

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université a. Mira de Bejaia

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : Production et Transformation Laitière

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme MASTER

Présenté par

Adjir Randja & Adnane Kenza

*Thème*

**Formulation d'un produit laitier crème dessert à  
base de caroube**

Soutenu le : 24/06/2023

à 10h30min

Devant le jury composé de :

*Nom et Prénom*

*Grade*

**FELLA. S**

*MCB*

*Président*

**GUEMGHAR. H**

*Professeur*

*Examinatrice*

**MEKHOUKHE. A**

*MCA*

*Promotrice*

**FERHAT. K**

*Chargée R&D*

*invité de groupe Tchîn.Lait*

*Année Universitaire : 2022 /2023*

# Remerciements

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

*Nos profondes gratitudee vont à notre promotrice **Melle MEKHOUKHE.A**, pour l'honneur qu'elle nous a fait de nous encadrer, pour ces précieux conseils, ces orientations, sa disponibilité, son soutien moral et financier, et la confiance qu'elle nous a fait, dont on gardera des souvenirs de ses qualités profondément humaines.*

*Nos remerciements s'adressent aux membres du jury : Mme le professeur **GUEMGHAR.H** pour avoir accepté de présider le jury et Mme **FELLA** de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce document.*

*Nous adressons aussi nos remerciements à **Mer F.BERKATI** qui nous a ouvert les portes du groupe **TCHIN-LAIT**.*

*Nous tenons également à exprimer notre grande considération et notre vive reconnaissance à **Mme FERHAT.K** directrice R&D Pour son aide, ses conseils, son chaleureux accueil, sa bienveillance, et tous les efforts fournis afin de contribuer à la réalisation de ce travail.*

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

*Nous tenons à remercier également l'ensemble de l'équipe de (R&D) de Candia, pour leur aide, leur esprit d'équipe et leur soutien.*

*Notre reconnaissance va à tous les enseignants qui ont assisté tout au long de notre formation.*

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

*Merci à toutes personnes, ayant contribué à l'avancement de mes travaux.*

# *Dédicace*

*Je dédie mon travail,*

*À celui qui m'a porté d'un affaiblissement à un affaiblissement, à celui qui était là pour m'éclairer le chemin, qui m'a donnée le courage et la sécurité, à celui qui a été patiente durant toutes ces années et qui a tant sacrifié pour moi. A toi mon cher père que dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*À la lumière de ma vie, ma source de tendresse ma chère mère mon signe d'amour et de reconnaissance qui m'a apporté son appui durant toute mes années d'études et qui a fait tout pour ma réussite Que ce travail soit pour vous une petite récompense et reconnaissance envers ce que vous avez fait d'incroyable pour moi.*

*À mes frères et sœurs.*

*À celui que j'aime beaucoup, celui qui m'encourage dans mes moments de faiblesses et qui m'a soutenue tout au long de ce projet mon homme  
« D ».*

*À Ma chère amie et binôme Kenza qui a partagé ce travail avec moi.  
Et tous mes amis de l'université de Bejaia.*

*Randja*



# Dédicace

*Je dédie ce travail à :*

*A mes très chers parents*

*A mon père « Brahim » Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras et pour son enseignement continu.*

*A ma mère « Fatima » Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanent et son soutien.  
Mes chers parents que Dieu vous garde ;*

*Même si aucune ne dédicace, aucun mot ne pourra vous exprimer la gratitude et l'amour que je vous porte. Mais Chaque ligne de ce travail, chaque mot et chaque lettre vous expriment la reconnaissance, le respect, l'estime et le merci d'être mes parents.*

*A mes frères et sœurs « B(S&E), N(CH), Y, W, S, B(S), H, S, W, L, R »*

*Veillez trouver dans ce travail, un témoignage de mon admiration et toute ma gratitude, de mon affection la plus sincère et de mon attachement le plus profond.*

*A mes grands-parents.*

*Je dédie ce modeste travail en témoignage de mon admiration, estime, Attachement gratitude et amour les Plus sincères et profonds à mes grands-parents qu'Allah puisse vous accorder santé, longue vie et prospérité.*

*À tous mes cher(e)s tentes et oncles.*

*À m'a chère binôme Randja.*

*À tous mes cousines et amies Rima (I&K), Roumaïssa , Katia, Sousou, Sarah et Nesrine*

*À tous ceux qui m'aiment.*

***Kenza***



## Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
<i>INTRODUCTION</i> .....	2
<i>Partie</i> .....	2
<i>Bibliographique</i> .....	2
I. Généralités sur le Caroubier.....	3
1. Origine et répartition géographique.....	3
2. Terminologie commune.....	5
3. Composition chimique de la caroube .....	5
Tableau I : Composition chimique de la caroube .....	5
3.1 Pulpe .....	6
3.2 Graines.....	6
4. Production de la caroube .....	7
4.1 Production mondiale.....	7
4.2 Production en Algérie .....	8
1. Définition.....	9
2. Caractéristiques nutritionnelles .....	9
3. Caractéristiques organoleptiques .....	10
4. Ingrédients ajoutés .....	10
5. Procédé de fabrication .....	11
<i>Partie Expérimentale</i> .....	21
<i>Matériel et Méthodes</i> .....	21
I. Matériels et méthodes .....	13
1. Plan de travail .....	13
2.1. Historique de TCHIN-LAIT .....	14
2.2. Situation juridique et naissance du groupe TCHIN-LAIT .....	14
2.3. Situation géographique .....	14
2.4 Organigramme de l'organisation de la laiterie TchIn-Lait / CANDIA.....	15
3. Matériel végétal .....	15
3.1 Préparation de la matrice végétale .....	15
4. Essai d'extraction de la gomme de caroube .....	16
6. Analyses physicochimiques de la gomme de caroube (brute et purifiée) .....	18

6.1 Test de l'humidité .....	18
6.2 Mesure de pH.....	19
6.3 Détermination du degré de Brix .....	19
6.4 Détermination de la teneur en sucres totaux.....	19
6.5 Détermination des Protéines .....	20
6.6 Dosage des fibres.....	20
6.7 Détermination des cendres.....	20
6.8 Détermination des Lipides.....	21
7. Analyses physicochimiques de la pulpe de caroube .....	21
7.1 Dosage des hydroxyméthylfurfural (HMF) .....	21
8. Essai d'incorporation de la gomme et la pulpe de caroube dans un produit laitier (crème dessert) .....	22
8.1 Préparation des échantillons de crème dessert.....	22
8.2 Formulation de la crème dessert .....	23
8.3 Détermination de quelques paramètres physico-chimiques .....	23
8.3.1 Détermination du pH (AFNOR, 1986) .....	23
8.3. 2 Détermination du degré Brix .....	23
8.3. 3 Détermination du taux d'extrait sec total (E.S.T).....	23
8.3. 4 Détermination de la teneur en matière grasse (MG) « méthode de Gerber » .....	24
8.4 Contrôle des caractéristiques rhéologiques .....	24
8.4.1 Détermination de la Viscosité.....	24
8.5 Évaluation sensorielle.....	25
8.6 Analyse statistique .....	25
<i>Partie Expérimentale</i> .....	35
<i>Résultats et discussion</i> .....	35
1. Analyses physico-chimiques de la gomme de caroube .....	26
1.1 Détermination des caractéristiques physiques .....	26
1.2 Détermination des caractéristiques chimique .....	26
1.2.1 Détermination de la teneur en cendres .....	27
1.2.2 Détermination du taux d'humidité .....	27
1.2.3 Détermination des fibres .....	28
1.2.4 Détermination des lipides .....	28
1.2.5 Détermination des protéines .....	28
1.2.6 Détermination des sucres .....	28

2. Analyses physico-chimiques de la pulpe de caroube .....	29
2.1 Détermination des HMF .....	29
2.2 Détermination des Lipides .....	30
2.3 Détermination des protéines.....	30
2.4 Détermination des sucres .....	30
3. Valorisation de la gomme et poudre de pulpe de caroube.....	30
3.1 Analyses physico-chimiques et rhéologiques des crème desserts .....	31
4. Analyse sensorielle.....	32
4.1 Crème dessert à base de pulpe .....	32
4.1.1 Plan d'expérience.....	32
4.1.2 Caractérisation des produits .....	33
4.1.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur .....	33
4.1.2.2 Coefficients des modèles .....	35
4.1.2.3 Moyennes ajustées par produit.....	36
4.1.3 Préférence MAPPING (Cartographie des préférences).....	37
4.1.3.1 Analyse en composantes principales (ACP).....	37
4.1.3.2 Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	38
4.1.3.3 Synthèse de MAPPING des préférences.....	39
4.1.3.4 Courbe de niveau et carte des préférences .....	40
4.2 Crème dessert à base de gomme.....	40
4.2.1 Plan d'expérience .....	40
4.2.2 Caractérisation des produits.....	41
4.2.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur .....	41
4.2.2.2 Coefficients des modèles .....	41
4.2.2.3 Moyennes ajustées par produit.....	43
4.2.3 Préférence MAPPING (Cartographie des préférences).....	43
4.2.3.1 Analyse en composantes principales (ACP) .....	43
4.2.3.2 Objets classés par ordre croissant de préférence.....	44
4.2.3.3 Courbe de niveau et carte des préférences .....	44
Conclusion.....	46

Références bibliographique

Annexe

Résumé

## *Liste des abréviations*

**ACP** : Analyse en Composantes Principales.

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**AOAC** : Association du Chimiste Agricole Official.

**BSA** : Sérum Albumine Bovine.

**CAH** : Classification Ascendante Hiérarchique.

**Cp** : Centipoise.

**CR**: Carraghénane.

**E1**: Echantillon 1.

**E2**: Echantillon 2.

**EST** : Extrait Sec Total.

**FAO**: Food and Agriculture Organization.

**FAOSTAT**: Food and Agriculture Organization of Statistic.

**J.C**: Jésus-Christ.

**HMF** : Hydroxyméthylfurfural.

**GC** : Gomme de Caroube.

**GCB** : Gomme de Caroube Brute.

**GCP** : Gomme de Caroube Purifiée.

**LBG** : Locust Bean Gum.

**MG**: Matière Grasse.

**ppm** : Partie par million.

**QX** : quintaux.

**(R & D)** : Recherche et Développement.

**TMG** : Teneur en Matière Grasse.

**tr/min**: tour/ minute.

## Liste des Figures

Figure 1 : A) Arbre de caroubier B) : Fruits du caroubier. ....	3
Figure 2 : Distribution du caroubier dans le monde .....	4
Figure 3 : Carte géographique de la distribution de caroubier en Algérie. ....	4
Figure 4 : Graines du caroubier.....	7
Figure 5 : Diagramme de fabrication de la crème dessert .....	12
Figure 6 : Plans de travail.....	13
Figure 7 : Localisation de la zone d'étude .....	15
Figure 8 : A) Gousses de caroube ; B) Pulpe sans graines découpés en morceaux ; C) Graines .....	16
Figure 9 : A) Graines dans l'eau bouillante ; B) Graines ; C) Photographie des cuticules ; D) Photographie des graines décortiquées ; E) Photographie des germes séparés ; F) Photographie de l'endosperme ; G) Photographie de la poudre de gomme brute.....	17
Figure 10 : Principales étapes de purification : A) précipitation à l'isopropanol ; B) précipité ; C) Gomme purifiée.....	18
Figure 11 : Composition chimique de la poudre de pulpe de caroube .....	29
Figure 12 : Pouvoir discriminant par descripteur .....	34
Figure 13 : Coefficients des modèles des échantillons de crèmes dessert .....	35
Figure 14 : Corrélations entre les variables et les facteurs .....	38
Figure 15 : Profil des classes.....	38
Figure 16 : Courbe de niveau et carte des préférences.....	39
Figure 17 : Pouvoir discriminant par descripteur .....	40
Figure 18 : Coefficients des modèles des échantillons de crèmes dessert à base de gomme...	41
Figure 19 : Corrélations entre les variables et les facteurs.....	43
Figure 20 : Courbe de niveau et carte des préférences.....	45

## **Liste des Tableaux**

Tableau I : Composition chimique de la caroube.....	5
Tableau II : Production mondiale de la caroube.....	8
Tableau III : Compositions chimiques d'une crème dessert .....	9
Tableau IV : Caractéristiques organoleptiques de la crème dessert.....	10
Tableau V : Composition d'une crème dessert selon.....	11
Tableau VI: Composition des échantillons de crème dessert préparées .....	22
Tableau VII: Propriété physique de la gomme brute et purifiée.....	26
Tableau VIII : Analyses des propriétés physico- chimique de la gomme brute et purifié.....	27
Tableau IX : Résultats des analyses physicochimiques et rhéologiques des crèmes desserts .	31
Tableau X : Evaluation du plan d'expérience pour les jurys experts.....	33
Tableau XI: Objet classés par ordre croissant de préférence juges satisfaits.....	38
Tableau XII : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.....	39
Tableau XIII : Evaluation du plan d'expériences.....	40
Tableau XIV : Objets classés par ordre croissant de préférence .....	43

# ***INTRODUCTION***

## *Introduction*

---

Le caroubier est un arbre d'exception qui opère une véritable fascination. Sa silhouette d'une noble beauté par son feuillage vert persistant toute l'année, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers qui représente le plus grand potentiel de valorisation grâce à sa richesse en éléments nutritifs qui a suscité l'attention de plusieurs chercheurs. Les gousses entières, la pulpe, mais surtout les graines dont on extrait la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (**Biner et al., 2007 ; Sbay, 2008 ; Brassesco et al., 2021**).

Deux principaux produits sont tirés à partir de la caroube, la farine et la gomme. La farine est obtenue en séchant, torréifiant ou non et moulant les gousses après les avoir débarrassé de leurs graines, est exploitée pour l'alimentation humaine et animale, mais surtout en agroalimentaire comme antioxydant grâce à sa richesse en poly phénols (**Makris et Kefalas, 2004**). La gomme, extraite à partir de l'endosperme de la graine, est très exploitée par les industries agro-alimentaires, pharmaceutiques, cinématographiques, textiles et cosmétiques. Etant le dérivé le plus recherché de la graine, la gomme possède des caractéristiques très intéressantes en tant que multi additif (**Battle et Tous, 1997 ; Dakia et al., 2017**).

En Algérie, les caroubiers sont très abondants et répartis le long du tell, elle pousse souvent sur des reliefs accidentés rendant la récolte de la caroube très difficile, ceci explique le taux faible des exportations. Ces dernières années, un travail de sensibilisation et une logistique importante ont été mis en œuvre pour récolter ce produit et l'exporter ou le transformer localement. Malgré cette dégradation, la caroube reste un produit très prisé par les industriels algériens. Ces derniers ont acquis des parts de marché très importantes au niveau international pour ce produit, déplorant ainsi le manque d'intérêt et d'investissement dans ce secteur en Algérie qui possède des capacités à en faire une culture très épanouie (**Benmahioul et al., 2011 ; Mekhoukhe et al., 2021**).

La gomme de caroube (GC) ou locust bean gum (LBG) est une poudre blanche à crémeuse, obtenue à partir de l'endosperme des graines de caroube. Chimiquement c'est un galactomannanes qui correspond essentiellement à des polysaccharides hydrocolloïdes de haut poids moléculaire. Cette molécule est considérée comme le premier galactomannane employé comme additif (E410) dans nombreuses applications industrielles (alimentaires et non alimentaires) comme agent épaississant et stabilisant en raison de sa capacité à augmenter la viscosité (**Dakia et al., 2017 ; Mekhoukhe et al., 2021**).

## *Introduction*

---

Les rénovations réalisés ces dernières années dans la technologie de la production des produits laitiers ont permis d'élaborer des produits de haute technologie pour répondre aux besoins des consommateurs et de l'industrie (FAO, 2020).

Les desserts lactés sont des aliments, conçus pour apporter les qualités nutritionnelles de base du lait sous des formes faciles à assimiler et d'une grande variété de point de vue rhéologique et organoleptique (Luquet 1990 ; G. Debry, coord, 2001). Ces divers types de desserts lactés divergent de par leur composition, processus de fabrication mais également par leur date limite de consommation (Gret, 2002 ; JORA, 2013). Parmi ces produits on compte les crèmes desserts, qui sont des préparations à base de lait additionné de matières sucrantes, de matières aromatisants, et éventuellement de crème.

Devant l'importance sans cesse croissante de la demande des consommateurs en produits, l'investissement dans ce secteur d'activité est forcément porteur. En effet, l'industrie des desserts et crèmes lactés s'est développée au point de devenir une branche importante de notre industrie laitière en Algérie, la caroube demeure méconnue et très négligée et n'a pas encore eu la place qu'elle mérite, en particulier de la région de Bejaia et cela malgré l'engouement et l'intérêt qui lui sont portés depuis quelques décennies. Peu d'études sont disponibles sur la gousse et aucune information, à notre connaissance, n'est disponible sur leur utilisation dans différentes applications dans l'industrie laitière surtout les graines qui sont jetées sans aucune valorisation, ainsi que la pulpe de la caroube Algérienne.

Dans ce contexte, le travail présenté dans ce manuscrite effectué au niveau de l'université de Bejaia et laboratoire centre R&D du groupe TCHIN-LAIT vise l'essai de l'élaboration de produits à base de poudre de pulpe et gomme de caroube à évaluer la qualité physico-chimique et sensorielle des produits finis.

Le travail comprend, un premier volet relatif à une étude bibliographique qui met l'accent sur la caroube et le crème dessert. Une deuxième partie expose la partie pratique passant en premier lieu par matériel et les méthodes mis en œuvre dans le cadre de ce travail. L'extraction de la gomme, la formulation de crème dessert à base de cet additif et les différentes analyses effectuées au cours de cette partie. Et par la suite étalés les résultats obtenus et essayer de les discuter et en fin on termine par une conclusion et perspectives.

*Partie*  
*Bibliographique*

## I. Généralités sur le Caroubier

### 1. Origine et répartition géographique

Le lieu d'origine du caroubier demeure incertain plusieurs hypothèses éminentes d'un désaccord entre différents auteurs sur l'origine du caroubier. **Schweinfurth (1894)** a insinué qu'il est originaire du Sud de l'Arabie (Yémen). Cependant, **Zohary (1973)** a considéré le caroubier comme originaire de la flore d'Indo Malaisie, groupé avec **Olea, Laurus, Myrtus**. D'autres auteurs, comme **Vavilov (1951) et de Candolle (1983)**, ont rapporté qu'il serait natif de la région Est méditerranéenne (Turquie et Syrie). Le caroubier était connu dans le proche Orient et les îles de la Méditerranée. En Egypte, les pharaons utilisaient la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (**XVIIe siècle avant J.C.**). Cette espèce ligneuse a été domestiquée depuis le néolithique (**4 000ans avant J.C.**), et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. **Batlle et Tous, (1997)** (figure 1).



A)

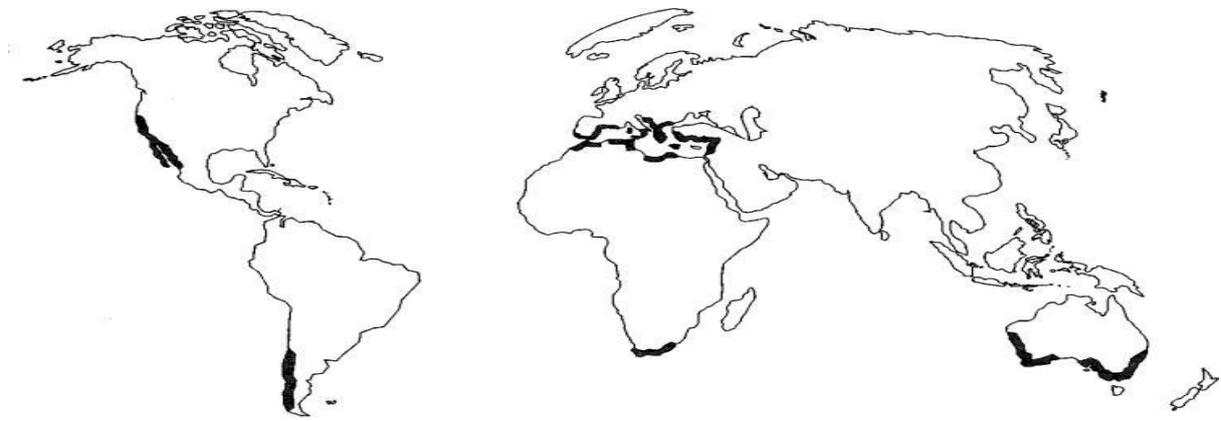
B)

**Figure 1:** A) Arbre de caroubier B) : Fruits du caroubier (photo prise à Imezayen – Bejaia).

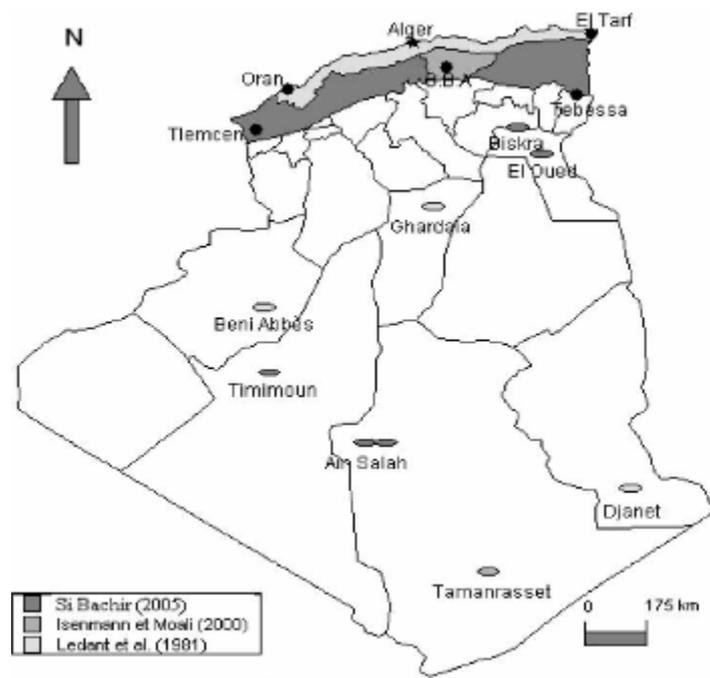
Le caroubier est cultivé depuis l'antiquité dans toutes les régions du bassin méditerranéen, principalement dans des endroits doux et secs où le climat favorise sa croissance **Bernardo-Gil et al., (2011)**. On le rencontre actuellement en allant de l'Espagne, l'Italie, la Grèce, le Portugal jusqu'au Maroc et l'Algérie **Dakia et al., (2008)**. Il a été introduit dans des zones chaudes et semi-arides d'Australie, Californie, Arizona, Chili, Mexique et Afrique du Sud. La moyenne de sa production mondiale est de 2000 à 3500 Kg/ha **Sánchez et al., (1997)** (Figure 2).

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell **Quezel et Santa, (1962)**. Dans les étages semi-aride chaud, subhumide et humide, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80mm à 600mm/an **Rebour, (1968)**.

Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie et à Tlemcen dans les régions suivantes : Sidi M'djahed, Sebra, Henaya, , AïnTellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Yousef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M'hidi. **Lavalée P., (1962)** (figure 3).



**Figure 2:** Distribution du caroubier dans le monde (**Batle et Tous, 1997**)



**Figure 3:** Carte géographique de la distribution de caroubier en Algérie (**A.N.R.H, 2004**).

## 2. Terminologie commune

La dénomination de *Ceratonia siliqua* dans différents pays et langues découle d'une forme générale du nom arabe Al kharroub ou الخروب et on tamazight tikida/taslirwa, comme c'est le cas de la lgarrobo ou garrofero en espagnol. On attribue aux arabes l'utilisation des graines entières du caroubier comme unité de poids dans le commerce de substances et matériels précieux (qirât) **Albanell, (1990)**.

## 3. Composition chimique de la caroube

Le fruit de la caroube est un mélange complexe de métabolites primaires et secondaires avec la présence de sucres et de fibres étant caractéristiques de ces fruits, suivis d'une grande diversité de poly phénols (tableau I), de nombreux minéraux et acides aminés peuvent être également présents. La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la caroube être présentent respectivement 90% et 10% de son poids total (**Goulas et al., 2016 ;Mekhoukhe et al., 2018;Van Rijs et Fogliano, 2020 ; Elaoufi et al., 2022**).

**Tableau I** : Composition chimique de la caroube (**Biner et al., 2007**)

	Composition	Pourcentage
<b>Pulpe 90%</b>	Minéraux (Ca, Mg, k, P)	2-5.3
	Glucide	48-72
	Protéine	1-2
	Matières grasses	0.5-0.7
	Cellulose et hémicellulose	18
	Pectines et fibres	4.2-9.6
	Cendres	1.5-2.4
	Polyphénols	16-20
<b>Graines 10%</b>	L'enveloppe tégumentaire (cuticule)	30-33
	L'endosperme (albumen)	42-46
	L'embryon (germe)	23-25

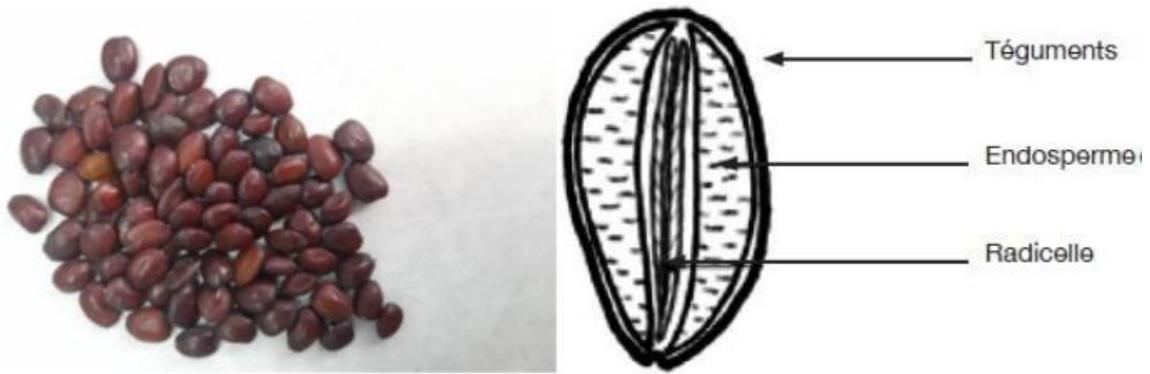
### 3.1 Pulpe

La composition chimique de la pulpe dépend généralement, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (**Albanell et al., 1991**). Elle contient des glucides, ainsi que des fibres alimentaires, des tanins et des polyphénols (**Papagiannopoulos et al., 2004 ; Van Rijs et Fogliano, 2020 ; Elaoufi et al., 2022**). Elle est très riche en sucre (48 à 72%) en particulier : Le sucrose (65 à 75%) (**Petit et al., 1995**), le fructose (3 à 8%) et le glucose (3 à 5%) (**Avallone et al., 1997**), ce qui lui confère un goût très sucré (**Biner et al., 2007**). Mais pauvre en protéines (1-2%) et en lipides (0.5- 0.7%) (Tableau I) (**Avallone et al., 1997**). Cette dernière contient également une teneur très élevée en fibres (27-40%) et une quantité en polyphénols (16 à 20%) (**Makris et al., 2004**). Par ailleurs, la pulpe est une bonne source de minéraux (K, Ca, Na, Fe et de Mg)(**Matthausa et al., 2001**) et de vitamines (**Makris et al., 2004**).

### 3.2 Graines

La graine est composée essentiellement d'antioxydants et de polysaccharides. Elle est exploitée depuis l'antiquité comme mesure de pierres précieuses et semble également avoir été utilisée par les pharmaciens pour peser leurs ingrédients (**BatilleetTous, 1997 ; Karababa et Kuskuner, 2013**). On peut extraire une protéine dite ; caroubine, insoluble dans l'eau isolée. Elle correspond à un mélange de protéines polymérisées de tailles dissemblables. **Wang (2001); Smith (2010)**, rapportent que ce type de protéine possède les mêmes propriétés rhéologiques que le gluten. Ces molécules pourraient être utilisées comme ingrédients sains dans les aliments nutraceutiques et peuvent constituer une nouvelle source d'aliment pour de différents secteurs de population notamment les intolérants au gluten **Bengoechea et al., (2008)**.

Elle contient également des polysaccharides essentiellement galactomannane connu sous le nom de gomme de caroube (**García-OchaoetCasas, 1992 ; Lizardo et al., 2002**). Des investigations réalisées par **Mekhoukheet al. (2018)**, la graine est riche en polyphénols, notamment les tanins. D'après **Batista et al., (1996)** sur la cuticule ou l'enveloppe, elle contient des antioxydants. Ces antioxydants naturels n'est autre que les polyphénols naturellement présentes dans l'enveloppe de la graine, qui sont valorisables dans l'industrie alimentaire (**Makris et Kefalas, 2004**). La figure 4 montre les différents composants de la graine.



A) Photo prise au laboratoire Technologie alimentaire.

B) Coupe transversale d'une graine de caroube (Dakia et al., 2008).

**Figure 4 :** Graines du caroubier

## 4. Production de la caroube

### 4.1 Production mondiale

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

La production mondiale annuelle de caroube essentiellement méditerranéenne, est estimée à 310 000 tonnes dont les principaux producteurs sont l'Espagne (42%), l'Italie (16%), le Portugal (10%), le Maroc (8%), la Grèce (6,5%), la Chypre (5,5%) et la Turquie (4,8%) (FAOSTAT, 2010) (Tableau II). Ainsi, L'Espagne étant le plus grand pays producteur et exportateur des gousses de caroube avec une production d'environ 150.000 t/an, couvre 57,5% de la superficie cultivée, et 47,6% de la production mondiale (Petit et Pinilla, 1995 ; Matthausa et Ozcan, 2011). La différence en rendement dépend de la récolte, de la région et des pratiques de culture (Makris et Kefalas, 2004 ; Boulbenza et al., 2019). Ainsi, La grande variabilité phénotypique au sein et entre les cultivars présente d'importantes implications pour la sélection, la création de nouvelles plantations et l'optimisation de la productivité de cette culture (Battle et Tous, 1997).

**Tableau II : Production mondiale de la caroube (FAOSTAT 2020)**

<b>Pays</b>	<b>Production en tonnes</b>
<b>Maroc</b>	21 800
<b>Turquie</b>	18 060
<b>Liban</b>	4 060
<b>Algérie</b>	3 280
<b>Tunisie</b>	818
<b>Israël</b>	405
<b>Mexique</b>	333
<b>Ukraine</b>	192
<b>Jordanie</b>	0
<b>Global</b>	4848

#### 4.2 Production en Algérie

La superficie totale cultivée du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 809 ha en **2016 (FAOSTAT, 2016)**. D'après **FAO (2010)**, la superficie était en 2009 de 927 ha dont 645 ha, soit 69,58 % de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaia. Cette dernière a baissé à 729 ha d'après **FAOSTAT (2020)**.

La superficie récoltée de caroube est de 789 ha avec un rendement de 36507 ha/ha La production nationale de la caroube est estimée à 33841Qx et se concentre principalement dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18.417 Qx, ce qui représente 54,42 % de la production nationale, suivie par la wilaya de Blida (23,79%) et Tipaza (16,55%). L'Algérie a connu une petite progression de production de caroube de 2865 tonnes en **2011 (FAO ,2016)** à 3280 tonnes en **2020 (FAOSTAT, 2020)**.

## II. Crèmes dessert

Les crèmes dessert font partie des desserts lactés les plus consommées et les plus appréciées notamment du fait de leur grande variété de texture (**Matignon et al., 2014**).

Elles sont préparées à partir de lait épaissi par addition d'agents de texture naturels (amidon...etc.), elles sont sucrées et aromatisées à la vanille, au caramel, au chocolat. (**Gret, 2010**). La catégorie de desserts lactés n'est pas définie réglementairement. Selon les usages et le code déontologique de la profession, les desserts lactés sont fabriqués à partir de matières premières laitières qui entrent dans leur composition pour au moins 50%, auxquelles on a ajouté d'autres ingrédients (caramel, café, chocolat, etc.) et des additifs (tels gélifiants etc.). Ils subissent un traitement thermique de cuisson, pasteurisation ou stérilisation (**GEMRCN, 2009**).

### 1. Définition

Les crèmes desserts n'ont pas de définition légale, à la différence des laits gélifiés. Cependant elles sont soumises à la dénomination crème : c'est donc une fabrication préparée à l'origine avec du lait non écrémé, concentré ou non, enrichi ou non en crème, additionnée de sucre et d'une matière aromatique naturelle et l'emploi d'agents de texture naturelle tel que l'amidon. (**Gret, 2010**).

### 2. Caractéristiques nutritionnelles

Une crème dessert est habituellement constituée de poudre de lait, sucre, d'amidon, de chocolat en poudre, caramel...etc. Elle a une composition nutritionnelle très variée (tableau III) avec des teneurs bien définie (**Lubrano-Lavadera et al., 2014**).

**Tableau III** : Compositions chimiques d'une crème dessert (**ANSES et CIQUAL, 2020**)

Nom	Teneur moyenne
<b>Energie, Règlement UE N° 1169/2011 (KJ/100 g)</b>	558
<b>Energie, Règlement UE N° 1169/2011 (Kcal/100 g)</b>	133
<b>Protéines, N x 6.25 (g/100 g)</b>	3,35
<b>Glucides (g/100 g)</b>	17,9
<b>Lipides (g/100 g)</b>	5,1
<b>Sucres (g/100g)</b>	15,7
<b>AG saturé (g/100g)</b>	3,3
<b>Sel chlorure de sodium (g/100g)</b>	0,14

### 3. Caractéristiques organoleptiques

On qualifie d'organoleptique tout ce qui est susceptible d'exciter un récepteur sensoriel. Ainsi, l'apparence, l'odeur, le goût, la texture ou encore la consistance constituent les qualités organoleptiques d'un produit (**Dixon, 1968 ; Klicast, 1996**). Le tableau IV résume les caractéristiques organoleptiques des crèmes desserts.

**Tableau IV : Caractéristiques organoleptiques de la crème dessert (Dixon, 1968 ; Klicast, 1996)**

Caractères organoleptiques	Description
Aspect	Produit lisse et homogène, pas de grumeau
Couleur	Marron foncé, marron claire ...etc. « selon la variété »
Odeur	Cacao cuit, caramel, biscuit ...etc. « selon la variété »
Texteur	Fluide et longue. Produit épais en bouche et onctueux.
Goût	Chocolat au lait avec une note légèrement amère, caramel ou bien chocolat au lait avec une saveur de biscuit « Sucrée »

### 4. Ingrédients ajoutés

Sachant que la matière première principale et commune à tous les types de desserts lactés est le lait (dont les crèmes desserts), d'autres adjuvants peuvent être ajoutés selon la recette. Le sucre est un ingrédient habituel et indispensable pour un dessert. Il peut être additionné sous différentes natures (saccharose, fructose ou glucose). Ils peuvent également contenir des agents sucrants à l'instar les sirops de glucose-fructose (**Saunders, 2011 ; Lubrano-Lavadera et al., 2014 ; Saunders, 2016**). D'autres ingrédients spécifiques peuvent être ajoutés (tableau V) dans la composition des crèmes desserts, apportant une large palette de textures (crème, riz, semoule) et de saveurs (chocolat, caramel, fruits etc ...) (**Mayade et al., 2007 ; Saunders, 2011 ; Lubrano-Lavadera et al., 2014**).

**Tableau V** : Composition d'une crème dessert selon **Branger et al., (2009)**

Ingrédients	%
Lait entier pasteurisé	74
Poudre de lait écrémé	9,1
Crème UHT « ingrédient facultatif »	5
Sucre	8,7
Amidon	2,5
Arôme	0,4
Carraghénanes	0,2
Colorant naturels « ingrédient facultatif »	0,1
Totale	100

## 5. Procédé de fabrication

La fabrication comprend plusieurs étapes (figure 5) : la préparation du mix qui correspond au mélange des ingrédients : lait, agents de texture, sucre, parfum et l'eau de reconstitution ; cette étape est suivie par un traitement thermique et par une homogénéisation. Une stérilisation du mélange est effectuée avant le refroidissement et le conditionnement (**Luquet, 1999**).

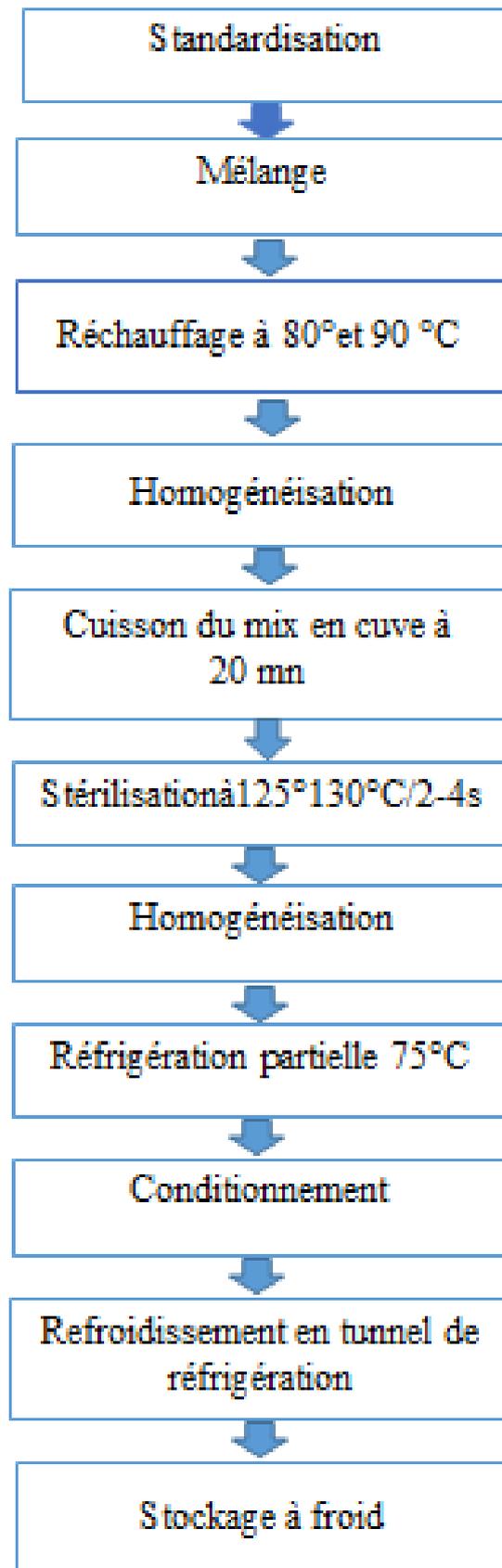


Figure 5: Diagramme de fabrication de la crème dessert (Boudier, 1990)

*Partie Expérimentale*  
*Matériel et Méthodes*

## I. Matériels et méthodes

### 1. Plan de travail

Ce présent travail portera sur la valorisation de la pulpe et la gomme de caroube, l'essai de l'incorporation dans un produit laitier industrielle « crème dessert » et de concevoir l'habitabilité de la gomme après son extraction à améliorer certaines caractéristiques en particulier la texture et l'amélioration des caractéristiques organoleptiques du produit par l'adjonction de la pulpe. L'objectif est de mettre en évidence l'action de la gomme et la pulpe sur les propriétés de la crème dessert, L'ensemble des manipulations effectuées sur les différents échantillons préparés ont été réalisés au niveau du laboratoire de Technologie alimentaire de l'université de Bejaia et d'autre au niveau de laboratoire de recherche et développement (R & D) du groupe TCHIN-LAIT.

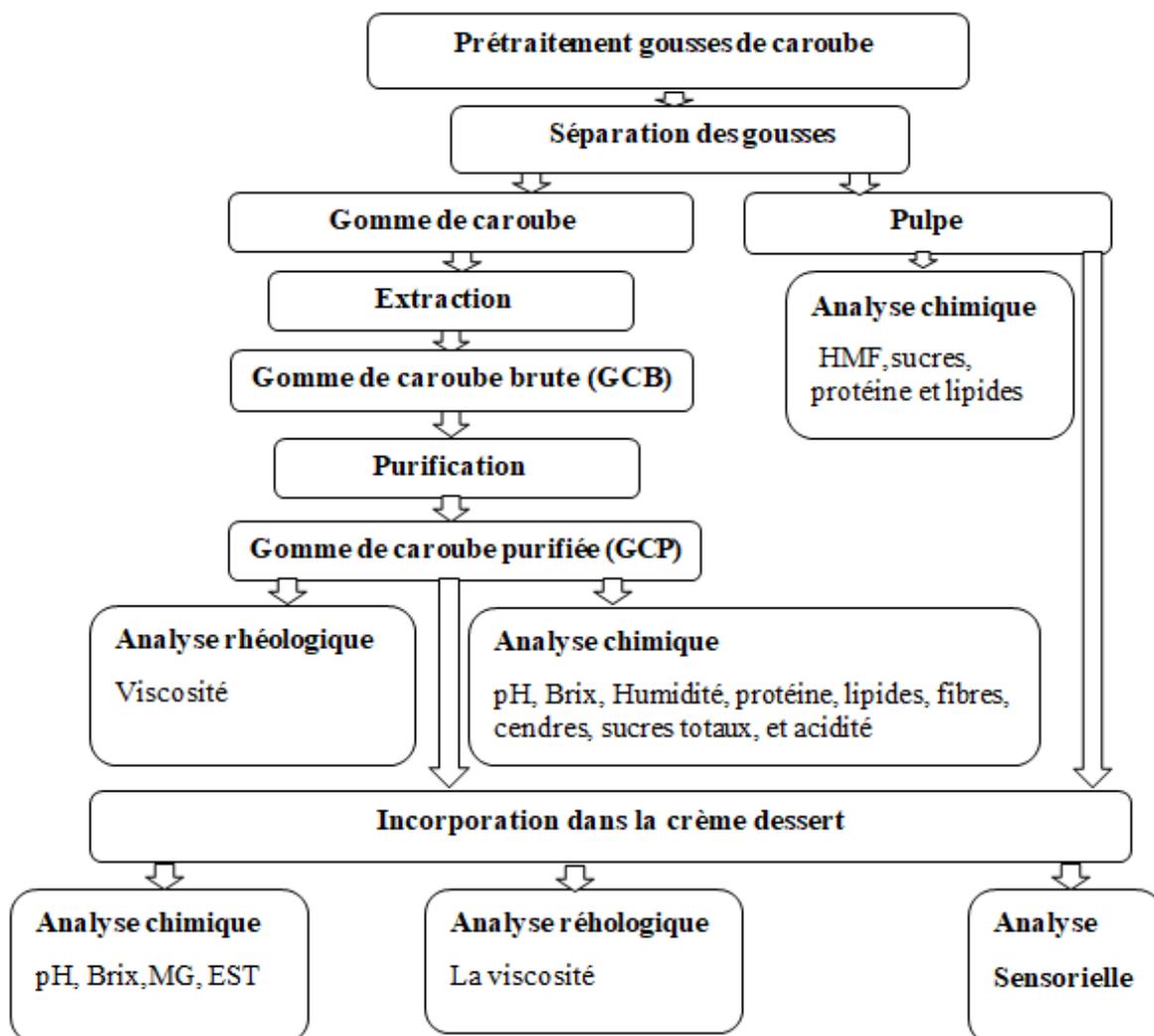


Figure 6 : Plans de travail

## **2. Présentation de l'unité**

### **2.1. Historique de TCHIN-LAIT**

La dénomination de la société TCHIN-LAIT n'est pas fortuite ; ce choix symbolise la famille BERKATI, un témoignage de continuité de l'héritage qui a été légué au travers de la société TCHIN-TCHIN, un fleuron parmi les usines de fabrication de boisson gazeuses, pendant plus de 50 années. Elle a donnée naissance à des marques réputées comme SLIM etc. TCHIN-LAIT qui lui a succédé, se devait naturellement de porter le flambeau de la continuité.

### **2.2. Situation juridique et naissance du groupe TCHIN-LAIT**

TCHIN LAIT, était à sa création le 17 août 1999, une société de droit algérien, constituée juridiquement sous forme de SARL. Mr Fawzi BERKATI fondateur de la société, avec 90 % des parts sociales a été désigné Gérant.

L'entreprise, prenant une dimension de plus en plus importante, le besoin de repenser le modèle organisationnel et structurel qui réagissait son fonctionnement, lequel était ressenti comme un réel frein à tout effort d'expansion et de développement, devenait impératif ; cette réflexion a guidé l'entreprise tout au long de l'année 2016.

L'année 2017 a été consacré définitivement la mise en œuvre des restructurations organiques liées à la formation de ce groupe. C'est ainsi qu'il a été engagé et finalisé durant cette année-là :

- La transformation juridique de TCHIN LAIT Sarl, pour l'ériger en société par Actions
- La filialisation en mars 2017 de la SPA Générale laiterie Jugurtha
- L'augmentation du capital social de TCHIN LAIT SPA
- L'absorption de Générale laiterie Jugurtha par voie de fusion en dernière étape ; le 06 novembre 2017, accompagnée d'une nouvelle augmentation de capital.

### **2.3. Situation géographique**

Le groupe TCHIN-LAIT possède son **Siège social** dans le tissu urbain de Bejaia, à Bir slam et répartir géographiquement comme suit : SPA TCHIN LAIT regrepoint les trois sites de production localisés respectivement à : -BEJAIA : RN N° 12 Bir Slam, -BEJAIA : RN N° 12 Bir Slam, -ALGER : Zone d'activité Haouch EL Amirate, BARAKI, -SETIF : Zone industrielle, Lotissement 163, SPA TCHIN AGRO ; Bordj Bou Arreridj, Msila, SPA TCHIN LOGISTIQUE : Oued Ghir.

**2.4 Organigramme de l'organisation de la laiterie Tchîn-Lait / CANDIA** (voir la figure en annexe 1)

### 3. Matériel végétal

#### 3.1 Préparation de la matrice végétale

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



**Figure 7 :** Localisation de la zone d'étude

Une identification a été réalisée au niveau du laboratoire de physiologie végétale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Abderrahmane Mira de Bejaïa. Les gousses ont été séchées à l'ombre pendant plus de 3 semaines, et essayer les graines ont été ensuite séparées des pulpes. Les pulpes été récupérées, concassées et broyées, la poudre obtenue a été tamisée puis conservée (figure 8).



**Figure 8:** A) Gousses de caroube ; B) Pulpe sans graines découpés en morceaux ; C) Graines

#### 4. Essai d'extraction de la gomme de caroube

- **Extraction**

L'extraction de la gomme de caroube nécessite plusieurs étapes et un travail judicieux. La gomme non purifiée brute est préparée après avoir séparé la cuticule et le germe de l'endosperme. L'extraction a été réalisée selon protocole décrit par (Dakia et al., 2007). Avec quelques modifications (figure 9).

- **Traitement à l'eau bouillante**

La séparation de l'endosperme constitue le traitement primaire dans le processus de l'extraction de la gomme. Une masse de graines ont été additionnés à un volume d'eau bouillante, le mélange a été chauffé à 100°C sous agitation pendant 1 h.

- **Lavage et décorticage**

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

- **Séchage et broyage**

Les endospermes ainsi récupérés ont été lavés et séchés à l'air libre pendant 48h, broyés puis tamisés.

- **Tamisage**

La poudre de GCB obtenue a été tamisée à l'aide d'un tamiseur d'une granulométrie de 250  $\mu\text{m}$  afin de se débarrasser des grandes particules insolubles. La poudre obtenue est de couleur jaunâtre « gomme de caroube brute » non purifiée (GCB).



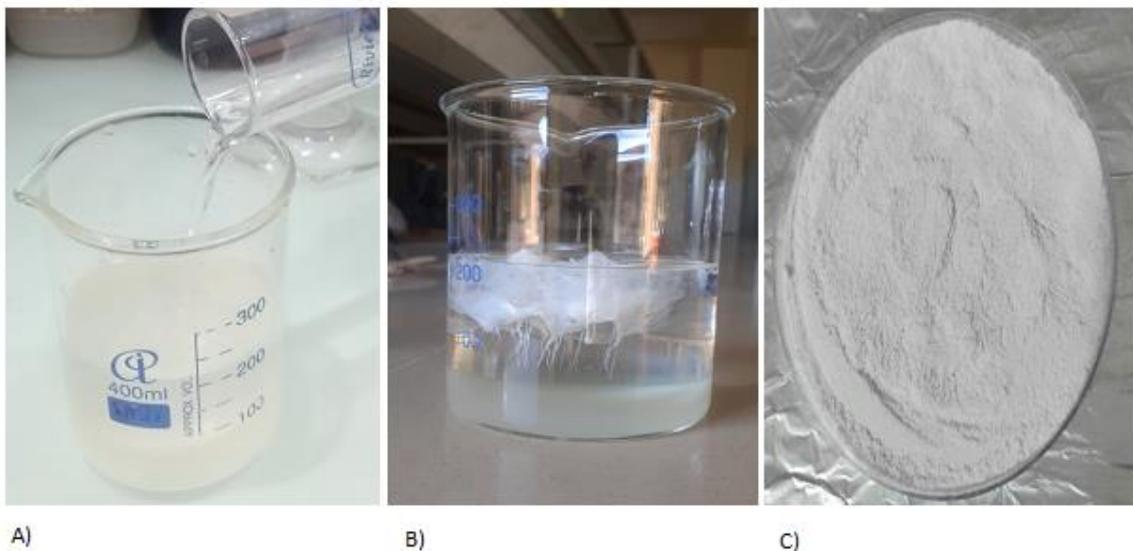
**Figure 9 :** A) Graines dans l'eau bouillante ; B) Graines ; C) Photographie des cuticules ; D) Photographie des graines décortiquées ; E) Photographie des germes séparés ; F) Photographie de l'endosperme ; G) Photographie de la poudre de gomme brute.

## 5. Purification de la gomme

La qualité de la poudre brute dépend du procédé de broyage, ce dernier peut assombrir la poudre en raison des températures élevées au cours de processus, également la couleur et la taille des particules sont une indication des impuretés (**Kôk, 2007**), et la purification permet de réduire considérablement les impuretés à l'instar des minéraux, protéines, cellulose, lignine et lipides (**Da silva et al.,1990**)

- **Protocole**

La clarification de la gomme a été réalisée selon la méthode décrite par **Da Silva et al. (1990)** avec quelques modifications : Une masse de poudre GCB à a été additionné à un volume d'eau distillée, Chauffée à une température 80 °C pendant 15minutes avec agitation continue. Après refroidissement pendant toute une nuit à température ambiante, le mélange a été filtré et centrifugé à 4500 tr/min pendant 15 minutes, un aliquote de surnagent a été récupéré et précipité toute une nuit dans un volume d'isopropanol. Après filtration, un séchage à 40°C, un broyage et un tamisage une poudre fine (figure 10).



**Figure 10** : Principales étapes de purification : A) précipitation à l'isopropanol ; B) précipité ; C) Gomme purifiée

## 6. Analyses physicochimiques de la gomme de caroube (brute et purifiée)

### 6.1 Test de l'humidité

Un test d'humidité a été réalisé selon la méthode **AOAC (2000)** pour les deux poudres de gomme de caroube brute (GCB) et purifiée (GCP). 100 mg d'échantillons ont été séché pendant 3 h à 105°C, repesé après séchage. Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Teneur en eau \%} = \% = \frac{M_F - M_S}{P} \times 100$$

**M<sub>F</sub>**: Masse de la matière végétale avant séchage (mg).

**M<sub>S</sub>**: Masse de la matière végétale après séchage (mg).

**P** : Masse de la prise d'essai (mg)

## 6.2 Mesure de pH

- **Préparation de la solution**

Une solution de GCB à 1% est préparée. 1g GCB sont additionnés à 100 mL d'eau distillée préalablement chauffée à 80°C, puis agités pendant 5mn tout en maintenant la température stable aux alentours de 80°C.

On laisse la solution refroidir puis on plonge la sonde de pH mètre dans la solution et on fait la lecture.

## 6.3 Détermination du degré de 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 analysé, dans les mêmes conditions de préparation et de température. Cette concentration est exprimée pourcentage massique (AFNOR, 1970).

- **Protocole**

La teneur en solides solubles totaux a été déterminée par une lecture directe par un réfractomètre manuel (ATAGO, PAL-1 de 0-53% Brix). La lecture est faite en plaçant une goutte d'échantillon, sur la plaque de charnière de l'instrument, face à la lumière dans une lecture numérique du réfractomètre et exprimés en degrés Brix (Gomes et al., 2018).

## 6.4 Détermination de la teneur en sucres totaux

- **Principe**

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

- **Protocole**

Les sucres totaux sont déterminés selon le protocole de phénol-sulfurique décrit par Dubois et al. (1956) avec quelques modifications. Une masse d'échantillon est dissoute dans un volume d'éthanol (à 80%), le mélange est soumis à une agitation pendant 2 h. Après filtration le filtrat est récupéré, 1mL du filtrat est ajouté à 1 ml de phénol (5%) et à 5mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La solution obtenue est agitée instantanément 25°C pendant 20 min, une coloration jaune apparaît, la lecture est réalisée au moyen d'un spectrophotomètre (UV-Visible) à une

longueur d'onde de  $\lambda=485$  nm, la teneur en sucres totaux est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage.

### 6.5 Détermination des Protéines

- **Principe**

Le test est basé sur l'observation que l'absorbance maximum pour une solution acide de Coomassie Brilliant Blue G-250 shifts de 465 nm à 595 nm lors de la liaison à la protéine. Les deux hydrophobes et les interactions ioniques stabilisent la forme anionique du colorant, provoquant un changement de couleur visible (**Kielkopf et al., 2020**).

- **Protocole**

La quantité en protéines est estimée d'après la méthode décrite par **Kielkopf et al. (2020)**. Avec quelques modifications. Un volume d'échantillon est ajouté à un volume de réactif de Bradford. Après agitation le mélange est laissé à l'obscurité pendant quelques minutes. La lecture est réalisée au moyen d'un spectrophotomètre (UV-visible) à une longueur d'onde de 590 nm après avoir réalisé un balayage de 800-400nm. Une courbe d'étalonnage a été réalisée à partir d'une solution mère de BSA (1mg/ml).

### 6.6 Dosage des fibres

- **Principe**

Consiste à traiter l'échantillon successivement avec de l'acide et de la base, l'hydrolyse acide/basique à (chaude) permet de solubiliser la quasi-totalité du contenu cellulaire à l'exception des fibres alimentaire et les sels minéraux.

- **Protocole**

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

### 6.7 Détermination des cendres

- **Principe**

Le principe consiste à une cinération du matériel biologique. L'opération ne sera terminée que lorsque la couleur des résidus deviendra blanche grisâtre, qui se transformera en une couleur blanche après refroidissement.

- **Protocole**

La teneur en cendres contenu dans les deux gommés est déterminée selon la technique **AOAC (2006)**. Avant de commencer l'incinération de l'échantillon, on procède au préalable à un préchauffé à 600°C pendant 6h pour une quantité (g) de la poudre. La teneur en cendres est déterminée en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en Cendres (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_i} \times 100$$

**m<sub>1</sub>**: masse en gramme de creuset avec cendre après incinération.

**m<sub>0</sub>**: masse en gramme de creuset vide.

**m<sub>i</sub>**: masse en gramme initiale d'échantillon.

## 6.8 Détermination des Lipides

- **Principe**

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

- **Protocole**

La détermination des lipides a été réalisé selon la technique décrite par **De Pádua et al. (2004)** avec quelque modification : Une masse (g) d'échantillon a été extraite avec de l'éther éthylique à Soxhlet pendant 5 heures. Le solvant est évaporé et le résidu est considéré comme lipides.

## 7. Analyses physicochimiques de la pulpe de caroube

La détermination de la teneur en sucres totaux d'après **Dubois et al. (1956)**, lipides d'après **De Pádua et al. (2004)**, les protéines d'après **Kielkopf et al. (2020)**.

### 7.1 Dosage des hydroxyméthylfurfural (HMF)

- **Principe**

La détermination de la teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF) est basée sur la détermination de l'absorbance UV à 284 nm. Dans le but d'éviter l'interférence des autres composés à cette longueur d'onde, on détermine la différence entre les absorbances d'une solution aqueuse claire et la même solution après addition de méta bisulfite de sodium. La teneur en HMF est calculée après substitution de l'absorbance de base à 336nm.

- **Protocole**

La technique exploitée est selon la méthode de **Bogdanov (2002)** avec quelques modifications ; Une masse de d'échantillons est dissoute dans 25mL d'eau distillée, le

mélange est soumis à une homogénéisation pendant 10 min. Un volume de solutions carrez I à (15%) et carrez II à (30%) est additionné au mélange, après agitation ajouter un volume d'eau distillée.

Après filtration 5mL de filtrat ajouté à 5mL d'eau distillée et prendre 5mL de sulfate de sodium (0.2%). Après agitation pendant 5 min, le mélange est laissé à l'obscurité. La lecture est réalisée au moyen d'un spectrophotomètre (UV-visible) à une longueur d'onde de 284 nm et 336 nm. La teneur en HMF est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{HMF (mg/kg)} = \frac{A_{284} - A_{336} \times 149,7 \times 5}{P}$$

**A** : Absorbance.

**149,7** : Facteur de conversion.

**P** : Prise d'essai (g ou mg).

## 8. Essai d'incorporation de la gomme et la pulpe de caroube dans un produit laitier (crème dessert)

### 8.1 Préparation des échantillons de crème dessert

Dans cette partie un essai d'incorporation des sous-produits de la caroube (gomme et pulpe) dans une crème dessert formulée à l'échelle laboratoire au niveau du complexe CANDIA. Plusieurs échantillons ont été préparés selon un protocole spécifique de l'unité.

#### ▪ Ingrédients

Pour la préparation de la crème dessert une panoplie d'ingrédients ont été utilisés à l'instar ; lait entier pasteurisé, poudre de lait écrémé, pulpe de caroube, carraghénane, sucre, arôme, amidon modifié, colorants naturels et la gomme de caroube purifiée (tableau VI).

**Tableau VI** : Composition des échantillons de crème dessert préparées

Echantillon	Composition									
	CR	Colorant naturels	Lait entier pasteurisé	Poudre de lait écrémé	Sucre	Pulpe de caroube	Amidon modifié	Arôme	Gomme de caroube	Cacao
<b>E1</b>	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-
<b>E2</b>	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+

**E1** : crème dessert avec pulpe de caroube / **E2** : crème dessert avec gomme de caroube

**CR** : Carraghénane

## 8.2 Formulation de la crème dessert

La première étape de cette formulation consiste à mélanger les ingrédients secs (l'amidon, la poudre de lait écrémé, la carraghénane, cacao...) puis l'incorporation de la pulpe/gomme de caroube préalablement solubilisée dans lait entier pasteurisé, d'autre part on a mis le lait à chauffer jusqu'à 70°C, puis on a ajouté le mélange des ingrédients secs petit à petit en laisse chauffer jusqu'à l'ébullition : Les produits obtenus ont été placés dans des récipients alimentaires en verre stériles avec des couvercles et conservés (Figure en annexe 1).

## 8.3 Détermination de quelques paramètres physico-chimiques

### 8.3.1 Détermination du pH (AFNOR, 1986)

Le principe consiste à la mesure de la différence de potentiel entre une électrode de mesure et une électrode de référence réunies en un système d'électrodes combiné. Le pH est déterminé directement en utilisant un pH-mètre après avoir plongé l'électrode dans le pot de crème dessert.

### 8.3.2 Détermination du degré Brix

- **Principe**

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

- **Protocole**

Le Brix des échantillons est déterminé avec un réfractomètre, La lecture est faite en plaçant un pot de crème dessert, sur la plaque de charnière de l'instrument, face à la lumière. La valeur de Brix est lue à travers l'œil de l'instrument. Il est essentiel de nettoyer le réfractomètre avec de l'eau distillée après chaque lecture pour s'assurer qu'aucune particule ne reste sur la plaque articulée (Withers Poon et Jackson, 1995).

- **Expressions des résultats**

La valeur du degré de Brix est directement lue sur l'écran de l'instrument (figure en annexe 1).

### 8.3.3 Détermination du taux d'extrait sec total (E.S.T)

- **Principe**

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après la dessiccation complète de l'échantillon ; elle est mesurée à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge (PRECISA).

- **Protocole**

Une coupelle en aluminium est placée sur la balance qui se trouve à l'intérieure de la chambre chaude du dessiccateur, puis le poids est taré à zéro. Par la suite une masse d'échantillon est bien étalés à l'aide d'une spatule sur la coupelle. Enfin l'analyse est démarrée en appuyant sur la touche START de l'appareil qui s'arrêtera automatiquement (figure en annexe 1). La valeur est affichée sur l'écran de l'appareil, exprimé en %

### **8.3. 4 Détermination de la teneur en matière grasse (MG) « méthode de Gerber »**

- **Principe**

La méthode dite acido-butyrométrique de Gerber est basée sur la dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique et la séparation de la matière grasse dans un butyromètre est favorisée par addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylque et par centrifugation (NF, ISO 1966).

- **Protocole**

Un volume d'acide sulfurique est versé dans butyromètre (figure 4 en annexe) au moyen d'un distributeur en évitant de mouiller le col, on ajoute un volume d'échantillons à l'aide d'une pipette, verser 1mL d'alcool iso-amylque ; puis fermer le butyromètre ; puis agiter jusqu'à ce qu'un mélange homogène, soit obtenu ; par la suite une centrifugation a (1200 t/min) est effectuée pendant 5mn et à 65C°.

- **Expression des résultats**

Tenir le butyromètre bien vertical, l'ampoule vers le haut et fixer le niveau inférieur de la phase lipidique avec une graduation (N1), en tirer légèrement sur le bouchon, par la suite lire la valeur(N2) de la graduation qui correspond au point le plus bas ; la teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage (%) et donnée par la formule suivante ;

$$TMG = (N2 - N1) \times 100$$

Où **TMG** : Teneur en matière grasse, **N1** : Valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne

**N2** : Valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne.

## **8.4 Contrôle des caractéristiques rhéologiques**

### **8.4.1 Détermination de la Viscosité**

- **Principe**

C'est la détermination de la consistance et la texture du produit par un viscosimètre rotatif modèle BROOKFIELD de type DV1MLVKJO

- **Protocole**

Après l'étalonnage du viscosimètre, une masse d'échantillon est placée centrée au-dessous du disque (s'assurer que le produit touche toute la surface du disque).

- **Expressions des résultats**

La valeur est directement lue sur l'écran du viscosimètre (Figure en annexe 1). Le résultat est exprimé en centpoise (CP).

## **8.5 Évaluation sensorielle**

Une évaluation sensorielle a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia, sur les échantillons de crème dessert préparés à base de pulpe et gomme de caroube, le panel d'analyse se compose des jurys experts. Les sujets ont été invités à déguster les échantillons dans des salles de dégustation spécifique individuelle, munie de lumière blanche, ils ont été servis dans des gobelets en plastique blanc et présentés avec un code à un chiffre et exposés dans un ordre équilibré. De l'eau et du pain ont été fournis aux consommateurs dans le but de nettoyer leur palais entre chaque dégustation.

Un questionnaire a été remis à Chaque dégustateur pour évaluer les caractéristiques organoleptiques : Couleur, Odeur, sensation en bouche (gout sucré, arôme, acidité, arrière-gout), Texture (consistance), des échantillons de crèmes dessert formulés.

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux panels, ont été traitées en utilisant le logiciel XLSTAT version 16.5.03 2017, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques. Les principales fonctionnalités de ce logiciel, utilisées pour interpréter les résultats comme suite : Plan d'expérience, Caractérisation de produits, Analyse en composante principale (ACP), Classification ascendante hiérarchique (CAH) et Préférence MAPPING (PREFMAP).

## **8.6 Analyse statistique**

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour le traitement des données une étude statistique ont été réalisé en utilisant une analyse de la variance (ANOVA), un test de LSD de Fisher à l'aide d'un logiciel STATISTICA 7.1. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité  $p < 0,05$ .

*Partie Expérimentale*  
*Résultats et discussion*

## II. Résultats et discussion

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

#### 1.1 Détermination des caractéristiques physiques

Une détermination de certains paramètres physiques a été réalisée (tableau VII)

**Tableau VII** : Propriétés physiques de la gomme brute et purifiée

Analyse physiques		
Gomme	pH	Degré de Brix
GCB	6,67±0,02	0,87±0,07
GCP	6,79±0,09	0,9±0,02

**GGP** : gomme de graine purifiée ; **GGB** : gomme de graine brute

La valeur du pH est une expression de l'activité des ions hydrogène et plus la valeur du pH est faible, plus l'acidité de l'environnement augmente (**Batle et Tous, 1997 ; Kivrak et al., 2015**).

La valeur moyenne de pH (tableau VII) acquise au niveau des deux gommes GCB (gomme de caroube brute) et GCP (gomme de caroube purifiée) ne varie pas beaucoup, elle est 6,67±0,02 et 6,79±0,09. Ce résultat est proche de celui obtenu par **Kivrak et al. (2015)** qui est de 6,52 et celui révélé par **Mekhoukhe et al. (2021)**.

Le degré de Brix (°Brix) mesure le poids en gramme de matière sèche contenue dans 100 g de produit (**Smati et al., 2017**). D'après le Tableau, le °Brix de la GCP est plus élevé 0,9±0,02 que celui de la GCB qui de 0,87±0,07

Les données pour GCB sont similaires avec ceux énoncés par **Kivrak et al. (2015)** 0,73-0,57%. Ainsi que ceux apporté par **Mekhoukhe et al. (2021)** avec 0,71%

#### 1.2 Détermination des caractéristiques chimique

La composition chimique de la graine de caroube diffère d'un pays à un autre, d'une région à une autre et cela dépend de plusieurs facteurs à l'instar les cultivars, facteur climatique, le temps de récolte (**Batle et Tous, 1997 ; Bouzouita et al., 2007**). Les résultats de l'analyse chimique des deux gommes (GCB et GCP) sont regroupés dans le tableau VIII suivant :

**Tableau VIII** : Analyses des propriétés physico- chimique de la gomme brute et purifié

Analyse chimiques						
Gomme	Cendres*	Humidité*	Fibres*	Lipides**	Protéines**	Sucres**
GCB	0,92±0,06	0,72±0,02	0,55±0,04	1,07±0,13	6,86±0,34	80,85±1,54
GCP	0,13±0,02	9,47±0,33	0,30±0,05	0,22±0,06	0,61±0,02	84,98±0,67

\* : % ; \*\* : g/100 ; **GGP** : gomme de graine purifiée ; **GGB** : gomme de graine brute

### 1.2.1 Détermination de la teneur en cendres

Au vu des résultats une baisse non anodine dans le taux en cendres est observée au niveau de GCB 0,92±0,06% à une teneur de 0,13±0,02% dans GCP ± 0,04.

Ce résultat est proche à celle retrouvé par **Kivrak et al. (2014)** dans des gommages de caroubes turque avec 0,84%, alors qu'elle est plus élevée par rapport à celle rapporté par **Frahny et al. (2014)** au niveau de la gomme de caroube d'Iran ainsi que celui énoncé par **Gillet et al. (2014)** dans la gomme de caroube de France qui sont 0,58 et 0,31% mais moins importante par rapport à celle de **Dakia et al. (2017)** qui est de 1,02%. Ces différences peuvent être expliquées par rapport aux conditions géographiques (provenance), climatiques mais également aux différentes méthodes employées pour l'extraction de la gomme (**Dakia et al., 2017**).

### 1.2.2 Détermination du taux d'humidité

Ce paramètre nous renseigne sur la présence de l'eau au niveau de la gomme des graines de caroube. D'après les résultats (tableau VIII) on ne constate que le taux d'humidité dans la GCP est plus élevé 9,47±0,33 par rapport à la GCB qui est de 0,72±0,02

Ces résultats est similaire à celui rapporté par **Higazy et al. (2018)** utilisant une gomme de caroube Egyptienne ainsi que celle restitué par **Mekhoukhe et al. (2021)** qui sont 8,42 et 8,66 % respectivement, alors qu'elle est plus importante par rapport à celles rapporté par **El Batel et al. (2013)** qui ont travaillé sur des gommages de caroube Marocaines avec des proportions de 6,85%. Ces variations sont probablement liées d'après **Dakia et al. (2014)** ; **Rodríguez Solana et al. (2021)** et **Peti et Isasi, 2022** aux facteurs climatiques, géographiques, temps de récolte et même conditions environnementaux.

### 1.2.3 Détermination des fibres

Concernant la teneur en fibres, la GCB détient la teneur la plus élevée en fibres  $0,55\pm 0,04\%$  par rapport à GCP  $0,30\pm 0,05\%$ . **Lopes Da Silva et al. (1990)** révèlent qu'un traitement de purification provoque une diminution de la teneur en fibres.

Ce résultat est proche avec celui rapporté par **Mekhoukhe et al. (2021)**  $0,65\%$ , mais inférieur à celle révélée par **Lopes Da Silva et al. (1990)** avec  $1,55\%$  et par **Farahnaki et al. (2014)** avec  $2,14\%$ .

### 1.2.4 Détermination des lipides

Les résultats obtenus (tableau VIII) indiquent une diminution dans la teneur en lipides dans la gomme de caroube après traitement de purification de  $1,07\pm 0,13\text{g}$  au niveau de GCB à  $0,22\pm 0,06$  au niveau de GCP.

Ces données sont similaires avec ceux restitués par **Mekhoukhe et al. (2021)** avec  $0,84\text{g}/100\text{g}$  mais moins importante que celles rapportées de **Lopez Da Silva et al. (1990)** qui est de  $0,92\%$ , et celles de **Dakia et al. (2008)** qui est  $1,5\%$ .

### 1.2.5 Détermination des protéines

La teneur en protéine obtenue (tableau VIII) est de  $6,86\pm 0,34\text{g}$  dans la GCB et de  $0,61\pm 0,02\text{g}$  au niveau de la GCP. Ces valeurs sont proches aux résultats rapportés par **Lopez Da Silva et Gonçalves (1990)** et de **Bouzouita et al. (2007)** qui sont  $4,66$  et  $4,52\text{ g}/100\text{g}$  respectivement, mais plus importante par rapport à celle révélée par **Haddarah et al. (2013)** avec  $3,92\text{ g}/100\text{g}$ , cependant ce résultat est inférieur à celui énoncé par **Dakia et al. (2008)** qui est de  $7,4\%$

### 1.2.6 Détermination des sucres

La quantité en sucres totaux a été estimée par la méthode de phénol / acide sulfurique. D'après les résultats obtenus par le (tableau VIII), la GCP présente la teneur la plus accrue en sucres totaux avec  $84,98\pm 0,67\text{g}$  par rapport GCB qui de  $80,85\pm 1,54\text{g}$ .

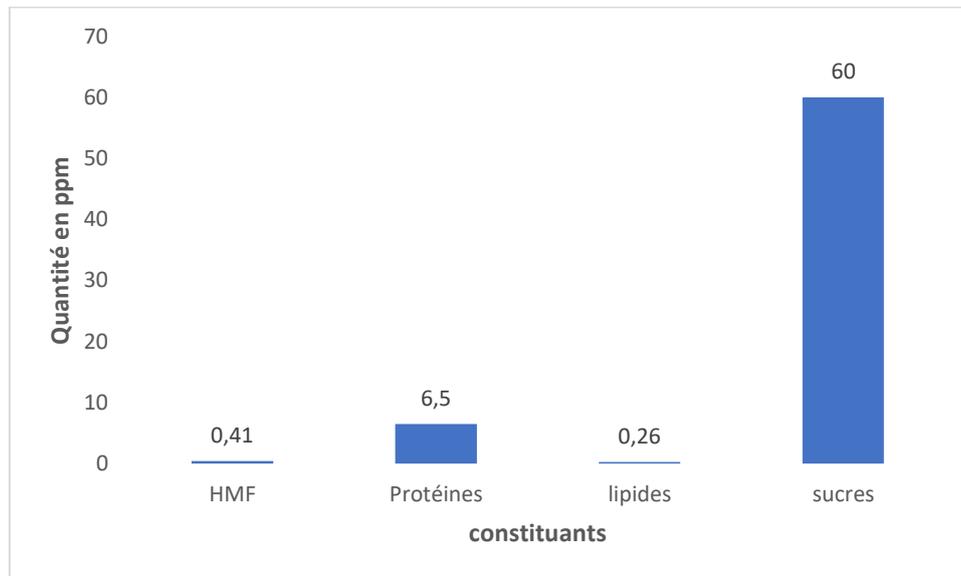
Selon plusieurs investigations, c'est le constituant majeur de cette gomme de caroube (**Dakia et al., 2017 ; Mekhoukhe et al., 2021**).

Ce résultat est beaucoup plus élevé par rapport à celui restitué par **Kivrak et al. (2013)** qui est de  $1,74\text{g}/100\text{g}$  et par **Mekhoukhe et al. (2021)** qui de  $16,57\text{ g}/100$  mais moins important que celui rapporté par **Dakia et al. (2008)** et **Batal et al. (2016)**. 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.

## 2. Analyses physico-chimiques de la pulpe de caroube

La composition chimique de la gousse de caroube varie en fonction des cultivars, de l'origine géographique, du temps de la récolte et des facteurs environnementaux (**Orphanos et Papaconstantinou, 1969 ; Bouzouita et al., 2007**).

Les résultats de l'analyse chimique de la pulpe de caroube sont regroupés dans la figure ci-dessous :



**Figure 11:** Composition chimique de la poudre de pulpe de caroube

### 2.1 Détermination des HMF

La poudre de pulpe de caroube est conquérante pour un large éventail de processus industriels de produits alimentaires à l'instar les bonbons, les glaces, les boissons et les gâteaux. Il est connu comme un édulcorant naturel avec une apparence et une saveur similaire au cacao ; ainsi, il est largement utilisé comme substitut du cacao (**Tekik et al., 2010 ; Alper Oral et al., 2012 ; Cepo et al., 2014**),

Les composés furaniques (5-hydroxyméthylfurfural) (HMF) et les mélanoidines sont respectivement des produits intermédiaires et des produits finaux qui se forment à la suite de la dégradation des glucides lors du traitement thermique excessif d'aliments acides et/ou de processus de conservation (**Cepo et al., 2014 ; Solana et al., 2021**)

Les résultats de la détermination de la teneur en HMF dans la poudre de pulpe de caroube sont de 41mg /Kg. Cette valeur est beaucoup plus faible par rapport à celle révélée par **Cepo et al. (2014)** avec 220,7 mg/ kg qui ont travaillé sur des poudres de caroube torréfiées à des températures variant de 130 à 150°C.

Il n'y a pas eu de norme internationale pour la poudre de caroube et elle pourrait donc être comparée aux normes du miel qui peut être considéré comme un produit similaire car il

contient des teneurs élevées en sucre et en minéraux. Selon la norme Codex, la concentration en HMF du miel transformé doit être inférieure à 40 ppm (Aydin et Ozdemir, 2017).

## 2.2 Détermination des Lipides

Les résultats obtenus (figure 11) indiquent, que la poudre de caroube détient une teneur faible en lipide qui est de  $0,26 \pm 0,02$  ppm.

Ces données obtenues sont plus beaucoup plus faibles par rapport à celles rapportées par Rababah et al. (2013) au niveau des pulpes de caroube de Jordanie avec une proportion de 1,2 g/100, et similaires avec ceux révélés par Avallone et al. (1997) qui ont travaillé sur plusieurs variétés de caroube d'Italie et ont trouvé des taux de lipides (0,4- 2,8 %) et avec celles de Loulis et al. (2018) avec 0,2%.

## 2.3 Détermination des protéines

Les données obtenues (figure 11) indiquent, que la poudre de caroube présente une quantité faible en protéine avec  $6,26 \pm 0,2$  ppm.

Ces données sont similaires avec celles rapportées par Youssef et al. (2013) au niveau de poudre de caroube égyptienne avec 6,34% mais plus importantes que celles révélées par Solana et al. (2021) avec 3%, (voir la figure en annexe 2)

## 2.4 Détermination des sucres

La pulpe de caroube est très connue pour sa richesse en sucres, cette caractéristique a été prise en considération pour produire des sirops et même du saccharose cristallisé (El Batal et al., 2016 ; Rabbabeh et al., 2013).

La teneur en sucres totaux retrouvée dans cette étude est de  $66,5 \pm 0,8$  ppm. Ce résultat est proche avec celui rapporté par Higazyet al. (2018) (67%), mais plus important que celui révélé par Ibrahimet al. (2020) avec 54 % (voir la figure en annexe 2).

## 3. Valorisation de la gomme et poudre de pulpe de caroube

Les desserts lactés à savoir les crèmes desserts sont des mélanges et des matrices complexes comprenant des composants principaux tels que le lait, le sucre, l'amidon, les hydro colloïdes, les colorants et les arômes, avec une structure protéique ; ils sont largement consommés et présentent une consistance semi-solide (Aguilar-Raymundo et Velez –Ruiz, 2018 ; Zarzecki et al., 2019).

Dans cette partie, un essai de formulation de crème dessert à base de gomme et poudre de pulpe de caroube a été réalisé à l'échelle laboratoire au niveau du groupe TCHIN-LAIT. Certaines analyses ont été effectuées sur les produits élaborés à savoir physicochimiques, rhéologiques et sensorielles.

### 3.1 Analyses physico-chimiques et rhéologiques des crèmes desserts

Les résultats des analyses physico-chimiques pour les produits finis élaborés (Brix, pH, EST, MG, etc....) sont représentés dans le tableau IX ci-dessous :

**Tableau IX** : Résultats des analyses physicochimiques et rhéologiques des crèmes desserts

Crème desserts Paramètres	Crème dessert à base de gomme	Crème dessert à base de la pulpe	Normes de l'entreprise
<b>pH</b>	6,2±0,02	6,1±0,06	6,6 - 6,8
<b>° Brix</b>	25,9±0.1	27±0,04	25-27
<b>M.G %</b>	1,9±0.05	1,3±0,02	3,5 - 4,5
<b>E.S.T %</b>	29,3±0.03	29,7±0,05	26,77- 29,77
<b>Viscosité (CP)</b>	6864±0.5	4380±0,2	4400-6800

**M.G** : Matière grasse ; **E.S.T** : Extrait sec total

D'après les résultats dans le tableau (IX) relatif aux analyses physicochimiques des produits finis on remarque que les crèmes desserts analysés ne présentent pas de grandes différences dans leurs valeurs de pH. Il varie entre 6,1 - 6,2 pour la crème dessert à base de la pulpe et à base de gomme respectivement (voir la figure en annexe 2). Ces valeurs sont conformes avec celles établies par l'entreprise.

Selon **FAO (1995)** les desserts lactés tels les crèmes desserts présentent des valeurs de pH entre 6,6 à 6,8. Les données obtenues montrent qu'avec l'adjonction (ajout de gomme au la pulpe de caroube), les valeurs de pH des crèmes desserts élaborées ne sont pas affectées.

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

Les résultats obtenus indiquent que la crème dessert à basse de la pulpe détient le degré de Brix le plus élevé 27±0,04% par rapport au produit de crème dessert à basse de gomme présente 25,9±0.1. Ces valeurs concordent avec les normes fixées par l'entreprise TCHIN-LAIT.

D'après **Harill (1994)**, crème dessert présente un degré en Brix entre 25 à 27%, ce qui permet une meilleure conservation. Les résultats acquis dans cette étude sont très proches à

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

Concernant les résultats obtenus pour la matière sèche (**EST**), la fraction massique des substances restantes après dessiccation (Déshydratation) complète de l'échantillon, est exprimée en pourcentage (%). Et d'après le (tableau IX), Les résultats de L'EST obtenus indiquent qu'il n'a pas de variation entre l'échantillon à base de gomme et celui à base de pulpe de caroube  $29,3 \pm 0,03$  et  $29,7 \pm 0,05$  respectivement. Ces valeurs sont conformées aux normes établies par l'entreprise.

Pour la viscosité, on remarque une grande variation entre le produit à base de gomme qui de  $6864 \pm 0,5$  par rapport au produit à base de pulpe de caroube  $4380 \pm 0,2$ . Les gélifiants sont tous des hydrocolloïdes, lorsqu'ils sont ajoutés à une denrée alimentaire, ils lui confèrent de la consistance par la formation d'un gel. C'est surtout l'amidon et les produits dérivés qui amènent des propriétés épaississantes dans la fabrication des desserts lactés (**Multon, 1992**). Et selon **Luquet (1985)** ; On peut utiliser aussi diverse gomme, comme les gommés xanthane, caroube, guar, gomme arabique et carraghénanes qui ont certaines propriétés épaississantes à côté des propriétés gélifiantes.

L'utilisation de deux gommés ou plus dans la formulation du produit est largement répandue dans l'industrie alimentaire en raison de l'effet synergique du mélange de gomme. la bonne combinaison de gomme peut améliorer la qualité du produit, y compris les propriétés nutritionnelles, et également offrir des avantages économiques (**Toker et al., 2013** ; **Qasem et al., 2017**). Dans cette étude la gomme de caroube est exploitée comme épaississant ce qui implique que cette viscosité est tributaire à cette substance.

## 4. Analyse sensorielle

### 4.1 Crème dessert à base de pulpe

#### 4.1.1 Plan d'expérience

L'objectif principal de ce test est de créer un plan d'expériences optimal, ou quasi optimal, dans le cadre d'expériences visant à modéliser les préférences d'un ensemble de consommateurs ou d'experts pour différents produits (**Perinel et Pages, 2004**). Il sert à valider les données de l'analyse sensorielle.

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

**Tableau X** : Evaluation du plan d'expérience pour les jurys experts

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

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

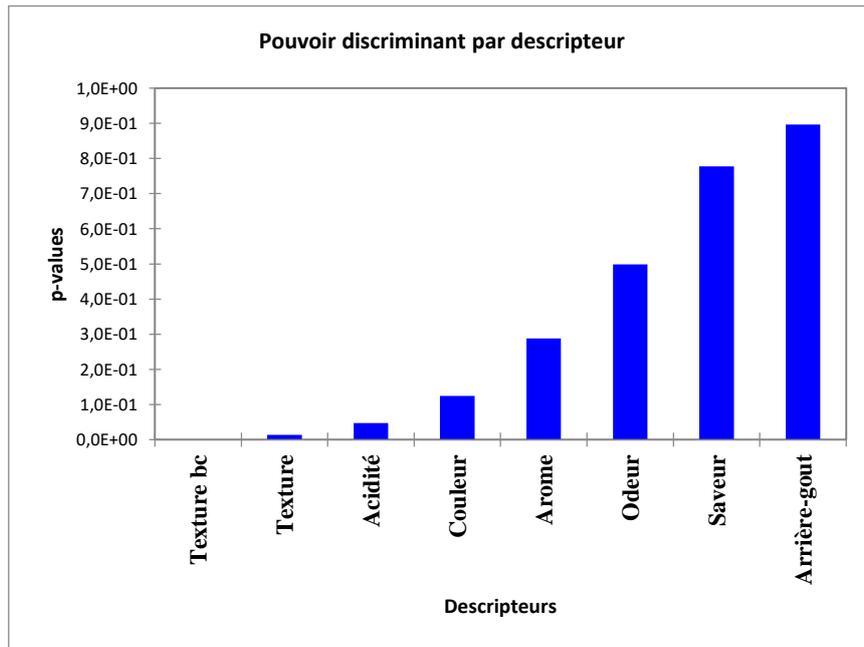
Les données obtenues sont acceptables et le plan d'expériences est ré solvable ; ce qui nous permet d'effectuer les autres tests pour les échantillons de la crème dessert à base de pulpe avec le logiciel XLSTAT-MX à savoir : caractérisation des produits, analyse des pénalités, analyse proustienne généralisée et cartographie externe des préférences

#### **4.1.2 Caractérisation des produits**

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

##### **4.1.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur**

Ce présent test permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le plus faible. La figure 12 relate les résultats obtenus pour le pouvoir discriminant par descripteur :



**Figure 12 :** Pouvoir discriminant par descripteur

Les résultats illustrés dans La figure 12 rassemblent les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant pour les échantillons de crème dessert à base de pulpe.

D'après la figure 12 on note que la texture est le descripteur le plus discriminant. C'est à dire que c'est-à-dire que les experts ont constatés des différences entre la texture des échantillons ; Concernant les descripteurs suivants : acidité, couleur, odeur, arôme et saveur présentent un pouvoir discriminant faible, cependant le descripteur l'arrière-gout est celui qui a le pouvoir discriminant le plus faible. Donc, on déduit que les experts n'ont pas constatés des divergences entre les descripteurs des échantillons. Les p-values associées montrent toutes un effet significatif du descripteur (voir tableau en annexe 2)

D'une manière générale on déduit que les 4 échantillons de crème dessert ont des descripteurs différents qui les distinguent les uns par rapport aux autres.

#### 4.1.2.2 Coefficients des modèles

Ce test permet d'afficher, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné. Les résultats sont regroupés dans la figure 13

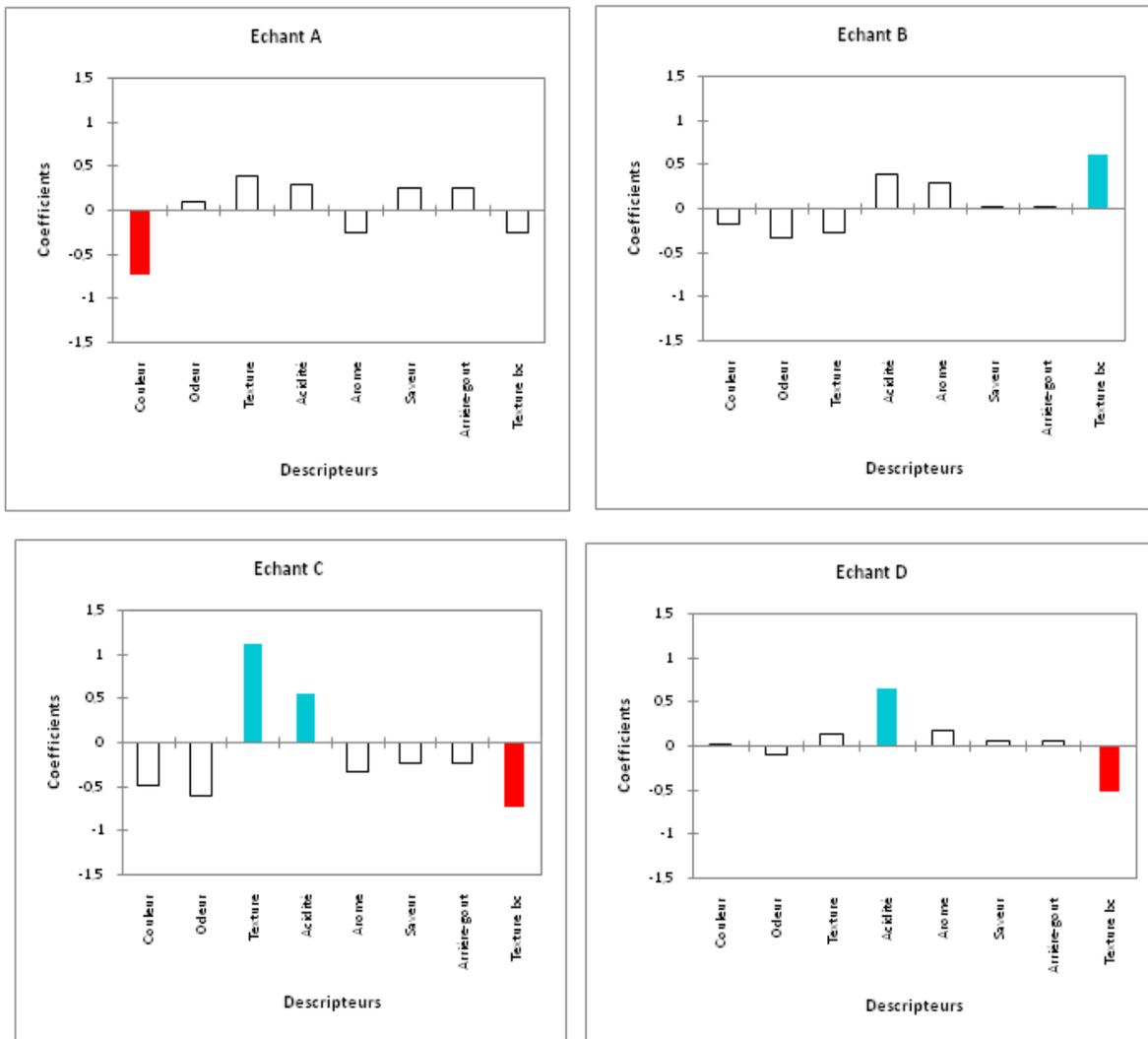


Figure 13 : Coefficients des modèles des échantillons de crèmes dessert

Les résultats illustrés dans la figure 13 permettent de définir l'appréciation ou le non appréciation des descripteurs des échantillons de crème dessert par les jurys experts.

- Pour l'échantillon A : la figure 13 montre que la couleur présentée en rouge, est une caractéristique non appréciée par tous les jurys et en blanc celles que les membres de jurys ne sont pas arrivés à détecter. Ce qui nous amène à supposer que l'échantillon de crème dessert A présente une couleur non appréciable ;
- Pour l'échantillon B : la figure 13 énonce que la texture en bouche, présentée en bleu, est la seule caractéristique détectée de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que le descripteur texture en bouche de l'échantillon B est apprécié par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon de crème dessert B est caractérisée par une texture en bouche agréable et marqué ;
- Concernant l'échantillon C ; la figure 13 indique que la texture et l'acidité, présentées en bleu, sont les deux caractéristiques détectées de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que ces descripteurs, de l'échantillon C sont appréciés par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Et en rouge la caractéristique texture en bouche qui n'est pas appréciée par le jury. Donc en résumé, l'échantillon de crème dessert C est caractérisée par une texture et acidité agréables et une texture en bouche non appréciée.
- Concernant l'échantillon D ; la figure 13 dévoile que l'acidité, présentée en bleu, est la seule caractéristique détectée de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que le descripteur acidité de l'échantillon D est apprécié par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Et en rouge la caractéristique texture en bouche qui n'est pas appréciée par le jury. Donc en résumé, l'échantillon de crème dessert D est caractérisée par une acidité agréable et une texture en bouche non appréciée.

#### **4.1.2.3 Moyennes ajustées par produit**

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés dans le (tableau en annexe 2). Le tableau des moyennes ajustées par produit permet de faire ressortir les moyennes, quand les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Les cellules en bleu sont les moyennes qui sont

significativement plus grandes que la moyenne globale, et en rouge celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale.

Pour l'échantillon B, le descripteur texture en bouche présente un effet significativement positif sur le produit ; Concernant le produit C, il est caractérisé par une texture et une acidité importante. Ainsi que l'échantillon D. En revanche l'échantillon A est considéré comme une crème dessert présentant une texture faible,

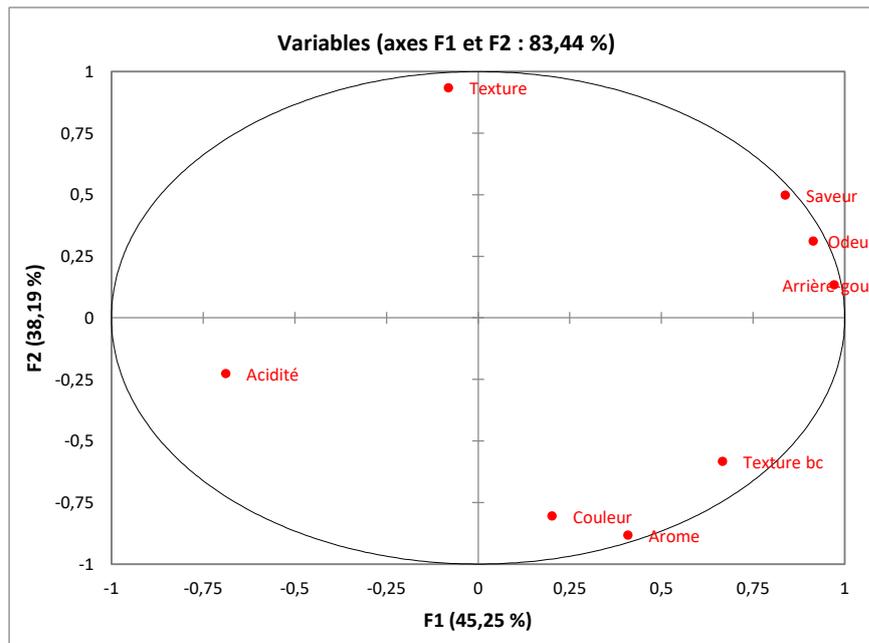
### **4.1.3 Préférence MAPPING (Cartographie des préférences)**

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux caractéristiques physico-chimiques, sensorielles ou économiques des produits. Cette approche est essentielle car ce n'est que sur cette base que les équipes marketing pourront adapter les produits aux goûts des consommateurs. La préférence MAPPING permet de visualiser sur une même représentation graphique (en deux ou trois dimensions) d'une part des objets, et d'autre part des indications montrant le niveau de préférence de juges (en général des consommateurs) en certains points de l'espace de représentation.

#### **4.1.3.1 Analyse en composantes principales (ACP)**

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multi variées les plus utilisées. Dès lors que l'on dispose d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) dans lequel les observations (des individus, des produits, ...) sont décrites par  $q$  variables (des descripteurs, attributs, mesures, ...), si  $q$  est assez élevé, il est impossible d'appréhender la structure des données et la proximité entre les observations en se contentant d'analyser des statistiques descriptives uni variées ou même une matrice de corrélation (**Jolliffe, 2002**)

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

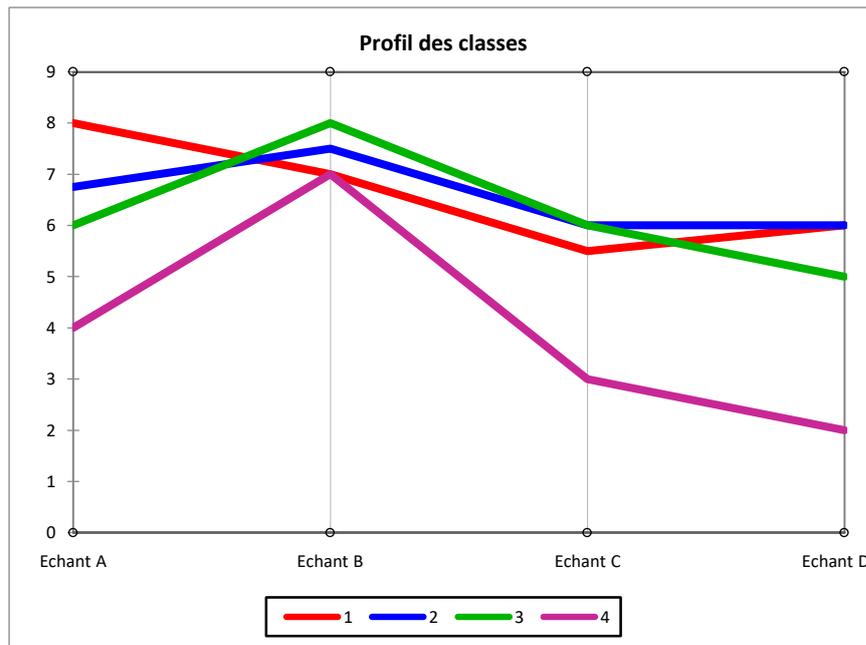


**Figure 14 :** Corrélations entre les variables et les facteurs

La carte obtenue, présente une bonne qualité est puisqu'elle permet de représenter 83,44% de la variabilité, permet de constater que les produits ont été perçus par les experts comme assez différents. Etant donné que la figure 14 montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle.

#### 4.1.3.2 Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Des regroupements successifs produisent un arbre binaire de classification (dendrogramme), dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus. Ce dendrogramme représente une hiérarchie de partitions. Ce qui permet de choisir une partition en tronquant l'arbre à un niveau donné, le niveau dépendant soit des contraintes de l'utilisateur (l'utilisateur sait combien de classes il veut obtenir), soit de critères plus objectifs (Everitt et al., 2001). Le graphe dans la figure 15 suivant permet de représenter le profil des classes :



**Figure 15 :** Profil des classes

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

#### 4.1.3.3 Synthèse de MAPPING des préférences

Les résultats sont représentés dans les tableaux ci-après

**Tableau XI :** Objet classés par ordre croissant de préférence juges satisfaits

Classe1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Echant C	Echant C	Echant C	Echant C
Echant D	Echant A	Echant A	Echant A
Echant B	Echant D	Echant D	Echant D
Echant A	Echant B	Echant B	Echant B

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

Objet	%
Echant A	50%
Echant B	100%
Echant C	0%
Echant D	75%

Le tableau XI correspond à la classification des objets par ordre croissant des préférences. Dans ce tableau les échantillons sont affichés par ordre croissant de préférence, pour chaque juge. Autrement dit, la dernière ligne correspond aux objets les plus préférés des

juges, selon les modèles de préférence. L'échantillon le plus préféré selon la classe 1 est l'échantillon A, pour les classes 2 et 3 c'est l'échantillon B et pour le plus préféré est B.

Le tableau XII correspond au pourcentage des juges satisfaits. Pour chaque produit est affiché le pourcentage de juges étant au-dessus du seuil fixé. L'échantillon B présente un pourcentage de satisfaction de 100%, suivi des échantillons D avec un pourcentage de 75%, quant à l'échantillon A il présente un pourcentage de 50%, en revanche l'échantillon C détient plus faible pourcentage par rapport aux autres échantillons qui est égal à 0%, cela veut dire que c'est l'échantillon C'est le moins apprécié.

#### 4.1.3.4 Courbe de niveau et carte des préférences

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

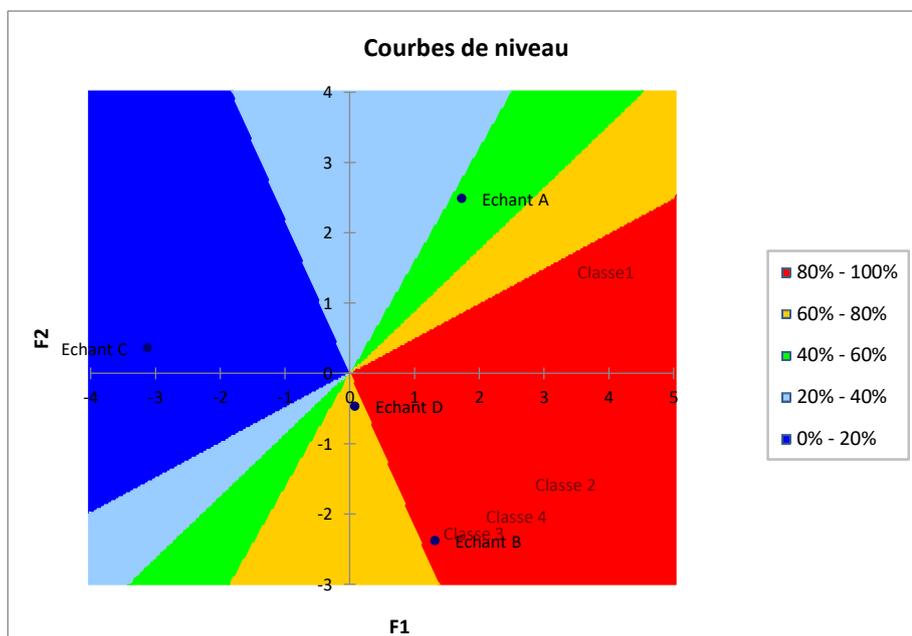


Figure 16 : Courbe de niveau et carte des préférences

D'après la carte des préférences figure 16, les experts préfèrent l'échantillon B à 100% qui correspond au produit de crème dessert préparé à partir de pulpe de caroube.

## 4.2 Crème dessert à base de gomme

### 4.2.1 Plan d'expérience

Les résultats sont donnés dans le tableau XIII

Tableau XIII : Evaluation du plan d'expériences

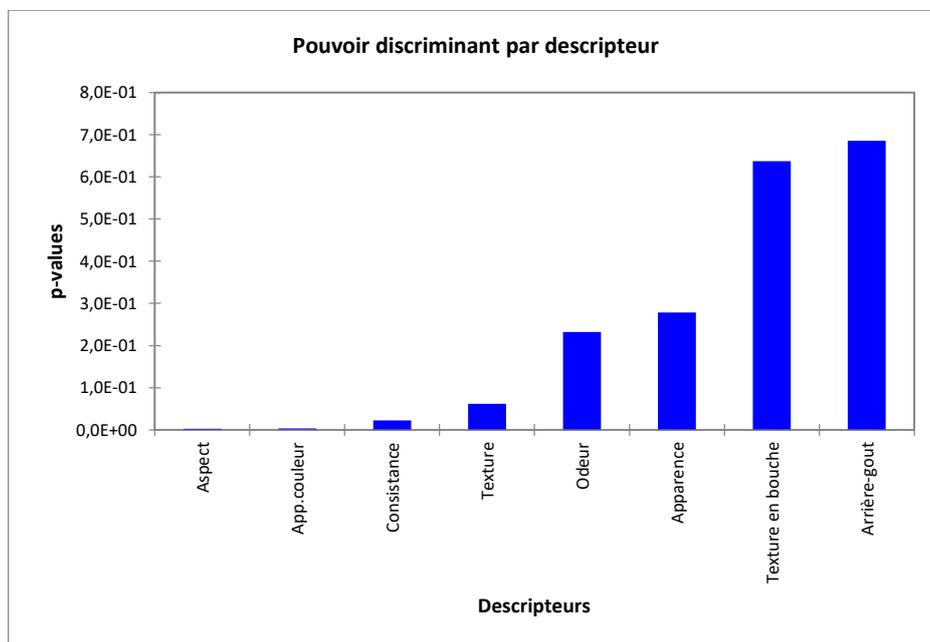
<b>A-Efficacité</b>	<b>1,000</b>
<b>D-Efficacité</b>	<b>1,000</b>

Après la génération du plan d'expérience pour l'analyse sensorielle, nous remarquons que les valeurs des deux critères A- Efficacité et D- Efficacité sont affichées, cela implique qu'un plan optimal pour les résultats des membres de jury expert a été trouvé, ce qui valide les autres tests d'XLSTAT-MX.

## 4.2.2 Caractérisation des produits

### 4.2.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés d'une façon décroissante c'est à dire du plus fort vers le plus faible pouvoir discriminant. Les résultats du test sont présentés dans la figure ci-dessous :



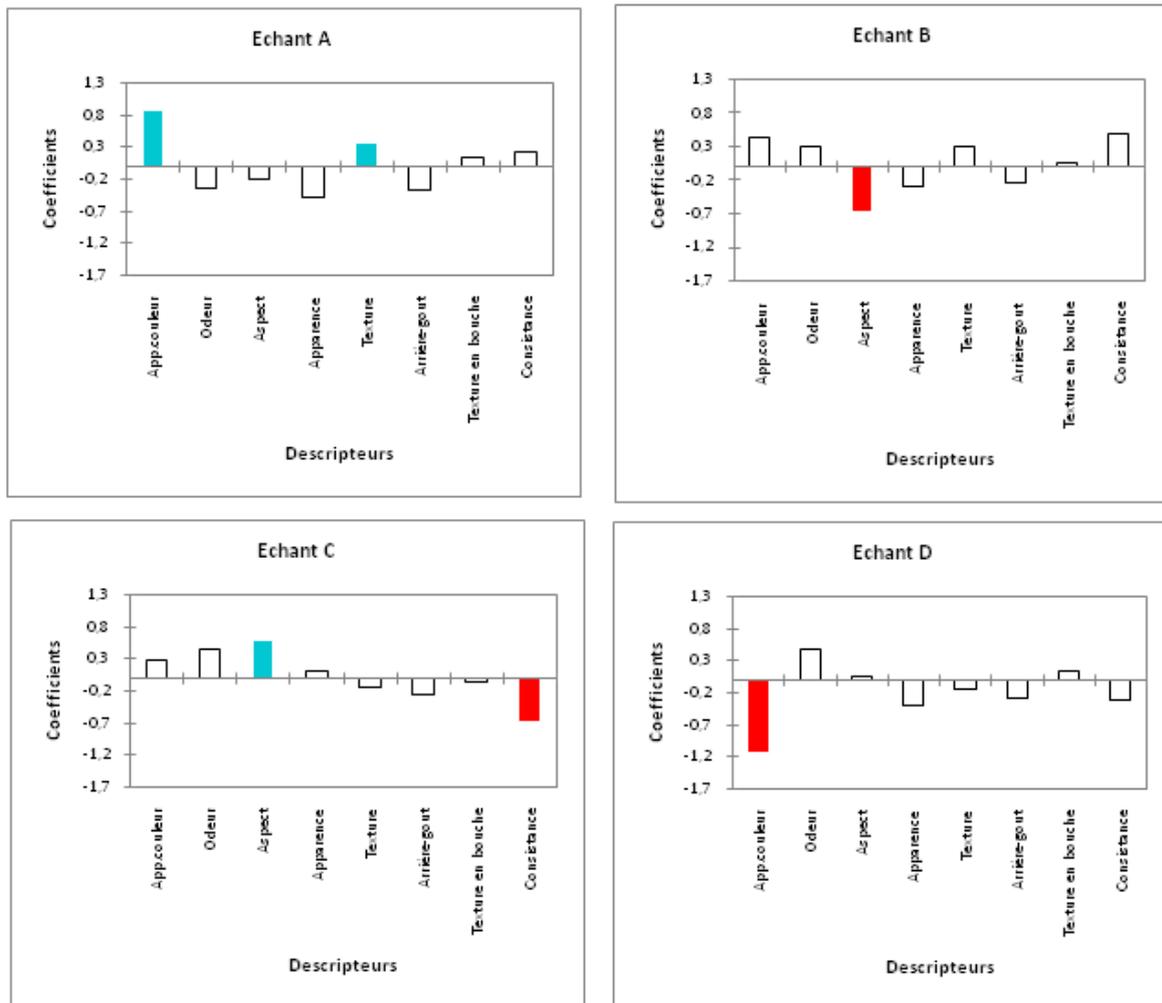
**Figure 17** : Pouvoir discriminant par descripteur

La figure 17 montre les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant pour les différents types d'échantillons de crème dessert. On remarque que :

- ✓ L'aspect et la couleur, consistance et la texture sont les descripteurs qui ont le plus fort pouvoir discriminant, c'est-à-dire que les sujets experts ont constatés des différences entre les échantillons ;
- ✓ Concernant les descripteurs suivants : odeur, apparence, texture en bouche et arrière goût présentent un pouvoir discriminant faible, cependant le descripteur arrière goût est le descripteur qui a le pouvoir discriminant le plus faible, on déduit donc que les experts n'ont pas constatés des divergences entre les descripteurs des échantillons.

### 4.2.2.2 Coefficients des modèles

Les résultats sont rassemblés dans la figure ci-dessous :



**Figure 18 :** Coefficients des modèles des échantillons de crèmes dessert à base de gomme

Les résultats illustrés dans la figure 18 permettent de définir l'appréciation ou le non appréciation des descripteurs des échantillons de crème dessert à base de gomme par les jurys experts.

- Pour l'échantillon A : la figure 18 indique que la texture et la couleur, présentés en bleu, sont les deux caractéristiques détectées par le panel expert, c'est-à-dire que les descripteurs texture et couleur de l'échantillon A sont appréciés par l'ensemble des experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon de crème dessert A est caractérisé par une texture et couleur agréables et marqués ;
- Pour l'échantillon B : la figure 18 montre que l'aspect présenté en rouge, est une caractéristique non appréciée par tous les jurys et en blanc celles que les membres de jurys ne sont pas arrivés à les détecter. Ce qui nous amène à conclure que l'échantillon de crème dessert B présente un aspect non appréciable ;

- Concernant l'échantillon C ; la figure 18 indique que l'aspect, présenté en bleu, et la caractéristique détectée par le jury expert, c'est-à-dire que le descripteur aspect de l'échantillon C est apprécié par l'ensemble des jurys experts. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Et en rouge la caractéristique consistance qui n'est pas appréciée par le jury. Donc en résumé, l'échantillon de crème dessert C est caractérisé par un aspect agréable et une consistance non appréciée ;
- Concernant l'échantillon D ; la figure 18 indique que la couleur, présenté en rouge, est la caractéristique non appréciée par le panel expert. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc en résumé, l'échantillon de crème dessert D est caractérisé par une couleur non appréciée.

#### **4.2.2.3 Moyennes ajustées par produit**

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le tableau 2 en annexe

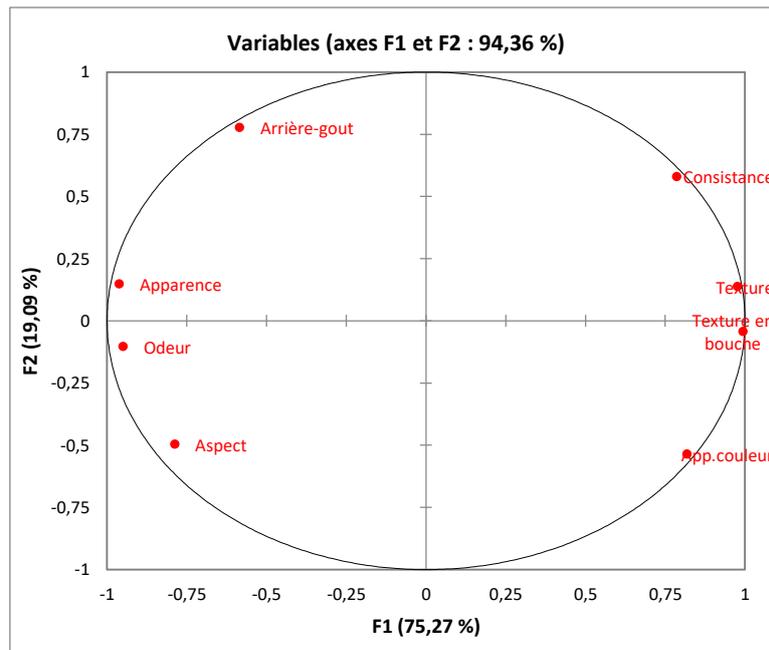
Les résultats sont affichés comme suit :

- Concernant l'échantillon A les résultats indiquent que les descripteurs couleur et texture ont un effet significativement positif sur le produit, par contre l'échantillon B le descripteur aspect dispose d'un effet significativement négatif sur le produit.
- Pour l'échantillon D, les résultats montrent que le descripteur aspect a un effet significativement positif sur le produit, il dispose une apparition de couleur faible en controverse l'échantillon C, le descripteur aspect a présente un effet significativement positif sur le produit, mais présente une consistance faible.

### **4.2.3 Préférence MAPPING (Cartographie des préférences)**

#### **4.2.3.1 Analyse en composantes principales (ACP)**

La figure 19 permet de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs par ACP :



**Figure 19:** Corrélations entre les variables et les facteurs

La figure 19 obtenue montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle, et que le niveau de variabilité est de 94,36. Cela permet de constater que les produits ont été perçus par les experts comme assez différents.

#### 4.2.3.2 Objets classés par ordre croissant de préférence

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau XIV :** Objets classés par ordre croissant de préférence

Classe1	Classe 2	Classe 3
Echant B	Echant C	Echant A
Echant C	Echant B	Echant C
Echant D	Echant D	Echant D
Echant A	Echant A	Echant B

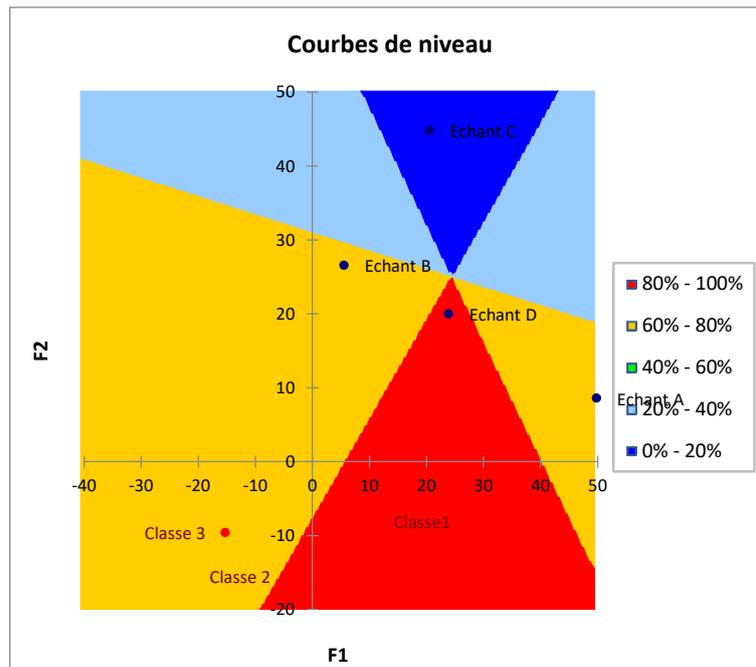
Comme on l'a déjà cité précédemment, la dernière ligne correspond au produit préféré pour chaque classe. Alors, on constate que :

- Les sujets de la première et la deuxième classe préfèrent l'échantillon A ;
- Les sujets de la troisième classent préfèrent plutôt l'échantillon B

#### 4.2.3.3 Courbe de niveau et carte des préférences

Les deux figures courbes de niveau et cartes de préférences sont fusionnées.

Les résultats sont présentés dans la figure ci-dessous :



**Figure 20 :** Courbe de niveau et carte des préférences

D'après la carte des préférences figure 20, les experts préfèrent l'échantillon A à 80% qui correspond au produit de crème dessert préparé à partir de la gomme de caroube.

# *Conclusion*

### Conclusion

En Algérie, hormis les différentes propriétés de la caroube qui sont exploitées dans diverses applications, peu de travaux sont disponibles sur la valorisation de ses sous-produits à l'instar la gomme et la poudre de pulpe qui peuvent être reconnus comme un trésor industriel. Ce travail a été réalisé dans le but de valoriser la gomme de caroube (sous-produit des graines) et son possible utilisation comme additif alimentaire (épaississant) ainsi que la pulpe de caroube. Et l'essai d'élaboration de crème dessert à l'échelle laboratoire au niveau de laboratoire R&D TCHIN-LAIT.

Dans le premier volet, l'essai d'extraction et purification de la gomme de graine de caroube a permis l'obtention d'une poudre fine blanchâtre. Les résultats de l'analyse chimique de la gomme brute (GGB) et la gomme purifiée de la caroube (GGP) indiquent que (GGP) détient la quantité la plus élevée en sucres  $84,98 \pm 0,67$  g /100g, en contrepartie on remarque une diminution dans la teneur en protéines, lipides, fibres et cendres qui étaient de  $0,61 \pm 0,02$  g /100g ;  $0,22 \pm 0,06$ g/100g ;  $0,30 \pm 0,05\%$  et  $0,13 \pm 0,02$  respectivement.

Les données obtenues au niveau des deux gommes (GCB et GCP) de la détermination du pH montrent qu'il n'y a pas de variation importante entre les deux  $6,67 \pm 0,02$  et  $6,79 \pm 0,09$  respectivement, alors on remarque une différence au niveau du degré de brix  $0,87 \pm 0,07$  et  $0,9 \pm 0,02$  respectivement.

La seconde partie a consisté à l'essai d'élaboration de deux crèmes dessert dont l'un à base de gomme de caroube et l'autre à base de poudre de pulpe de caroube à l'échelle laboratoire au niveau de TCHIN-LAIT. Les résultats des analyses physico-chimiques des deux produits ont dévoilé que cette dernière a été préparée conformément aux normes en vigueur établies par l'entreprise en ce qui concerne le degré brix ( $25^\circ$  -  $29^\circ$  %), pH (6,1-6,2%), EST (29,3-29,7 %), et la viscosité. Les résultats de l'évaluation sensorielle ont dévoilé que la crème dessert produit à partir de la pulpe de caroube est apprécié par l'ensemble du panel expert (100%) et que le produit est caractérisé par une texture en bouche très agréable.

Le produit crème dessert avec adjonction de la gomme de caroube est également apprécié par l'ensemble des experts (80 %) et ces mêmes résultats ont démontré que cet échantillon est caractérisé par une couleur et texture agréable.

Ces nouvelles connaissances sur les propriétés de la gomme et la pulpe de caroube algérienne pourraient ébaucher à de nouvelles éventualités pour l'utilisation de ces macromolécules dans des applications alimentaires et non alimentaires et d'ouvrir des portes

## *Conclusion*

---

sur d'autres perspectives, il serait donc important de continuer les recherches et de mener des études plus approfondies en ce qui concerne :

- ✓ Réaliser d'autres investigations sur l'éventuelle utilisation de la gomme de caroube seule ou en mixture avec d'autres substances hydro colloïdes dans d'autres produits pour améliorer leur propriété techno fonctionnelle ;
- ✓ Une étude caractéristique sur les différentes variétés de la caroube algérienne y compris la pulpe et la gomme de caroube ;
- ✓ Elaborer des produits diététiques à base de farine de caroube avec différentes proportions.

## *Références bibliographiques*

## Références bibliographies

---

### A

**Aguilar-Raymundo**, Victoria Guadalupe et Jorge Fernando Vélez-Ruiz. "Propriétés physicochimiques et rhéologiques d'un dessert lacté, enrichi en farine de pois chiche." *Aliments* 7.2 (2018) : 25.

**Aguilar-Raymundo, V. G., & Vélez-Ruiz, J. F. (2018)**. Physicochemical and rheological properties of a dairy dessert, enriched with chickpea flour. *Foods*, 7(2), 25.

**Albanell E. (1990)**. Caracterizacion morfológica, composición química y valornutritivo de distintas variedades de garrofa (*CeratoniasiliquaL.*) cultivadas en España. Tesisdoctoral. Barcelona. España, pp. 209.

**Albanell E., Caja G. and Plaixats J. (1991)**. Characterization of Spanish carob podand nutritive value of carob kibbles, Options Méditerranéennes.N°16, pp. 135- 136.

**A.N.R.H.,2004** : «L' atlas pratique de l'Algérie, Edition populaire de l'armée (EPA)».PP: 116.

**Avallone R., Plessi M., Baraldi M. et Monzani A. (1997)**. Determination ofchemical composition of carob (*Ceratoniasiliqua*): protein, fat, carbohydrates, andtannins. Journal of food composition and analysis, 10, pp: 166-172

**Aydın, S., &Özdemir, Y. (2017)**. Développement et caractérisation d'une pâte à tartiner fonctionnelle à base de farine de caroube pour une utilisation croissante comme collation nutritive pour les enfants. *Journal de la qualité des aliments* , 2017 .

### B

**Batista, M.T., M.T. Amaral and A. Proença Da Cunha. 1996**. Carob fruits as a source of natural antioxidants. In Proceedings of the III International CarobSymposium. abanasTavira, Portugal

**Battle. etTous J., (1997)**. Caroub tree. *Ceratoniasiliqua L.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops ». 17. Institut of plant Genetic and crops PlantResarch. Médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N°9

**Benmahioul B., Kaïd-Harche M. et Daguin F. (2011)**.Le caroubier, une espècéméditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, 8p

**Bernardo-Gil M. G., Roque R., Roseiro L. B., Duarte L. C., Girio F., et Esteves P.(2011)**. Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratoniasiliqua L.*). *JournalSupercriticalFluids*, 59, pp: 36-42.

**Biner, B., Gubbuk, HAM ©. DE, Karhan, MUSTAFA, Aksu, M., &Pekmezci, M.(2007)**. Profils de sucre des gousses de types cultivés et sauvages de caroube (*Ceratoniasiliqua L.*) en Turquie. *Chimiealimentaire*,100 (4), 1453-1455.

## Références bibliographies

---

**Bogdanov, M.A., Lullmann, C., & Martin, R. (2002).** Determination of HMF in honey by HPLC with refractive index detection. *Food Chemistry*, 77(1), 81-87.

**Bouzouita, N., Khaldi, A., Zgoulli S., Chebil L., Chekki R., Chaabouni M.M., Thonart, P. (2007).** The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia. *Food Chemistry*, 101:1508–1515

**Brassesco, ME, Brandão, TR, Silva, CL, Pintado, M. (2021).** Caroube (*Ceratonia siliqua* L.) : Une nouvelle perspective pour l'alimentation fonctionnelle. *Tendances en science et technologie alimentaires*, 114, 310-322.

### C

**Candolle, Francis Galton, and the early history of the nature-nurture controversy.** *J Hist Behav Sci.* 1983 Oct;19(4):341-52. doi: 10.1002/1520-6696(198310)19:4<341: aid-jhbs2300190403>3.0.co;2-7. PMID: 11608560.

**Carbonell, E. Costell and L. Duran. (1991).** *Journal of Texture Studies.* Research note rheological behaviour of sheared jams. Relation with fruit Content . *Journal of texture studies.* 22: 33-43

### D

**Dakia PA, Combo MMA, Yapo BM, Paquot M. (2017).** Effect of the Seed Morphology on the Separation Yield, Chemical Characteristics and Thickening Capacity of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Gums. *Asian J Agri Food Sci.*;5(5):30

**Debry G, Coord (2001).** Caractéristiques physicochimiques. In : lait, nutrition et santé. Technologie et documentations, Paris, Lavoisier, 566p.

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

### E

**Elaoufi, MM, Bouterfas, K., Djebbar, AA, Meziani, S., Rezki, H., Kermas, F. & Yasmina, BM (2022).** Composition chimique, effets anti-ulcéreux et anti-inflammatoires des gousses de caroube (*Ceratonia siliqua* L.) Polyphénols d'ain temouchent. *Journal de la microbiologie, de la biotechnologie et des sciences alimentaires*

**El Batal, H., Hasib, A. (2013).** Optimization of Extraction Process of Carob Bean Gum Purified from Carob Seeds by Response Surface Methodology. *Chemical and Process Engineering Research.* 12, 1-8

## Références bibliographiques

---

- El Batal, H., Hasib, A., Ouatmane, A., Dehbi, F., Jaouad, A., & Boulli, A. (2016).** Composition en sucre et rendement de la production de sirop à partir de la pulpe de gousses de caroube du Maroc (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal arabe de chimie*, 9, S955-S959.
- Everitt B.S., Landau S., Leese M. (2001).** Cluster analysis, 4ème éd. Arnold, London, p. 35-42.

### F

- F. Garcia-Ochoa, J.A. Casas (1992)** Journal of the Science of Food and Agriculture 197-100 Viscosity of locust bean (*Ceratonia siliqua* L).
- (FAO. (2010).** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Carob beangum; chemical and Technical Assessment (CTA).
- FAO (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition. N°28, pp : 153-171
- FAO, 2020.** OECD/FAO 2020.OECD- FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2020-2029.Dairy and dairy products. 174-183. **ISBN:** 978-92-5-132539
- FAOSTAT (2020).** FAO Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Accessed 17-May-202
- Farahnaky, A., Darabzadeh, N., Majzoobi, M., et Mesbahi, Gh. (2014).** Physicochemical Properties of Crude and Purified Locust Bean Gums Extracted from Iranian Carob Seeds. Journal of Agricultural and Science and Technology, 16: 125136

### J

- Jolliffe I.T. (2002).** Principal Component Analysis, 2ème éd. Springer, New York.
- J.O.R.A. (2013).** Décret exécutif n°13-378 du 5 Moharram 1435 correspondant au 9 novembre 2013 fixant les conditions et les modalités relatives l'information du consommateur, (J.O. n°58), art 7, art 12, art 15 et art 27.

### H

- Harril R. (1994).** Using a refractometer to test the quality of fruits and vegetables Published by Pinekoll publishing P.O.BOX 6,KEEDYSVILLE,MD 21756.
- Higazy, M., ELDiffrawy, E., Zeitoun, M., Shaltout, O., & El-Yazeed, A.(2018).** Nutriments des poudres de caroube et de graines et leur application dans certains produits alimentaires. *Journal of the Advances in Agricultural Researchs*, 23 (1), 130-147.
- Husson F., Lê s., et Pagès J. (2009).** SensoMineR dans Evaluation sensorielle – Manuel méthodologique, 3ème éd. Lavoisier, vol. 23, p. 16.

### I

**Ibrahim, R. M., Abdel-Salam, F. F., & Farahat, E. (2020).** Utilization of carob (*Ceratonia siliqua* L.) extract as functional ingredient in some confectionery products. *Food and Nutrition Sciences*, 11, 757-772.

### G

**Goulas, Vlasios, Evgenios Stylos, Maria V. Chatziathanasiadou, Thomas Mavromoustakos et Andreas G. Tzakos.** "Composants fonctionnels du fruit de la caroube : relier l'espace chimique et biologique." *Journal international des sciences moléculaires* 17, no. 11 (2016): 1875.

**Goulas, V., & Hadjisolomou, A. (2019).** Changements dynamiques dans les composés phénoliques ciblés et le pouvoir antioxydant des produits du fruit de la caroube (*Ceratonia siliqua* L.) au cours de la digestion in vitro. *Lwt*, 101, 269-275

**Gret, 2002.** Transformer les produits laitiers à la ferme : 1er édition ; p 59-69.-1.

**Guichard, E., Issanchou, S., Descourvieres, A., Etievant, P. (1991).** Pectin Concentration, Molecular Weight and Degree of Esterification: Influence on Volatile Composition and Sensory Characteristics of Strawberry Jam. *Journal of food science*, 56: No. 6, 1621-1627.

### K

**Karababa, E., & Coşkuner, Y. (2013).** Propriétés physiques de la fève de caroube (*Ceratonia siliqua* L.) : Une culture productrice de gomme industrielle. *Cultures et Produits industriels*, 42, 440-446.

**Kielkopf, C.L., D'Agostino, D., & Biresaw, G. (2020).** Nutritional composition of carob (*Ceratonia siliqua* L.) powder from mechanical separation of pods. *Journal of food composition and analysis*, 93, 103586.

### L

**Lasnet de Lanty h, (1974).** Fromage frais et laits fermentés..Maison Rustique, Paris (3ème édition): p.I-26

**Lavalée P., (1962).** Le caroubier, son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie » Alger. 47.

**Lizardo R., Cañellas J., Mas F., Torrallardona D., Brufau J. (2002).** L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets, Journées de la Recherche Porcine, N°34, pp.97-101.

**Loullis, A.; Pinakoulaki, E. (2018),** Carob as cocoa substitute: A review on composition, health benefits and food applications. *Eur. Food Res. Technol.* 244, 959–977

## Références bibliographies

---

**Luquet, F. M. (1985).** Laits et produits laitiers: vache, brebis, chevre. v. 1: Les laits: de la mamelle a la laiterie.-v. 2: Les produits laitiers: transformation et technologies.-v. 3: Qualite, energie et tables de composition.

**Luquet F., (1990).** "Laits et produits laitiers : vache, brebis, chèvre. Tome 2 : Les produits laitiers, transformation et technologies. Ed., Lavoisier." Sciences et Techniques Agroalimentaires : 637p

### M

**Makris DP, Kefalas P. (2004).** Carob pods (*Ceratonia siliqua L.*) as sources of polyphenols antioxidants. Food Tech Biotech.; 42:105-8

**Matthausa B. Et Ozcan M. (2001).** Lipid evaluation of cultivated and wild carob (*Ceratonia siliqua L.*) seed oil growing in Turkey. Scientia Horticulturae 130, pp: 181–184.

**Mekhoukhe, A., Kicher, H., Ladjouzi, A., Medouni-Haroune, L., Brahmi, F., Medouni-Adrar, S., & Madani, K. (2019).** Antioxidant activity of carob seeds and chemical composition of their bean gum by-products. J Complement Integr Med. 20170158.

**Mekhoukhe, A., Mohellebi, N., Mohellebi, T., Deflaoui-Abdelfettah, L., Medouni-Adrar, S., Boulekbache-Makhlouf, L., & Madani, K. (2021).** Traitement de la confiture : Effet du remplacement de la pectine par la gomme de caroube sur ses caractéristiques. *Journal méditerranéen de la nutrition et du métabolisme* , 14 (1), 13-24.

**Multon J-L., (1992)** : a-« Additifs et auxiliaires utilisés dans les industries agro-alimentaires » 2eme édition ; Paris : technique et documentation ; 860p.

### O

**Oral, Rasim Alper; Dogan, Mahmut; Sarioglu, Kemal; and Toker, Ömer Said. (2012)** "5-hydroxymethyl furfural formation and reaction kinetics of different pekmez samples: effect of temperature and storage," *International Journal of Food Engineering*: Vol. 8: Iss. 4, Article 4. DOI: 10.1515/1556-3758.2560

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

### P

**Papagiannopoulos M., Wollseifen H.R., Mellenthin A., Haber B. and Galensa R. (2004).** Identification and quantification of polyphenols in carob fruits (*Ceratonia siliqua L.*) and derived products by HPLC-UV-ESI/MSn, J. Agric. Food Chem, 52, pp3784-3791.

**Petit, et J. M, Pinila. (1995).** Production and purification of a sugar syrup from carob pods. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 28, pp: 145-152.

## Références bibliographies

---

**Périnel E. et Pagès J. (2004).** Optimal nested cross-over designs in sensory analysis, *Food Quality and Preference*, vol.15, n°5, p. 439-446.

### Q

**Abdo Qasem, A. A., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Hussain, S., Mahmood, K., & Ibraheem, M. A. (2017).** High soluble-fiber pudding: Formulation, processing, texture and sensory properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12931.

**Quezel P. et S. Santa (1963),** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (tome1), Editions du centre national de la recherche scientifique, pp.557

### R

**Rababah, T. M., Al-u'datt, M., Ereifej, K., Almajwal, A., Al-Mahasneh, M., Brewer, S., & Yang, W. (2013).** Chemical, functional and sensory properties of carob juice. *Journal of Food Quality*, 36(4), 238-244.

**Rababah, T. M., Al-u'datt, M., Ereifej, K., Almajwal, A., Al-Mahasneh, M., Brewer, S., ... & Yang, W. (2013).** Chemical, functional and sensory properties of carob juice. *Journal of Food Quality*, 36(4), 238-244.

**Rodríguez-Solana, R., Romano, A., & Moreno-Rojas, JM.(2021).** Pulpe de caroube : Un sous-produit nutritionnel et fonctionnel répandu dans le monde entier dans la formulation de différents produits alimentaires et boissons. *Unecritique. Processus* ,9 (7), 1146

**Rodrigues, L. M., Souza, D. F. Da Silva, E. A., Oliveira, T. O., Lima, J. P. (2017).** Physical and chemical characterization and quantification of bioactive compounds in berries and berry jams. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 38: No 4, 1853-1864

**Rébour H., (1968),** fruit méditerranéen, la maison rustique Pris.330

### S

**Sanchez,C.,Paquin P. (1997).**Protein and protein-polysaccharides microparticules, In *Food proteins and their applications*, Marcel Dekker Inc., USA, p :503-528.

**Sbay H. (2008).** Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir. Centre de Recherche Forestière. Collection Maroc Nature.;27.

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

**Smith, G. (2010).** Interactions entre normes publiques et normes privées dans la filière Alimentaire.

## Références bibliographiques

---

**Smati I, Bettaieb I, RebeyHammami M, Hamdaoui G, SaidaiTounsi M.(2017).**Variation de la qualité du jus de citron (Citrus limon L.) au cours de la maturation fruit. *J New SciAgr Biotech*.43(1):2334-43

### T

**Tetik, N., Turhan, İ., Karhan, M., & Öziyci, HR (2010).** Caractérisation et concentration de 5-hydroxyméthylfurfural dans le pekmez de caroube. *Gida* , 35 (6), 417-422.

**Toker, O. S., Dogan, M., Ersöz, N. B., & Yilmaz, M. T. (2013).** Optimization of the content of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formed in some molasses types: HPLC-DAD analysis to determine effect of different storage time and temperature levels. *Industrial Crops and Products*, 50, 137-144.

### V

**VanRijs, P., &Fogliano, V. (2020).** La torréfaction de la farine de caroube diminue la capacité à lier les glycoconjugués des acides biliaires. *Nourriture etfonction* ,11 (7), 5924-5932.

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

**Vitaličepo, Dubravka, Ana Mornar, BiljanaNigović, Dario Kremer, DejanRadanović, et Irena VedrinaDragojević. (2014).** « Optimization of Roasting Conditions as an Useful Approach for Increasing Antioxidant Activity of Carob Powder ». *LWT - Food Science and Technology* 58 (2): 578-86. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.004>.

### W

**Wang, Y., Belton, PS, Bridon, H., Garanger, E., Wellner, N., Parker, ML, ... & Noel, TR (2001).** Etudes physicochimiques de la caroubine : une protéine de type gluten. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 49 (7), 3414-3419.

### Y

**Youssef, MKE, El-Manfaloty, MM et Ali, HM (2013).** Évaluation de la composition chimique immédiate, de l'état nutritionnel, de la composition en acides gras et des composés phénoliques de la caroube (*Ceratonia siliqua* L.). *Alimentation et santé publique* ,3 (6), 304-308.

### Z

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

## Références bibliographies

---

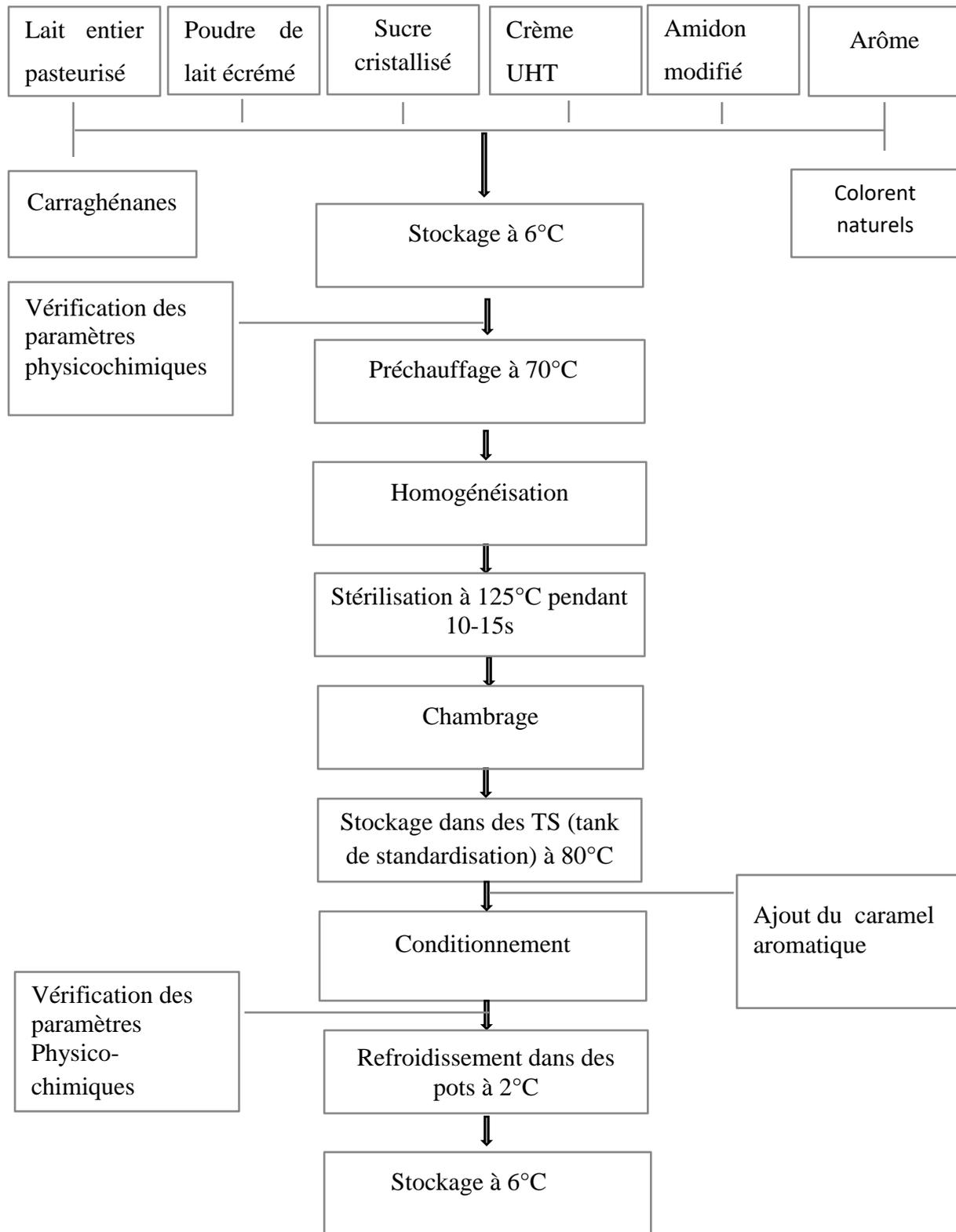
Zarzycki, Piotr, Aleksandra El\_zbietaCiołkowskaEwaJablon´ska-RysWaldemarGustaw1. (2019): "Propriétés rhéologiques des desserts à base de lait avec l'ajout de gomme d'avoine et de  $\kappa$ -carraghénane." *Journal des sciences et technologies alimentaires* 56 ;5107-5115.

# *Annexes*

Annexe 1



Figure 1 : Organigramme de l'entreprise tchin-lait Candia



**Figure 2 :** Diagramme de fabrication de la crème dessert au niveau de laboratoire R&D.

Annexe 2



Figure 3 : Réfractomètre type « ATAGO »



Figure 4 : Etapes de la détermination du taux d'extrait sec par dessiccateur infrarouge



A)

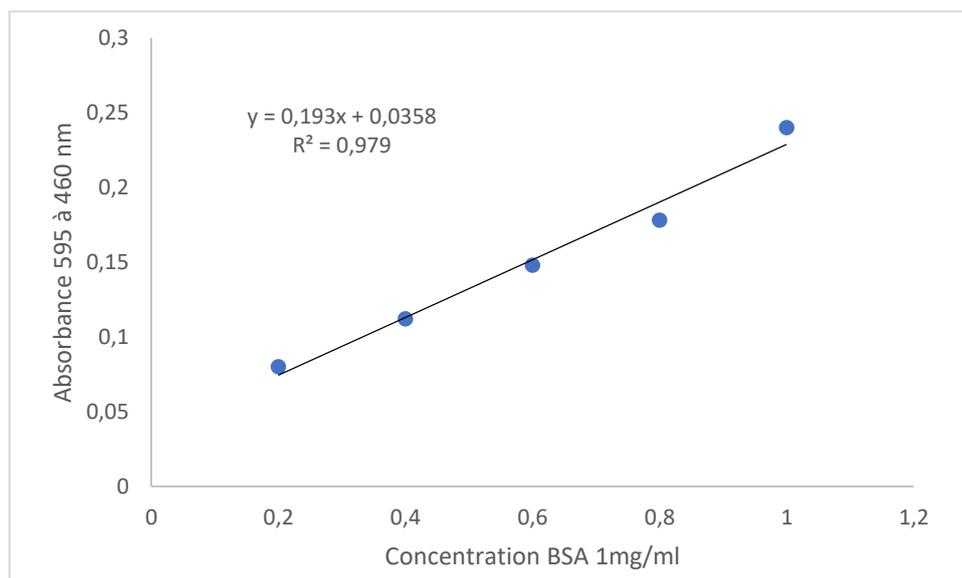


B)

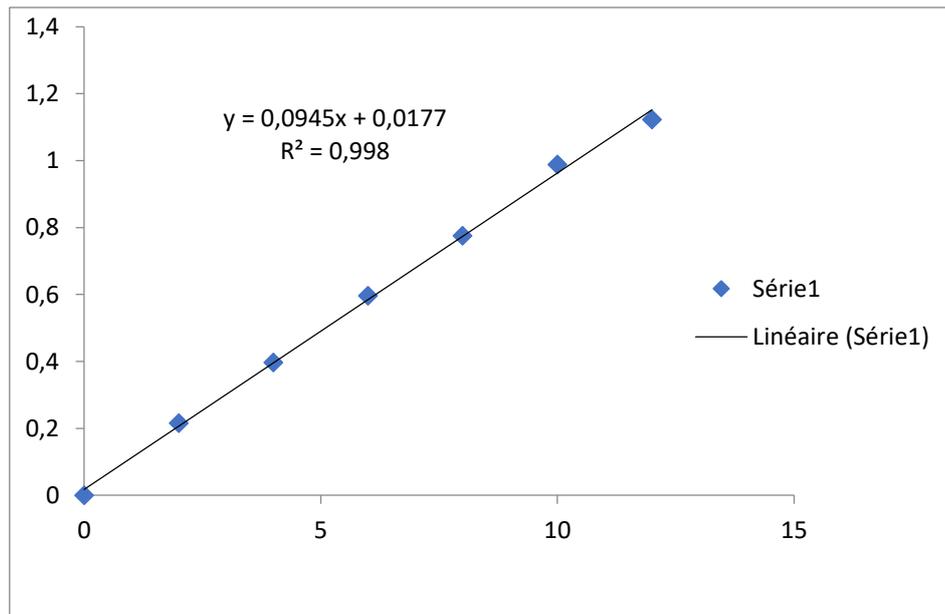
Figure 5 : Appareillage utilisé pour la détermination de la MG ; A) Butyromètre ; B) Centrifugeuse de type Gerber Nova Safety



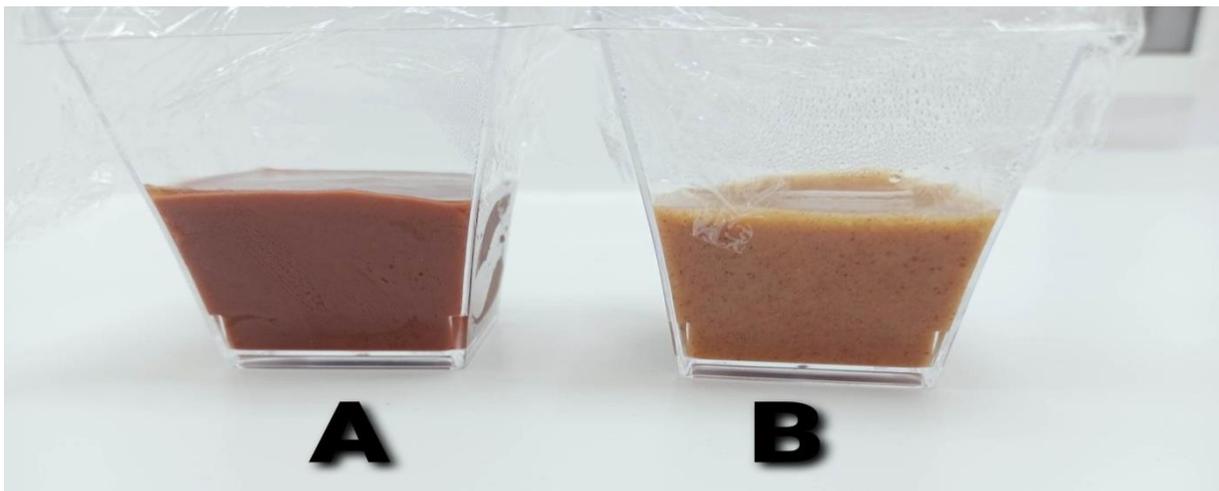
**Figure 6** : détermination de la viscosité avec le viscosimètre de type « DV1MLVKJO »



**Figure 7** : Courbe d'étalonnage pour le dosage des protéines



**Figure 8 :** Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres (glucose).



**Figure 9 :** A) crème dessert à base de la gomme B) crème dessert à base de la pulpe de caroube

## Annexes

**Tableau 1:** Moyennes ajustées par produit.

Echantillon	Texture	Acidité	Saveur	Arrière-gout	Couleur	Arome	Texture en bouche	Odeur
Echant C	4,300	4,500	3,300	3,300	2,800	3,600	2,300	2,400
Echant A	3,556	4,222	3,778	3,778	2,556	3,667	2,778	3,111
Echant D	3,300	4,600	3,600	3,600	3,300	4,100	2,500	2,900
Echant A	3,000	3,000	4,000	3,000	4,000	3,000	3,000	3,000
Echant B	2,889	4,333	3,556	3,556	3,111	4,222	3,667	2,667
Echant B	2,000	3,000	3,000	4,000	4,000	5,000	4,000	4,000

**Tableau 2:** Moyennes ajustées par produit.

	Apparence	Arrière-gout	Aspect	Consistance	Odeur	App. Couleur	Texture	Texture en bouche
Echant B	4,577	4,017	3,472	3,375	2,019	3,204	3,226	3,525
Echant D	4,332	3,951	4,415	2,526	3,057	3,411	3,679	3,374
Echant C	4,000	3,100	4,400	2,100	3,400	3,800	3,500	3,500
Echant D	3,502	3,074	3,877	2,460	3,415	2,383	3,481	3,690
Echant B	3,606	3,121	3,132	3,281	3,245	3,949	3,943	3,619
Echant A	3,400	3,000	3,600	3,000	2,600	4,400	4,000	3,700

**Echant** : Echantillon

## **Résumé**

Le présent travail consiste à une valorisation de sous-produits de la caroube et ceci par un essai d'incorporation de cette dernière dans la crème dessert. Les analyses effectuées sur la pulpe de caroube ont montré une teneur importante en sucre par rapport aux autres constituants du fruit, et la gomme a démontrées sa forte viscosité. Les analyses physicochimiques effectuées sur la crème dessert ont révélé que la gomme de caroube n'influence pas sur les caractéristiques de la crème dessert tels que le pH, taux de brix. L'évaluation sensorielle des produits élaborés a montré que la majorité des sujets préfèrent le produit à base de pulpe à 100% et également le produit élaboré à base de gomme de caroube

**Mots clés :** Caroube ; purification ; gomme de caroube ; crème dessert ; analyse physico-chimique.

## **Abstract**

The present work consists in a valorization of carob by-products and this by a test of incorporation of the latter in the dessert cream. The analyzes carried out on the carob pulp showed a high sugar content compared to the other fruit constituents and the gum demonstrated its high viscosity. The physicochemical analyzes carried out on the dessert cream revealed that locust bean gum does not influence the characteristics of the dessert cream such as pH, brix level. The sensory evaluation of the elaborated products showed that the majority of subjects preferred the 100% pulp-based product and also the elaborated product based on locust bean gum.

**Key words:** Carob; purification; carob gum; dessert cream; physico-chemical analysis

