
Partie 4 : Résultats et discussion.....	54
4.1. Résultats des analyses physico-chimiques de la gomme de caroube et de fromage fondu	55
4.2. Résultats des analyses physico-chimiques de fromage fondu.....	62
4.3. Résultats des analyses physico-chimiques de produit fini.....	63
4.4. Résultats bactériologiques de fromage fondu.....	66
Conclusion générale	70
Références bibliographiques	73
Annexes	78

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation

SFB ; Bouillon au sélénite du sodium et cystéine

FAO : Food and agricultural organization

E410 : Additif naturel de la gomme de caroube

JORA : : Journal Officiel Algérie

PEG : Polyéthylène glycol

USA : Etats-Unis

µg : Microgramme

C : Concentration

Nm : Nanomètre

H : heure

V_{eq} : Volume équivalent

E : Echantillon

UHT : Ultra haut température

LBG : La gomme de caroube

MG : Matière grasse

MS : Matière sèche

ES : Extrait sec

EST : Extrait sec total

Cr : Taux de cendre

m : Masse

P : Probability value

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I	Composition moyenne de la pulpe de caroube	09
Tableau II	Les produits dérivés de la graine de caroube et leurs applications	15
Tableau III	Résultats des analyses physico-chimiques de la gomme de caroube	55
Tableau IV	Résultats des analyses physico-chimiques de fromage fondu	62
Tableau V	Analyse physico-chimique du fromage fondu après la pasteurisation	66
Tableau VI	Résultats de dénombrement de coliforme totaux du fromage fondu	69
Tableau VII	Résultats de dénombrement de Salmonelle du fromage fondu	69
Tableau VIII	Résultats de dénombrement de Staphylococcus aureus du fromage fondu	70
Tableau IX	Analyse microbiologique du fromage après la pasteurisation	70

Liste des figures

Figure	Titre	page
Figure 1	Le caroubier	06
Figure 2	Répartition géographique de Ceratonia Siliqua L dans le monde	07
Figure 3	Répartition géographique de Ceratonia Siliqua L en Algérie	08
Figure 4	Structure de la gomme de caroube	12
Figure 5	Schéma des principales étapes de fabrication du fromage	25
Figure 6	Fruit du caroubier	33
Figure 7	Les graines de caroubier	33
Figure 8	L'endosperme et les germes des graines de caroube	34
Figure 9	L'endosperme pendant le séchage	34
Figure 10	L'endosperme après le séchage	34
Figure 11	La gomme de caroube	35
Figure 12	pH-mètre	36
Figure 13	Gomme de caroube	36
Figure 14	Agitateur	36
Figure 15	Titration de solution	37
Figure 16	Gomme de caroube	40
Figure 17	Filtration du mélange	41
Figure 18	Les échantillons du sucre à étudier	42
Figure 19	Préparation de mélange	43
Figure 20	L'appareil de SOXHL	44
Figure 21	Préparation du produit fini	45

Figure 22	L'incorporation de différentes quantités de gomme de caroube dans 300g du fromage fondu	45
Figure 23	Les échantillons de fromage fabriqué	46
Figure 24	Détermination du pH	46
Figure 25	Détermination du matière grasse	46
Figure 26	Gélose désoxycolate	46
Figure 27	Eau peptone tamponnée	46
Figure 28	Incubation des échantillons dans l'étuve	47
Figure 29	La pratique de l'analyse physico-chimique (matière grasse)	49
Figure 30	Bain marie	49
Figure 31	Butyromètre	50
Figure 32	pH mètre	51
Figure 33	La pratique de l'analyse physico-chimique	51
Figure 34	L'appareil qui mesure la matière sèche	52
Figure 35	La pratique de l'analyse physico-chimique	53
Figure 36	Analyse taux de perte pendant le séchage	56
Figure 37	Analyse de l'acidité titrable (%)	57
Figure 38	Analyse taux des cendres (%)	58
Figure 39	Analyse du degré de Brix (%)	59
Figure 40	Analyse taux de protéine	60
Figure 41	Analyse taux du sucre	61
Figure 42	Analyse taux de fibre	62
Figure 43	Analyse du pH	63
Figure 44	Analyse de l'extrait sec	63
Figure 45	Analyse de la matière sèche	64

Figure 46	Analyse taux du MG/ES	65
Figure 47	Analyse taux de l'extrait sec	67
Figure 48	Analyse taux de matière sèche	68
Figure 49	Analyse taux du MG/MS	69
Figure 50	Résultat de Salmonelle	71
Figure 51	Résultat de Listeria	71
Figure 52	Résultat de Staphylococcus	72
Figure 53	Résultat d'E.coli	72



Introduction générale

Introduction générale

La croissance de la population mondiale et l'amélioration du niveau de vie nécessitent une augmentation de l'approvisionnement alimentaire. Cela peut être réalisé non seulement en augmentant les rendements, mais aussi en améliorant la protection et la conservation des aliments et en adoptant les meilleures techniques de transformation, en suivant le rythme des progrès de la technologie alimentaire.

La culture du caroubier, cet arbre aux multiples vertus, demeure négligée en Algérie. A l'ère où les diététiciens appellent à l'adoption d'une alimentation saine et équilibrée, la graine de caroube est très peu valorisée sur son propre terrain. «Le caroubier en Algérie reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement, et ce, malgré les retombées socio-économiques que cette plante peut avoir à l'échelle nationale et surtout régionale». L'Algérie est à la traîne parmi les pays méditerranéens producteurs de caroube, loin derrière l'Espagne, le Maroc, Actuellement, les rares cultivateurs de cet arbre le font pour des fins d'exportation. Au-delà des revenus en devise que la culture du caroubier peut générer, celle-ci reste une solution écologique par excellence en ces temps de stress hydrique. En effet, la culture du caroubier peut répondre à deux problématiques majeures : la sécheresse et la salinité des sols. Il croît bien dans les régions tempérées et subtropicales et tolère les zones côtières chaudes et humides. C'est une espèce qui résiste très bien à la sécheresse, selon l'étude précitée. Cet arbre pousse et croît sur des sols calcaires. La racine principale est ramifiée en plusieurs racines latérales ou secondaires de grande longueur et avec une tendance à être superficielles, en particulier sur les sols compacts ou peu profonds. **(Boutonnier, 2000).**

Deux conséquences du changement climatique dont souffre l'Algérie actuellement. Arbre rustique, s'adaptant facilement aux contraintes de l'environnement, le caroubier peut être utilisé pour le reboisement des zones affectées par l'érosion et la désertification. C'est un arbre pérenne à feuilles persistantes.

Toutes les composantes de l'arbre (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorce, racines) sont bénéfiques et ont une valeur ornementale et paysagère. A ce titre, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et arbres forestiers ayant le plus grand potentiel de restauration, grâce à son abondance de nutriments, ce qui a attiré l'attention de certains chercheurs, notamment ses graines, dont la valeur dépasse de loin celle de la production de bois. En conséquence, les gousses entières, la pulpe, les graines et les gommages sont largement commercialisées vers l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire **(Biner et al., 2007).**

Introduction générale

La gomme de caroube purifiée (E410) issue de l'endosperme est largement utilisée dans la formulation de diverses industries alimentaires (alimentation, confiserie, etc.), cosmétiques et pharmaceutiques, comme épaississant, agent de charge, liant et stabilisant dans les formulations d'émulsions (**Calixto et Canellas , 1982 ; Sandolo et al., 2007**). Ces derniers sont utilisés dans une variété de produits de l'industrie alimentaire, dont les plus importants sont la crème glacée, les aliments pour bébés, le fromage fondu et les produits laitiers (**Correia & Martins-Loucao, 1995, 2005**).

Le fromage a une forme ancestrale qui préserve les protéines, les graisses et une partie du calcium et du phosphore, ses qualités nutritionnelles sont appréciées par l'homme ou presque toutes les régions du globe.

Il existe de nombreux types de fromages, selon la nature du lait et la technique utilisée (**Mahaut et al., 2000**). Le fromage fondu est un mode de préparation plus récent qui permet de stabiliser les protéines lactières tout en conservant plus ou moins l'aspect du fromage (**Boutonnier, 2000**).

Cependant, le caractère de production d'exopolysaccharides par certaines souches lactiques est extrêmement instable dans les ferments industriels sans que la cause en ait été encore

Déterminée. De plus, il est difficile de corrélérer la viscosité du produit avec la production d'exopolysaccharides, étant donné que la viscosité ne dépend pas uniquement de la quantité

d'exopolysaccharides présentes, mais dépend également de la structure et du poids moléculaire de ces composés, ainsi que de leur interaction avec les protéines du fromage au cours de la fermentation (**Luquet et Corieu, 2005**).

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

- La première partie est consacrée à une étude bibliographique portant sur quelques généralités sur le fromage fondu, la caroube et la gomme de caroube.
- La deuxième partie est dédiée à une étude expérimentale et est constituée de deux chapitres on va réaliser une étude expérimentale, principalement axée sur:
 - ❖ matériel et les méthodes utilisés pour l'appréciation de la qualité physico-chimique et microbiologique de la gomme de caroube et le fromage fondu incorporé de la gomme de caroube

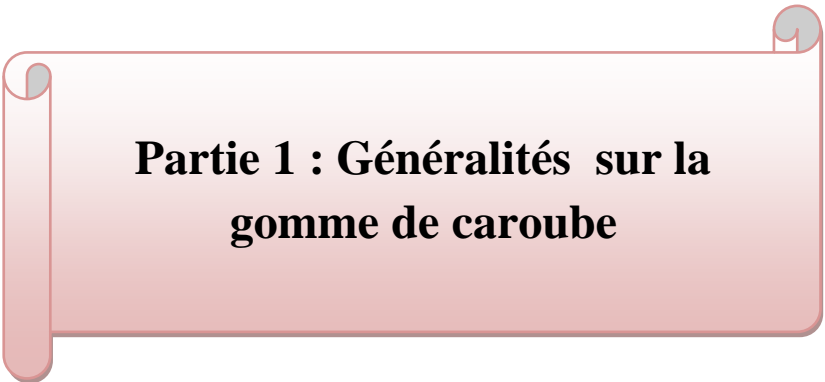
Introduction générale

- ❖ La présentation et la discussion des résultats obtenus.
- ❖ Enfin une conclusion générale et des perspectives.

(Le stage a été réalisé l'année passée par la thèse « L'effet physico-chimique et microbiologique de la gomme de caroube dans la fabrication d'un fromage fondu »)



**Chapitre 1 : Partie
bibliographique**



**Partie 1 : Généralités sur la
gomme de caroube**

1.1. Généralités sur le caroubier

1.1.1. Présentation de l'espèce *Ceratonia siliqua* L

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est un arbre fruitier méditerranéen, genre Légumineuses utilisées pour la production depuis l'Antiquité Le fruit de l'homme et le bétail.

Capable de produire sur des terrains pauvres en marge des cultures ou sur des coteaux difficiles à cultiver, le caroubier a apporté une ressource vitale à de nombreux peuples de méditerranée (**Baumel et al .,2017**)

Il est naturellement présent dans la végétation forestière ou pré-forestière thermophile de méditerranée où il est souvent associé à *Pistacia lentiscus* (**Baumel et al .,2018**)

- ❖ **Nom scientifique** : *Ceratonia siliqua* L.
- ❖ **Noms communs** : Caroubier, carouge, figuier d'Égypte, pain de saint Jean-Baptiste, fève de Pythagore.
- ❖ **Noms anglais**: CAROB, LOCUST TREE, SAINT JOHN'S BREAD.
- ❖ **Classification botanique** : famille des fabacées (FABACEAE).
- ❖ **Différentes formes et préparations** : poudres, brisures, boissons, sirops, gélules.

1.1.2. Description botanique du caroubier :

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est un arbre ou un arbuste à feuilles persistantes dioïque qui cultivé dans la région méditerranéenne. Tolérant à la sécheresse mais sensible au froid jusqu'à 7 à 15 mètres La taille et la longueur sont de 1 semaine. 2 à 3 m à la base du tronc. Durée de conservation jusqu'à 500 ans. L'écorce du caroubier est lisse et grise Il est jeune, brun et rugueux en vieillissant, et son bois rougeâtre est très dur (figureI) (**Biner et al . , 2007**).



Figure 1 : Le caroubier (The nature conservancy.,2001)

1.1.3. Répartition géographique du caroubier

❖ Dans le monde

Le caroubier est un arbre essentiellement méditerranéen, dont l'aire de répartition s'étend sur l'Asie mineure, l'Afrique du Nord, l'Europe méridionale et la péninsule Ibérique. En effet on le rencontre en allant de l'Espagne et du Portugal jusqu'en Turquie, en passant par le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, l'Égypte, mais également en Syrie, en Yougoslavie, en Grèce, à Chypre, en Italie et en **France (Boudy ,1950 ; Gharnit , 2003 ; Rajeb , 1995).**

Il a été introduit avec réussite dans d'autres pays, notamment en Australie, en Afrique Du Sud, aux États-Unis, aux Philippines, ainsi qu'en Iran (figure2) (**Rajeb et al .,1991**).

Généralités sur le caroubier

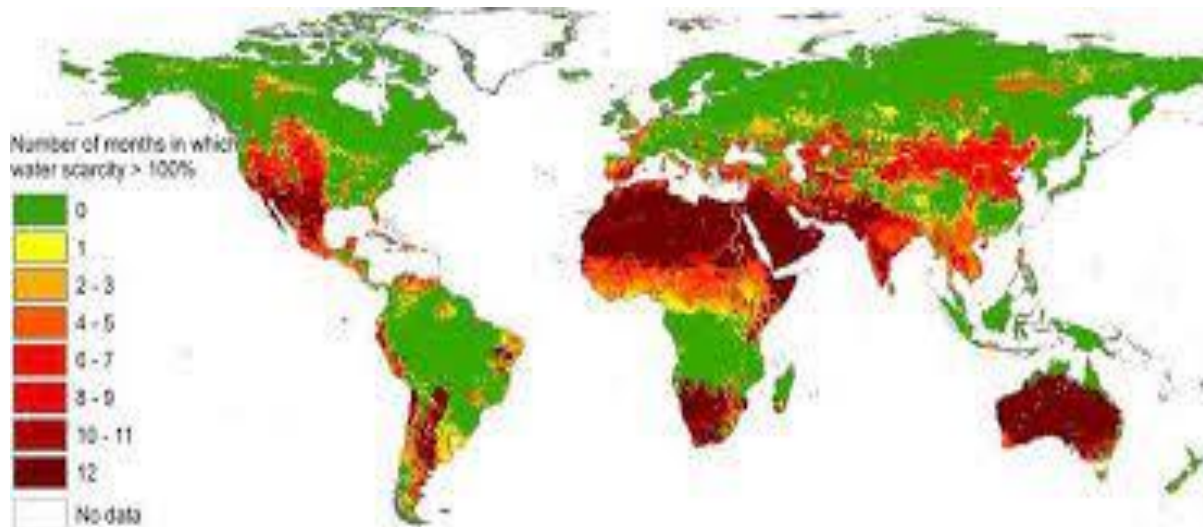


Figure 2 : Répartition géographique de *Ceratonia siliqua* L. dans le monde (The soils, FAO)

❖ En Algérie :

Taslaghwa et Akharrouv de Kabyle, nom scientifique *Ceratonia Siliqua* L. ou El Kharoub en arabe. Est un arbre méditerranéen aux multiples vertus. En Algérie, c'est presque partout Au nord du pays, voire au nord du désert du Sahara, l'altitude est inférieure à 1700 mètres. A Boumerdès, les montagnards et Caroubier, au village de Talilt, en hauteur dans la commune de Beni Amrane. Les résidents continuent de profiter de l'arbre (**Arbane , 2015**) .

En Algérie, comme dans certains pays méditerranéens, légumineuses et *ceratonia* pousse dans les régions semi-humides, semi-arides. Il est souvent associé aux oliviers et aux arbres à encens. Sur la base de ces critères climatiques, l'aire de répartition du caroubier en Algérie a été déterminée. Ses lieux de prédilection sont les collines ensoleillées des zones côtières ou hauturières. ès : Alger Sahel, Dakhla, Grand Issel, Oran Monts et intérieur (1054 hectares), il tombe jusqu'à Busada , mais aucun résultat là-bas, dans la région de Tralas au nord de Tlemcen (figure3) (**Lavallee, 1962**) .

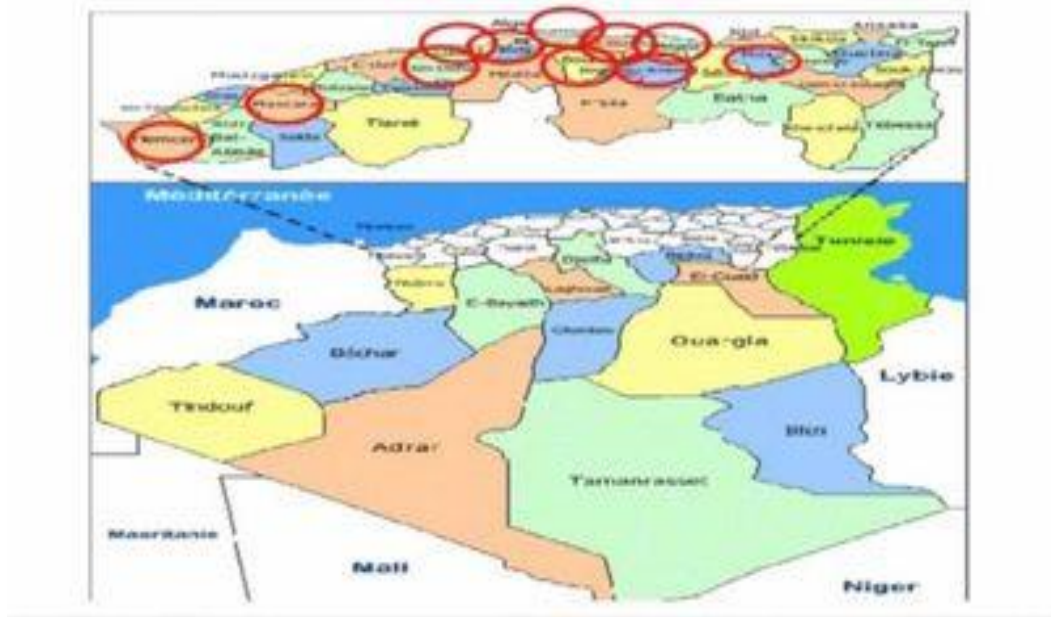


Figure 3 : Répartition géographique de *Ceratonia siliqua* L. En Algérie (Lavalée, 1962)

1.1.4. Reproduction biologique

De nombreux aspects liés à la reproduction biologique des caroubiers tels que la floraison la pollinisation, la compatibilité entre les sexes et même entre les races, et de ce fait, elle reste largement méconnue (Batlle et al., 1997). La caroube est considérée comme seul arbre méditerranéen qui fleurit en été : d'août à octobre (Aafi, 1996) ou Automne : de septembre à novembre (Fournier, 1977). Cependant, le temps et la durée La période de florais.

On dépend des conditions climatiques (Batlle et al., 1997). Quatre types d'inflorescence décrit par Schroeder (1959) peuvent parfois être rencontrés sur le même arbre :

- les fleurs pistillées
- les fleurs pistillées avec parfois des fleurs parfaites ou staminées (l'arbre se comporte comme un pied femelle)
- les fleurs parfaites avec parfois des fleurs staminées
- les fleurs staminées ; la fleur peut démarrer hermaphrodite puis il y a une chute des pistils

et la fleur devient staminée du point de vue structure et fonction.

La pollinisation des fleurs du caroubier est, en grande partie, assurée par les insectes généralités sur le caroubier (Retana et al., 1990, 1994; Rejeb et al., 1991; Ortiz et al.,

Généralités sur le caroubier

1996) mais aussi par le vent (Passos de Carvalho, 1988; Tous et Batlle, 1990). Les trois sexes de fleur, sécrètent des substances nectarifères dont la quantité et la contenance en sucre sont élevées dans la fleur femelle par rapport à son homologue mâle (Ortiz et al., 1996).

1.1.5. Composition du caroubier :

Chaque caroube pèse une quinzaine de grammes et contient de la pulpe charnue constituée de 40 % de sucres (glucose et du saccharose), 35 % d'amidon, 7 % de protéines ; des graisses, des tannins et des sels minéraux. La caroube est riche en calcium, phosphore, magnésium, silice, fer et pectine. Les propriétés épaississantes sont dues à la présence d'un sucre, le galactomannane (tableauI) (Lavallee et al . , 1997) .

Tableau I : composition moyenne de la pulpe de caroube (Lavallee et al . , 1997)

Composants	%
Sucres	40-60
Saccaroses	27-40
Glucoses	3-5
Fructoses	3-8
Protéines	2-6
Lipides	0,4-0,6
Composées phénoliques	2-20
Cendres	2-3
Fibres	27-50

Le caroubier contient également des composées phénoliques (2 à 20% de M.S) qui lui confèrent différents rôles : antioxydant, facilité de la digestion, baisse du taux cholestérol, ect. Différentes études ont montré que ces polyphénols sont essentiellement des tanins condensés (16 à 20%), des proanthocyanidines, des flavonoïdes, des ellagitannins, etc. (Owen et al . , 2003 ; Markis et al . , 2004) .

1.1.6. Intérêt et utilisation du caroubier

Le caroubier est une espèce à la fois forestière et arboricole. Il a une grande importance économique, écologique et sociale. Ses utilisations sont multiples.

Les graines de caroube contiennent une quantité non négligeable d'actifs antioxydants comme les polyphénols. Ces molécules organiques, présentes dans de nombreux végétaux, luttent efficacement contre les radicaux libres et limitent leurs dommages.

Les vitamines de la caroube participent elles aussi à la défense de l'organisme. La vitamine A, par exemple, soutient le fonctionnement du système immunitaire et ralentit le vieillissement cellulaire, tout comme la vitamine E. Quant à la vitamine B2 (ou riboflavine), elle est impliquée dans la fabrication de nombreuses enzymes et dans la régénération du glutathion, un puissant antioxydant.

Enfin, les graines de caroube contiennent aussi du fer qui entre dans la composition des enzymes antioxydantes de l'organisme.

Les graines de caroube sont d'une aide précieuse pour soulager les troubles digestifs et gastro-intestinaux : digestion difficile, diarrhée, constipation, brûlures d'estomac, maux de ventre, intestins paresseux, irritations du côlon...**(Priolo et al., 2000)**,

Grâce à sa haute teneur en fibres (40 g pour 100 g), la caroube participe au bon fonctionnement du transit intestinal. C'est un excellent anti-diarrhéique mais aussi un laxatif naturel qui facilite la progression des selles dans le côlon. À ce titre on peut les comparer aux graines de chia. **(Priolo et al., 2000)**,

Les graines contiennent aussi de la pectine, une substance végétale qui assure la protection des muqueuses gastriques et des parois intestinales. La caroube contribue également à améliorer la flore intestinale grâce à son effet prébiotique.

Les fibres solubles contribuent elles aussi à diminuer le taux de cholestérol en limitant l'absorption des glucides et des lipides. **(Priolo et al., 2000)**,

1.1.6.1. Arbre

Il est utilisé pour le reboisement et la reforestation dans les zones touchées par l'érosion et la désertification **(Boudy., 1950 ; Rejeb et al., 1991 ; Biner et al., 2007)**. Il est également utilisé comme plante ornementale pour les bords de route et les jardins. **(Butler et al., 1997)**. Actuellement, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants car toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorce et racines) sont utiles et précieuses dans plusieurs domaines. **(Afi, 1996)**.

1.1.6.2. Fruits

Le fruit du caroubier, ou caroubier, est constitué de pulpe qui enveloppe des graines régulières. En fait, la pulpe sucrée des graines de caroube est utilisée depuis longtemps comme aliment pour le bétail avec d'autres aliments comme la farine d'orge (**Ait Chitt et al., 2007**). Selon des recherches (**Lizardo et al., 2002**), la farine de caroube semble être un produit très adapté à l'alimentation des porcelets. Il est utile de l'inclure dans l'alimentation pour soutenir l'apport alimentaire, la croissance et la santé post-sevrage.

La farine obtenue par séchage, torréfaction et broyage des gousses après épépinage est principalement utilisée dans l'industrie agro-alimentaire (**Sbay et Abourouh, 2006**) pour la préparation de jus sucrés, de chocolat, de biscuits et de substitut de cacao (**Berrougui, 2007**).

De nombreuses études cliniques ont mis en évidence l'efficacité de la poudre de caroube dans le traitement des diarrhées aiguës chez l'enfant (**Serairi et al., 2000**), confirmée par des études cliniques (**Loeb et al., 1989**) chez des enfants âgés de 3 à 21 mois. , ont montré des améliorations plus rapides du transit intestinal, de la température corporelle et du poids des enfants après la poudre de caroube orale. Selon (**Rejeb, 1995**), l'utilisation de la pulpe dentaire est recommandée pour la prévention de la tuberculose et des infections bronchiques. Riche en antioxydants (composés phénoliques), en sucres, en protéines, en fibres, en potassium et en calcium, cette plante est connue en thérapeutique pour ses effets anti-cholestérol, anti-prolifératif, anti-diarrhéique et digestif (**Berrougui, 2007**). D'autres études expérimentales ont démontré le pouvoir bactéricide de la pulpe de caroube contre *Staphylococcus aureus*.

La caroube adsorbe également les entérotoxines produites par certaines souches d'*Escherichia coli* et de *Staphylococcus* ainsi que *Vibrio cholerae*, un mécanisme d'adsorption expliqué par la présence de tanins dans les parties insolubles et actives de la caroube (**Tolentino., 1950**).

Outre les travaux de (**El Allagui et al., 2007**) démontrant son pouvoir nématocide dû à la teneur en composés phénoliques, la caroube possède des activités antibactériennes et antioxydantes (**Ben Hsouna et al., 1986**). Selon des recherches récentes (**Sanchez et al., 2010**), la caroube est une source peu coûteuse de caroube Glucides utilisés dans la production de bioéthanol.

1.1.6.3. Les autres parties de l'arbre

Les autres parties de l'arbre sont aussi exploitées ; en effet, la fleur est utilisée par les apiculteurs pour la production du miel de caroube, alors que les feuilles sont utiles pour l'alimentation des animaux. L'écorce et les racines sont utilisées en tannerie grâce à leur teneur en tanins. Le bois du caroubier, dur, de couleur rouge, est estimé dans la charbonnerie et la menuiserie (**Hariri et al., 2009**). Dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles

associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles (**Priolo et al., 2000**), ces derniers ont été utilisés en Turquie, dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique (**Baytop., 1984**); ils ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxiques et antimicrobiennes (**Kivçak et Mart., 2002**).

1.2. Gomme de caroube

La gomme de caroube est un galactomannane, qui n'est autre que le polysaccharide obtenu à partir de l'endosperme de la graine après élimination de la cuticule et du germe (**Kök et al., 1998**). La composition typique d'un LBG de haute pureté est de 10 à 13% d'humidité, 5% de protéine, 1% de cendres, 1% des fibres de et le reste est de 80 à 85% de galactomannane (**Maier et al., 1993**)

Ce polysaccharide est utilisé dans l'industrie alimentaire (additif naturel E 410 dans les crèmes glacées, mayonnaises, sauces, produits de boulangerie, etc.) ou nonalimentaires (industries pharmaceutiques, cosmétique, photographie, béton, explosifs, peinture, encre, cirage, textiles textile et du papier, produits anti-diarrhéiques, etc.). Cette large utilisation est due à ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (**Multon, 1984; Goycoola et al., 1995; Batlle et al., 1997; Garti et al., 1997; Patmore et al., 2003**). En plus, son prix est faible par rapport aux autres polysaccharides utilisés dans l'industrie alimentaire (**Kök et al., 1998**). Également, il est exploité pour sa propriété synergiste avec le carraghénane, l'agar et la gomme de xanthane, même à des faibles concentrations. Le galactomannane conduit à une augmentation de la rigidité finale du gel ou favorise la gélification pour former des gels plus forts et plus élastiques (**Hoichman et al., 2007, Lopes da Silva et al., 1996; Dea & Morrison, 1975; Dea, 1972**). Récemment, quelques d'études ont également évoqué ce sous-produit de l'industrie comme une bonne source de polyphénols (**Bernardo, 2011**)

1.2.1. Structure

Les galactomannanes ont une structure générale semblable, constituée d'une chaîne de monomères dont chacune possède une chaîne principale de mannane sur laquelle il existe des ramifications d'une unité galactose. Ils se distinguent par leur teneur en unité galactose exprimée par le rapport mannose sur galactose (M/G), par la répartition des unités galactose le long de la chaîne de mannane et aussi par leur masse molaire (**Fox, 1992 ; Azero et al., 2002**). Cette différence dans la « microstructure » influencent fortement les interactions moléculaires (**da Silva et al., 1990 ; Mao et al., 2006**) et les propriétés rhéologiques des solutions de galactomannanes. En outre, les galactomannanes sont des polysaccharides hydrosolubles et neutres (figure4) (**Dea et al., 1975**).

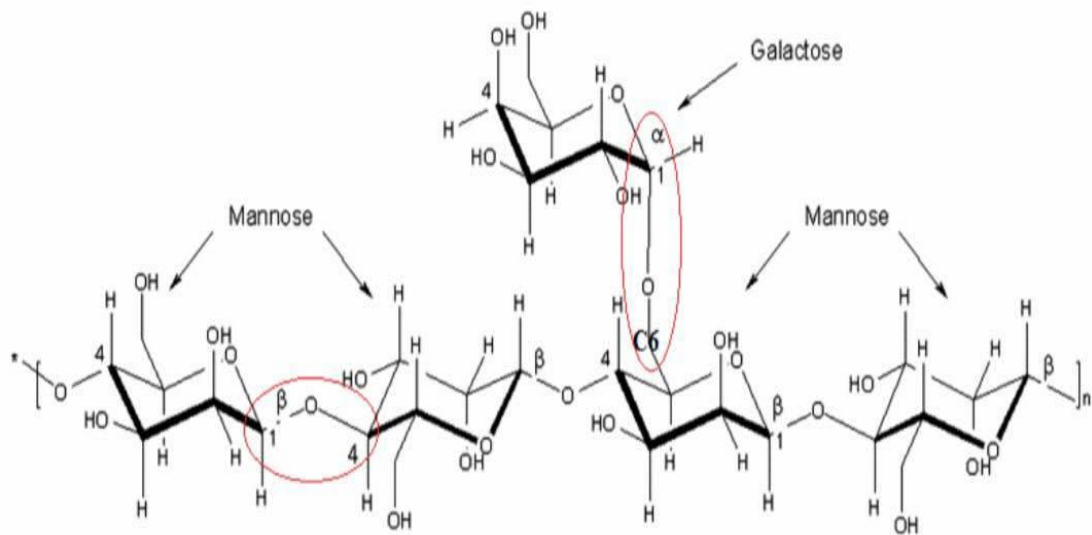


Figure 4 : Structure de la gomme de caroube; rapport mannose (α 1,4) galactose (β 1,6) (McCleary et al., 1988 ; Richardson et al., 1998).

Généralement, les galactomannanes sont des polysaccharides non-gélifiants constitués d'une chaîne linéaire de 1,4- β - D-mannose sur laquelle un seul D-galactosyle est attaché sur le carbone C6 du D-mannosyl (Pollard, 2007; Lopes da Silva et al, 1996). La répartition des résidus de galactose a été avérée irrégulière, (McCleary, 1986), laissant des régions du mannose non substitué. On pense que ces régions permettent des interactions avec d'autres polysaccharides, telles que l'interaction synergique avec x-carraghénane (Sand, 1982) et peut également assurer une protection contre la dégradation thermique par auto-association, par opposition à la gomme de gaur, qui n'a pas des régions de mannose non substituées (McCleary et al., 1985; Kok 1999). La teneur en gomme de caroube diffère considérablement entre les cultivars même dans les mêmes conditions environnementales (Sand, 1982).

1.2.2. Comportement Rhéologique

La gomme pure peut être plus sensible à la dégradation, sous l'influence de la température, que la gomme non pure car cette dernière contient des matières qui protègent le galactomannane de la dégradation. Les constituants protéiques semblent jouer ce rôle car les acides aminés sont connus pour leur forte interaction avec les petites chaînes libres qui sont impliquées dans la dégradation de la molécule sous les hautes températures (Kök et al., 1998). Par ailleurs, La gomme de caroube seule ne forme jamais un gel mais elle peut former des solutions stables très visqueuses à des concentrations très faibles (<1%) grâce à ses

fortes capacités de rétention d'eau (gonfler avec l'eau) non assimilable par l'organisme (**Battle et Tous, 1997, Pollard, 2006**) LBG est largement utilisé comme additif dans les industries alimentaires et non alimentaires, en raison de sa capacité à fournir une haute viscosité même à des faibles concentrations (<1%) et de fonctionner en tant que liant de l'eau., D'autre part, (**Rizzo et al.,2004**) ont montré qu'un rapport mannose sur galactose élevé (équivalant à une faible teneur en résidus galactose dans la chaîne de galactomannane) entraînait une viscosité élevée. L'augmentation de la concentration des molécules de galactomannanes en solution favorise l'interpénétration des chaînes macromoléculaires conduisant à la création d'enchevêtrements plus ou moins denses, mais favorisent aussi l'établissement d'interactions interchaînes (**Dakia, 2010**). Ces phénomènes contribuent fortement au développement de la viscosité et expliquent la plus forte dépendance de la viscosité avec la concentration que pour d'autres polymères (**Dakia, 2010**) .

1.2.3. Application

La graine pour sa part est destinée à la transformation en gomme alimentaire (sauces, fromages, nappages, glaces...), en gomme technique (aliments pour chiens et chats), en produits pharmaceutiques (principalement contre les diarrhées), et à l'industrie du papier et de textile (**Tous et al., 1996**). La gomme de caroube est le hydrocolloïde préféré pour les desserts glacés, le fromage fondu et les produits laitiers fermentés. Il existe aussi des cultivars dont la différence est liée à la qualité de la gomme, en particulier concernant la viscosité, la résistance au gel et au contenu des galactomannanes. Cette gomme est employée dans une large gamme de produits de l'industrie alimentaire, dont les plus importantes sont la crème glacée, les aliments pour bébés et les aliments pour animaux de compagnie (tableauII) (**Coreia,1995,Lartins,2005**).

Tableau II : Les produits dérivés de la graine de caroube et leurs applications (**Coreia,1995,Lartins,2005**).

Généralités sur le caroubier

Applications	Dérivés	Produits	Références
Alimentaire	Endosperme		
	Gomme de graines de caroube purifiée (GGC) (ou poudre d'endosperme purifié)	E410 : Additif alimentaire en industrie agroalimentaire (agent gélifiant, Liant, agent d'adhésion..)	Battle et Tous ,1997 ; Gonçalves et al, 2005
Industrielle	GGC de moindre pureté	<ul style="list-style-type: none"> • Pharmaceutiques (pommade, anticoagulant..) • Cosmétiques (Mousses, gels...) • Textiles (Épaississant de couleurs) • Papier (produits de flottaison, épaississant) • Chimiques (couleurs, pesticides) • Des explosifs (agent absorbant de l'humidité) 	Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo et al., 2007
Médicinale	Germe		
	Farine de germe	l'alimentation diététique humaine (couper la sensation de faim lors des régimes pour mincir en bonne santé)	Dakia et al., 2007
	Farine de germe	Ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales pour les personnes cœliaques	Feillet et Roulland, 1998

La gomme de caroube est prescrite en cas d'insuffisance rénale chronique. Elle retiendra dans le tube digestif l'urée, la créatinine, l'acide urique, l'ammoniaque et les phosphates provoquant un abaissement important et bénéfique du taux d'urée dans le sang (**Berrougui, 2007**). Également, grâce à ses propriétés épaississantes et gonflantes, La gomme de caroube est souvent prescrite par le phytothérapeute en amont des repas, pour couper la sensation de faim lors des régimes pour mincir en bonne santé. Elle va ainsi, ralentir l'assimilation des aliments par action sur les enzymes responsables de la digestion : la trypsine, la chymotrypsine, l'amylase et la lipase (**Cruz, 1955 ;Yvan Vandenplas, 1998**).

1.2.4. Bienfaits et vertus de la gomme de caroube

- **Hypocholestérolémiant**

Les fibres de la caroube, très riches en polyphénols, contribueraient à la rendre efficace pour faire **baisser le taux de cholestérol** des patients hypercholestérolémiques. C'est en tous cas ce que suggère cette étude menée en 2010, qui met en évidence une baisse des niveaux de cholestérol total et du LDL cholestérol – dit mauvais cholestérol - chez les patients ayant bénéficiés d'une alimentation riche en fibres à forte proportion de polyphénols.

Plus récemment, une autre étude se penche sur l'effet hypocholestérolémiant du persil et de la caroube et confirme leur effet protecteur des hyperlipidémies.

Par ailleurs, les fibres solubles sont connues pour limiter l'absorption intestinale des graisses en formant un filet autour du bol alimentaire. Elles contribueraient donc à limiter les dyslipidémies. (**Ruiz-Roso et al., 2010**)

- **Anti-diarrhéique**

C'est l'indication la plus connue et la plus ancienne de la caroube, qui est traditionnellement utilisée pour lutter contre la diarrhée depuis des siècles. Cette action de la caroube a depuis été démontrée par plusieurs études.

Ce sont les fibres solubles (pectines) contenues dans la pulpe de caroube, qui seraient responsables de ses effets anti diarrhéique et astringents. Par ailleurs, ses tanins auraient la particularité de retenir l'eau dans les selles et d'agir comme un agent liant. (**Ruiz-Roso et al., 2010**)

- **.Aide minceur**

Généralités sur le caroubier

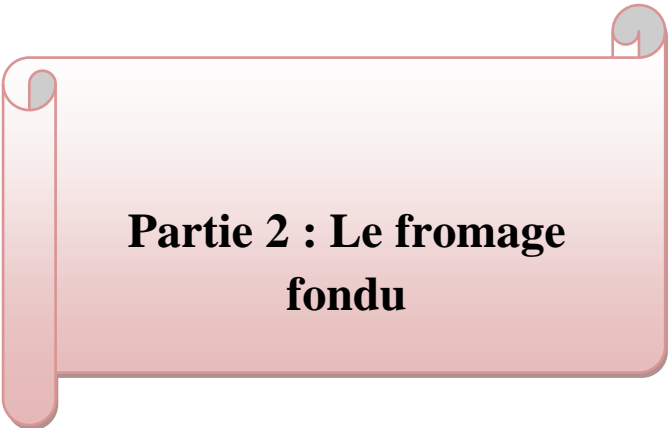
C'est la gomme de caroube, riche en galactomannane, qui fait effet de coupe-faim lorsqu'il est pris avant les repas. Au contact de l'eau, cette gomme se gélifie, tapisse les parois de l'estomac et réduit l'appétit.

Par ailleurs, les tanins, contenus en grande quantité dans la caroube, permettraient d'inhiber certaines enzymes digestives, et donc de limiter la prise de poids. . **(Ruiz-Roso B et al., 2010)**

Enfin, la gomme de caroube agit dans l'intestin en freinant l'absorption des sucres et des graisses du repas, permettant de limiter la prise de poids et d'éviter les variations de glycémie, néfastes pour la ligne. **(El Rabey HA et al .,2017)**

- **Anti reflux**

La farine de caroube est utilisée dans l'industrie des laits infantiles, pour épaissir certains laits destinés aux enfants souffrant de Reflux Gastro Osophagien (RGO). Leur texture épaissie limite les problèmes de régurgitation. **(El Rabey et al .,2017)**



Partie 2 : Le fromage fondu

Le fromage fondu

2.1. Le fromage

Dans la conception traditionnelle, le fromage est le résultat de la coagulation du lait pur un ensemble d'enzymes coagulantes. Connu sous le nom de présure. Suivie de l'élimination partielle du lactosérum (l'égouttage). ce qui laisse subsister un caillé, lequel es à l'origine du fromage, C'est cette conception qu'on retrouve nettement explicitée dans la norme internationale A.6 (point 2.a) du Codex Alimentarius . Cependant il fallut bien à l'époque intégrer dans la définition du fromage d'autres techniques comme celle de la préparation d'un préfromage à propos de laquelle on peut soutenir que l'égouttage « précède » la coagulation. En outre. il ne fallait pas fermer la porte à l'évolution technologique. Aussi bien. Le point 2.b de la somme À.6 fut-il rédigé et inséré dans la norme **(André,1997)**.

Toutefois et d'une certaine manière, on est en droit de négliger cette discussion quasi-sémantique et d'affirmer que le fromage signifie bien coagulation du lait (ou de crème ou de lait écrémé ou de babeurre) et égouttage. C'est-à-dire séparation du sérum.

Il paraît évident alors que le fromage fut. à son origine. un mode de conservation du lait ou du moins des éléments susceptibles d'être conservés. Au prix de fermentations que l'homme apprit à diriger. On peut certes penser que le hasard joua son rôle mais aussi que l'homo sapiens-sapiens sut en tirer parti **(André,1997)**.

L'objectif de conservation est encore présent, dans le système de l'estive des troupeaux en montagne. Il n'est pas possible, ou guère possible de nos jours encore. Techniquement ou économiquement. De descendre le lait dans les vallées. Alors on fabrique sur place des fromages de grand format. qu'on apportera ensuite dans les ateliers d'affinage. En bas. Ce système au demeurant s'articule bien avec la mise en commun de L, Matière première dont on partagera ultérieurement les « fruits » **(André,1997)**.

C'était bien dans l'est de la France qu'était pratiquée la « vaine pâture », opposée à l'exploitation individuelle des pays de bocage, qui virent fabriquer des fromages de petit format. et recouverts de moisissures.

Hors des pays latins qui utilisent un terme désignant l'opération, le moulage, qui donne la forme au produit (fromage. fromage. fourme, formaggio), la racine indo-européenne des mots cheese. käse. queso. queijo. est communément admise. Les choses sont moins claires pour le tyros grec **(André,1997)**.

Cependant, si l'opération qui consiste à coaguler du lait (ou un liquide dans lequel trouve de la caséine et de la matière grasse laitière) et à séparer le lactosérum, permet d'obtenir un fromage dont on sait maintenant maîtriser l'évolution, de manière à adapter celui-ci .

Le fromage fondu

aux nouveaux modes de distribution et de consommation, il n'en est pas moins évident que ce fromage demeure soumis à des contraintes devenues réglementaires en matière, en particulier, de composition (André, 1997).

En outre, la conservabilité n'est pas infinie. Même si certaines variétés peuvent arguer d'années de conservation (ou alors à moins d'utiliser des techniques particulières sur lesquelles certains chercheurs ont travaillé longtemps — sans résultats probants). Il peut alors être tentant d'imaginer un produit qui présenterait au consommateur une image identique à — ou proche de — celle du fromage, qui offrirait à celui qui y serait sensible les propriétés nutritionnelles du fromage, voire améliorerait, pour certains. Ces propriétés, qui présenterait aussi d'autres facilités de conservation, d'utilisation et qui ne portant pas le nom de fromage. Échapperait aux contraintes auxquelles est soumis le fromage en tant que tel lorsqu'il est dénommé ainsi (André, 1997).

De tels produits existent déjà sur le marché. Dont l'importance est difficile à appréhender sans même parler des produits d'imitation.

Les consommateurs semblent attachés au concept fromage, auquel ils associent les Caractéristiques de « naturel ». « D'authenticité », par exemple. D'un autre côté, de multiples actions sont entamées. Pour une éducation du goût, en particulier au niveau scolaire.

Toutefois nul ne sait si ces actions auront un effet important et/ou durable. En outre les modes de consommation évoluent de telle manière. En intensité et en rapidité, qu'il n'est pas sûr que le fromage, au sens traditionnel du mot, ne revête pas dans l'avenir un caractère presque uniquement festif. La restauration hors domicile, la restauration rapide ne sont pas favorables à la consommation du fromage traditionnel. Les repas déstructurés, non plus (André, 1997).

A moins que le consommateur ne trouve sur le marché des produits qui répondent totalement à ces nouveaux besoins. Mais s'agira-il de « fromage » ? A tout prendre. Sont en cause ici la place, et la part des composants du lait. Que certains appellent nobles, dans l'alimentation de l'homme du XXI^e siècle, et la rémunération des agents économiques de la filière « fromage ».

2.2. Le fromage fondu

Le fromage fondu est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte : ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante, jusqu'à obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur. On peut ajouter d'autres matières premières d'origine laitières (beurre, poudre de lait) ou incorporer des ingrédients aromatiques. Le

Le fromage fondu

produit obtenu est homogène, stable et se conserve parfaitement dans le temps (**André, 1997**)
Ses principaux avantages sont :

- Produit stabilisé par traitement thermique, ce qui lui confère d'excellentes qualités de conservation et permet sa commercialisation même sous des climats chauds.
- Produit à goût doux et régulier.
- Produit présentant une excellente valeur nutritionnelle du fait de l'origine lanière des matières premières utilisées.
- produit à larges possibilités de présentation, d'usage et d'aromatisation ; le produit peut être consommé à tout moment de la journée, à froid comme à chaud, pour le grignotage, le tartinage ou la cuisine.

2.2.1. Historique et marché

C'est à la fin du XIX^e siècle que se développe la production industrielle du fromage, en Europe Occidentale, Amérique du Nord, Australie A partir de cette époque, le fromage devient une source importante de protéines pour satisfaire les besoins alimentaires mondiaux.

Or à cette époque. L'exportation de fromages dans les pays chauds et éloignés des zones de production est difficilement possible du fait de la conservation insuffisante de ces produits.

Dès l'année 1900. des industriels allemands et hollandais résolvent en partie ce problème en enfermant du fromage à pâte molle et du fromage à pâte demi-dure dans des boîtes soumises à un traitement de pasteurisation. Malheureusement, ce procédé ne peut pas être appliqué aux pâtes dures, tel que l'emmental. Car il provoque une rupture de la structure du fromage accompagné de l'exsudation de l'eau et de la matière grasse.

Ce sont les fromagers Suisses W. Gerber et F. Stettler qui en 1911 trouvent une solution à ce difficile problème avec l'invention du fromage fondu.

Le fromage. gruyère et/ou emmental écroûté est soigneusement divisé puis chauffe vers 80 °C sous agitation avec une solution de citrate de sodium (la « fondue » obtenue avec du vin blanc. contenant des tartrates, avait peut-être donné l'idée d'utiliser un se sodique d'un autre acide alcool pluribasique). Pratiquement, on constate que le fromage forme un « sol » qui peut être emballé à chaud dans une feuille métallique et donner, Par refroidissement un ' gel' de consommation agréable. Sans croûte et de bonne conservation. Le fromage fondu était né.

Le fromage fondu

Quelques années plus tard, en 1917, des Américains utilisèrent une solution d'un mélange citrates/orthophosphates, mélange qui facilitera la fonte du cheddar et permettra un développement important du fromage fondu aux USA.

Simultanément, les frères Graf créèrent à Dole la première usine de fabrication de fromage fondu en Europe.

Mais ce n'est qu'en 1930 qu'un très grand progrès fut obtenu grâce à l'utilisation de polyphosphates de sodium linéaires ; ces sels de fonte vont permettre de fondre efficacement les fromages à pâte pressée cuite ; ceci est à l'origine du développement important du fromage fondu.

Si avant la deuxième Guerre mondiale on utilisait essentiellement comme matières premières des pâtes pressées cuites, bonnes de goût, mais d'aspect non présentable (présence de lainures par exemple), par la suite, l'industrie de la fonte va utiliser des fromages classiques et des matières premières laitières spécialement fabriquées pour ses besoins.

Il ne faut pas confondre les fabrications de pénurie (pendant ou juste après les guerres mondiales) avec les produits de qualité fabriqués actuellement.

La fonte à maintenant acquis ses titres de noblesse et représente un métier à part entière.

En outre, grande utilisatrice de matières premières laitières et fromagères, l'industrie de la fonte joue un rôle économique important en tant que régulateur du marché de ces matières premières.

Actuellement le fromage fondu est fabriqué dans le monde entier, dont environ la moitié aux USA. Au sein de l'Union Européenne, 70 établissements produisent selon des techniques ultra-modernes, 500 000 t de fromage fondu (données 1995).

2.2.2. Présentation actuelle du produit

Aucun fromage ne se prête aussi bien que le fromage fondu à la diversité des poids et des emballages, elle-même liée à celle des utilisations.

Sa présentation de longue date en portions individuelles en a fait le premier fromage pratique et moderne, adapté à la consommation actuelle. Parmi les présentations existantes, la plus grande partie du marché mondial est représentée par des tranches notamment aux USA ; par contre, en France, on note une prédominance des portions sous aluminium laqué de format triangulaire, carré, rond. Dans ce cas, il s'agit de fromage fondu pour tartiner (**André,1997**).

Le fromage fondu

Comme autres présentations importantes du fromage fondu. on peut citer les pots de verre, les blocs et les barquettes. Certaines présentations ont été développées pour être adaptées à la restauration collective ou aux habitudes de consommation de certains pays.

La diversité de présentations de ce produit entraîne une multiplicité d'usages ; à froid, le fromage fondu se déguste à tout moment de la journée tel quel ou étalé sur une tranche de pain ou des toasts, ou en accompagnement de salades, à chaud les tranches de fromage fondu agrémentent les toasts et hamburgers et sous forme râpé il est un élément valorisant les sauces et gratins (André,1997).

2.3. Technologie : Matière première

2.3.1. Matière première laitière

Elles représentent la majeure partie des matières premières utilisées en fonte.

2.3.1.1. Les fromages naturels

Une sélection adaptée des fromages naturels est primordiale pour garantir la fabrication d'un fromage fondu de qualité.

Dans certains pays, la fabrication de fromage fondu est faite à partir d'une seule Variété de fromage à différents degrés d'affinage : parmi les plus utilisés. On peut citer : le cheddar aux USA, au Royaume-Uni et en Australie ; le gruyère et la mozzarella aux USA et au Canada ; l'emmental en Europe Occidentale. Le fromage fondu est généralement fabriqué à partir d'un mélange de différentes variétés de fromages naturels dont les critères de sélection sont : le type, la flaveur, la maturité, la consistance, la texture & l'acidité.

L'utilisation de fromages naturels présentant des défauts microbiologiques et tout spécialement les fromages « chargés » en germes sporulés gazogènes et pathogènes est à éviter eu égard aux risques entraînés sur la qualité finale du produit.

2.3.1.2. Autres matières premières laitières

D'autres matières premières d'origine laitière sont utilisées pour la fabrication de fromage fondu. Parmi les principales matières premières utilisées, on peut citer :

- les **concentrés protéiques laitiers** obtenus par ultrafiltration (cheese-base, retentas....)
- les **poudres de lait écrémé, lactosérum, lactose, caséines-caséinates, protéines de sérum, co-précipités...** Elles présentent un intérêt particulier car elles permettent de réguler les excédents et apportent des constituants notamment protéiques non dégradés Par l'affinage.

Le fromage fondu

En outre, elles améliorent la tartinabilité et la stabilité du fromage fondu, mais elles ne doivent pas être utilisées en quantité trop importante sous peine d'affecter la consistance du produit ou d'être à l'origine de réactions de Maillard.

L'apport de protéines de sérum est possible, mais à de faibles taux ne devant en général pas excéder 5 % (de la formule).

Le lactosérum doux issu de la fabrication de pâtes pressées cuites est fréquemment utilisé mais il est préférable de le déminéraliser au préalable pour éviter la présence de goûts salins trop marqués.

L'incorporation de caséine acide ou présure. Et /ou de caséinates apporte des protéines natives favorables à l'obtention d'un gel protéique stable dans le fromage fondu.

Par ailleurs, des études récentes ont été menées sur l'utilisation de nouvelles matières premières spécifiques à la fabrication du fromage fondu.

À titre d'exemples. on peut citer : la substitution de fromages naturels par du caséinate de calcium (**Hokes J.C et al.,1989**). l'utilisation de « cheese-base » à partir de retentas maturés mis au point pour cette utilisation (**Kosikowski , 1982 ; Tamine et al .,199 ; Tamine et al .,1990 et Emstrom et al.,1980**) . de fromages à affinage accéléré (**El Neshany et al.,1987**) ou de concentrés apportant des arômes fromagers (« enzymes modified cheese ») (**Dulay, 1980**).

2. La matière grasse laitière

L'incorporation de matière grasse laitière est fréquente pour ajuster la teneur finale en matière grasse du produit et lui conférer des qualités organoleptiques notamment aromatiques agréables ; elle se fait essentiellement sous forme de beurre, de crème, de matière grasse laitière anhydride ou autres présentations commerciales.

La qualité des matières grasses laitières mise en œuvre est importante pour éviter l'apparition de défauts tels que les « off flavors » liés à l'oxydation.

2.4. Technologie de la fonte

Les principales étapes de fabrication du fromage fondu sont représentées par la figure 5 :

Le fromage fondu

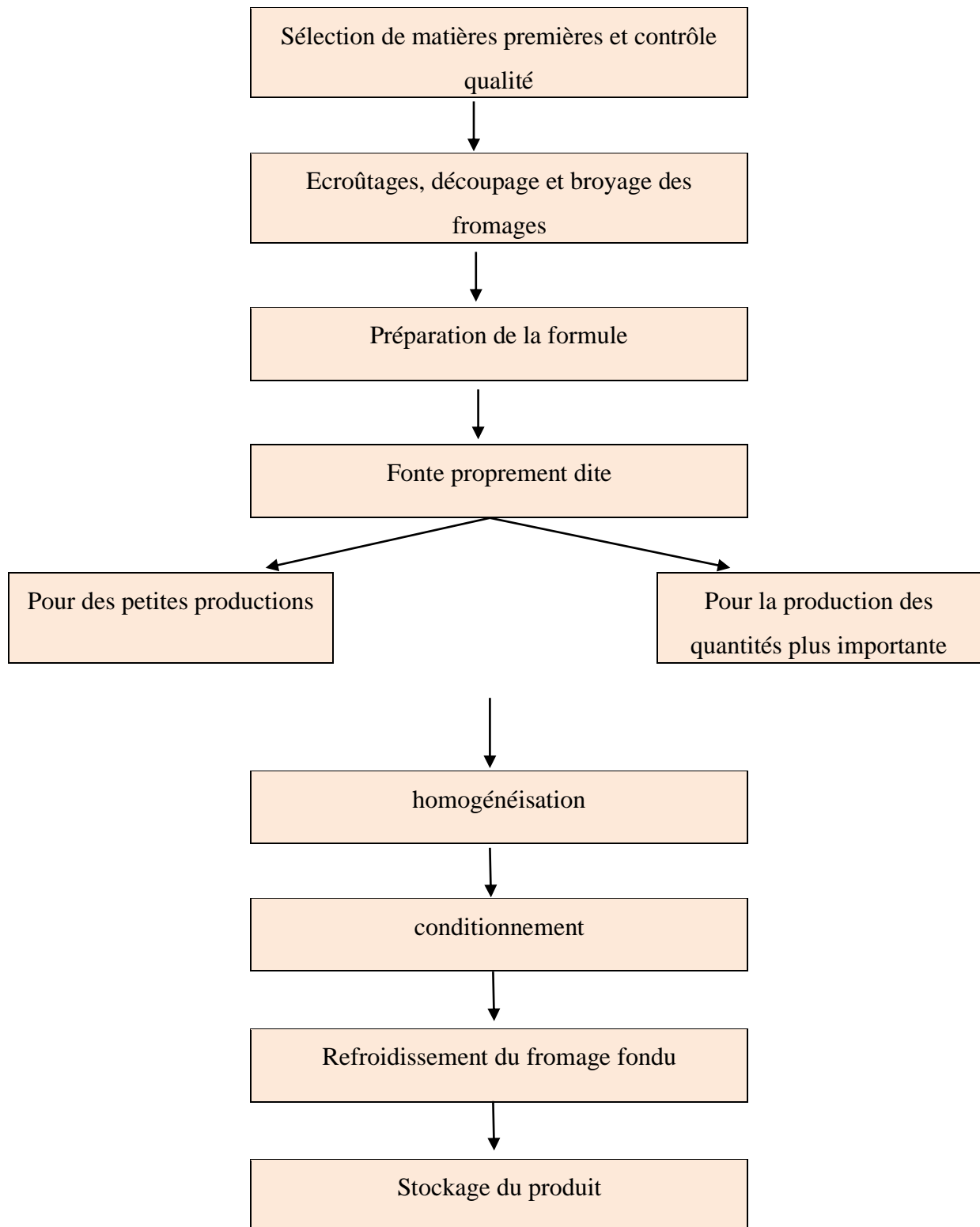


Figure 5 : Principales étapes de fabrication du fromage fondu (André,1997).

1. Sélection de matières premières et contrôle qualité

La sélection de matières premières est fonction de la formule du produit que l'on veut obtenir. Toutes les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant utilisation quant à leur composition physicochimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques.

2. Écroûtage, découpage et broyage des fromages

L'écroûtage est réalisé traditionnellement par raclage ou brossage mais des techniques nouvelles apparaissent telles que les jets d'eau chaude sous pression par exemple.

Le broyage est une étape importante du traitement des matières premières, car il est indispensable de dissocier finement les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène.

Dans certains cas, la matière première fromagère peut même être laminée pour la transformer en très fines brisures (**André,1997**).

3. Préparation de la formule

* Pesée des matières premières

* Mélange

Aux matières premières fromagères et laitières, on ajoute de l'eau et des sels de fonte, puis on effectue un prébroyage de l'ensemble pendant quelques minutes. Pour obtenir un mélange prêt à être fondu.

La réhydratation des poudres avant mélange est favorable à l'obtention d'un mélange homogène facilitant l'action des sels de fonte.

4. Fonte proprement dite

C'est l'opération clef de la fabrication du fromage fondu.

4.1. Pour des petites productions

Elle s'effectue sur des pétrins en discontinu.

Le matériel en Europe, a été d'abord constitué de pétrins ronds avec bras malaxeur et couvercle étanche, raccordés le plus souvent à une prise de vide partiel (sécurité de fermeture du couvercle et extraction de l'air toujours nuisible aux émulsions). L'appareil permet l'injection de vapeur (chauffage), d'eau de solutions de sels de fonte, etc.

Le fromage fondu

Une double paroi peut également apporter un chauffage complémentaire. On peut ainsi atteindre 75 °C et au-delà (température minimale nécessaire pour s'assurer d'une bonne sécurité microbiologique : en effet, les germes microbiens inclus dans le fromage fondu résistent beaucoup mieux à la chaleur que lorsqu'ils sont en solutions aqueuses ou dans le lait). Certains de ces pétrins peuvent travailler sous pression pour monter en température jusque vers 120 °C. La montée en température est malheureusement assez lente. Le refroidissement peut-être obtenu par détente ou par injection d'eau froide et stérile (André-Gillis,1997).

4.2. Pour la production de quantités plus importantes

Des installations de mise en continu ont été développées avec :

- Soit l'utilisation d'un cutter assurant le pré-chauffage, suivi d'une cuve de mise en continu alimentant des échangeurs de chaleur à surface râclée ; la température atteinte sur ces installations permet d'obtenir une meilleure valeur stérilisatrice
- soit l'utilisation d'un pétrin suivi d'une cuve de lancement aboutissant à un stérilisateur de type UHT ce qui permet à la fois de stériliser parfaitement le produit tout en préservant ses qualités organoleptiques et nutritionnelles (goût, arôme, développement limité des réactions de Maillard) (André,1997).

5. Homogénéisation :

On peut éventuellement faire subir au produit une étape d'homogénéisation ; cette dernière améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras ; elle améliore également la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondus. Toutefois, du fait de son coût supplémentaire (maintenance et équipement) de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse(André,1997).

6. Conditionnement

Pour éviter une recontamination au conditionnement, le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des « couleuses », Celles-ci emballent à très grande vitesse (de 60 à plusieurs centaines de portions à la minute) le fromage fondu chaud liquide dans des feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermoscellable ; le fromage fondu peut être aussi emballé en tubes en boîtes de conserve, ou dans des boyaux en plastique lui donnant l'aspect de saucisses. Lorsqu'il s'agit de tranches, on peut soit utiliser une « couleuse » injectant le fromage chaud

Le fromage fondu

dans un film constituant des poches successives, soit partir de fromage fondu coulé en bloc, refroidi puis découpé, ou de fromage fondu refroidi sur des surfaces métalliques tournantes réfrigérées. Le fromage fondu constitue alors de longs rubans (texture longue obligatoire) qui sont ensuite découpés et emballés automatiquement. Lorsqu'on ne conditionne pas les tranches par coulée à chaud, l'atmosphère du local doit être très sévèrement contrôlée pour sa pureté et tout particulièrement en ce qui concerne l'absence de moisissures (**André,1997**).

7. Refroidissement du fromage fondu

Il varie en fonction du type de produit ; il doit être rapide pour les fromages fondus à tartiner et préparations à base de fromage fondu et lent pour les blocs : toutefois, un refroidissement trop lent peut favoriser le développement des réactions de Maillard.

8. Stockage du produit

On stocke les produits mis en carton dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10-15 °C. Cette température est suffisante pour éviter la poursuite du crémage mais n'est pas assez basse pour entraîner la formation de condensats sur les emballages.

En conclusion, le respect des conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication permet d'obtenir un produit de bonne conservation d'une durée comprise généralement entre 6 mois et 1 an (**André,1997**).

2.5. Propriétés organoleptiques du fromage fondu

Plusieurs facteurs agissent sur les propriétés organoleptiques du fromage. En effet, le développement des caractères organoleptiques des fromages est lié aux modifications subies par les constituants du caillé au cours de la maturation enzymatique du fromage ou affinage. Les métabolites ainsi formés sont responsables de certains caractères organoleptiques (**CIDIL, 1985 ; ECK , 1997**).

- Les acides aminés ne déterminent pas l'arôme du fromage, mais lui impriment plutôt sa saveur, voire son arrière-goût. Le goût amer est dû à certains peptides.
- Les acides gras sont les éléments essentiels de la saveur et de l'odeur. Ce sont surtout les acides gras volatiles (C2, C4, C6 et C8) qui donnent au fromage son odeur. Le stockage s'accompagne souvent d'une augmentation de la teneur en composés aromatiques, conditionnant par-là son attrait pour le consommateur
- Les aldéhydes et cétones, composés carbonylés, jouent également un rôle essentiel dans l'arôme.

Le fromage fondu

- Les composés sulfurés tels que l'hydrogène sulfuré, le méthional et ses dérivés, jouent un rôle dans la saveur.

Les caractères organoleptiques d'un type de fromage sont dus essentiellement à la présence d'un mélange complexe de constituants au sein duquel les équilibres entre ces derniers jouent un rôle fondamental.

2.6. Valeur nutritionnelle du fromage fondu

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent. Il apporte à l'organisme la majorité des nutriments essentiels à un bon équilibre alimentaire. Ne nécessitant aucune préparation. C'est un excellent moyen d'apporter à notre corps les éléments énergétiques et bâtisseurs nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux, vitamines). Comme tous les produits laitiers. C'est une source importante de protéines et de calcium.

Du fait de sa conservation et des facilités d'exportation qu'il permet, il peut être un aliment de première importance pour les populations de pays non laitiers.

En outre, la présence de la matière grasse sous forme bien émulsionnée et des protéines finement dispersées lui confèrent une efficacité nutritionnelle (notamment digestibilité) au moins égale à celle des composés de départ.



Chapitre 2 : Partie expérimentale



Partie 3 : Matériel et méthodes

3.1. Objectifs

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

Le stage pratique a été fait d'une durée de deux mois du mois de Mai jusqu'au début du mois de juillet au niveau de l'industrie de fromagerie PRO-Cheese dans le lieu de Tsalat el Merdja dans la wilaya de BLIDA.

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

L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu a été réalisé au niveau de l'industrie LABOREF à Cheraga .

3.2. Matériel

3.2.1. Présentation de la matière première (l'extraction de gomme de caroube) :

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

Selon les étapes suivantes :

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

Figures 6 et 7 représente les étapes de l'extraction de la gomme de caroube :

Matériel et méthodes



Figure 6 . Fruit du caroubier (Caroube)



Figure 7. Les graines de caroube

Matériels et méthodes



Figure 8. L'endosperme et les germes des graines de caroube.



Figure 9. L'endosperme pendant le séchage .



Figure 10. L'endosperme après le séchage.

Figures 8.9.10. Étapes de l'extraction de la gomme de caroube

3.3. Méthodes

3.3.1. Analyses physico-chimiques de la gomme

3.3.1.1. Détermination des métabolites primaires

a) Détermination de pH (NF V 05-108, 1970) :

Le principe

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

Mode opératoire

- A l'aide d'une balance peser 10g de la poudre de gomme de caroube, avec une pipette à jaugé ajouter 10 ml d'eau distillée (figure11).
- Rincer l'électrode de pH avec de l'eau pure et essuyer avec un mouchoir en papier (figure12).
- Introduire directement l'électrode déjà étalonnée dans la solution (gomme + eau distillée).
- Appuyer sur le bouton Entrer jusqu'à ce que l'appareil de mesure atteigne le résultat final.
- Lire directement sur l'échelle graduée la valeur du pH donnée

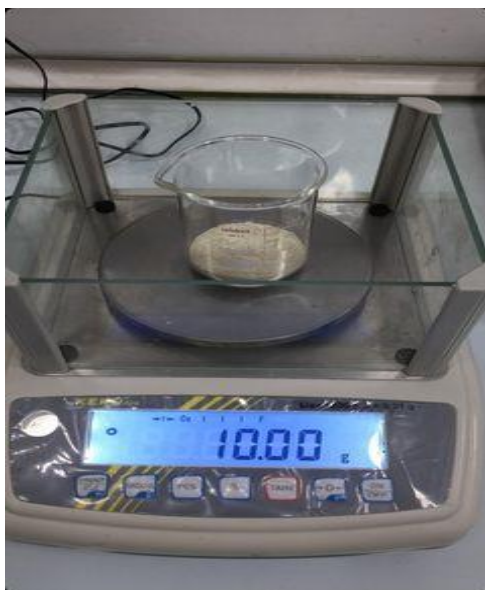


Figure 11. La gomme de caroube



Figure 12. pH-mètre

3.3.1.2. Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974)

Principe

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

Mode opératoire

On pèse 1g de gomme de caroube (figure13) et on prélève à la pipette à jaugeé 19 ml de l'eau distillée ensuite en les verse dans un bécher sous agitation par le mélangeur magnétique pour bien mélangé (figure14) ; après le mélange on rajoute 2 gouttes de l'indicateur coloré phénol phtaléine de 1%

Et on tire avec une solution d'hydroxyde de sodium (NAOH 0.1 N) (figure15) ensuite on opère rapidement jusqu'à obtention d'une couleur rose, pour déterminé le volume équivalent (V_{eq}).

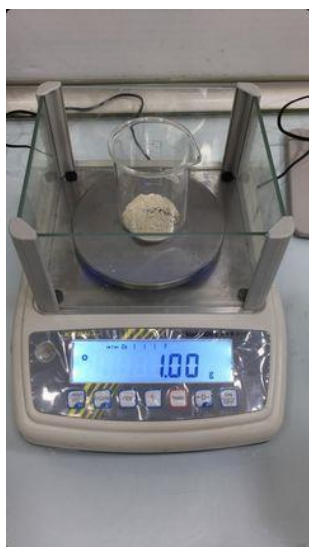


Figure 13. Gomme de de caroube

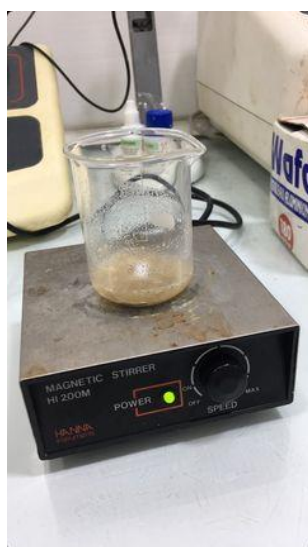


Figure 14. Agitateur



Figure 15. Titrage de solution

Expression des résultats

L'acidité titrable est exprimée selon la formule suivante :

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

V_{eq} : volume équivalent

A% = acidité titrable

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

Matériel et méthodes

3.3.1.3. Détermination de taux des pertes pendant le séchage (NF T 60-305, Juin 1976)

Principe :

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

Mode opératoire

On pèse 5g de gomme de caroube ; on à l'étuve à 103°C jusqu'à la stabilisation du poids pendant 2h et on repese l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (figure16).



Figure 16.Gomme de caroube

Expression des résultats

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H \% = \frac{(m_0 + m_1) - m_2}{5} \times 100$$

Soit :

H % : Humidité.

m₀ : masse du creuset vide en g.

Matériel et méthodes

m_1 : masse du creuset et échantillon avant séchage en

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

3.3.1.4. Détermination de la matière sèche selon Audigie et al. (1982)

Principe :

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

Expression des résultats

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

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

3.3.1.5. Détermination de la teneur en cendres : (la matière minérale) (Audigie et Dupont 1982) :

Le Principe :

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

Mode opératoire

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

Expression des résultats :

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

Soit :

Matériel et méthodes

Cr : taux des cendres

m_0 : masse du creuset vide en g,

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

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

3.3.1.6. Dosage des sucres

Principe

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

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

Le principe du dosage se base sur la condensation des produits de déshydratation des oses avec un chromogène qui est le phénol. A ce moment-là, il se forme des chromophores de couleur jaune-orange, leur apparition est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique à 490 nm.

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

Mode opératoire

-Peser 1g de gomme de caroube dans une balance. Rajouter 5 ml de l'acétate de plomb ,et une pincée de sulfate de sodium dans une fiole ,puis verser dans l'éprouvette 150 ml d'eau bouillante et rajouter dans la fiole ,laisser reposer 10 min ensuite on rajoute 50 ml d'eau distillée jusqu'au trait de jauge

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

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

- Tube témoin :
 - 1 ml d'eau distillé
 - 1 ml de Phénol 5%
 - agiter bien le mélange
 - 5 ml d'acide sulfurique(H_2SO_4) pure

Matériel et méthodes

- Tubes d'échantillons :
 - 1 ml d'échantillon
 - 1 ml de phénol 5%
 - Agiter bien le mélange
 - 5 ml d'acide sulfurique(H_2SO_4) pure
- mettre les trois tubes dans un bain marie à $95^{\circ}C$ pendant 5 minutes.
- laisser à l'obscurité heure à heures.

-lecture se fait aux Spectromètre à 490 nm (remplir la cuvette par la solution témoin, après le 1^{er} échantillon ,2^{ème} échantillon). (figure17 et 18)

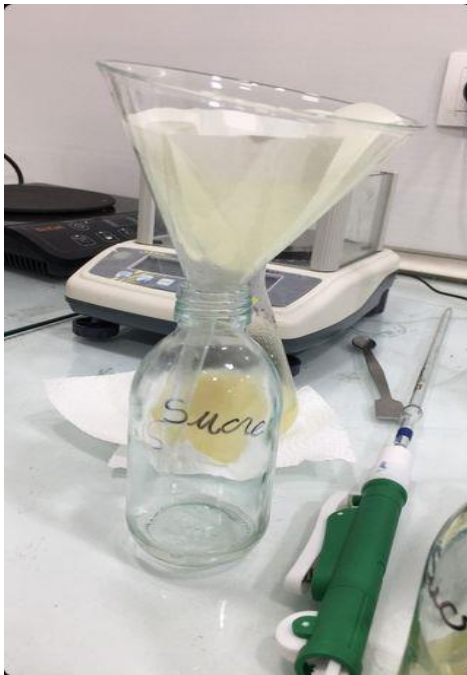


Figure 17 Filtration du mélange



Figure 18. Les échantillons de sucre à étudier

3.3.1.7. Détermination du résidu sec soluble (°Brix) :

Principe

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

Mode opératoire

-A l'aide d'une balance, peser 5g de la poudre de gomme de caroube dans un bécher de 250 ml préalablement taré.

-Ajouter une quantité d'eau distillée égale à 45 ml.

-Chauffer au bain marie pendant 30 minutes en remuant de temps en temps. Après refroidissement.

-Ajouter de l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit approximativement de 100 ml. On mélange avec soin.

Matériel et méthodes

-Après 20 minutes centrifuger le mélange, puis déterminer le taux de résidu sec soluble par le Réfractomètre. (figure19)



Figure 19. Préparation de mélange

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

Principe

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

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

Mode opératoire

Après le Séchage du ballon de 500 ml à l'étuve à 105°C pendant une heure et refroidissement au dessiccateur pendant 30 mn, peser le ballon à la précision de 0.001g.

Peser 20g de gomme de caroube est introduire dans la cartouche à l'intérieur de l'appareil Soxhlet (figure20).

Verser 200 ml d'éther de pétrole dans le ballon et 50ml dans l'extracteur, puis chauffer le ballon pendant 4h (20 siphonages par heure) jusqu'à l'épuisement de la matière grasses.

Après élimination du solvant du ballon par distillation, sécher le résidu du ballon dans

Matériels et méthodes

une étuve à 70-80°C, puis on laisse refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30mn. On pèse le ballon avec l'huile.



Figure 20. L'appareil de SOXHLET

3.3.1.9. Quantification des protéines solubles

Principe

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

Mode opératoire :

.Minéralisation :

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

.Distillation :

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

.Titrage :

-Plonger l'extrémité du réfrigérant dans 25ml de l'Acide Sulfurique et Rouge de Méthyle.
-Titrer avec l'Hydroxyde de Sodium NaOH 0.1N.

Virage du rose au jaune.

Matériel et méthodes

La teneur en protéine est exprimée par la formule suivante :

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

Expression des résultats :

Soit :

V_0 : Volume de l'essai à blanc.

V : Volume titré.

C : Concentration du NaOH : 0.1 mol/l.

M : Prise d'essai.

3.4. Les analyses physico-chimiques du fromage fondu :

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

• Préparation des dilutions

La préparation des dilutions pour le fromage fondu a été réalisée en suivant le procédé ci-dessous :

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

a-Mesure de la teneur en matière grasse

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

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

❖ principe

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

❖ Mode opératoire

-Dans un contenant en verre préalablement taré, introduire 3g de l'échantillon du fromage. Introduire le gobelet dans la panse du butyromètre et fixer le bouchon au col. Ajouter l'acide

Matériel et méthodes

Sulfurique 62%, par l'ouverture étroite jusqu'à ce que le niveau de l'acide atteigne une hauteur d'environ les deux tiers de la chambre du butyromètre et que le système de pesage soit complètement recouvert d'acide sulfurique (figure31).

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

-Retirer le butyromètre du bain d'eau, ajouter 1 ml d'alcool iso-amylque par l'ouverture étroite. Agiter immédiatement durant 30 s.(figure30)

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

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

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

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

-Retirer le butyromètre du bain marie. Mettre le butyromètre dans la centrifugeuse pendant 10min.

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

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

Matériel et méthodes



Figure 29. La pratique de l'analyse physico-chimique (matière grasse)

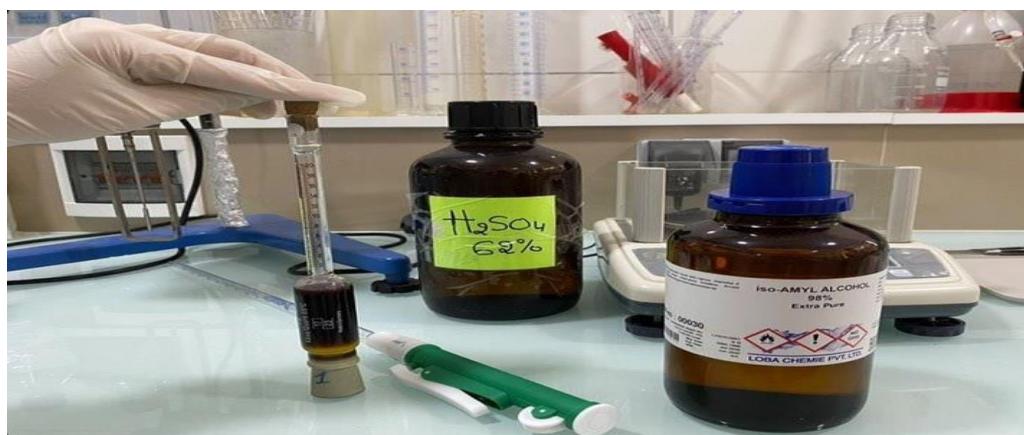


Figure 30. Bain marie

Matériel et méthodes



Figure 31. Butyromètre.



❖ Expression des résultats

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

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

Matériel et méthodes

Ou :

MS : La teneur en matière sèche.

MG : La teneur en matière grasse.

b-Mesure de pH

❖ Principe

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

❖ Mode opératoire

- Rincer l'électrode de pH avec de l'eau pure et essuyer avec un mouchoir en papier.
- Introduire directement l'électrode déjà étalonnée dans le fromage en réglant le correcteur de la température du pH mètre à celle du produit.
- Appuyer sur le bouton Entrer jusqu'à ce que l'appareil de mesure atteigne le résultat final.
- Lire directement sur l'échelle graduée la valeur du pH donnée (figure32).



Figure 32. pH mètre



Figure 33. La pratique de l'analyse physico_chimique

c-Détermination de l'extrait sec totale (EST)

❖ Principe :

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

❖ Mode opératoire :

- Étaler une quantité de 2 g du fromage fondu sur une feuille d'aluminium.
- placer la feuille d'aluminium qui contient du fromage fondu dans le dessiccateur pendant un temps d'évaporation.
- Appuyer sur le bouton Start jusqu'à ce que l'appareil de mesure atteigne le résultat final.
- La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil (figure34).



Figure 34. L'appareil qui mesure la matière sèche



Figure 35. La pratique de l'analyse physico-chimique

3.5. L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu

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

à l'aide d'une balance peser des différentes quantités des matières premières ,rajouter le tous dans le Thermomix à 40°C pour bien mélanger puis verser l'acide citrique petit à petit pour obtenir le pH idéal , après la correction de pH rajouter des doses différentes de la gomme 0.1% ,0.5% et 1% ,mettre en cuisson à 90°C avec une vitesse rapide ensuite a laide d'un thermomètre puis lancer le crémage pendant 5 min avec ralentissement de vitesse par apport la pré cuisson et laisser refroidir jusqu'à sa solidification (figure21,22 et 23) .



Figure 21. Préparation du produit fini

Matériel et méthodes

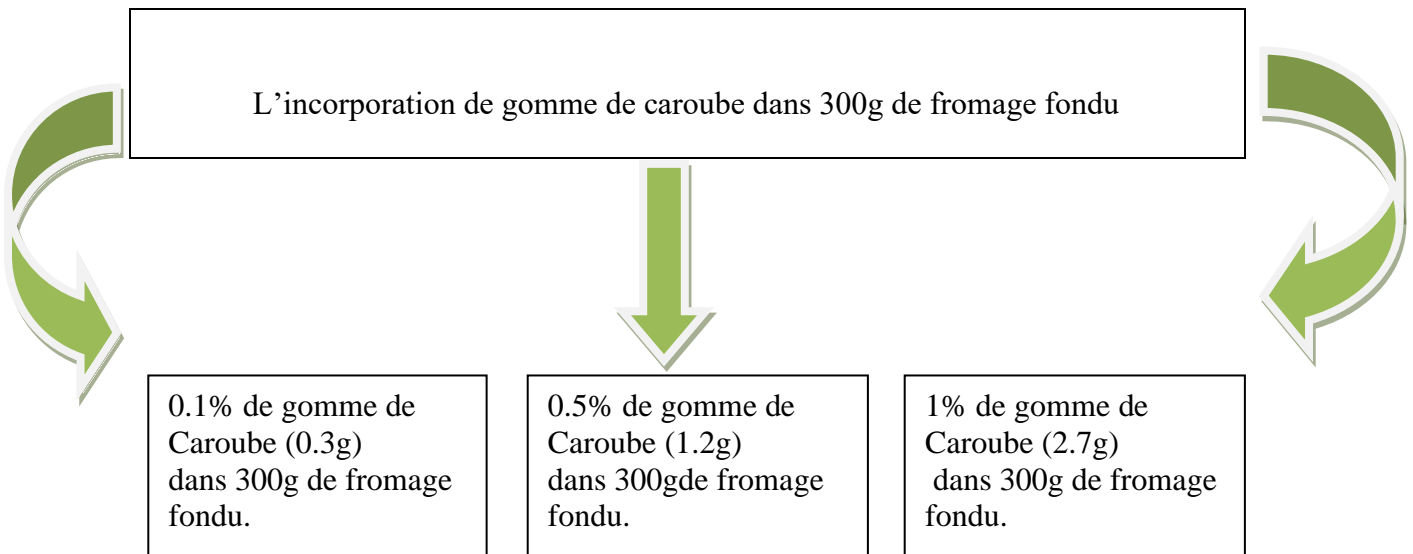


Figure 22. L'incorporation de différentes quantités de gomme de caroube dans 300g du fromage fondu.



Figure 23. Les échantillons de fromage préparés.

3.6. Analyses physico-chimiques et microbiologiques du fromage fondu incorporé

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

Matériel et méthodes

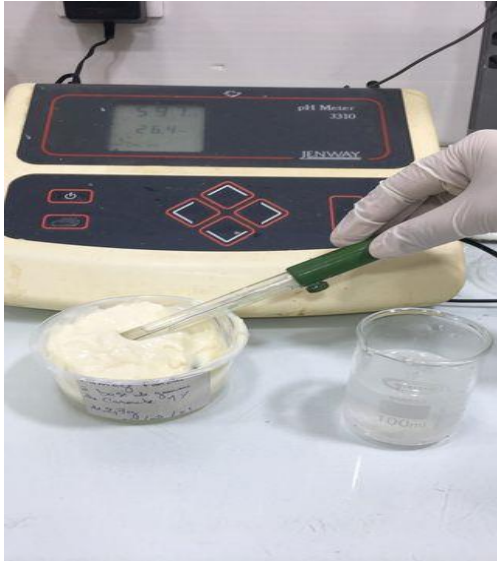


Figure 24. Détermination du pH

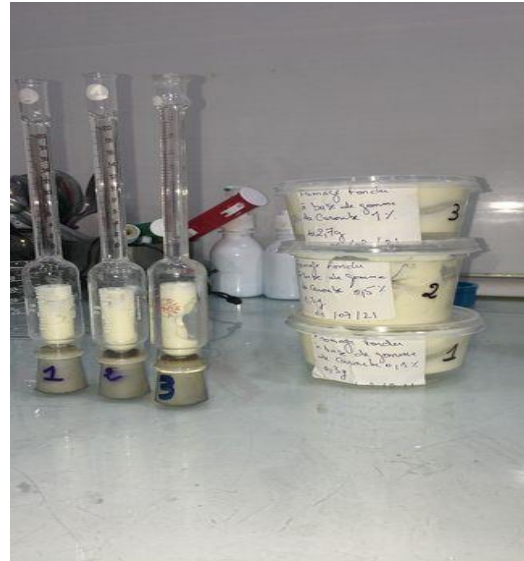


Figure 25. Détermination de matière
Grasse



Figure 26 Gélose désoxycolate



Figure 27 Eau peptone tamponnée

Matériel et méthodes



Figure 28. Incubation des échantillons dans l'étuve



Figure 35. La pratique de l'analyse physico-chimique

Matériel et méthodes

3.7. Analyse statistique

L'analyse statistique est établie par le test statistique STUDENT sur logiciel GraphPad prism



Partie 4 : Résultats et discussion

4.1. Résultats des analyses physicochimiques de la gomme de caroube et du fromage fondu :

Les résultats des analyses physicochimiques de la gomme de caroube sont représentés dans le tableau III :

Tableau III. Résultats des analyses physicochimiques de la gomme de caroube

L'analyse	Résultats	P
Taux de pertes pendant le séchage (%)	10.9	0.0145
Matière sèche (%)	89.4	0.0012
Taux des cendres (%)	1.22	0.0865
pH	6.57	-
L'acidité titrable (%)	2.94	0.0001
Protéine	7.55g/100	0.0119
Lipides (%)	0	Pas d'analyse possible
Degrés de Brix (%)	5	0.049
Sucres	4.9	0.026
Fibres	1.65	0.0255

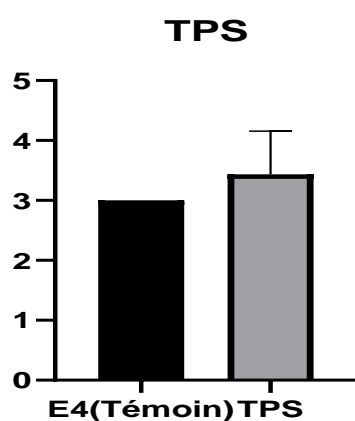


Figure 36. Taux de pertes pendant le séchage

(Test significatif, $P=0,0145 < 0,05$), p^*

D'après le tableau, les résultats obtenus sont :

- Pertes pendant le séchage :

Résultats et discussion

Les résultats des analyses des échantillons ont révélés un taux de perte pendant le séchage d'ordre 10.6% cela signifie que la gomme de caroube est pauvre en eau et presque la totalité de son poids est constituée par la matière sèche 89.4%.

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

L'analyse statistique à révélé un effet significatif de la variation du pourcentage des pertes pendant le séchage avec une probabilité $P=0,0145$.

- **pH**

On remarque que la gomme de caroube présente une valeur de pH neutre qui est de 6.57. Cette valeur est conforme à la norme qui stipule une valeur qui varie de 5.5 à 7.

- **L'acidité titrable de la gomme de caroube (Figure37)**

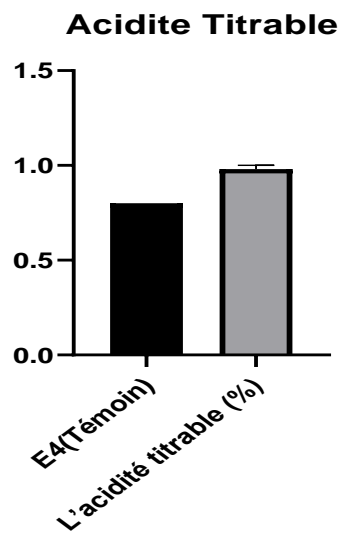


Figure 37. Acidité titrable (%) (Test très hautement significatif,

$P=0,0001 < 0,05$), p^{*}**

L'acidité de la gomme étudiée est d'ordre de 2.94%, cette valeur faible peut être expliquée par le pourcentage faible d'acide présent dans la gomme ce qui signifie que notre gomme est de nature neutre.

Résultats et discussion

Cependant l'analyse statistique a révélé un effet très hautement significatif avec une probabilité $P=0,0001$ de la variation du pourcentage de l'acidité titrable de la gomme de caroube

- **Taux de cendres** : représenté par la figure 38

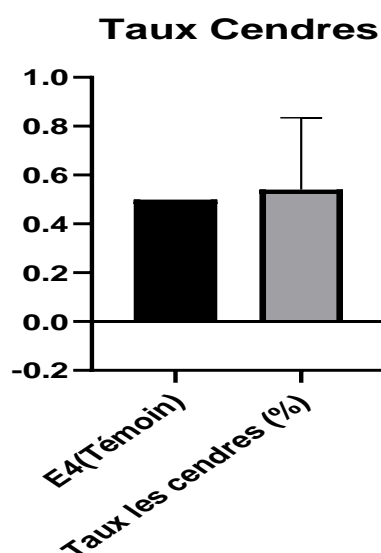


Figure 38. Taux de cendres (%) (Test NON Significatif, $p= 0,0865 >0,05$)

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

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

Les résultats obtenus illustrés dans le tableau 3 montrent un taux de cendre de la gomme de caroube de 1.22%. cette valeur est légèrement supérieure comparativement à celle trouvée par **Maier .(1993)** qui est d'ordre de 1%

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

L'analyse statistique a révélé un effet NON Significatif une probabilité $p= 0,0865$ de la variation du pourcentage de taux de cendres.

- **Degré de Brix** : représenté par la figure 39

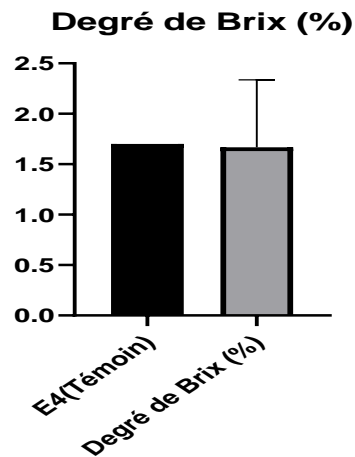


Figure 39. Degré Brix (%) (Test Significatif, $P=0,049 < 0,05$), p^*

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

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

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

L'analyse statistique à révélé un effet significatif avec une probabilité $P=0,049$ de la variation du pourcentage du degré de Brix

- **Teneur en protéine soluble**(Figure 40)

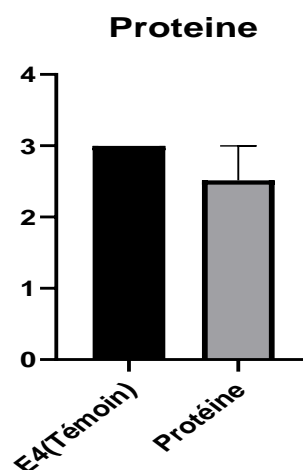


Figure 40. Taux de Protéine (Test significatif, $P=0,0119 < 0,05$), p^*

Résultats et discussion

Les protéines tiennent une place importante dans notre alimentation. En effet, pour l'Homme et l'animal, le besoin en protéines est d'environ 12 à 15% de la matière sèche du régime alimentaire, suivant l'espèce et l'état physiologique.

La teneur en protéine de la gomme de caroube obtenue est de 7,55 %.

Cette teneur est inférieure comparativement à la valeur trouvée par **Mairier, (1993)** qui est 8%, cette différence peut être expliquée par le traitement de purification.

Le taux de protéines au niveau des graines en Algérie est de 40% nous constatons que le taux de gomme est inférieur cela explique qu'il existe d'autres parties contenant des protéines comme le germe (**Gaouar, 2010**).

L'analyse statistique a révélé un effet significatif avec une probabilité $P=0,0119$ de la variation du pourcentage de la teneur en protéine soluble

- **Détermination de la teneur en sucres totaux : Figure 41**

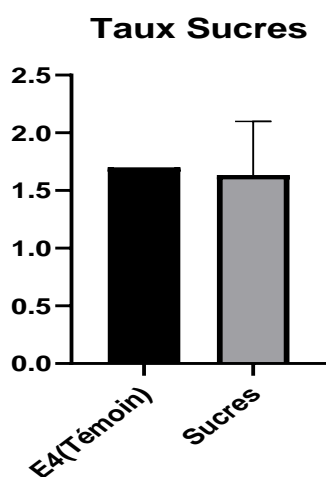


Figure 41. Analyse Taux du Sucre (Test Significatif, $P=0,026 < 0,05$), p^*

La teneur en sucre totaux (tableau III) de la gomme de caroube est de 4,9 g/100 g. ce sont les constituants majeurs de cette gomme. Ce résultat est élevé par rapport à celui restitué par **Kivrak et al. (2013)** qui est de 1,74g/100g mais moins important que celui rapporté par **Dakia et al. (2008)**. Cette fluctuation est probablement tributaire d'après **Gubbuk et al. (2010)** à la nature des graines utilisées dans ce travail qui est liée aux facteurs génétiques.

L'analyse statistique a révélé un effet significatif avec une probabilité $P=0,026$ de la variation du pourcentage de la teneur en sucres totaux

- **Détermination de la teneur en fibres** : représenté par la figure 42

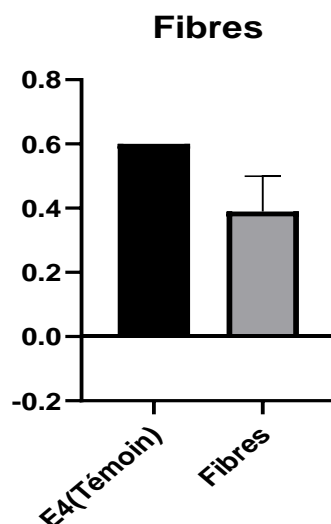


Figure 42. Taux des fibres (Test Significatif, $P=0,0255 < 0,05$), p^*

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

L'analyse statistique a révélé un effet significatif une probabilité $P=0,0255$ de la variation du pourcentage de la teneur en fibres

Résultats et discussion

4.2. Résultats des analyses physicochimiques du fromage fondu

Les résultats des analyses physicochimiques du fromage fondu sont représentés dans le tableau IV :

Tableau IV. Résultats des analyses physicochimiques du fromage fondu

Analyses	Résultats	Norme JORA	P
pH	5.7	5.65-5.85	0.0082
ES (%)	38.5	40	0.0094
MG (%)	16.2	16-18	0.0255
MG/ES (%)	42.03	+40	0.0112

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

- pH (figure 43)

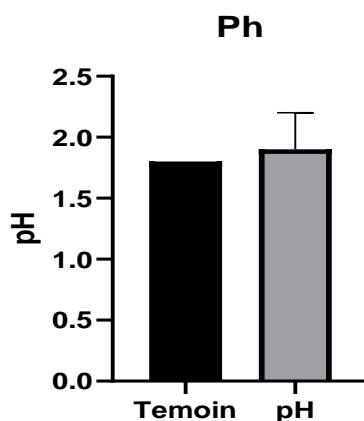


Figure 43. pH (Test Hautement significatif, $P=0,0082 < 0,05$), p^{**}

On remarque que le fromage fondu représente une valeur de pH idéal qui est de 5,7. Cette valeur est conforme à la norme JORA . Elle doit être entre 5,6 et 5,85.

L'analyse statistique à révélé un effet hautement significatif avec une probabilité $P=0,0082$ de la variation du pourcentage du pH.

- ES : représenté par la figure 44

Résultats et discussion

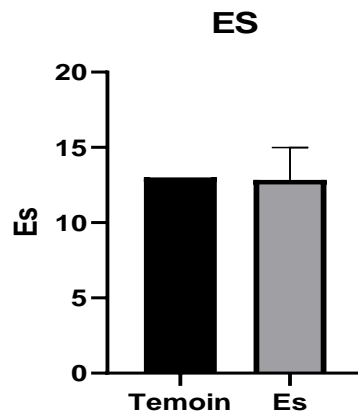


Figure 44. Extrait sec (Test Hautement significatif, $P=0,0094 < 0,05$), p^{**}

Le taux de l'extrait sec du fromage fondu est de 38%. Cette valeur est conforme à la norme JORA qui exige un taux de 40%.

L'analyse statistique a révélé un effet hautement significatif avec une probabilité $P=0,0094$ de la variation du pourcentage de l'extrait sec.

- MG (figure 45)

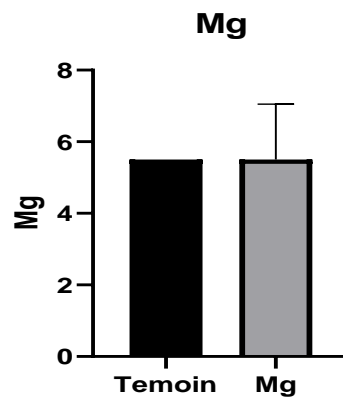


Figure 45. Matière sèche (Test significatif, $P=0,0255 < 0,05$), p^*

Le taux de la matière grasse est de 16,2%. Cette valeur est conforme à la norme JORA qui exige un taux qui varie entre 16% et 18%.

L'analyse statistique a révélé un effet significatif avec une probabilité $P=0,0255$ de la variation du pourcentage de la matière grasse.

- **Rapport MG/ES (figure 46)**

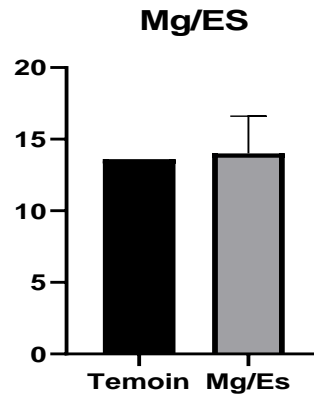


Figure 46. Rapport Mg/ES (Test significatif, $P=0,0112 < 0,05$), p^*

Le rapport MG/ES est de 42,03%. Notre résultat est conforme à la norme JORA qui exige un taux supérieur à 40%.

L'analyse statistique a révélé un effet significatif une probabilité $P=0,0112$ de la variation du pourcentage du rapport MG/ES

4.3. Résultats physico-chimiques du produit fini (fromage préparé à base de la gomme de caroube) :

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

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

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

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

E4 : l'échantillon de fromage fondu témoin.

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

Tableau V. Analyse physico-chimique du fromage après la pasteurisation

Résultats et discussion

Echantillon	E1	E2	E3	E4 (Témoin)	NORME JORA	P
pH	5.9	5.9	5.9	5.9	5.65-5.85	Aucune variation n'est enregistrée
ES(g)	40%	40.6%	39.2%	38.6	40	0.0001
MG(g)	16	16.7	16.9	16.5	16-18	0.0003
H%	60%	59.4%	60.8%	61.4%	+46	0.0001
(MG/MS)	40%	41%	43%	42%	+40	0.0005

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

- **pH**

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

- **ES(figure 47)**

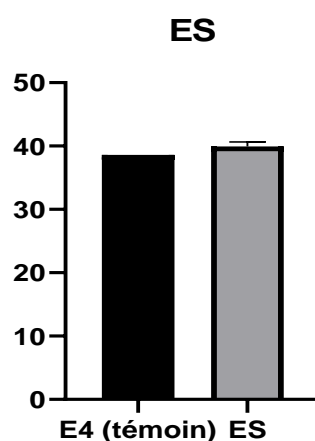


Figure 47. Taux de l'extrait sec (Test très hautement Significatif, $P=0,0001 < 0,05$), p^{***}

- Le taux de l'extrait sec total (EST) des 4 échantillons (E1, E2, E3, E4) est respectivement 40%, 40.6%, 39.2% et 38,06% . Cette valeur est conforme à la norme JORA qui exige un taux de 40%. La différence de teneur en extrait sec entre les 4 échantillons élaborés (E1, E2, E3, E4) peut être expliquée par la concentration de la gomme de caroube incorporée.

Résultats et discussion

L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu à augmenté le taux de l'extrait sec. Cette incorporation est très hautement significative ($p=0,0001$).

- **Mg** (figure 48)

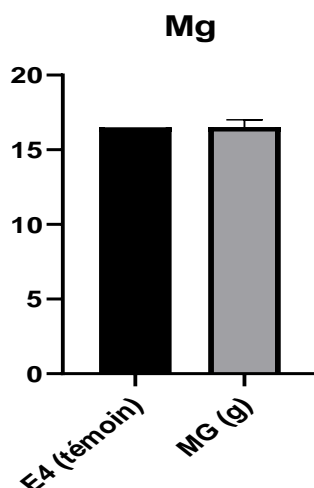


Figure 48. Taux de matière grasse (g) (Test très hautement Significatif, $p=0,0003 < 0,05$), p^{***}

Le taux de la matière grasse se situe entre 16% et 16.9% qui est en accord avec les normes de JORA qui stipule un taux de matière grasse entre 16 % et 18%. L'incorporation de la gomme de caroube dans le fromage fondu à augmenté le taux de la matière grasse. Cette incorporation est très hautement significative ($p=0,0003$).

- **Rapport MG/MS** (figure 49)

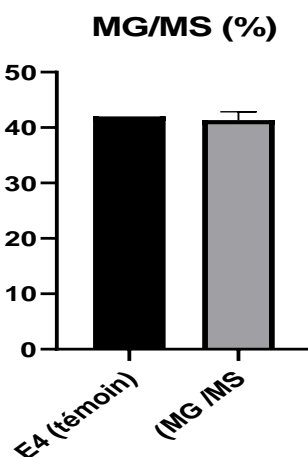


Figure 49. Analyse Taux du MG/MS (Test très hautement Significatif $p=0,0005 < 0,05$), p^{****}

Résultats et discussion

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

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

L'analyse statistique a révélé un effet très hautement significatif ($P=0,0005$) de la variation du pourcentage d'incorporation de la gomme de caroube sur le rapport MG/ES

- Donc on conclue que la dose de l'incorporation de la gomme de la caroube dans le fromage fondu a un effet significatif sur les paramètres physico-chimiques

4.4. Résultats bactériologiques de fromage fondu

Les résultats bactériologiques du fromage fondu incorporé sont représentés dans les tableaux suivants

Tableau VI. Résultats de dénombrement de *coliforme totaux* du fromage fondu

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
1 ^{er} lecture à 24h	10 E.Coli	Absence	Absence	Absence	Absence
2 ^{eme} lectures à 48h	10 E.Coli	Absence	Absence	Absence	Absence
3 ^{eme} lectures à 72h	10 E.Coli	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau VII. Résultats de dénombrement de *Salmonelle* du fromage fondu

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
1 ^{er} lecture à 24h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
2 ^{eme} lectures à 48h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau VIII. Résultats de dénombrement de *Staphylococcus aureus* du fromage fondu

Résultats et discussion

Echantillons	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05
1 ^{ère} Lecture à 24 h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
2 ^{ème} Lecture à 48 h	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

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

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

Tableau IX. Analyses microbiologique du fromage après la pasteurisation.

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

Les résultats du tableau indiquent :

- L'absence totale des germes indicateurs de contamination (*coliformes totaux*) responsables de l'altération de la qualité du produit fini.
Ce résultat est conforme à la norme JORA qui donne une marge de 10² de germes.

- L'absence totale de germes pathogène (*salmonelle et Listéria*, *staphylococcus*).
Dans les 3 échantillons et le témoin, et dont la présence peut causer de sérieux problèmes sanitaire pour le consommateur. Notre résultat est conforme à la norme interne.

Résultats et discussion

Cela est peut être du :

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

On peut conclure que la gomme de caroube et le fromage fondu sont de bonnes qualités bactériologiques.

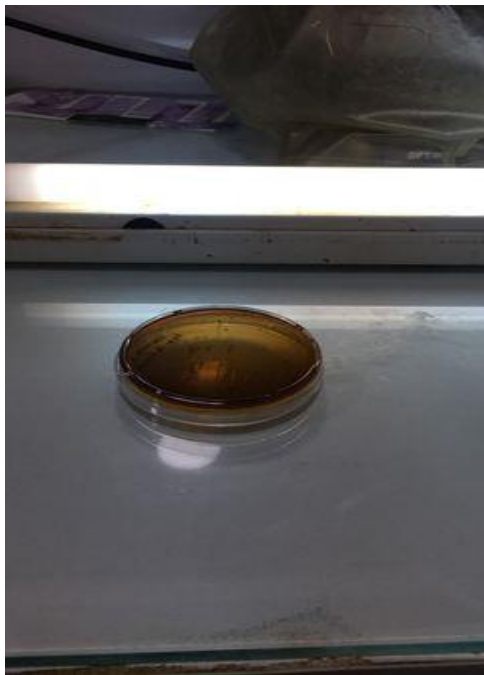


Figure 50. Résultat de Salmonelle

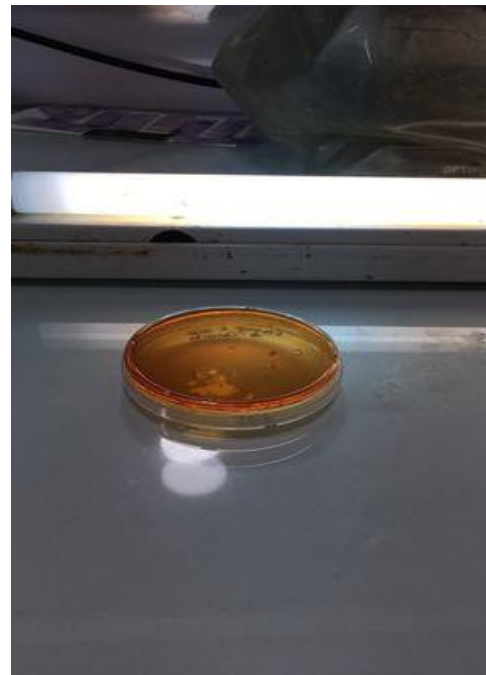


Figure 51. Résultat de *Listeria*

Résultats et discussion



Figure 52. Résultat de *Staphylococcus*

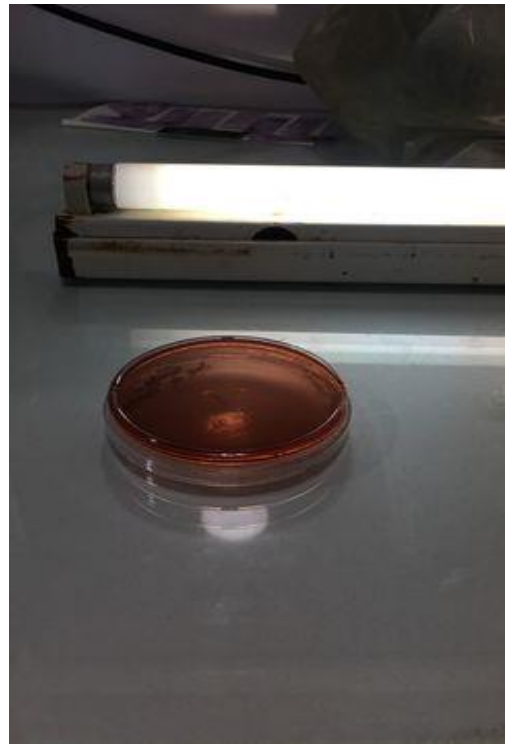


Figure 53. Résultat d'*E.coli*

Résultats du jury de dégustation

Le jury de dégustation a jugé que le fromage fondu incorporé de 0.5% de la gomme de caroube présente un aspect homogène, une bonne texture avec une couleur conforme et donc considéré comme meilleure dose sur le plan organoleptique.



Conclusion générale

Conclusion générale

Les substances naturelles prennent de plus en plus leur place dans l'industrie alimentaire. En effet, le caroubier et ces produits (gousses, graines, etc.) constituent une véritable source naturelle,

Notre travail consiste à l'étude de l'effet de l'incorporation de diverses doses la gomme de caroube (0,0.1, 0.5et 1%) sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques d'un fromage fondu .

Ce qui nous a amenés à comprendre que le domaine d'utilisation des produits de caroube reste un domaine de recherche valable en Algérie.

L'analyse physicochimique de la gomme de caroube brute a montré environ 1.22 % de cendres, 7.55 % de protéines. Concernant les métabolites secondaires, nous avons noté que la gomme était riche en fibre (1.65%) et en sucre (4.9g/100g).

Les analyses physicochimiques du fromages fondus incorporé de différentes concentrations de gomme de caroube a montré une conformité totale de tous les paramètres recherchés (pH, MG, ES) aux normes exigées.

L'analyse statistique a révélé un effet très hautement significatif de la dose de la gomme de caroube sur les paramètres physicochimiques du fromage ce qui est traduit par l'augmentation de la teneur des protéines et de la matière sèches ainsi que l'enrichissement en fibres alimentaires.

Les analyses microbiologiques de la gomme de caroube et du fromage fondu ont montré une absence totale de tous les germes pathogène et d'altération recherchés et absence de toutes contamination lors de la préparation la gomme de caroube, lors de la fabrication du fromage fondu ce qui signifie une très bonne qualité hygiène ce qui nous permet de conclure que les bonnes pratiques d'hygiènes et de fabrications sont respectées.

Le jury de dégustation a jugé que la dose 0.5% de gomme de caroube incorporé dans le fromage présente un aspect homogène, une bonne texture avec une couleur conforme et donc considéré comme meilleure dose sur le plan organoleptique.

A la lumière des résultats obtenus, il paraît imprudent d'approfondir ce travail en :

- Etude comparative de la gomme de caroube brute et de la gomme de caroube raffinée.
- Répliquer la formulation de cette étude dans le cadre expérimental industrie des produits agricoles.
- Mettre en place différentes recettes en intégrant d'autres ingrédients.

Conclusion générale

- Réalisation d'analyses physico-chimiques (minéraux, sucres et composants et les profils en polyphénols) de la gomme de caroube brute.
- Recherche nutritionnelle sur la gomme de caroube pour une utilisation future Pendant le traitement, ce qui pourrait donner au caroubier un essor dans le contexte socio-économique.



**Références
bibliographiques**

A

1. Ademark, P., Varga, A., Medve, J., Harjunpää, V., Drakenberg, T., Tjerneld, F., & Stålbrand, H. (1998). Softwood hemicellulose-degrading enzymes from *Aspergillus niger*: purification and properties of a β -mannanase. *Journal of Biotechnology*, 63(3), 199-210.
2. Ait Chitt, M., Belmir, H., & Lazrak, A. (2007). Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA MAPM/DERD*, 153, 1-4.
3. André-Gillis. *Le fromage de la science à l'assurance-qualité*. 3^e édition. Paris, Londres, New York : Tec et doc-lavoisier, 1997, 891 p
4. Alfandari, J. (2000). Des tabletiers aux boutonnières de la région de Méru: 1880-1910 (Doctoral dissertation, Paris 1).
5. Allagui, N. E., Tahrouch, S., Bourijate, M., & Hatimi, A. (2007). Action de différents extraits végétaux sur la mortalité des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* ssp. *Acta Botanica Gallica*, 154(4), 503-509.
6. Allagui, N. E., Tahrouch, S., Bourijate, M., & Hatimi, A. (2007). Action de différents extraits végétaux sur la mortalité des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* ssp. *Acta Botanica Gallica*, 154(4), 503-509.
7. Arbane, O., (2015). LE Caroubier - *Ceratonia siliqua* L.: Arbre aux multiples vertus, sous-exploité, EL watan
8. Astaldi, G., & Tolentino, P. (1952). Studies on the pathogenesis of thalassaemia. *Journal of Clinical Pathology*, 5(2), 140.
9. Azero, E. G., & Andrade, C. T. (2002). Testing procedures for galactomannan purification. *Polymer Testing*, 21(5), 551-556.

B

9. Battle, I., & Tous, J. (1997). Carob tree. *Ceratonia siliqua*, 92.
10. Baumel, A., Médail, F., Viruel, J., La Malfa, S., and Sanguin, H. (2017) Le caroubier, un arbre ancien et précieux sur le pourtour méditerranéen.
11. Baumel, A., Mirleau, P., Viruel, J., Bou Dagher Kharrat, M., La Malfa, S., Ouahmane, L., Diadema, K., Moakhar, M., Sanguin, H., and Médail, F. (2018) Assessment of plants species diversity associated with the carob tree (*Ceratonia siliqua*, Fabaceae) at the Mediterranean scale, *Plant Ecology and Evolution* 151, 185-193.
12. Bernardo-Gil, M. G., Roque, R., Roseiro, L. B., Duarte, L. C., Gírio, F., & Esteves, P. (2011). Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua* L.). *The Journal of Supercritical Fluids*, 59, 36-42.
13. Biner, B., Gubbuk, H. A. M. İ. D. E., Karhan, M. U. S. T. A. F. A., Aksu, M., & Pekmezci, M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food chemistry*, 100(4), 1453-1455.
14. Biner, B.; Gubbuk, H. ; Karhan, M. ; Aksu, M.; & Pekmezci, M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chemistry*, 100(4), 1453-1455

15. Boudy,P. (1950) Economie forestière Nord Africain, Tome II :
16. Monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose. Paris, pp.443-445.

C

17. Chellali, N. (2018). Etude de l'effet de la gomme de caroube brute sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptique du fromage fondu (Doctoral dissertation, Université de Bouira).
18. Cherki, M., Berrougui, H., Isabelle, M., Cloutier, M., Koumbadinga, G. A., & Khalil, A. (2007). Effect of PON1 polymorphism on HDL antioxidant potential is blunted with aging. *Experimental gerontology*, 42(8), 815-824.
19. Correia, P. J., & Martins-Loução, M. A. (2005). The use of macronutrients and water in marginal Mediterranean areas: the case of carob-tree. *Field Crops Research*, 91(1), 1-6.
20. Correia, P. J., & Martins-Loução, M. A. (2005). The use of macronutrients and water in marginal Mediterranean areas: the case of carob-tree. *Field Crops Research*, 91(1), 1-6.

D

21. de Sá Júnior, A., de Carvalho, L. G., Da Silva, F. F., & de Carvalho Alves, M. (2012). Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 108(1), 1-7.
22. Dulay T.A., 1980. Studies on accelerated cheese ripening for process cheese spread manufacture. Thèse : Department of Animal Sciences and Industry, Kansas State University.

E

23. El Neshany A.A., Abdel Baky A.A., Farahat S.M., 1987. *Egyptian J. dairy science*, 15, 287-297.
24. Ernstrom C.A., Sutherland B.J., Jameson G.W., 1980. *J. of dairy science*, 63 (2)

F

25. FAOSTAT (2010) , WWW.fao.org la distribution du caroubier dans toute la region du basin Mediterranean (Consulter le 10 juin 2022)
26. Fournier, R. O. (1977). Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, 5(1-4), 41-50.

G

27. Gharnit ,N . (2003). Caractérisation et essai de régénération in vivo du caoubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la provincede chefchaouen (Nord-ouest du Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

H

28. Haddarah, A. (2013). L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
29. Hedenström, A., & Weber, T. P. (1999). Gone with the wind? A comment on Butler et al.(1997). *The Auk*, 116(2), 560-562. 29. Hokes JC. et al.. 1989. *Food hydrocolloids*, 3, 19-31.
30. Hsouna, A. B., Trigui, M., Culioli, G., Blache, Y., & Jaoua, S. (2011). Antioxydant constituents from *Lawsonia inermis* leaves: Isolation, structure elucidation and antioxidative capacity. *Food Chemistry*, 125(1), 193-200.

K

31. Kosikowski F.V., 1982. *J. Dairy science*, n° spécial.

L

32. Lavallee, P., (1962). *Le Caroubier, son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie*, Alger, 47p.
33. Lizardo, R., Canellas, J., Mas, F., Torrallardona, D., & Brufau, J. (2002).L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments desevrage et son influence sur les performances et la santé de porcelets. *Journées de la recherche porcine*, 34, 97-101.
34. Loeb, D. D., Swanstrom, R., Everitt, L., Manchester, M., Stamper, S. E., & Hutchison, C. A. (1989). Complete mutagenesis of the HIV-1 protease. *Nature*, 340(6232), 397-400.
35. Luquet, F. M., & Corrieu, G. (2005). Lactic acid and probiotic bacteria. *Lactic acid and probiotic bacteria*.

M

36. Makris, D. P., and Kefalas, P., (2004). Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidants, *Food Technology and Biotechnology* 42, 105-108.

O

37. Owen, R., Haubner, R., Hull, W., Erben, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., and Haber, B., (2003). Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre, *Food and Chemical Toxicology* 41, 1727-1738.
38. Ozturk, M., Gucel, S., Altundag, E., Mert, T., Gork, C., Gork, G., & Akcicek, E. (2011). An overview of the medicinal plants of Turkey.

R

39. Rejeb, M., Laffray, D., and Louguet, P. (1991). Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie, *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*, Group d'Etude de l'Arbre, Paris, France. P, 417-426.
40. Rejeb, MN. (1995). le caroubier en Tunisie : situation et perspectives d'amélioration. en *Quel avenir pour l'amélioration des plantes?* Ed. AUPELF-UREF. John ibbey Eurotext. Paris, pp. 79-

S

41. SANDERS, Jan Willem, LEENHOUTS, Kees, BURGHOORN, Jan, et al. A chloride-inducible acid resistance mechanism in *Lactococcus lactis* and its regulation. *Molecular microbiology*, 1998, vol. 27, no 2, p. 299-310.
42. Sand-Jensen, K., Prahl, C., & Stokholm, H. (1982). Oxygen release from roots of submerged aquatic macrophytes. *Oikos*, 349-354.
43. Sbay, H., & Abourouh, 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.
44. Schuck, P., Mahaut, M., Jeantet, R., & Brulé, G. (2000). Les produits industriels laitiers.

T

45. Tamine A.Y. Youngis MF, Davies G., Bnadbury 1.,1990. *Egyptian J. dairy science*, 115, 131.
46. Tamine A.Y. Youngis MF. Davies G. 1991. *Milchwissenschaft*, 46 (495-499).
47. Tous, J., & Ferguson, L. (1996). *Mediterranean fruits. Progress in new crops*, 416, 430.



Annexes

Annexe I :

Galactomannane : Le galactomannane est une fibre végétale soluble et acalorique présente dans les graines et sert de réserve de sucre lors de la germination. Elle est abondante dans l'albumen de graines de légumineuses, telle que *Cyamopsis tetragonoloba* , *Caesalpinia spinosa* et *Ceratonia siliqua*.

Le galactomannane est un polymère linéaire composé d'une chaîne de monomères de mannose ((1,4)-beta-D-mannopyranose) auxquelles sont ramifiées par un pont 1-6 une unité de galactose.

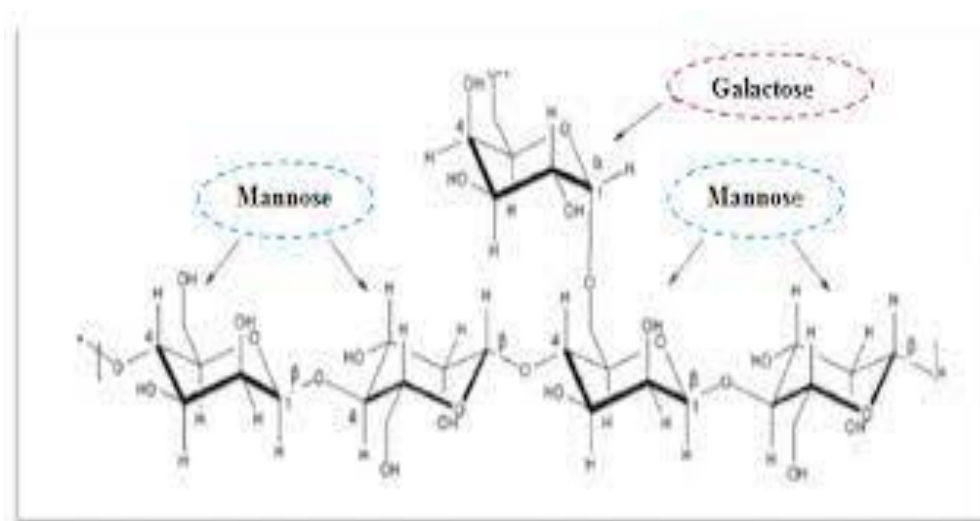


Figure : Structure des galactomannanes adapté par GILLET et al (2014)

Annexe II :

Matériels utilisés :

- L'éprouvette
- Balance
- Pipette à jauge
- L'appareil de mesure
- Électrode de pH
- Bécher
- Mélangeur magnétique
- Étuve
- Four à moufle
- Fiole
- Spectromètre
- L'appareil de Brix
- L'appareil de SOXHLET
- Flacon stérile

Solutions utilisées :

- L'acétate de plomb
- Solution d'hydroxyde de Sodium
- Phénol phtaléine
- Acide sulfurique H_xSO_x
- Sulfate de Sodium
- Phénol
- Réactif Giolitti
- Tellurate de potassium

Annexe III :

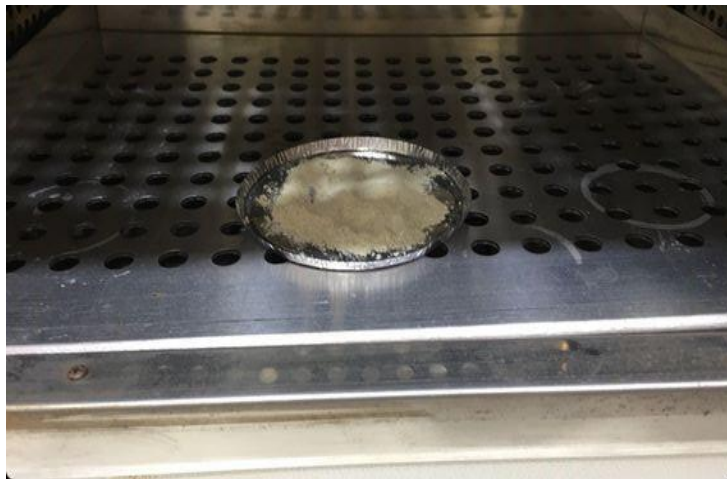


Figure : La gomme de caroube dans l'étuve

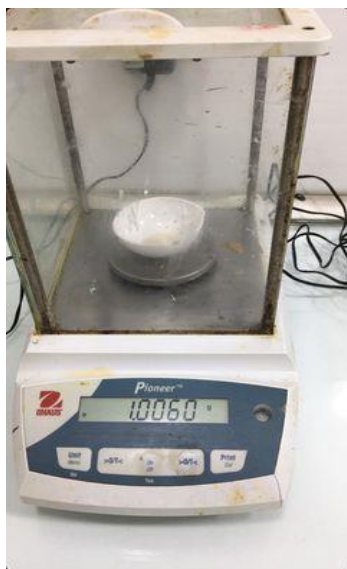


Figure : Gomme de caroube



Figure : Four à moufle



Figure : Spectrophotomètre

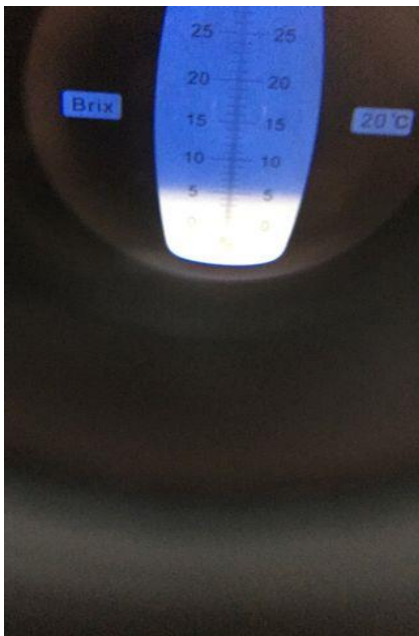


Figure : Brix



Figure : SOXHLET



Figure : Milieu sélectif

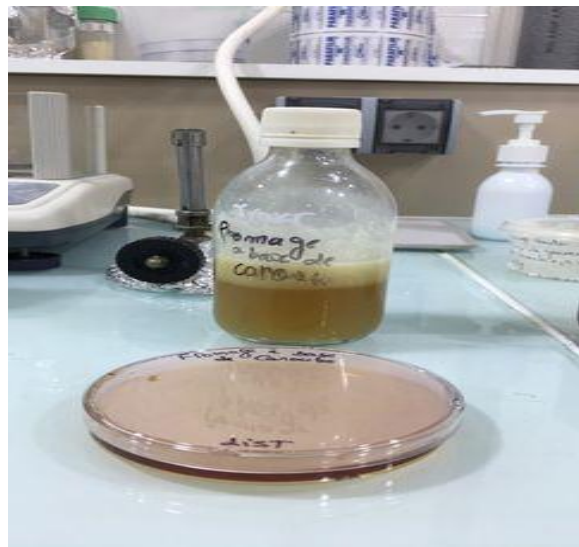


Figure : Milieu sélectif frasé et gélose

Listeria chromogénique



Figure. centrifugeuse.

Annexe IV :

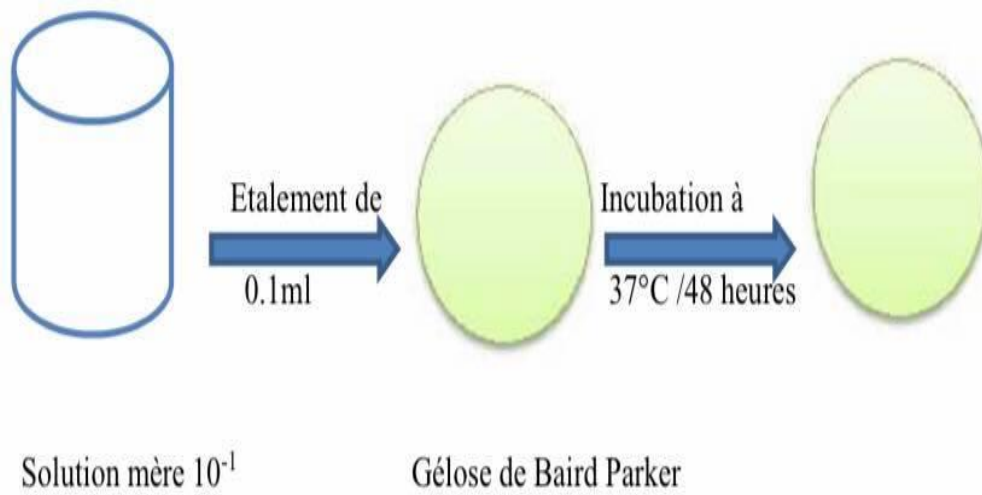


Figure : Etapes de la recherche du *Staphylococcus aureus*

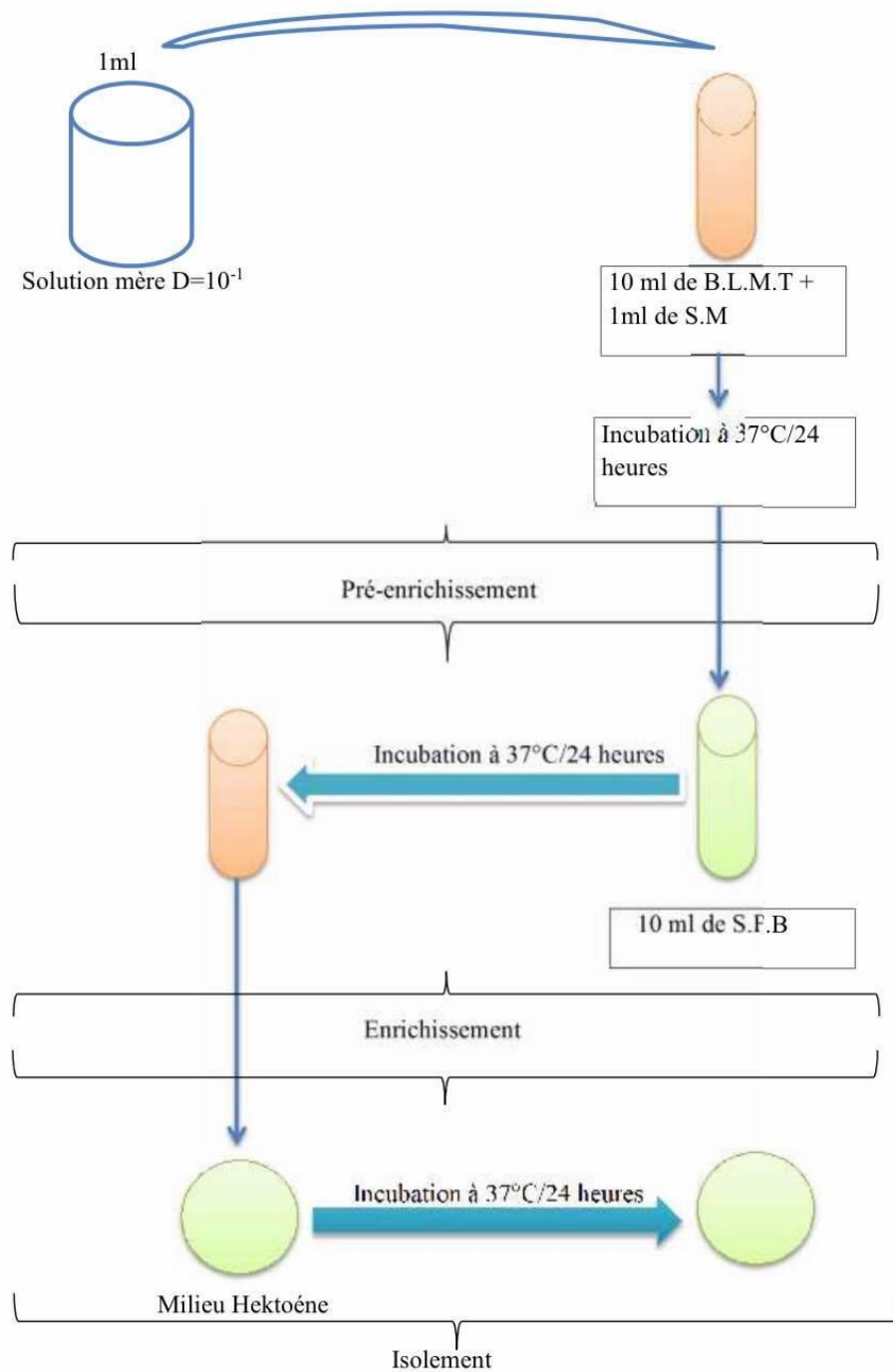


Figure : Etapes de recherche et dénombrement de salmonelle.

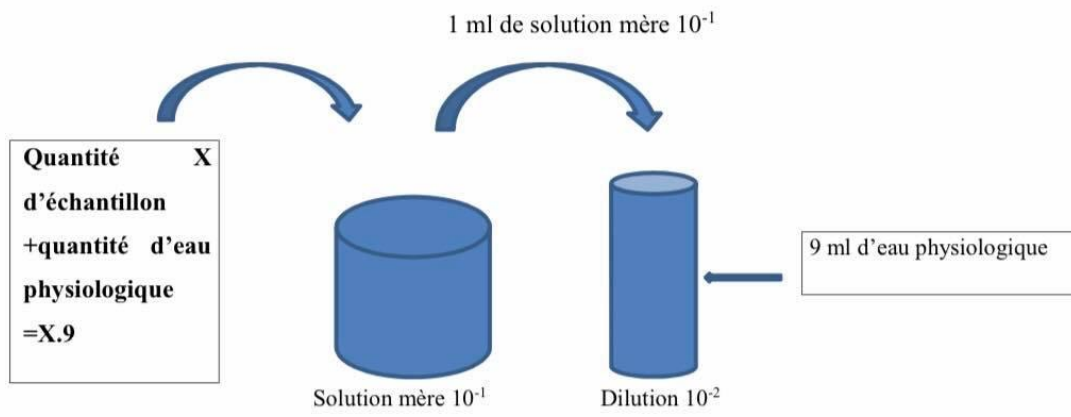


Figure : Préparation des dilutions.

