

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur  
et de la recherche scientifique  
Université Chadli Bendjedid  
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة الشاذلي بن جديد  
الطارف

كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم العلوم الزراعية

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Department des Sciences Agronomiques



## Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 spécialité

« Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité »

### THÈME

**Étude comparative des Propriétés Techno-fonctionnelles de la farine  
de Cacao et de la Caroube (*Ceratonia siliqua*) - Développement d'une  
Boisson Lactée à la Caroube et à la stévia.**

Soutenu le : 12 /06 /2023

Présenté Par : M<sup>lle</sup> Bouhaik Meriem Ghozlane.

Devant le jury composé de :

Présidente: Bouanani S (MCB).

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Examinatrice : Benrachou N (MCA).

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Encadrant : Benmeziane F (Pr).

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

**Année universitaire 2022 - 2023**

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف ص.ب رقم 73 الطارف - الجزائر  
Université Chadli Bendjedid d'El Tarf. BP : 73, El Tarf 36000 Algérie  
+213 38.30.15.28 : الهاتف: 09.43/38.30.18.93 213/ فاكس +  
Téléphone : +213 38.30.18.93/09.43/ Fax : +213 38.30.15.28  
<http://www.univ-eltarf.dz>



# Dédicace

*Grace à la volonté divine d'ALLAH notre dieu tout puissant et bien veillant qui m'a permis d'achever et de présenter ce travail.*

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail*

*اهدي ثمرة جهدي إلى روح والدي الغالي بوحاïك ميلود رحمه الله رحمة واسعة واسكنه فسيح جناته.*

*Symbole de tendresse, qui ma soutenue et encouragé et qui m'a guidé vers la voie du succès, que dieu la garde.*

*À ma chère mère **Fatma (Hassina)**, que Dieu la protège de ses yeux qui ne dorment pas et prolonge sa vie, à toi je dédie le fruit de mon travail.*

*À mon grand frère : **Mohamed El amri***

*À mes chères sœurs : **Zineb, Khadija et Ghada Nesrine***

*Ils ont eu un grand impact sur l'achèvement du travail grâce à leur amour, leur soutien et leur confiance en moi.*

*À tous les membres de ma famille sans exception et toute personne qui porte le nom*

***Bouhaïk et Brinis.***

*À toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*

*À tous ceux qui se sont intéressés à mes études et qui m'ont soutenu de près ou de loin, je vous dédie ce travail.*

**Bouhaïk Meriem Ghozlane**



# Remerciement



*Tout d'abord, je tiens à remercier au Bon Dieu de m'avoir donnée la volonté, le courage et la force pour terminer mon travail et pour sa bienveillance jusqu'au bout du parcours de mes études.*

*Je remercie tous ceux de ma chère famille qui m'ont aidé à être qui je suis maintenant. Merci pour leur dévouement, leur temps et leur présence constante durant Toutes ces années d'études. Je vous aime...*

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier mon enseignante **Mme Derradji-Benmeziane Farida** pour m'avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail pour son esprit scientifique, ses précieux conseils et ses encouragements.*

*Je tiens à remercier l'équipe de l'entreprise Edoughi – Annaba*

*Mes vifs remerciements s'adressent également aux **membres de jury** qui ont accepté de juger ce travail : **Mme Bouanani Samia et Mme Benrachou Nora.***

*Et cordialement je remercie tout les enseignants du département des Science Agronomiques.*



# Sommaire

Sommaire .....	i
Liste des abréviations.....	iv
Liste des figures .....	v
Liste des tableaux .....	vi
Résumé .....	vii
Abstract .....	viii
ملخص.....	ix
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>

## Partie I. Synthèse bibliographique

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

1. Origine et histoire.....	3
2. présentation du caroubier ( <i>Ceratonia siliqua</i> ) .....	3
2.1 Classification systématique .....	3
2.2 Description botanique du caroubier .....	4
3. Distribution géographique.....	6
3.1 Dans le monde .....	6
3.2 En Algérie.....	7
4. Composition biochimique et valeur nutritionnelle.....	7
4.1 Composés organiques nutritives et valeur nutritionnelle .....	7
4.2 Composés phénoliques .....	8
5. Variétés de caroubier.....	9
6. Les ravageurs et les maladies de caroubier .....	10
7. Effets thérapeutiques de caroube.....	10
8. Importance économique et écologique.....	11

### II. Sucre stévia

1. Qu'est-ce que la stévia ?.....	13
2. Les avantages du sucre stévia comme édulcorant .....	13
3. Comment est fabriqué le sucre stévia ? .....	13
4. La stévia est-elle sûre ? .....	13
5. Utilisation du sucre stévia .....	13

## ***Partie II. Partie expérimentale***

### **Chapitre I : Matériel & Méthodes**

1. Objectifs de l'étude .....	15
2. Matières premières .....	15
3. Analyses des farines .....	16
3.1 Détermination des propriétés physicochimiques .....	16
3.2 Détermination des propriétés techno-fonctionnelles des poudres alimentaires.....	18
4. Préparation des différents types des boissons lactées .....	22
4.1 Préparation des ingrédients.....	22
4.2 Les étapes de fabrication de la boisson lactée .....	23
5. Caractérisation physicochimique de la matière première (lait de vache).....	26
6. Analyses du produit fini .....	27
6.1 Analyses de qualité physicochimique de la boisson lactée .....	27
6.2 Analyses de la qualité microbiologique de la boisson lactée .....	28
6.3 Evaluation organoleptique de la boisson lactée.....	29

### **Chapitre II. Résultats & Discussion**

<b>1. Paramètres physico-chimique des farines alimentaires.....</b>	<b>31</b>
1.1 pH .....	31
1.2 Humidité et matière sèche .....	31
1.3 Teneur en cendre et matière organique .....	32
<b>2. Propriétés techno-fonctionnelles des poudres alimentaires.....</b>	<b>32</b>
2.1 Solubilité et hygroscopicité .....	32
2.2 Densité apparente .....	33
2.3 Dispersibilité.....	33
2.4 Capacité d'absorption de l'eau .....	33
2.5 Capacité d'absorption de l'huile.....	34
2.6 Rapport hydrophile-lipophile .....	35
2.7 Capacité d'absorption de lait entier et totalement écrémé.....	35
2.8 Activité émulsifiante et stabilité de l'émulsion .....	35
2.9 Activité moussante et stabilité de la mousse .....	35
2.10 Capacité de gonflement .....	36
2.11 Capacité de gélification .....	36
2.12 Rapport de Hauser et indice de compressibilité .....	37

<b>3. Caractéristique physicochimiques du lait de vache utilisé .....</b>	<b>37</b>
<b>4. Analyse du produit fini.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Qualité physicochimique .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.1 pH .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.2 Extrait sec total (EST) .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Qualité microbiologique.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3 Évaluation organoleptique (test de dégustation) .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3.1 Évaluation par des dégustateurs adultes .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3.2 Évaluation par des dégustateurs enfants .....</b>	<b>44</b>
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>51</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>59</b>

## Liste des abréviations

<b>Abs</b>	Absence.
<b>AE</b>	Activité Emulsifiante.
<b>AM</b>	Activité Moussante.
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation.
<b>A</b>	Boisson lactée au cacao et au sucre cristallisé.
<b>B</b>	Boisson lactée au cacao et au sucre stévia.
<b>C</b>	Boisson lactée à la caroube et au sucre cristallisé.
<b>D</b>	Boisson lactée à la farine caroube et au sucre stévia.
<b>CAE</b>	Capacité absorption en eau.
<b>CAH</b>	Capacité absorption en huile.
<b>CALE</b>	Capacité absorption en lait entier.
<b>CALTE</b>	Capacité absorption en lait totalement écrémé.
<b>°C</b>	Degré Celsius.
<b>°D</b>	Degré Dornic.
<b>DGF</b>	Direction générale des forêts.
<b>EST</b>	Extrait sec total.
<b>F.A.M.T</b>	Flore aérobie mésophile totale.
<b>g</b>	Gramme.
<b>ha</b>	Hectare.
<b>J.O.R.A</b>	Journal Officiel de la République Algérienne.
<b>J</b>	Jour.
<b>L</b>	Litre.
<b>m</b>	Mètre.
<b>MG</b>	Matière Grasse
<b>MO</b>	Matière Organique
<b>OGA</b>	Oxytetracycline, Gulose Agar
<b>PNTTA</b>	Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture.
<b>pH</b>	Potentiel hydrogène.
<b>RHL</b>	Rapport Hydrophile- Lipophile.
<b>SE</b>	Stabilité des émulsions.
<b>SM</b>	Stabilité de la mousse.

## Liste des tableaux

Numéro	Titre du Tableau	Page
<b>01</b>	Classification Taxonomique du genre <i>ceratonia siliqua L.</i>	<b>3</b>
<b>02</b>	Composition chimique en métabolites primaire et secondaire de la caroube.	<b>8</b>
<b>03</b>	Conception expérimentale pour la fabrication des différents types des boissons lactées.	<b>23</b>
<b>04</b>	Représentation des germes recherchés.	<b>29</b>
<b>05</b>	Paramètres physico-chimiques des farines de cacao et de caroube.	<b>31</b>
<b>06</b>	Propriétés techno-fonctionnelles des farines de cacao et de caroube.	<b>34</b>
<b>07</b>	Caractérisation physicochimique de lait utilisé.	<b>37</b>
<b>08</b>	Résultats d'analyses physicochimiques des échantillons de boisson lactées.	<b>38</b>
<b>09</b>	Résultats d'analyses microbiologiques des boissons produits.	<b>41</b>
<b>10</b>	Evaluations des attributs sensoriels des boissons lactées préparées (dégustateurs adultes).	<b>42</b>
<b>11</b>	Notes globales des dégustateurs.	<b>43</b>
<b>12</b>	Pourcentage d'appréciation globale de boissons lactées préparées.	<b>43</b>
<b>13</b>	Evaluations des attributs sensoriels des boissons lactées produites (dégustateurs enfants).	<b>45</b>
<b>14</b>	Notes globales des dégustateurs.	<b>46</b>
<b>15</b>	Pourcentage d'appréciation globale de boissons lactées préparées.	<b>46</b>

## Liste des Figures

Numéro	Titre de figure	Page
1	Le caroubier.	4
2	Les feuilles du caroubier.	5
3	Les fleurs du caroubier.	5
4	Les fruits du caroubier.	6
5	Centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde.	6
6	Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques.	7
7	Le sucre stévia.	14
8	Photographie des farines : le cacao (à droite) ; la caroube (à gauche).	15
9	Détermination pH des poudres.	16
10	Détermination de l'humidité des poudres.	17
11	Détermination la teneur en cendres et en matière organique.	17
12	Détermination de capacité d'absorption des poudres (CAE, CAH, CALE, CELTE).	18
13	Activité émulsifiantes des poudres.	19
14	Détermination l'activité moussante des poudres.	19
15	Détermination la capacité de gélification des poudres.	20
16	Détermination l'hygroscopicité des poudres.	21
17	Capacité de gonflement des poudres.	21
18	Détermination la solubilité des poudres.	22
19	Ajout et mélange des ingrédients.	23
20	Filtration de la boisson lactée.	24
21	Sertissages des pots.	24
22	Stockage des produits finaux.	25
23	Diagramme de fabrication de boisson lactée.	25
24	Mesure de l'acidité.	26
25	Mesure de la densité.	27
26	Mesure de MG de lait.	27
27	Mesure de pH.	28
28	Mesure d'EST de produit fini.	28
29	Déroulement de la séance de dégustation.	30
30	Résultats d'analyses microbiologiques de différents échantillons de la boisson Lactée.	40
31	Attributs de la qualité sensorielle des boissons préparées (adultes).	42
32	Acceptabilité globale des dégustateurs adultes pour boisson lactée.	44
33	Attributs de la qualité sensorielle des boissons préparées (enfants).	45
34	Acceptabilité globale des dégustateurs enfants pour boisson lactée.	47
35	Analyses microbiologiques des levures et moisissures.	59
36	Analyses microbiologiques de F.A.M.T.	60
37	Analyses microbiologiques des coliformes fécaux et totaux.	61

## Résumé

L'objectif de ce travail était de comparer les propriétés techno-fonctionnelles du cacao et de la caroube, deux ingrédients utilisés dans l'industrie alimentaire et de préparer une boisson lactée dans laquelle le cacao a été remplacé par de la caroube. Le sucre cristallisé a également été remplacé par le sucre stévia. Pour cela, quatre échantillons de boissons ont été préparées (boisson lactée au cacao et au sucre cristallisé : A ; boisson lactée au cacao et au sucre de stévia : B; boisson lactée à la farine de caroube et au sucre cristallisé : C et enfin, boisson lactée à la farine de caroube et au sucre de stévia : D). Les qualités physicochimique et microbiologique ont été suivies durant 21 jours de stockage réfrigéré. La qualité organoleptique a également été évaluée par deux groupes de dégustateurs (adultes et enfants). Les résultats ont montré que la farine de la caroube a présenté un faible taux de cendres, de matières sèches et un faible pH en comparaison au cacao. En outre, la farine de la caroube avait des propriétés techno-fonctionnelles différentes de celles du cacao pour les différentes propriétés déterminées, avec une capacité d'absorption en huile importante. L'analyse microbiologique a montré que la boisson lactée de cacao et au sucre cristallisé (A) a été la plus résistants au développement de bactéries que le reste des autres échantillons. Quant à l'évaluation organoleptique, la boisson lactée à la caroube et au sucre stévia était la plus préférée par le groupe des dégustation adultes, en revanche, les enfants ont plutôt exprimé leur appréciation pour la boisson lactée au cacao, ce qui est attendu.

**Mots clés :** *Ceratonia siliqua* ; Cacao ; Propriétés techno-fonctionnelles ; Boisson lactée ; Analyse de la qualité.

## **Abstract**

The objective of this work was to compare the techno-functional properties of cocoa and carob, two ingredients used in the food industry and to prepare a milk drink in which cocoa was replaced with carob. Granulated sugar has also been replaced by stevia sugar. For this, four samples of drinks were prepared (milky drink with cocoa and crystallized sugar: A; milky drink with cocoa and stevia sugar: B; milky drink with carob flour and crystallized sugar C and finally, drink carob flour and stevia sugar: D). The physicochemical and microbiological qualities were monitored for 21 days of refrigerated storage. The organoleptic quality was also evaluated by two groups of tasters (adults and children). The results showed that carob flour showed low ash, dry matter and low pH compared to cocoa. In addition, carob flour had different techno-functional properties than cocoa for the different properties determined, with a high oil absorption capacity. The microbiological analysis showed that the milk drink of cocoa and granulated sugar (A) was the most resistant to the development of bacteria than the rest of the other samples. As for the organoleptic evaluation, the milk drink with carob and stevia sugar was the most preferred by the adult tasting group, on the other hand, the children rather expressed their appreciation for the milk drink with cocoa, which is expected.

**Keywords:** *Ceratonia siliqua*; Cocoa; Techno-functional properties; Milk drink; Quality analysis.

## ملخص

كان الهدف من هذا العمل هو مقارنة الخصائص التقنية الوظيفية للكاكاو والخروب، وهما مكونان يستخدمان في صناعة الأغذية وإعداد مشروبات الحليب الذي تم فيه استبدال الكاكاو بالخروب. كما تم استبدال السكر الحبيبي بسكر ستيفيا. لهذا ، تم تحضير أربع عينات من المشروبات (مشروب حليب مع الكاكاو والسكر المتبلور: أ ؛ مشروب حليب مع الكاكاو وسكر ستيفيا: ب ؛ مشروب حليب مع دقيق الخروب والسكر المتبلور: ج ؛ وأخيراً مشروب حليب مع دقيق الخروب وسكر ستيفيا: د). تم متابعة الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمدة 21 يوماً من التخزين المبرد. تم تقييم الجودة الحسية أيضاً من قبل مجموعتين من المتذوقين (البالغين والأطفال). أظهرت النتائج أن دقيق الخروب أظهر رماً منخفضاً، ومادة جافة، ودرجة حموضة منخفضة مقارنة بالكاكاو. بالإضافة إلى ذلك، كان لدقيق الخروب خواص تقنية وظيفية مختلفة عن الكاكاو لخصائص مختلفة محددة، مع قدرة عالية على امتصاص الزيت. أظهر التحليل الميكروبيولوجي أن مشروب حليب الكاكاو والسكر الحبيبي (A) كان الأكثر مقاومة لتطور البكتيريا من بقية العينات الأخرى. أما بالنسبة للتقييم الحسي ، فقد كان مشروب الحليب مع الخروب وسكر الستيفيا هو الأكثر تفضيلاً من قبل مجموعة الذوق البالغ ، من ناحية أخرى ، عبر الأطفال عن تقديرهم لمشروب الحليب مع الكاكاو ، وهو أمر متوقع.

**الكلمات المفتاحية:** *Ceratonia siliqua*؛ كاكاو؛ الخصائص التقنية الوظيفية ؛ شراب الحليب؛ تحليل الجودة.



# *Introduction*

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'aliment est la principale source de la croissance du corps de tout être vivant car il contient des macro et micronutriments essentiels tels que des protéines, lipides, glucides, vitamines et minéraux...etc., nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. Ces nutriments se retrouvent aussi bien dans les légumes que dans les fruits, dont le caroubier, qui est une priorité économique et présente de multiples intérêts dans plusieurs domaines.

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) appartient à la famille des *Fabaceae* dans l'ordre des Fabales. C'est une espèce sclérophyte, thermophile, héliophile et calcaire. Sous forme d'implantation spontanée, le caroubier est une espèce méditerranéenne typique, largement distribué en Algérie dans les régions côtières et semi-arides et pendant longtemps pour ses sous-produits mais également par sa résistance au manque d'eau (**Biner et al., 2007 ; Benmahioul et al., 2011**).

La grande valeur de la caroube est connue grâce aux gousses et aux graines. La pulpe du caroubier est très riche en sucre, même plus riche que la canne à sucre et la betterave sucrière, elle est aussi riche en composés phénoliques ce qui lui donne un pouvoir antioxydant remarquable (**Hariri et al., 2009**) mais aussi en fibres et en minéraux. La pulpe est souvent grillée et broyée pour obtenir une poudre de couleur marron à arôme de chocolat qui est utilisée comme substituant du cacao, et peut être utilisée aussi dans l'extraction de jus sucrés (la mélasse de caroube qui est très efficace contre la toux). La caroube a une capacité antioxydante exceptionnelle ainsi que d'autres activités médicinales importantes. En effet plusieurs activités biologiques lui sont attribuées à savoir : antiathérogène, antibactérienne, antimicrobienne, antifongique, antidiabétique, activité antivirale, anti-inflammatoire et activité apparentée, antioxydante, anticancéreuse, antiproliférative, antidépresseur, anti-fibrotique, anti-athérosclérotique, anxiolytique-sédative et antiproliférative (**Azab, 2017**). Ainsi, la caroube en possédant des propriétés technologiques cruciales pourra solutionner plusieurs dilemmes liés à des contraintes économiques et technologiques dans le secteur agro-alimentaire tel que la laiterie. C'est à partir de ceci que l'objectif majeur du présent travail est tissé sur la valorisation de la caroube pour rendre cette dernière une ressource noble pour l'industrie alimentaire en utilisant comme substituant du cacao dans la fabrication de boisson lactée.

Le sucre cristallisé a tendance à être substitué dans les régimes alimentaires vu ses effets néfastes sur l'organisme. Pour cela, plusieurs succédanés ont été proposés, parmi eux, le sucre stevia. La Stevia est un édulcorant naturel extrait des feuilles de la plante *Stevia Rebaudiana*. La Stevia est de plus en plus populaire comme alternative au sucre traditionnel en raison de son

pouvoir sucrant élevé, de son faible apport calorique et de son indice glycémique nul. Cela en fait une option populaire pour les personnes soucieuses de leur santé qui cherchent à réduire leur consommation de sucre et de calories. Il existe une variété de produits édulcorants à base de Stevia disponibles dans le commerce, notamment des comprimés, des poudres et des liquides, qui peuvent être utilisés pour sucrer une variété d'aliments et de boissons.

Le manuscrit est organisé en trois principales parties :

- La première partie est une étude bibliographique synthétisant les connaissances en principalement, la caroube : Composition biochimique et les valeurs nutritionnelle ; ainsi que sur le sucre Stévia ;
- La deuxième partie est une description des matières premières utilisées ainsi que du matériel et de la démarche expérimentale suivie pour la réalisation du travail ;
- La troisième partie rapporte les résultats obtenus et leur discussion, en commençant par les propriétés physicochimiques, techno-fonctionnelles des farines de la caroube et du cacao, et en terminant par la caractérisation des qualités physicochimique, microbiologique et organoleptique des boissons lactées fonctionnels mises au point.

Une conclusion générale reprendra de manière succincte les principaux résultats auxquels ce travail a abouti.



# *Volet Bibliographique*

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

### 1. Origine et histoire

Le caroubier dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestique depuis le néolithique 4000 ans avant J.C, et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. Il était connu dans le proche Orient et les îles de la Méditerranée. En Egypte, les pharaons ont utilisé la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (XVIIe Siècle avant J.C). Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal, ensuite il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols, actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et en Inde. Le mot «**caroubier**» vient de l'arabe marocain el kharroube, tasliroua ou tikida en berbère, caroubier en français et carob tree en anglais, algarrobo en espagnol, carrubo en italien, alfarrobeira en portugais, karubenbaum en allemand, charaoupi en grec et charnup en turc. Il est aussi appelé pain de saint Jean-Baptiste, figuier d'Égypte ou fève de Pythagore. Son nom latin *ceratonia* vient du grec *keratia* signifiant « petite corne » (en référence à ses caroubes, gousses en forme de cornes à maturité). Le nom d'espèce, *siliqua*, désigne en latin une silique ou gousse (Sbay, 2008).

### 2. Présentation du caroubier (*Ceratonia siliqua*)

#### 2.1 Classification systématique

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) appartient à la famille des légumineuses (Fabacées) de l'ordre des Rosales, de la sous-famille des césalpinioïdées (Tableau 1). C'est un arbre de croissance lente, d'une longévité importante dépassant souvent les 200 ans (Battle & Tous, 1997; Yousif et Alghzawi, 2000). Il est largement cultivé dans les régions Méditerranéennes à des fins ornementales et industrielles et nécessite peu d'entretien.

**Tableau 1.** Classification Taxonomique du genre *Ceratonia siliqua* L (Sbay, 2008).

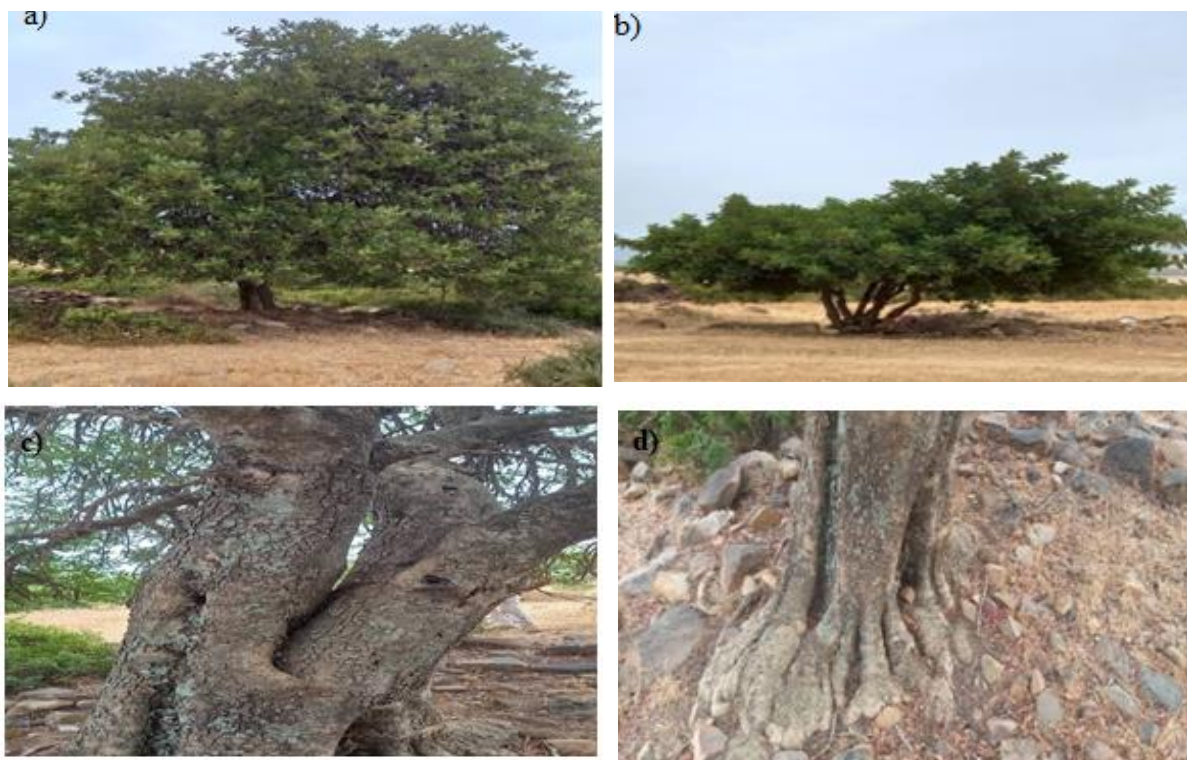
<b>Régne</b>	<b>Plantae</b>
<b>Sous-Régne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyte
<b>Classe</b>	Mgnoliosida
<b>Sous-Classe</b>	Rosidae
<b>Ordre</b>	Rosale
<b>Famille</b>	Legimineuses
<b>Sous-famille</b>	Caesalpinioideae
<b>Sous-Tribu</b>	Ceratoniiimae
<b>Genre</b>	<i>Ceratonia</i>

## 2.2 Description botanique du caroubier

La description des différentes parties du caroubier (arbre, feuille, fleur et fruit) est donnée selon **Ait Chitt et al (2007)** dans le bulletin mensuel d'information et de liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA).

### 2.2.1 Arbre

Le caroubier est un arbre à feuillage abondant, persistant et très dense. Il peut atteindre dans des conditions propices une hauteur de 7 à 10 m et même 15 à 20 m en Orient, et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. C'est un arbre xérophytique, pérenne, sa longévité est considérable, jusqu'à 200 ans. Le caroubier a des racines fortes qui pénètrent dans le sol pour atteindre une profondeur de 18 m ou même plus. Sa croissance est très lente, en particulier au début de sa croissance. Il peut émettre des rejets de souche avec vigueur et se caractérise par des branches solides et robustes (Fig. 1).



**Figure 1.** Le caroubier a) et b) arbre, c) tronc, d) racines (**Bouhaik, 2022**).

### 2.2.2 Feuille

Les feuilles persistantes, de longueur de 10 à 20 cm, se caractérisent par un pétiole sillonné sur la face interne et un rachis portant de 8 à 15 folioles, opposés, de 3 à 7 cm. Elles sont coriaces, entières, ovales à elliptiques, paripennées, légèrement échancrées au sommet avec une couleur vert noir brillante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure. Le caroubier ne perd pas

ses feuilles en automne sauf en juillet chaque deux ans, lesquelles sont renouvelées au printemps de la même année, en avril et mai (Fig. 2).



**Figure 2.** Les feuilles du caroubier (Bouhaik, 2022).

### **2.2.3 Fleur**

Les fleurs du caroubier sont regroupées en grappes latérales, habituellement dressées ou ascendantes, brièvement pédonculées. Initialement, les fleurs sont bisexuelles; il y a suppression d'un axe durant le développement et le fonctionnement des cellules pour aboutir à des fleurs mâles ou femelles. La morphologie florale est complexe et varie largement d'une référence à une autre, par exemple il existe des:

- Inflorescences mâles à fleurs caractérisées par des étamines à longs filaments et à pistil non développé ;
- Inflorescences mâles à fleurs caractérisées par des étamines courtes et un pistil non développé ;
- Inflorescences hermaphrodites à fleurs avec des étamines et un pistil bien développé ;
- Inflorescences femelles avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires ;
- Inflorescences polygames comportant des fleurs femelles, des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites (Fig. 3).



**Figure 3.** Les fleurs du caroubier (Bouhaik, 2022).

### 2.2.4 Fruit

Les caroubes sont les fruits du caroubier. Elles sont réunies en grappes simples. Elles sont de grande taille avec une longueur de 10 à 30 cm. Une largeur de 1,5 à 3,5 cm et une épaisseur de 1 à 2,5 cm ; le poids est de 15 à 40 g. Le fruit est indéhiscent, brun foncé à noir à maturité, aplati, allongé ou courbé, séparé à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme des 5 à 16 graines brunes, soit 10 à 20 % du poids de la gousse en fonction de cultivar, du climat et de la conduite technique (Fig. 4).



Figure 4. Les fruits du caroubier (Bouhaik, 2022).

## 3. Distribution géographique

### 3.1 Dans le monde

Selon **Hariri et al. (2009)**, le caroubier est essentiellement un arbre méditerranéen d'une importance écologique, industrielle et ornementale incontestable. On le trouve à l'état naturel principalement en Espagne, au Portugal, au Maroc, en Grèce, en Italie et en Turquie, Algérie, Tunisie, Égypte et Chypre (**Sbay et Abourouh, 2006**). Puis il a été introduit avec succès dans les pays au climat méditerranéen : en Amérique du Sud, Amérique du Nord et Australie par les Espagnols. Actuellement caroube Également présent aux Philippines et en Iran (**Battle et Tous, 1997**) (Fig. 5).



Figure 5. Centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Battle et Tous, 1997).

### 3.2 En Algérie

En Algérie, la distribution du caroubier suivant le critère de production, se trouve dans les wilayas suivantes : Bejaia, Blida, Tipaza, Boumerdes, Ain-Defla, Bouira, Tlemcen, Mascara, Tizi Ouzou. En Algérie, et selon les critères climatiques les lieux de prédilection du caroubier sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou stub-littorales : Sahel algérois, Dahra, Grande Kabylie et Petite- Kabylie, vallée de la Soummam (1074 ha) et de l'Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha), il descend jusqu'à Boussaâda et dans la zone de Taras au Nord de Tlemcen (276 ha) (Fig. 6) (Zitouni, 2010).

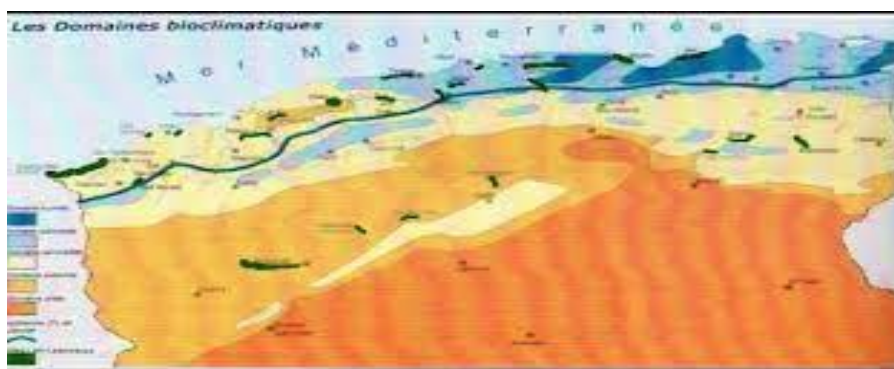


Figure 6. Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).

## 4. Composition biochimique et valeur nutritionnelle

### 4.1 Composés organiques nutritives et valeur nutritionnelle

Les fruits du caroubier sont caractérisés par :

- ✓ Une teneur élevée en sucre (48 – 56%) principalement sous forme de saccharose, glucose et fructose ;
- ✓ Un taux de protéines entre 3 à 4 % ;
- ✓ Une faible teneur en matière grasse (0.2 à 0.6%) (Batlle et Tous, 1997) ;
- ✓ Une faible teneur en alcaloïdes ;
- ✓ Une teneur élevée en fibres alimentaires, en particulier dans les graines ;

Plus précisément, la pulpe est composée :

- ✓ De sucres, de poly phénols (comme les tanins, flavonoïdes et acides phénoliques) ;
- ✓ Des minéraux (K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn et Zn) ;
- ✓ La poudre de la caroube est une source précieuse de vitamines E, D, C, les vitamines B3, B6, l'acide folique ; les vitamines A, B2 et B12 sont fournies à des niveaux bas ;

L'huile de la caroube en poudre est composée de 17 acides gras, principalement oléique, linoléique, acide palmitique et stéarique à 40.45, 23.19, 11.01 et 3.08%.

**Tableau 2.** Composition chimique en métabolites primaires et secondaires de la caroube (Avallone et al., 1997).

Composition chimique en Métabolites primaires	Quantité en (%)	Quantité en (%)
Humidité		14.76 ± 0.27
Matière minérale		2.45 ± 0.16
Matière sèche		85.23 ± 0.27
Protéine brute		8.60 ± 0.25
Lipide brut		4.48 ± 0.24
Composition chimique en métabolites secondaires		mg/g MS
Phénols totaux (CPT)		2.60 ± 0.21

#### 4.2 Composés phénoliques

La fraction phénolique du fruit de la caroube est relativement inexploitée, bien que des quantités importantes de composés phénoliques se trouvent dans le fruit de la caroube (1,2 à 7,0%), ce qui est comparable à d'autres aliments méditerranéens à base de plantes bien connus. De plus, le fruit de la caroube contient une variété de composés phytochimiques bioactifs de plusieurs classes. En particulier, les composés phénoliques de caroube comprennent principalement des acides hydroxybenzoïques, des flavonols, des flavan-3-ols et des gallotanins (Goulas & Georgiou, 2019). Fadel et al. (2011), ont indiqué la présence de composés phénoliques des extraits acétoaqueux des pulpes et des graines du caroubier (*Ceratonia Siliqua*) de deux localités différentes du sud-ouest marocain (Izouika et Reggada). En effet, l'acide gallique, l'acide syringique, l'acide p-coumarique, l'acide m-coumarique, l'acide benzoïque et l'hydroxytyrosol étaient les composés majoritaires. En général, les extraits de la pulpe sont plus riches, qualitativement et quantitativement, en composés phénoliques au regard de ceux de la graine. Cinq acides phénoliques libres (acide gallique, syringique, cinnamique, p-coumarique et ellagique) et cinq flavonoïdes (apigénine, naringénine, kaempférol, quercétine rhamnoside et myricétine rhamnoside) aux deux stades de maturation ont été identifiés pour la première fois par Ydjedd et al. (2017) en utilisant l'HPLC-MS/MS.

## **5. Variétés de caroubiers**

Les neuf variétés de caroubier sont répertoriées selon (**Imran et Fikri, 2019**) dans le livre de Guide de production de caroube.

*a) Amele* : ancienne variété commerciale largement cultivée en Italie, de type femelle, avec des gousses de couleur brun clair, droites ou légèrement recourbées. La longueur de la corne est d'environ 14-16 cm et sa largeur est de 2-2,5 cm. La teneur des gousses en sucres est assez élevée, 53,8 %. Ces gousses mûrissent aux mois de septembre et octobre.

*b) Casuda* : les arbres poussent en abondance en Espagne, le type d'arbres est femelle. Les gousses sont brun foncé et droites, de 12 cm de long et 1,5 cm de large. Il contient un pourcentage élevé de sucres, allant de 15,7 à 56,7 %. Les arbres ont une gestation abondante et régulière, les gousses mûrissent au mois d'octobre.

*c) Clifford* : Les arbres de Clifford Road sont des fleurs hermaphrodites. Les gousses sont de couleur brun clair, légèrement incurvées, la corne mesure 13 cm de long et 2 cm de large. Les gousses contiennent 52,9% de sucres. La grosseur est abondante et régulière, et elle se développe au mois d'octobre.

*d) Sfax* : Variété qui pousse en Tunisie. Le type d'arbres est femelle. Les gousses sont de couleur brun rougeâtre, droit ou légèrement recourbées. La longueur de la corne est de 15 cm et sa largeur est de 2 cm. Teneur en sucres 56,6%. Les gousses mûrissent en août et septembre.

*e) Santaf* : Type d'arbres hermaphrodite Rougeole autotrophe. Ses cornes sont de couleur marron clair, souvent frisées ou légèrement recourbées. La longueur de sa corne varie entre 18 à 20 cm et sa largeur est de 2 cm .Il contient 47,5% de sucres. Les arbres ont une fructification régulière et un bon rendement. Ils poussent bien dans les zones côtières et n'ont pas besoin d'irrigation. Ils mûrissent en octobre.

*f) Tontillo* : C'est une variété distribuée dans l'île des Seychelles, une espèce d'arbre hermaphrodite. Les gousses sont brun foncé, droites, et leur longueur varie entre 13 à 15 cm et leur largeur est de 2 cm. Les arbres ont une gestation abondante et régulière, leurs gousses mûrissent de septembre à mi-octobre.

*g) Tylliriia*: Il est largement cultivé à Chypre. Le type d'arbre est femelle. Les gousses sont de couleur marron, marron foncé, légèrement recourbées. La longueur de la corne est

15 cm et sa largeur est 2 à 2,5 cm. Le pourcentage de globules varie de 47,4 à 50,9%. Mûrit pendant la période de mi-août à octobre.

*h) Koundourka* : Ce sont des arbres abondamment ramifiés avec des gousses brun clair de 17 cm de long et 2 cm de large, ces gousses se fendent longitudinalement. À leur tour, ils contiennent 14,7% de la gomme, tandis que leurs cornes contiennent 58% de la gomme.

*i) Koumbato* : Ce sont de grands arbres, les gousses contiennent quelques pépinières. La teneur en sucres est estimée à 53% et les grains contiennent 53% de la gomme.

## **6. Les ravageurs et les maladies de caroubier**

Le caroubier est exposé à de nombreux ravageurs et maladies des plantes qui affectent sa production en quantité et en qualité. Malgré l'importance économique de la plante de caroubier, la petite superficie cultivée avec elle et sa présence dans des endroits séparés a conduit à un manque d'attention et de soins pour elle, et donc à négliger le contrôle des maladies et des insectes ravageurs qui affectent la croissance et la production de ces arbres. Il existe des cochenilles, des cochenilles rouges et certains insectes mous qui infectent les feuilles et les branches du caroubier et causent de grands dommages économiques, car ils sucent la sève des plantes et entraînent le jaunissement et le dessèchement des feuilles. Tandis que les insectes mous sécrètent un miellat qui affecte la croissance des gousses (**Imran et Fikri, 2019**). Et Gophers de rats (*Rattus spp*) peut gravement endommager le système racinaire des jeunes arbres. Ils grimpent aux arbres, se cachent entre les branches, rongent les branches aboient à mort (**Martorell J.,1987**). Les maladies sont rares. La déformation des jeunes gousses peut être causée par le champignon ceratoniae. La maladie de la rouille (*Oidium ceratoniae C.*) peut affecter gousses, feuilles et rameaux. Ce champignon déforme les jeunes cabosses, provoquant l'apparition de taches blanches sur les tissus atteints. Il peut aussi détruire les vieilles branches les arbres (**Goor et al. 1958**).

## **7. Effets thérapeutiques de la caroube**

La recherche sur les propriétés médicinales classiques et apparentées est en cours, mais au cours de ces dernières années, il y a eu une augmentation notable des études sur la caroube en tant que source d'alimentation et de nutrition. Il est important de souligner que la recherche classique explore encore de très nouvelles activités qui n'étaient pas rapportées dans des études précédentes, comme le traitement de l'infertilité masculine. Ainsi, de nombreuses recherches

scientifiques ont montré que les caroubes et leurs produits peuvent améliorer la santé de l'homme et aider à prévenir certaines maladies chroniques, en particulier, ils présentent une activité antiproliférative et d'apoptose contre les cellules cancéreuses, de ce fait, la caroube est considérée comme aliment idéal pour les personnes atteintes du diabète (Youssef et al., 2013). De nombreuses études cliniques ont souligné l'efficacité de la poudre de la caroube dans le traitement des diarrhées aiguës infantiles (Serairi et al., 2000), ce qui a été confirmé par l'étude clinique menée par Loeb et al. (1989) chez des enfants âgés de 3 à 21 mois que le transit intestinal, la température et le poids de l'enfant s'amélioraient plus vite après administration de la poudre de caroube par voie orale. Stavrou et al. (2018) ont indiqué que la consommation de fibre de caroube (riche en tanins condensés), diminue les réponses postprandiales de la ghréline acétylée (une hormone orexigène qui peut affecter l'utilisation du substrat chez l'homme), des triglycérides et des acides gras non estérifiés et modifie le quotient respiratoire (un nombre utilisé dans les calculs de taux métabolique basal), suggérant un changement vers une oxydation accrue des acides gras. Par conséquent, il est suggéré que la fibre de caroube pourrait également avoir un effet bénéfique sur le poids corporel. Aussi, Il a été récemment établi que la caroube immature empêche l'absorption intestinale du glucose par l'inhibition du transport électrogénique du glucose dépendant du sodium chez la souris qui participe à l'effet hypoglycémiant. La caroube immature a démontré une réduction significative de la glycémie et des profils biochimiques chez les rats diabétiques (Rtibi et al., 2017).

## **8. Importance économique et écologique**

### **8.1 Importance économique**

- ✓ Les gousses de caroube moulues sont utilisées pour préparer des boissons, comme le cacao, et sont ajoutées au lait chaud ou froid ;
- ✓ La farine de graines de caroube, sous-produit de la production de gomme, est utilisée dans la production de fourrage à base de protéines animales ;
- ✓ La farine de caroube contient 57% de gomme, tandis que le grain contient 10-12% de cette dernière, à partir de laquelle l'encens est fabriqué pour augmenter le poids et traiter la minceur ;
- ✓ La farine de caroube est mélangée au blé pour faire du pain et des crêpes ;
- ✓ Les gousses contiennent un pourcentage élevé d'antioxydants ;
- ✓ En Allemagne et en Espagne, les grains sont mélangés avec des grains de café pour préparer du café ;

- ✓ La farine préparée à partir de gousses et de graines de caroube contient un pourcentage élevé de fibres, ce qui lui confère une grande valeur nutritionnelle ;
- ✓ La gomme de caroube est l'un des matériaux importants et influents dans de nombreuses industries, telles que l'industrie du papier, les textiles et diverses industries alimentaires **(Imran et Fikri, 2019)**.

## **8.2 Importance écologique**

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est une espèce agro-sylvo-pastorale de grand intérêt. Environnementale, de par sa ténacité et son adaptation aux contraintes de l'environnement, le caroubier est de plus en plus préconisé pour le reboisement des zones arides et dégradé. Ainsi, il peut être utilisé en reboisement pour lutter contre propagation des incendies, tels que les arbres d'ornement et l'ombrage au bord des routes et dans les jardins **(Batlle et Tous, 1997 ; Biner et al., 2007)**. C'est lié par la DGF pour son plan national de reboisement et lui donne une place de choix certaine parties du deuxième barrage vert et des zones d'ombre **(Kochrane, 2020)**. Aussi les racines de caroube fixent également l'azote dans le sol, ce qui augmente sa fertilité et sa vitalité. Les fruits et les feuilles de caroube tombant sur le sol forment un engrais après décomposition par les bactéries du sol. Et en raison de l'abondance de ses branches et de ses feuilles, il offre un environnement approprié et sûr pour les oiseaux nicheurs, et ses grandes cavités conviennent aux terriers permettant à certains animaux de se cacher. Et puisque les caroubiers sont beaux et à feuilles persistantes et supportent différentes conditions environnementales, ils conviennent à la décoration des routes et des parcs publics. Il existe de nombreux autres avantages, tels que l'humidification, la purification de l'air de la poussière et la réduction de la vitesse du vent **(Imran et Fikri, 2019)**.

## **II. Sucre stévia**

Le sucre stévia est un édulcorant naturel qui est de plus en plus utilisé en remplacement du sucre de table traditionnel. Il est fabriqué à partir de la plante de stévia, originaire d'Amérique du Sud. Le sucre stévia est un édulcorant naturel qui gagne en popularité en tant qu'alternative au sucre de table traditionnel. Il est plus sucré que le sucre de table, mais ne contient pas de calories et est considéré comme sûr pour la plupart des gens. Le sucre stévia peut être utilisé dans toutes les applications où l'on utiliserait normalement du sucre de table.

### **1. Qu'est-ce que la stévia ?**

La stévia (*Stevia rebaudiana*) est une plante herbacée vivace originaire d'Amérique du Sud, principalement du Paraguay et du Brésil. La plante a été utilisée pendant des siècles par les peuples indigènes pour sucrer leurs boissons et leurs aliments.

### **2. Les avantages du sucre stévia comme édulcorant**

La stévia est beaucoup plus sucrée que le sucre de table, mais elle ne contient pas de calories. Cela en fait un choix populaire pour les personnes qui cherchent à perdre du poids ou à réduire leur consommation de sucre. En outre, contrairement aux édulcorants artificiels, la stévia est un produit naturel qui ne contient pas de produits chimiques synthétiques.

### **3. Comment est fabriqué le sucre stévia ?**

Le sucre stévia est fabriqué à partir des feuilles de la plante de stévia. Les feuilles sont séchées et broyées pour produire une poudre verte qui peut ensuite être utilisée comme édulcorant. Certaines marques de sucre stévia extraient également les glycosides de stéviol, les composés sucrés de la plante, pour produire un produit plus pur et plus concentré.

### **4. La stévia est-elle sûre ?**

La stévia est considérée comme sûre par la plupart des agences de réglementation alimentaire dans le monde entier. Des études ont montré que la stévia n'affecte pas la glycémie, ce qui la rend appropriée pour les personnes atteintes de diabète. Cependant, il convient de noter que certaines personnes peuvent être allergiques à la plante de stévia.

### **5. Utilisations du sucre stévia**

Le sucre stévia peut être utilisé dans toutes les applications où l'on utiliserait normalement du sucre de table. Ci-après quelques-unes des utilisations courantes du sucre stévia :

Dans les boissons : Le sucre stévia peut être utilisé pour sucrer les boissons chaudes ou froides, telles que le café, le thé, les limonades ou les smoothies.

- ✓ Dans les desserts : Le sucre stévia peut être utilisé pour sucrer les desserts tels que les gâteaux, les tartes, les biscuits et les glaces.
- ✓ Dans les sauces et marinades : Le sucre stévia peut être ajouté aux sauces et marinades pour donner une touche de douceur sans ajouter de calories supplémentaires.
- ✓ Dans les yaourts : Le sucre stévia peut être utilisé pour sucrer les yaourts naturels ou aromatisés.
- ✓ Dans les plats salés :
- ✓ Le sucre stévia peut être utilisé dans les plats salés pour ajouter une touche de douceur et équilibrer les saveurs.
- ✓ Dans les produits de boulangerie : Le sucre stévia peut être utilisé pour remplacer le sucre dans les recettes de pains, de muffins ou de biscuits.

Il est important de noter que le sucre stévia a un goût différent du sucre de table et peut nécessiter un ajustement de la quantité utilisée dans les recettes pour atteindre le niveau de sucré désiré. les recettes de pains, de muffins ou de biscuits.



**Figure 7.** Le sucre stévia (Bouhaik, 2023).



*Partie II :*  
*Volet expérimental*





## *Chapitre I.*

# *Matériel & Méthodes*



## CHAPITRE I. MATERIEL & METHODES

### 1. Objectifs de l'étude

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de :

- Laboratoire de Physicochimie et de Microbiologique de la Laiterie Nationale Edough, Wilaya d'Annaba.
- Laboratoire de Chimie, de Biochimie et phytochimie de l'Université Chadli Bendjedid Wilaya d'El-Tarf ;

L'objectif visé par notre étude expérimentale consiste :

- Dans un premier temps à caractériser les propriétés physicochimiques et technofonctionnelles des farines du cacao et de la caroube ;
- Dans un deuxième temps à :
  - Utiliser ces deux farines pour la production du lait chocolaté et à la caroube ;
  - De déterminer les caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles des échantillons de boissons produites.

### 2. Matières premières

Les matières premières utilisées dans le présent travail sont les farines du cacao et de la caroube. La farine de la caroube utilisée dans cette étude nous a été fournie par l'entreprise de la transformation de la caroube de Tlemcen (SARL Prodalex Boublenza) ; alors que la poudre du cacao a été achetée au niveau de la superette " Le Cerf" située dans la Wilaya d'El Tarf.



Figure 8. Photographie des farines : le cacao (à droite) ; la caroube (à gauche) (Bouhaik, 2023).

### 3. Analyse des farines

#### 3.1 Détermination des propriétés physicochimiques

##### 3.1.1 pH

Le pH de deux échantillons a été déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode **AFNOR (1982)**. Une prise d'essai de 3 g est ajustée avec de l'eau distillée à un volume de 25 mL, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 min suivi d'une filtration. Le filtrat récupéré permet de mesurer les valeurs du pH à l'aide d'un pH mètre.



**Figure 9.** Détermination pH des poudres (**Bouhaik, 2023**).

##### 3.1.2 Teneur en eau et matière sèche

Afin de déterminer la teneur en eau des différents échantillons, 5 g de chaque farine ont subi une dessiccation dans une étuve portée à  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant 4 heures. La teneur en eau est calculée selon la formule suivante :

$$H (\%) = [(M1-M2) / P].100$$

**H (%)**: Humidité en pourcentage;

**M1**: Masse de la capsule + masse de la matière fraîche (g);

**M2**: Masse de la capsule + masse de la matière sèche (g);

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

Par conséquent le taux de matière sèche (MS) est exprimé comme suit :

$$MS (\%) = 100 - H\%$$



**Figure 10.** Détermination de l'Humidité des poudres (Bouhaik, 2023).

### 3.1.3 Teneur en cendres et en matière organique

Une quantité de chaque farine est introduite dans une capsule en porcelaine puis placée dans un four à moufle porté à  $550 \pm 15^\circ\text{C}$  pendant 5H jusqu'à ce qu'on obtienne des cendres de couleur grisâtre ou blanchâtre. La capsule est pesée après refroidissement et la matière organique est calculée par la formule suivante :

$$\text{MO (\%)} = [(M1 - M2) / P] \times 100$$

Soit : **MO** : Matière Organique

**P**: Masse de la prise d'essai;

**M1**: Masse des capsules + la masse de la prise d'essai ;

**M2**: Masse des capsules + cendres.

La teneur en cendre est calculée par la même différence de 100 moins le taux de la matière organique décrite comme suit :

$$\text{Cendres (\%)} = 100 - \text{MO\%}$$



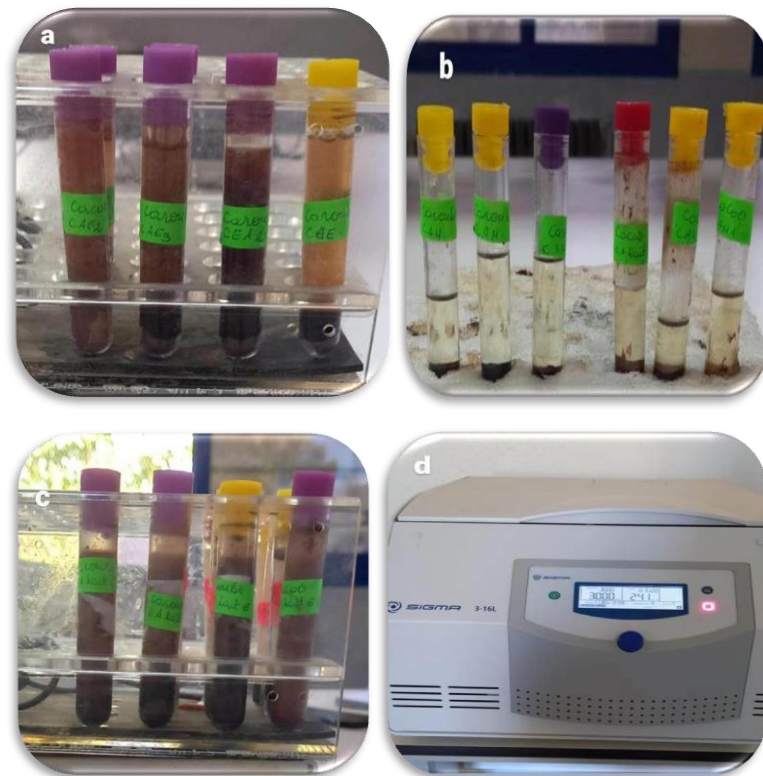
**Figure 11.** Détermination de la Teneur en cendres et en matière organique a) poudres végétales, b) Four à moufle, c) Dessiccateur, d) les cendres (Bouhaik, 2023).

### 3.2 Détermination des propriétés techno-fonctionnelles des poudres alimentaires

Plusieurs propriétés fonctionnelles des poudres ont été déterminées, à savoir :

#### 3.2.1 Capacité d'absorption d'eau, huile, et lait :

Les capacités d'absorption en eau, huile et en lait ont été déterminées par mélange de chaque farine avec chacun de ces éléments (eau, huile et lait) et pesée des tubes. Après centrifugation des mélanges, le surnageant de chaque tube est versé et les nouvelles masses notées. La différence entre les poids avant et après centrifugation représente les capacités d'absorption des poudres alimentaires (Diomande et al., 2017).



**Figure 12.** Détermination de Capacité d'absorption des poudres a) CAE, b) CAH, c) CALE, d) Centrifugeuse (Bouhaik, 2022).

#### 3.2.2 Détermination du rapport hydrophile-lipophile (RHL)

Le rapport hydrophile-lipophile (RHL) tel que défini par Marie et al (2015), a été calculé en faisant le rapport de la capacité d'absorption d'eau sur la capacité d'absorption d'huile. C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée des farines pour l'eau et pour l'huile.

$$\text{RHL} = \text{CAE} / \text{CAH}$$

Où : **RHL** : Rapport hydrophile-lipophile ;  
**CAE** : Capacité d'absorption d'eau ;  
**CAH** : Capacité d'absorption d'huile.

### 3.2.3 Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE)

Une quantité de chacune des poudres est pesée et introduite dans un tube à centrifuger et l'ensemble est pesé. Ensuite, ont été ajoutés successivement dans chaque tube, les mêmes volumes d'eau et d'huile. Les tubes sont alors centrifugés pendant 25 minutes à 5000 trs/min. après quoi, les hauteurs totales et la hauteur de l'eau ont été mesurées et notées. L'activité émulsifiante a été alors déterminée.

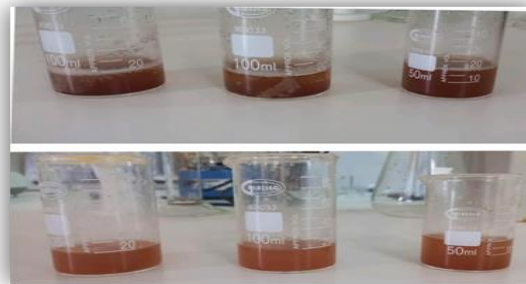
La stabilité des émulsions a été déterminée par mise des tubes dans un bain-marie bouillant pendant 30°C. Au terme de cette période, les tubes sont retirés et les nouvelles hauteurs de l'eau ont été notées. Le rapport entre les hauteurs de l'eau avant et après chauffage représente la stabilité des émulsions (**Diomande et al., 2017**).



**Figure 13.** Activité émulsifiante des poudres (**Bouhaik, 2023**).

### 3.2.4 Activité moussante (AM) et stabilité de la mousse (SM)

Une solution de chaque poudre a été préparé et agitée à l'aide d'un mélangeur à haute vitesse à température ambiante et l'échantillon résultant a été transféré dans une éprouvette graduée. Le volume du mélange a été enregistré après le fouettage. La différence entre le volume avant et après fouettage représente l'activité moussante. L'échantillon a été laissé au repos et son volume a été enregistré à nouveau. Le rapport entre le volume avant et après repose représente la stabilité des mousses.



**Figure 14.** Détermination l'activité moussantes des poudres (**Bouhaik, 2023**).

### 3.2.5 Rapport d'Hausner et indice de compressibilité

Ces deux critères renseignent sur les propriétés de coulabilité des poudres alimentaires. Les indices ont été mesurés selon la méthode donnée par **WHO (2012)**. Son principe se base sur la mesure de la densité des poudres.

### 3.2.6 Capacité minimale de gélification (CMG)

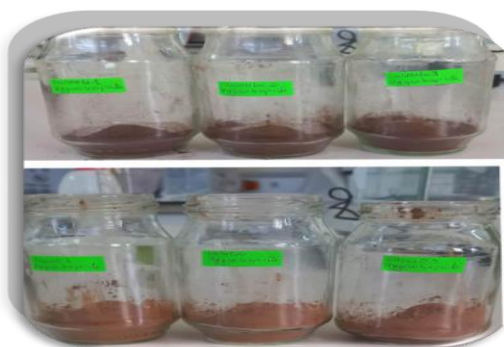
La CMG a été mesurée en préparant des suspensions (poudres dans de l'eau distillée) de différentes concentrations ; à partir desquelles, des aliquotes ont été transférés dans des tubes à essais et placés dans un bain- marie bouillant. Après incubation, ces tubes sont transférés dans un bain de glace pendant 1 h. La CMG (%) correspond à la plus faible concentration de la suspension qui permet la formation d'un gel ferme.



**Figure 15.** Détermination la capacité de gélification des poudres (**Bouhaik, 2023**).

### 3.2.7 Hygroscopicité

L'hygroscopicité poudres alimentaires a été déterminée selon la méthode proposée par **Dyab et al. (2016)**. Brièvement, une quantité de chaque poudre a été placée dans un récipient en verre. Trois échantillons répétés pour chaque produit ont été placés séparément dans trois pots d'humidité scellés contenant une solution saturée de NaCl. Les échantillons ont été conservés pendant 7 jours au terme desquels ; les poudres ont été pesées. L'hygroscopicité (HG) a été déterminée et exprimé en (%) ou en (g/100 g).



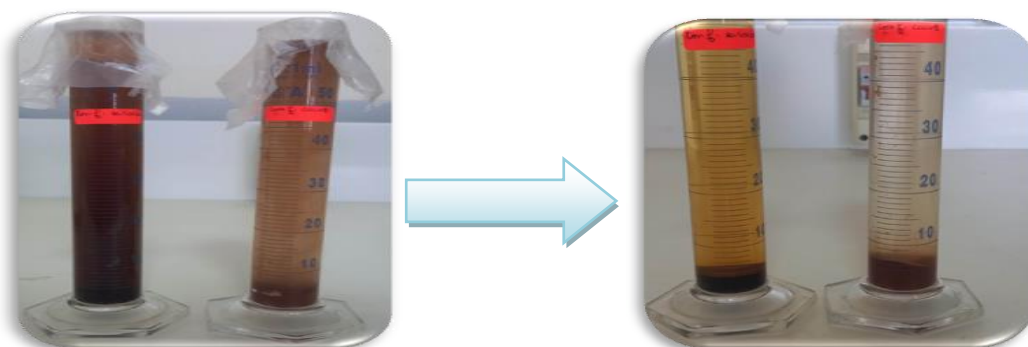
**Figure 16.** Détermination l'Hygroscopicité des poudres (Bouhaik, 2023).

### 3.2.8 Dispersibilité

La dispersibilité a été mesurée en agitant vigoureusement une suspension préparée à partir de chaque poudre dans de l'eau distillée. La suspension est laissée au repos pendant 3h. Le volume de particules décantées a été enregistré est soustrait de 100. La différence est enregistrée en % de dispersibilité.

### 3.2.9 Capacité de gonflement (CG)

Brièvement, une quantité de chaque échantillon de poudres alimentaires ont été hydratés et mélangés à un volume connu d'eau distillée dans une éprouvette graduée. Après un temps d'incubation, le volume final (V) est mesuré. La CG est défini par le rapport du volume occupé par la poudre gonflée sur le poids sec initial de celle-ci.



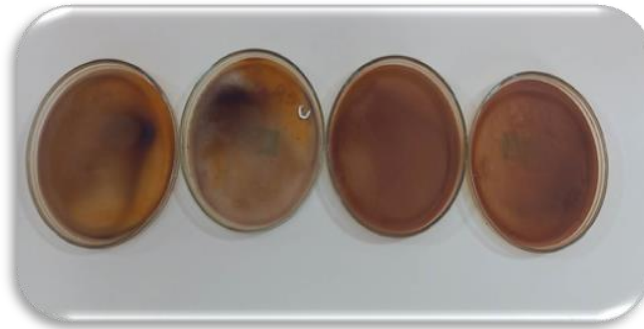
**Figure 17.** Capacité de gonflement des poudres (Bouhaik, 2023).

### 3.2.10 Solubilité

La solubilité a été déterminée selon les protocoles décrits dans le travail de **De Moraes et al. (2017)** avec quelques modifications. Une quantité de chaque farine a été homogénéisé dans de l'eau distillée par agitation. Après centrifugation, des aliquotes du surnageant ont été transférées sur des boîtes de Pétri et pesées ( $M_0$ ) et séchées au four pendant 5 h à 105 ° C, les boites sont pesées à nouveau ( $M_1$ ). La solubilité (%) a été calculée comme suit :

$$S = (M_0 - M_1) / M_0 \times 100$$

Où :  $M_0$  : Poids initial des boîtes de pétris avant séchage ;  
 $M_1$  : Poids final des boîtes de pétris après séchage.



**Figure 18.** Détermination la solubilité des poudres (Bouhaik, 2023).

#### **4. Préparation des différents types des boissons lactées**

##### **4.1 Préparation des ingrédients**

Toutes les étapes de fabrication des boissons ont été réalisées au niveau de la laiterie Edough – Annaba. La matière première, qui est le lait de vache, a été fournie par la même entreprise, tandis que le reste des ingrédients ont été acheté. Les matières premières utilisées sont :

- Lait de vache partiellement écrémé : contiens 15g de matières grasses ;
- Farine de la caroube ;
- Farine du cacao ;
- Amidon ;
- Sucre : deux types de sucre ont été utilisés (achetés au niveau des grandes surfaces)
  - Le sucre blanc cristallisé, conditionné dans des sachets de 1 kg par l'entreprise CEVITAL n°6 Garidi 2, Kobba, Alger ;
  - Le sucre stévia conditionné dans des boîtes de 50 g par MDM Novaceras 35, quartier de Piran. Bir Khadim. Algérie.

La fabrication de différents types de boissons lactées a été réalisée à l'échelle du laboratoire de la Laiterie Edough – Annaba - selon notre propre recette. Le Tableau ci-dessous indique les différentes formulations des boissons pour un litre de lait.

**Tableau 3.** Conception expérimentale pour la fabrication des différents types de la boisson lactées (Bouhaik, 2023).

Formulation	Lait de vache	Poudre de cacao	Poudre de la caroube	Sucre cristallisé	Sucre Stévia	Amidon
A	1L	32g	-	136g	-	6g
B	1L	32g	-	-	45.3g	6g
C	1L	-	32g	136g	-	6g
D	1L	-	32g	-	45.3g	6g

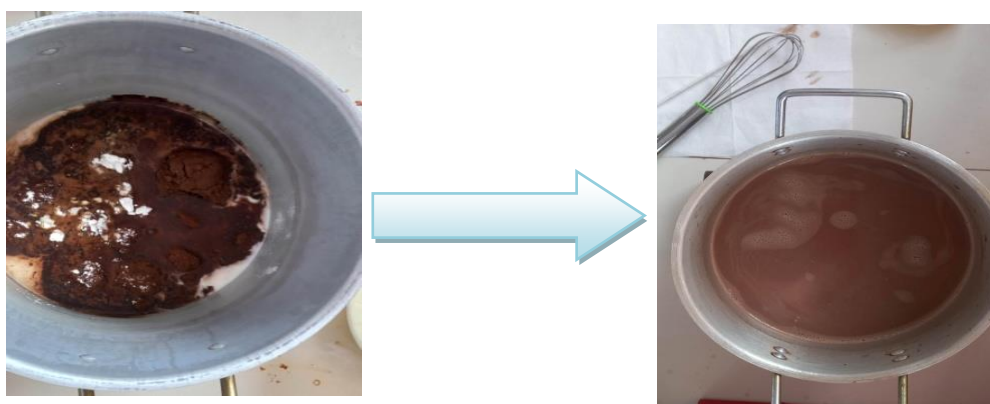
## 4.2 Les étapes de fabrication de la boisson lactée

### 4.2.1 Réception de lait

La réception de lait au niveau laitier Edough se fait en vrac à partir des camions de grande capacité. Une quantité moyenne de lait contenant 15 g de matières grasses est prélevée et des analyses physico-chimiques et microbiologiques (pH, acidité, densité...etc.) ont été effectuées afin de déterminer s'il convient à l'utilisation, évitant ainsi la contamination des produits finaux et garantissant leur qualité.

### 4.2.2 Pré- chauffage et ajout des ingrédients

Tout d'abord, le lieu de travail a été bien nettoyé et désinfecté. Une quantité de 1L de lait de vache froid demi-écrémé (15g de matière grasse) a été placée dans une casserole sur un bain mari et tous les ingrédients ont été ajoutés à la fois (poudre de cacao / caroube, amidon, et sucre cristallisé / stévia). Après agitation afin de l'homogénéiser, le mélange a été préchauffé à 45°C (température prise avec un mesuré avec un thermomètre).



**Figure 19.** Ajout et mélange des ingrédients (Bouhaik, 2023).

### **4.2.3 Pasteurisation**

Le mélange a aussitôt été pasteurisé à 85°C pendant 5 min pour détruire les microorganismes pathogènes ou autres tel que moisissures, levures ou bactéries peu résistantes à la chaleur tout en préservant au maximum les caractéristiques physicochimiques et organoleptiques du produit.

### **4.2.4 Refroidissement**

Après 5 minutes de pasteurisation, la casserole a été retirée du bain-marie. Le mélange est refroidi pendant 10 à 15 min afin d'éviter la formation de fissures ou la rupture de pots à l'étape suivante.

### **4.2.5 Filtration**

Après la fin de la période de refroidissement et à l'aide d'une passoire, la boisson a été filtrée afin d'éliminer d'éventuels petits résidus. Ainsi, la boisson obtenue sera le plus pur possible.



**Figure 20.** Filtration de la boisson lactée (Bouhaik, 2023).

### **4.2.6 Conditionnement**

Après avoir placé les codes (A, B, C, D) pour chaque type de boisson lactée dans des pots de 200 g, ces derniers ont été bien scellés à l'aide d'une la machine de sertissage industrielle.



**Figure 21.** Sertissage des pots (Bouhaik, 2023).

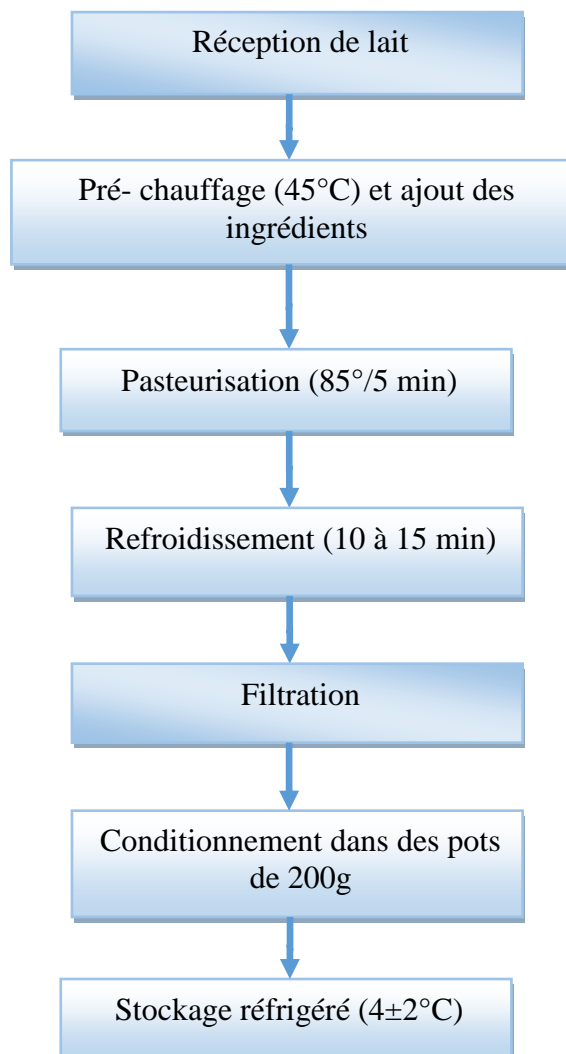
#### 4.2.7 Stockage et conservation

C'est la dernière étape de fabrication de la boisson qui consiste à conserver le produit fini dans un réfrigérateur à une température de  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ .



**Figure 22.** Stockage des produits finaux (Bouhaik, 2023).

La figure ci-dessous illustre le diagramme de fabrication des boissons selon les étapes décrites précédemment.



**Figure 23.** Diagramme de fabrication de la boisson lactée (Bouhaik, 2023).

## 5. Caractérisation physico-chimique de la matière première (lait de vache)

Les paramètres physico-chimiques du lait de vache ont été déterminés suivant les protocoles appliqués au niveau du laboratoire de la physicochimie de l'entreprise laitière (Edough – Annaba).

### 5.1 Détermination du pH

La mesure du pH est réalisée par un pH-mètre après immersion de son électrode dans un erlenmeyer qui contient l'échantillon du lait de vache homogénéisé par une baguette en verre. Le résultat est directement affiché sur l'écran de l'appareil.

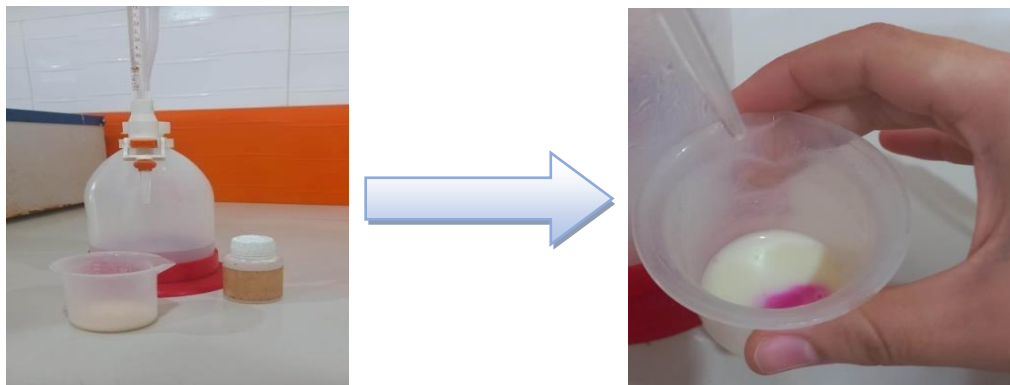
### 5.2. Détermination de l'acidité

L'acidité du lait a été déterminée par titration à l'aide de la soude (1/9 N) en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré. L'acidité qui est exprimée en degré doronic (D°) c'est à-dire en décigramme d'acide lactique par litre est égale :

$$AT = V' \cdot 10$$

Où : **AT** : Acidité titrable ;

**V'** : Est le volume en millilitre de la solution NaOH versé.



**Figure 24.** Mesure de l'acidité (Bouhaik, 2023).

### 5.3 Détermination de la densité

La densité d'un liquide est le rapport entre la masse volumique de ce liquide et celle d'un même volume d'eau à 15°C. A l'aide d'un thermo-lacto-densimètre que l'on plonge dans éprouvette contenant le lait, la densité du lait est déterminée par la formule suivante :

$$D' = D'' + 0.2 (T - 15 \text{ °C})$$

Où : **D'** : densité corrigée ;

**D''** : densité brute ;

**T** : Température du lait ;

**0,2** : Coefficients de correction de température.



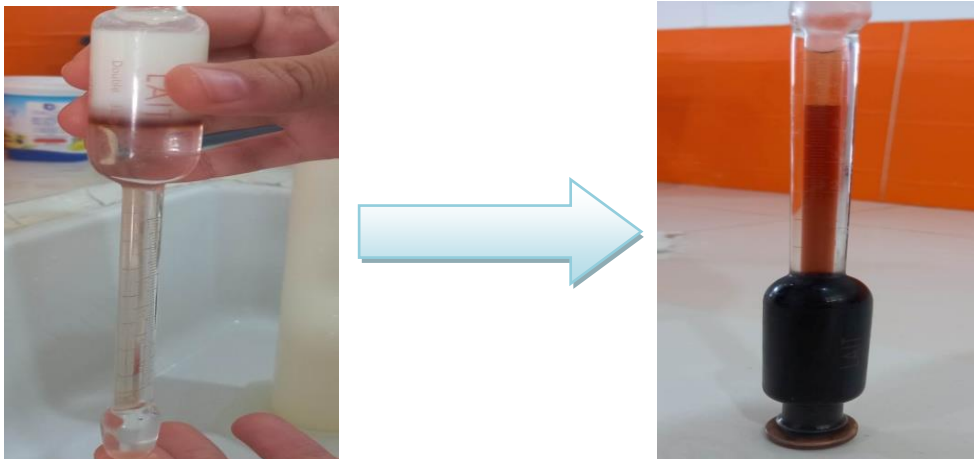
**Figure 25.** Mesure de la densité (Bouhaik, 2023).

#### **5.4 Détermination de la matière grasse (MG) (méthode de GERBER)**

Le taux de MG du lait a été mesuré selon la méthode de GERBER dont le principe est basé sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre après attaque acide des éléments du lait, excepté la matière grasse. La séparation de cette dernière en une couche claire et transparente est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isoamylique. La teneur en MG du lait exprimée en gramme par litre, est égale à :

$$MG = (n - n') \times 10$$

Où : **n** : Valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse ;  
**n'** : Valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne.



**Figure 26.** Mesure de MG de lait (Bouhaik, 2023).

## **6 Analyse du produit fini**

### **6.1 Analyse de la qualité physico-chimique du la boisson lactée**

### 6.1.1 pH

Le pH de la boisson a été mesuré en plongeant l'électrode du pH- mètre de marque *HANNA* dans les pots contenant le produit à analyser. La valeur du pH est directement lue sur l'écran de l'appareil.



Figure 27. Mesure de pH (Bouhaik, 2023).

### 6.1.2 Taux d'extrait sec total (EST)

Le principe de la mesure se base sur la pesée d'une quantité du produit avant et après séchage à l'étuve (103 ± 2°C). La teneur en EST à est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{EST} = (M_1 - M_2) / M_0 * 1000$$

Où: **M<sub>1</sub>**: Masse de la capsule + matière fraîche après étuvage (g) ;  
**M<sub>2</sub>**: Masse de la capsule vide (g) ;  
**M<sub>0</sub>** : Masse de la prise d'essai (g).



Figure 28. Mesure EST de produit fini (Bouhaik, 2023).

## 6.2 Analyses de la qualité microbiologiques de la boisson lactée

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que les d'efférentes boissons préparées présentent une qualité hygiénique et commerciale supérieure. Les analyses microbiologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de microbiologie de l'entreprise Edough – Annaba.

**Tableau 4:** Représentation des germes recherchés.

Germes recherchés	Milieu utilisé	T°C d'incubation	Durée d'incubation
Leveurs et moisissures	Gélose OGA	30°C	3 – 5 jours
Germes totaux	gélose (PCA).	30°C	48 à 72h
Coliformes fécaux	gélose désoxycholate	44 °C	48h
Coliformes totaux	gélose désoxycholate	30 à 37°C	24h
<i>Staphylococcus aureus</i>	milieu Giolitti-Cantoni	35-37°C	24 à 48h
<i>Salmonella</i>	Gélose S-S	37°C	24h

### 6.3 Evaluation organoleptique de la boisson lactée

#### a) Règles générales de la conduite de la dégustation

- ✓ Le nombre de dégustateurs est de 10 personnes adultes et 15 dégustateurs enfants et adolescents ;
- ✓ Chaque étape de dégustation prend une minute ;
- ✓ L'analyse s'effectue à une température ambiante.

#### b) Séance de travail

- ✓ Le test de dégustation a été réalisé au niveau de l'entreprise de l'Edough -Annaba- pour les dégustateurs adultes ;
- ✓ Le test de dégustation a été réalisé au niveau de l'entourage (chez moi) pour les dégustateurs enfants ;
- ✓ Le groupe de panelistes adultes est constitué de 10 personnes faisant partie du personnel du laboratoire et de production de l'entreprise de l'Edough dont la tranche d'âge est entre 25 et 53 ans ;
- ✓ Le groupe des enfants est constitué de 15 personnes dont la tranche d'âge est entre 5 et 15 ans.
- ✓ La gamme d'échantillons est dégusté à température ambiante ;
- ✓ Chaque produit est présenté dans un contenant plastique de 200 g et codé par une lettre (A, B C, D) pour garder l'anonymat ;
- ✓ Les dégustateurs ont été appelés à évaluer les boissons préparées par rapport à leur aspect général, couleur, goût, odeur, viscosité et acceptabilité globale. Chaque paramètre testé est évalué par une note, selon une échelle métrique de cinq points :

- 1 point : N'aime pas du tout ;
  - 2 points : N'aime pas beaucoup ;
  - 3 points : Indifférent ;
  - 4 points : Aime un peu ;
  - 5 points : Aime beaucoup
- 
- ✓ Pour garder la sensibilité constante, les dégustateurs se rinceront la bouche, avec soin, au début de la séance et après chaque dégustation ;
  - ✓ Afin d'éviter les phénomènes de saturation, des petites quantités de chaque échantillon suffisent pour évaluer les paramètres recherchés ;
  - ✓ Toutes les épreuves concernant la dégustation effectuées par les enfants se sont déroulées en notre présence pour donner plus d'explications, ainsi que pour s'assurer du bon déroulement de la séance ;
  - ✓ Pour les adultes, des instructions ont été données avant que la dégustation ne soit faite.

### c) Recueil et traitement statistiques des résultats

Le recueil des résultats est effectué sur une fiche ou questionnaire remplie par chaque dégustateur.



**Figure 29.** Déroulement de la séance de dégustation (Bouhaik, 2023).

# *Chapitre II.*

## *Résultat & Discussion*



## Chapitre II. Résultats & Discussion

Dans ce travail, les caractéristiques physico-chimiques des farines alimentaires (cacao et caroube), les propriétés techno-fonctionnelles; les qualités physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques du lait incorporé de farines de cacao ou de la caroube ont également été évaluées.

### 1. Paramètres physico-chimiques des farines alimentaires

Les résultats de la caractérisation de certains paramètres physicochimiques des échantillons des farines sont résumés dans le Tableau 5. Ces valeurs représentent la moyenne des trois répétitions effectuées pour chaque paramètre.

**Tableau 5.** Paramètres physico-chimiques des farines de cacao et de caroube.

Paramètre	Farine de cacao	Farine de caroube
pH	6,82±0,02 <sup>a</sup>	5,82±0,01 <sup>b</sup>
Humidité %	9.07±0.23 <sup>a</sup>	9.20±0.35 <sup>a</sup>
Matière sèche %	90.93±0.23 <sup>a</sup>	90.80±0.35 <sup>a</sup>
Teneur en cendre %	8.33±0.31 <sup>a</sup>	0.53±0.12 <sup>b</sup>
Teneur en matière organique	91.67±0.31 <sup>b</sup>	99.40±0.20 <sup>a</sup>

Chaque valeur du tableau est sous forme de moyenne  $\pm$  écart type ( $n = 3$ ) ; Les valeurs dans la même ligne partageant des lettres différentes sont significativement différentes ( $p < 0.05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant :  $a > b$

#### 1.1 pH

Le potentiel hydrogène est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogène dans une solution. Le pH est un paramètre qui détermine la capacité de conservation d'un aliment. Le pH de la farine cacao (6.82) (Tableau 5) était significativement différent ( $p < 0.05$ ) de celui de la farine de caroube (5.82). Le pH de la farine de la caroube de la présente étude était élevé par rapport à celui rapporté par **Lee et al. (1990)** sur la farine de caroube obtenue en utilisant différentes techniques de torréfaction (4.81). Un résultat très proche a été rapporté par **Dyer (2003)** (6.98) sur la farine de cacao. Le pH faible de la caroube nous laisse dire que cette dernière est plus stable, du point de vue microbiologique par rapport au cacao.

#### 1.2 Humidité et matière sèche

Aucune différence significative ( $p > 0.05$ ) n'a été enregistrée entre les teneurs en eau et les taux de la matière sèche de deux farines. Bien que la farine de la caroube a présenté une teneur en

eau un peu plus élevée de 9.20 % par rapport à celle du cacao qui a montré une humidité de 9.07 %. Une teneur en eau supérieure de 11.07 % a été enregistrée sur la poudre de la caroube par **Yousif et Alghzawi (2000)**. Les auteurs ont indiqué qu'une teneur en humidité plus élevée peut avoir contribué aux difficultés rencontrées lors du broyage des gousses de caroube pour leur étude. Il est à noter que plus le teneur en eau est faible, plus la stabilité du produit lors de son stockage est élevée. Puisque l'eau est parmi les facteurs qui favorisent le développement microbien. Les mêmes auteurs ont noté une humidité plus faible, dans la farine de cacao, de 2.51 % par rapport à celle trouvée dans la présente étude. Contrairement à l'humidité, le taux de matière sèche était un peu plus élevé dans la farine du cacao (90.93 %). Un taux de matière sèche assez proche a été obtenu sur la farine de la caroube par **Özcan et al. (2007)**.

### **1.3 Teneur en cendres et en matière organique**

La teneur en cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans l'aliment. D'après les résultats du Tableau 5, la teneur en cendre des deux farines présentes des différences significatives ( $p < 0.05$ ) affichant une valeur de loin supérieure dans le cacao de 8.33% par rapport à celle de la caroube, très faible, de 0.53 %. Le résultat du taux de cendre obtenue par **Youssef et al. (2013)** sur la farine de la caroube et de cacao était de 2.25 % et de 6.41%, respectivement. Alors que la teneur en matière organique du cacao était significativement plus faible ( $p < 0.05$ ) avec une valeur de 91.67 % en comparaison avec celle obtenue pour la caroube 99.40 %.

## **2. Propriétés techno-fonctionnelles des poudres alimentaires**

Ces tests sont réalisés dans le but de simuler une éventuelle incorporation, notamment de la farine de la caroube dans une matrice alimentaire, autrement dit produit fini ayant une teneur en eau ou en huile importante tel qu'un jus, un lait, un yaourt, une compote ou encore une margarine. Les résultats des propriétés fonctionnelles des farines alimentaires analysées dans le présent travail sont rassemblés dans le Tableau 6.

### **2.1 Solubilité et hygroscopicité**

La solubilité et l'hygroscopicité des farines analysées étaient significativement différentes ( $p < 0.05$ ). En effet, la farine du cacao a montré le taux de solubilité le plus élevé (17.25 %) par rapport à celle de la caroube (16.15 %). A l'opposé, l'hygroscopicité était significativement plus élevée dans la farine de la caroube avec un taux 4.28 % contre 1.59 % pour la farine du cacao. De ce fait, la farine de la caroube absorbe plus de l'humidité de l'ambiance ce qui nécessite sa conservation dans un endroit sec loin de l'humidité.

## **2.2 Densité apparente**

La densité apparente est une entité descriptive importante des particules d'un matériau, souvent nécessaires au contrôle de la qualité des aliments et production agricole. Elle dépend de la taille des particules et teneur en humidité initiale des poudres (**Onwuka, 2006**). La densité apparente de la farine de la caroube était significativement ( $p < 0.05$ ) supérieure (0.5) par rapport à celle observée pour la farine du cacao (0.31). Cette dernière était inférieure à la densité apparente obtenue par **Yousefi et al. (2011)** sur le cacao avec une valeur de 0.8. Le résultat obtenu par **Ajanaku et al. (2012)** sur la farine du cacao était très proche du résultat de la présente étude avec une valeur de 0.39. D'après **Fagbemi (1999)**, la farine ayant une densité apparente élevée peut offrir un avantage pour son emballage. L'augmentation du volume et de la densité est souhaitable car elle offre une meilleure encapsulation où une plus grande quantité de la farine peut être conditionnée dans un volume fixe, également considéré comme de bons épaississants dans les produits alimentaire.

## **2.3 Dispersibilité**

La dispersibilité est la capacité de farine à se briser en particules pouvant passer à travers un tamis dont le diamètre des pores est prédéterminé, elle est liée à la taille des particules fines. A travers les résultats du Tableau 6, on remarque que les valeurs de dispersibilité des deux farines du cacao et de la caroube étaient de 7.45 % et 6.65 %, respectivement. La dispersibilité de la farine du cacao rapporté dans l'étude de **Compaore et al. (2011)** était de 14.10 %. Les auteurs ont expliqué que toute différence dans les valeurs de la dispersibilité des farines est due au processus de tamisage. Afin d'améliorer l'agglomération et de réduire la dispersibilité de la farine de cacao, certains matériaux tels que le bicarbonate de potassium peuvent être ajoutés.

## **2.4 Capacité d'absorption en eau (CAE)**

La capacité d'absorption d'eau est la capacité de la farine à absorber l'eau et gonfler pour une meilleure consistance dans les aliments, cette propriété joue un rôle essentiel dans la préparation des aliments car elle affecte certaines propriétés fonctionnelles et organoleptiques. (**Singh et al. 2008**). Selon les résultats rapportés dans le Tableau 6, la farine de la caroube a présenté une CAE significativement ( $p < 0.05$ ) plus faible (109.33 %) par rapport à la farine de cacao (177.33 %) et également plus faible en comparaisons avec les études d'**Ayden (2014)** qui ont enregistré une valeur de 185.5 %. Cependant, la CAE du cacao, dans la présente étude, était proche de celui noté par **Olapade et al. (2012)** puisqu'ils ont estimé une CAE de la farine de cacao qui s'élève à 161 %. La différence entre les CAE de la farine de cacao et de la farine

de la caroube pourrait s'expliquer par la variabilité de la composition biochimique de ces farines. Une grande CAE de la farine est due à sa faible teneur en matières grasses (Surbhi et al., 2019).

**Tableau 6.** Propriétés techno-fonctionnelles des farines de cacao et de caroube.

Propriété	Farine de cacao	Farine de la caroube
Solubilité (%)	17.25 ± 0.35 <sup>a</sup>	16.15 ± 0.35 <sup>b</sup>
Hygroscopicité (%)	1.59 ± 0.04 <sup>b</sup>	4.18 ± 0.31 <sup>a</sup>
Densité apparente	0.31±0.00 <sup>b</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>
Dispersibilité (%)	7.45 ± 0.21 <sup>a</sup>	6.65 ± 0.21 <sup>b</sup>
Capacité d'absorption en eau (%)	177.33±3.06 <sup>a</sup>	109.33±1.15 <sup>b</sup>
Capacité d'absorption en huile (%)	116.00 ± 4.00 <sup>b</sup>	173.33 ± 2.31 <sup>a</sup>
Rapport hydrophile-lipophile (%)	1.53±0.04 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.02 <sup>b</sup>
Capacité d'absorption en lait entier (%)	160.67±1.15 <sup>a</sup>	142.67 ±4.62 <sup>b</sup>
Capacité d'absorption en lait totalement écrémé (%)	175.33±1.16 <sup>a</sup>	136.20±2.00 <sup>b</sup>
Activité émulsifiante (%)	13.74±1.37 <sup>b</sup>	26.24±4.68 <sup>a</sup>
Stabilité des émulsions (%)	66.03±5.74 <sup>a</sup>	64.24±12.41 <sup>a</sup>
Activité moussante (%)	13.33 ± 5.77 <sup>b</sup>	30.00 ± 10.00 <sup>a</sup>
Stabilité de la mousse (%)	99.58 ± 0.15 <sup>a</sup>	98.66 ± 0.44 <sup>a</sup>
Capacité de gonflement (mL/g)	2.66± 0.00 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.12 <sup>b</sup>
Concentration minimale de gélification (%)	4	12
Rapport de Hausner	3.93±0.12 <sup>a</sup>	2.47 ± 0.12 <sup>b</sup>
Indice de compressibilité (%)	73.33± 2.89 <sup>a</sup>	58.67 ± 1.15 <sup>b</sup>

Each value in the table is the mean ± standard deviation (n = 3); Values in the same line sharing different letters are significantly different (p < 0.05). Results are ranked in descending order: a > b.

### 2.5 Capacité d'absorption en huile (CAH)

La CAH est très important pour l'évaluation sensorielle des produits alimentaires formulés. Cette propriété fonctionnelle représente la capacité d'absorber et de conserver les liens hydrodynamiques, capillaires et physiques de l'eau emprisonnée contre la gravité (Areum et al. 2007). La CAH de la farine de la caroube était significativement plus élevée (p<0.05) affichant un résultat de 173.33 % par rapport au cacao qui a présenté une CAH de 116.00 %. Un résultat élevé a été enregistré par Adetuyi et Adelabu (2011) (136.97 %) sur la farine de cacao. En revanche, une valeur très faible a été rapportée par Ayden (2014) avec un résultat de 0.74 g d'huile /g sur la farine de la caroube. La CAH observée dans les deux types de farines est due à

la disponibilité des groupements lipophiles et à la capacité des protéines de ces farines à retenir la matière grasse.

## **2.6 Rapport hydrophile-lipophile (HLR)**

Le rapport hydrophile-lipophile a été calculé pour déterminer l'affinité des farines (pour l'eau ou l'huile). Le rapport hydrophile-lipophile pour chaque type de farine a été calculé et rapporté dans le Tableau 6. Au vu du résultat, le rapport calculé pour la farine de la caroube était significativement faible ( $p < 0.05$ ) avec une valeur de 0.63 en comparaison avec celui obtenue pour le cacao avec une valeur de 1.53. Ce résultat nous mène à dire que la farine de la caroube a plus d'affinité pour l'huile que l'eau, alors que la farine du cacao a plus de capacité à fixer l'eau que l'huile.

## **2.7 Capacité d'absorption de lait entier et totalement écrémé « CALE » et « CALTE »**

Selon les résultats du Tableau 6, la farine du cacao montre la capacité la plus élevée ( $p < 0.05$ ) d'absorption en lait entier et du lait totalement écrémé avec des valeurs respectives de 160.67 % et de 175.33 % par rapport à la farine de la caroube qui a montré une CALE de 142.67 % et une CALTE de 136.20 %. Ces propriétés sont très intéressantes dans l'utilisation de ces farines dans des produits tels que les céréales pour petit-déjeuner, des produits à base de lait tels que les aliments instantanés pour bébés, les desserts laitiers, le fromage à la crème et les bonbons.

## **2.8 Activité émulsifiante et stabilité de l'émulsion**

Le résultat de l'activité émulsifiante de la farine de la caroube (Tableau 6) était significativement ( $p < 0.05$ ) plus élevé, s'élevant à 26.24 %, accompagné d'une stabilité de l'émulsion de 64.24 %, par rapport à la farine du cacao, qui a enregistré une faible activité émulsifiante de 13.37 % accompagnée d'une stabilité de l'émulsion de 66.03 % qui ne présentait pas de différences significatives ( $p > 0.05$ ) avec celle de la farine de la caroube. **Eke et Akobundu (1993)** ont montré que la raison de la diminution des valeurs d'activité émulsifiante est due à la migration de protéines modifiées liées à la température vers l'interface huile-eau. Plus la température est élevée, plus la valeur de l'activité émulsifiante est faible.

## **2.9 Activité moussantes (AM) et stabilité de la mousse (SM)**

L'activité moussante est une propriété importante qui affecte les propriétés du produit. En général, la mousse permet à l'air de se combiner et d'apparaître sous la forme d'un groupe de petites bulles rapprochées **Onimawo et Egbekun, (2008)**. D'après les résultats du Tableau 6, l'activité moussante de la farine de la caroube était significativement ( $p < 0.05$ ) plus élevée

affichant une valeur de 30.00 %, accompagné d'une stabilité de la mousse très importante de 98.66 %, par rapport à la farine du cacao qui avait une activité moussante plus faible de 13.33 % mais accompagnée d'une stabilité de la mousse aussi importante ( $p > 0.05$ ) que celle de la caroube de 99.58 %. Un résultat très proche a été enregistré par **Kudraet Ratti (2006)** sur la farine du cacao avec une valeur de 99.95 % de la stabilité de la mousse. L'activité moussante et la stabilité de la mousse formée peut être influencée par un certain nombre de facteurs, notamment la température, le type de protéine et la méthode de préparation. Les protéines sont généralement responsables des propriétés moussantes et, en raison du chauffage, la solubilité des protéines est diminuée, ce qui peut être la cause d'une capacité moussante plus faible (**Eke et Akobundu, 1993**).

### **2.10 Capacité de gonflement**

Il est connu que la capacité de gonflement est la capacité de l'eau à pénétrer dans la structure d'une matrice. La capacité du gonflement du cacao était significativement plus élevée ( $p < 0.05$ ) avec une valeur de 2.66 mL/g en comparaison avec celle obtenue pour la farine de la caroube qui présentait une valeur de 1.22 mL/g. Cette dernière est très faible par rapport au résultat de **Farahnaky et al. (2014)** qui ont enregistré une valeur de gonflement de la poudre de la caroube de 11.4 mL/g. **Norihiro et Gehrke (1997)** ont expliqué que la capacité de la farine du cacao à gonfler est causée par l'entrée facile de l'eau dans la région amorphe de la cellulose, tandis que la région cristalline de la cellulose ne permet pas à l'eau de pénétrer dans cette zone ce qui fait diminuer la capacité de gonflement de la matrice. En effet, plus la cristallinité de la cellulose de la farine est faible, plus l'absorption d'humidité est élevée et plus le gonflement est important.

### **2.11 Capacité de gélification**

La capacité de gélification est déterminée par la concentration minimale de gélification. A travers les résultats du Tableau 6, on observe que la farine de cacao a montré une force de gélification supérieure en formant un gel stable à la plus faible concentration (suspension 4%), alors que la farine de la caroube était à l'opposé de la farine du cacao, elle ne formait pas de gel à la concentration la plus faible, mais le formait à la suspension 12 %. **Sathe et al. (1982)** ont montré que la différence dans la concentration minimale de gélification de la farine de cacao et de la farine de caroube peut être due au rapport différent des composants pour chaque type de farine tels que les protéines et les glucides, les graisses qui composent la farine et les réactions entre de tels composants.

## 2.12 Rapport de Hausner (RH) et Indice de compressibilité (IC)

Les résultats du Tableau 6 résument nos données de RH et IC des farines analysées. Les résultats de RH et IC de farine de cacao était significativement ( $p < 0.05$ ) plus élevée avec des valeurs de 3.93 et 73.33 % respectivement, par rapport à la farine de caroube (2.47 et 58.67 %, respectivement). Lorsque la valeur IC est  $\leq 10$  %, cela indique une excellente ou très bonne fluidité alors qu'un IC  $> 25$  % est considéré comme une faible fluidité de la farine. Cependant, la valeur du RH entre 1 et 1.11 est considérée comme un excellent comportement de fluidité et un RH une valeur  $> 1.34$  indique de mauvaises propriétés d'écoulement en raison des forces de cohésion dominantes entre les particules (Sabuj et al., 2021).

## 3. Caractéristiques physicochimiques du lait de vache utilisé

Le lait utilisé dans la préparation de la boisson a subi quelques analyses physicochimiques de contrôle afin de confirmer sa qualité. Quant à sa qualité microbiologique, celle-ci n'a pas été contrôlée puisqu'il sera pasteurisé dans les étapes ultérieures. Les caractéristiques du lait utilisé sont présentées dans le Tableau 7.

**Tableau 7.** Caractéristiques physicochimique du lait utilisé.

Paramètre	Température (°C)	pH	Acidité (°D)	MG (g/L)	Densité
Lait	8	6.4	17	16	1029

MG : Matière grasse

D'après le Tableau 7 :

- ✓ La valeur de l'acidité Dornic est 17 °D. Cette valeur est conforme à la norme interne de l'entreprise et à la norme d'AFNOR (1986) fixée entre 16 et 18 °D. L'acidité du lait peut être un indice de qualité de lait au moment de la livraison ;
- ✓ Le pH du lait utilisé dans ce travail était de 6.4, ce qui répond à pH du lait dans ses conditions normales. Il est connu que le pH du lait peut varier dans un large éventail entre 6.2 à 6.8
- ✓ La densité mesurée est de 1029 à une température de 8°C, et selon Alais (1984), la densité du lait de vache doit être comprise entre 1030 et 1033 à une température de 8°C, et d'après Vignola (2002), la densité augmente avec l'écémage et diminue avec le mouillage ;
- ✓ La matière grasse est de 16 g/L répondant à la teneur en MG d'un lait demi-écrémé ;

## 4. Analyse du produit fini

### 4.1 Qualité physicochimique

La qualité physicochimique des boissons a été déterminée par mesure du pH et l'EST, les résultats sont montrés dans le Tableau 8.

#### 4.1.1 pH

L'évolution du pH est marquée par la production d'acide lactique qui est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière. Cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien. Les résultats ont montré que les différents types de boissons lactées (**A, B, C, D**) sont très légèrement acides et ceci juste après la production (J0) avec des pH respectifs de 6.35, 6.44, 6.12, 6.12. La présence de la caroube dans les échantillons C et D a eu un effet significatif négatif en diminuant le pH. Des pH variants entre 5.21 et 5.43 ont été notés sur des boissons à base de l'eau et de la farine de la caroube (**Ibrahim et al., 2020**). Cependant, au bout de la deuxième semaine (J14) de stockage, il a été observé une diminution progressive de la valeur de pH dans tous les échantillons qui devient plus acide qui ont varié entre 5.53 comme valeur minimale obtenue pour boisson lactée B et de 5.98 comme valeur maximale enregistrée pour la boisson lactée A. Plus la période de stockage des produits finis s'allonge, plus le pH va en diminuant, et c'est ce que nous remarquons dans le Tableau 8 au cours du 21<sup>ème</sup> jour. Ces valeurs sont devenues les suivantes : 5.05, 5.04, 5.02 et 5.03 pour les échantillons A, B, C et D, respectivement. Cette diminution est due à la production de l'acide lactique sous l'action des bactéries lactiques éventuellement présentes dans le produit.

**Tableau 8.** Résultats d'analyses physicochimiques des échantillons de boissons lactées.

Paramètre	Type de produit	Durée de conservation (jours)			
		J0	J7	J14	J21
pH	A	6.35±0.02	6.3±0.05	5.98±0.01	5.05±0.01
	B	6.44±0.02	6.41±0.01	5.53±0.03	5.04±0.01
	C	6.12±0.02	6.11±0.05	5.61±0.03	5.02±0.01
	D	6.12±0.02	6.13±0.05	5.92±0.01	5.3±0.01
EST (g/L)	A	372.31±0.30	372.98±0.44	328.33±1.03	258.59±0.92
	B	354.80±0.37	354.09±0.46	229.64±0.34	192.18±0.67
	C	361.02±0.49	360.7±0.7	241.7±0.39	210.02±0.09
	D	368.72±0.46	368.49±0.27	248.91±0.49	215.18±0.18

A: boisson cacao+sucre cristallisé; B boisson cacao+sucre stévia; C : boisson caroube+sucre cristallisé; D : boisson caroube+sucre stévia.

#### 4.1.2 Extrait sec total (EST)

D'après **Brereton et al. (2003)** l'extrait sec total ou la matière sèche totale est l'ensemble de toutes les substances qui, dans des conditions physiques déterminées, ne se volatilisent pas. Le taux d'extrait sec est exprimé en % ou en g/L. Selon les résultats affichés dans le Tableau 8, on observe que les échantillons A et D contiennent les taux EST les plus élevées affichant des valeurs de 372.31g/L, 368.72g/L, respectivement ; L'échantillon C contient un extrait sec moyen par rapport aux autres échantillons avec une valeur de 361.02g/L. En revanche, l'EST le plus faible a été enregistré dans l'échantillon B affichant un taux de 354.80g/L. Au début de la deuxième semaine (J14), la valeur d'EST de tous les échantillons diminue progressivement, et cette dernière continue à diminuer jusqu'au dernier jour des analyses (J21), où les valeurs sont devenues les suivantes : 258.59g/L, 192.18g/L, 210.02g/L et 215.18g/L pour les boissons lactée A, B, C et D, respectivement. Cette diminution peut être expliquée éventuellement par une croissance microbienne. En effet, si la boisson lactée est contaminée par des micro-organismes (qui est le cas dans la présente étude), ceux-ci peuvent se développer et se nourrir des nutriments présents dans la boisson, entraînant une diminution de la concentration des solides et donc une diminution du taux de l'extrait sec total.

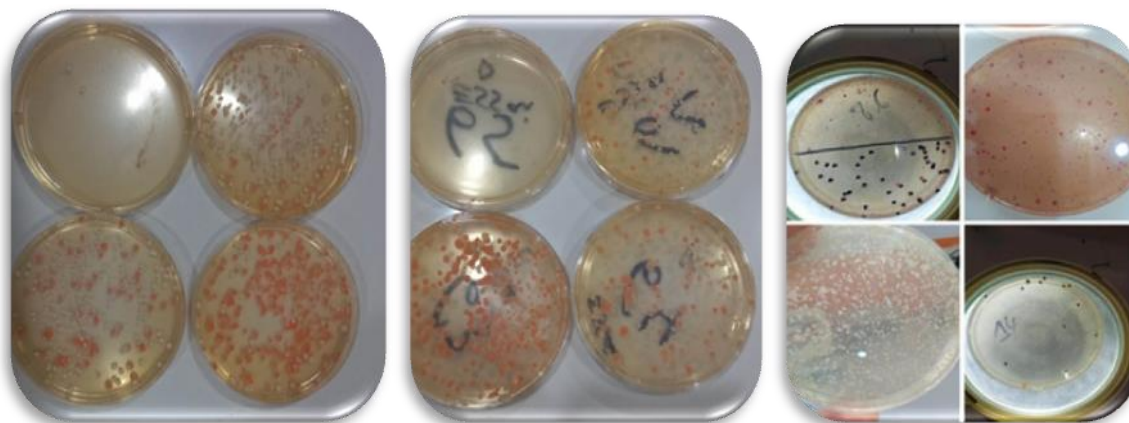
#### 4.2 Qualité microbiologique

Le contrôle microbiologique est indispensable voire obligatoire pour apprécier la qualité microbiologique d'un produit alimentaire afin de protéger la santé du consommateur. D'après les résultats de l'analyse microbiologique faites sur les échantillons des boissons préparées (**A, B, C et D**) (Tableau 9), il ressort que durant les jours J0 et J7, les boissons ont présenté une qualité microbiologique satisfaisante avec une absence de contamination fécale et de germes pathogène en termes de *Staphylococcus aureus* et de *Salmonella* ; indiquant le respect des bonnes pratiques d'hygiène. Cependant et au 14<sup>ème</sup> jour d'analyse, les germes aérobies ont marqué leur présence dans les différents types des boissons avec des charges qui ont dépassé les normes autorisées par le **Journal Officiel de 1998**, et ce pour les boissons B, C et D. La charge en termes de la flore totale aérobie mésophile augmente à mesure que la durée de stockage s'allonge pour atteindre des valeurs de  $2 \times 10^2$ ,  $5 \times 10^6$ ,  $6 \times 10^6$  et  $9 \times 10^6$  (ufc/g) pour les boissons A, B, C et D, respectivement. Quant aux coliformes fécaux, ceux-ci étaient absents dans tous les échantillons durant toute la durée de stockage du produit. A partir de J14, les coliformes totaux étaient présents dans un seul échantillon de boisson lactée (B) avec un résultat de  $9 \times 10^2$  ufc/g, cette valeur est restée fixe jusqu'au 21<sup>ème</sup> jour du stockage. En ce qui concerne les levures, ces dernières ont enregistré leur présence à partir de la deuxième semaine

(J14) dans trois échantillons (B, C, D) jusqu'à la fin de la période d'analyse. Quant à la boisson lactée A, les résultats de l'analyse des levures se sont révélés positifs au 21<sup>ème</sup> jour. Il a été noté une absence totale des germes pathogène (*Staphylococcus aureus* et de *Salmonella*) et de moisissures dans les différents échantillons de la boisson lactée pendant toute la durée des analyses. Les différentes contaminations observées dans les boissons préparées peuvent avoir plusieurs origines :

- Contamination croisée : si l'environnement de production n'est pas suffisamment hygiénique, il est possible que les bactéries ou les levures aient été introduites dans la boisson lactée pendant la production ou la mise en pot ;
- Stockage inapproprié : si la boisson lactée n'a pas été stockée à la température appropriée, cela peut favoriser la croissance des bactéries et des levures ;
- Mauvaise pasteurisation : si la pasteurisation n'a pas été effectuée correctement, cela peut favoriser la croissance des bactéries et des levures.

Il est important de respecter les bonnes pratiques de fabrication et les normes d'hygiène pour éviter la contamination des boissons lactées et garantir leur qualité et leur sécurité pour la consommation



**Figure 30.** Résultats de l'analyse microbiologique des différents échantillons des boissons lactées (Bouhaik, 2023).

En conclusion, nous pouvons dire que les boissons préparées ne peuvent pas être consommées au-delà du 14<sup>ème</sup> jour pour les boissons B, C et D, donc une durée de stockage de moins de 14 jours ; alors que la boisson A ne peut être consommé au-delà du 21<sup>ème</sup> jour, donc une durée de stockage de moins de 21 jour.

Tableau 9. Résultats d'analyses microbiologiques des boissons produites.

Germes recherchés	Type de produit	Durée de conservation (jours)				Norme du J.O.R.A
		J0	J7	J14	J21	
Germes aérobies	A	60	60	140	$2 \times 10^2$	10/g
	B	50	60	$3 \times 10^6$	$5 \times 10^6$	
	C	50	50	$6 \times 10^6$	$6 \times 10^6$	
	D	70	80	$8 \times 10^6$	$9 \times 10^6$	
Coliformes totaux	A	0	0	0	0	1/g
	B	0	0	$9 \times 10^2$	$9 \times 10^2$	
	C	0	0	0	0	
	D	0	0	0	0	
Coliformes fécaux	A	0	0	0	0	10/g
	B	0	0	0	0	
	C	0	0	0	0	
	D	0	0	0	0	
<i>Staphylococcus aureus</i>	A	Abs	Abs	Abs	Abs	10/g
	B	Abs	Abs	Abs	Abs	
	C	Abs	Abs	Abs	Abs	
	D	Abs	Abs	Abs	Abs	
Salmonella	A	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25 g
	B	Abs	Abs	Abs	Abs	
	C	Abs	Abs	Abs	Abs	
	D	Abs	Abs	Abs	Abs	
Levures et moisissures	A	Abs	Abs	Abs	Présence de levures	Levures : $10^2$ Moisissure : Absence
	B	Abs	Abs	Présence de levures	Présence de levures	
	C	Abs	Abs	Présence de levures	Présence de levures	
	D	Abs	Abs	Présence de levures	Présence de levures	

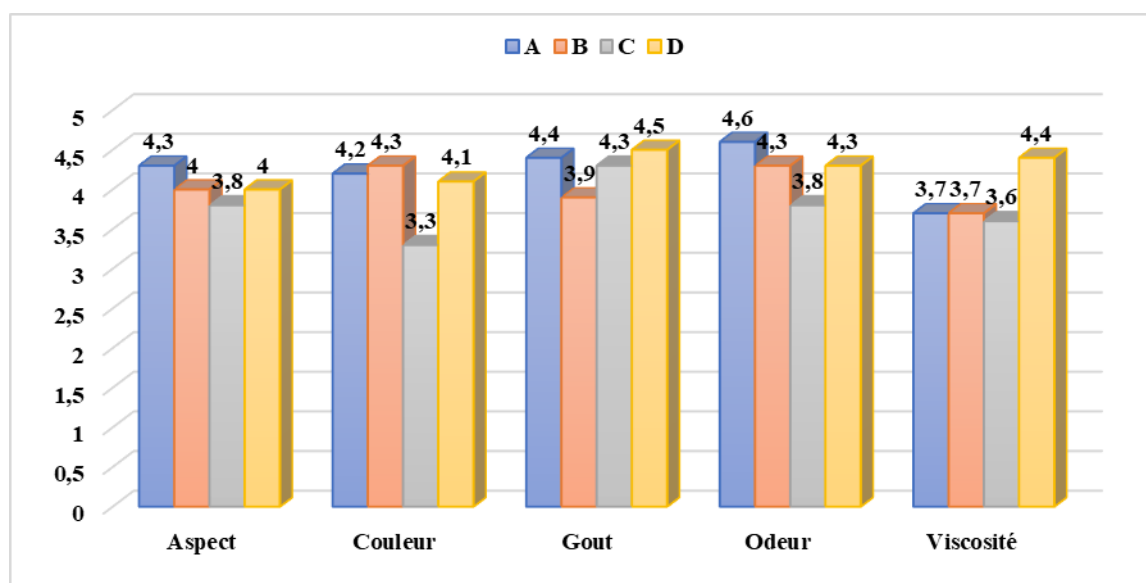
A: boisson cacao+sucre cristallisé; B: boisson cacao+sucre stévia; C: boisson caroube+sucre cristallisé; D: boisson caroube+sucre stévia.

### 4.3 Évaluation organoleptique (test de dégustation)

#### 4.3.1 Évaluation par des dégustateurs adultes

D'après les résultats présentés dans la Figure 31, on constate que les laits A et D ont reçu, pratiquement les scores les plus élevées pour tous les attributs sensoriels évalués, avec des scores maximaux de 4.6 (échantillon A) et de 4.5 (échantillon D) et ce pour l'odeur le goût, respectivement. Alors que les échantillons B et C ont reçu des scores intermédiaires avec un

même score maximum de 4.3 et cela pour la couleur et l'odeur (échantillon B) et le goût (échantillon C).



**Figure 31.** Attributs de la qualité sensorielle des boissons préparées (adultes).

A: boisson au cacao + sucre cristallisé ; B: boisson au cacao + sucre stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + sucre stévia

Afin de déterminer les différences pouvant exister entre les différents échantillons produits, une analyse de la variance a été réalisée et les résultats sont montrés dans le Tableau ci-dessous

**Tableau 10.** Evaluation des attributs sensoriels des boissons lactées préparées (dégustateurs adultes).

Formulation	Aspect	Couleur	Gout	Odeur	Viscosité
<b>A</b>	4.3±0.50 <sup>a</sup>	4.2±0.60 <sup>a</sup>	4.4±0.71 <sup>a</sup>	4.6±0.50 <sup>a</sup>	3.7±0.71 <sup>a</sup>
<b>B</b>	4±0.50 <sup>a</sup>	4.3±0.60 <sup>a</sup>	3.9±0.73 <sup>a</sup>	4.3±0.53 <sup>a,b</sup>	3.7±0.71 <sup>a</sup>
<b>C</b>	3.8±0.50 <sup>a</sup>	3.3±0.67 <sup>b</sup>	4.3±0.73 <sup>a</sup>	3.8±0.53 <sup>b</sup>	3.6±0.71 <sup>a</sup>
<b>D</b>	4±0.67 <sup>a</sup>	4.1±0.67 <sup>a,b</sup>	4.5±0.83 <sup>a</sup>	4.3±0.50 <sup>a,b</sup>	4.4±0.71 <sup>a</sup>

Les moyens qui ne partagent pas la même lettre dans la même colonne sont très différents.

A: boisson au cacao + sucre cristallisé ; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + stévia

D'après les résultats obtenus (Tableau 10), des différences significatives ( $p < 0.05$ ) ont été notées entre les différents échantillons mais uniquement pour les attributs odeur et couleur où l'échantillon C (boisson à la caroube + sucre stévia) a reçu les scores les moins élevés de 3.3 et 3.8 pour la couleur et l'odeur, respectivement. Cela peut s'expliquer éventuellement par le fait que la caroube avait un effet sur ces propriétés (couleur et l'odeur) de la boisson produite. On sait que la farine de la caroube une fois dissoute dans un milieu liquide, donne une coloration et

une saveur différentes de celles produite lors de la dissolution du cacao qui rappelle la couleur et la saveur du chocolat. Ainsi, les dégustateurs ne sont pas habitués à cette nouvelle couleur et nouvelle odeur produite par la caroube, ce qui a été, probablement, à l'origine des scores obtenus. Ainsi, les échantillons peuvent être classés selon les notes attribuées par les dégustateurs dans l'ordre décroissant suivant :

Pour la couleur :  $B > A > D > C$ .

Pour l'odeur :  $A > B - D > C$ .

→ *Boisson la plus préférée selon l'acceptabilité globale des dégustateurs adultes*

Afin de déterminer la boisson lactée la plus préférée, il a été demandé aux dégustateurs d'attribuer une note globale (entre 1 et 5, selon qu'ils aiment bien, peu ou pas du tout le produit) pour chaque boisson. Les résultats obtenus sont alors traités statistiquement et représentés sous forme des histogrammes dans ce qui suit (**Fig. 32**). Pour cela, toutes les notes attribuées ont été rassemblées pour les 10 dégustations dans le tableau suivant :

**Tableau 11.** Notes globales de dégustateurs.

Formulation	N'aime pas du tout	N'aime pas beaucoup	Indifférent	Aime un peu	Aime beaucoup
<b>A</b>	0	0	0	6	4
<b>B</b>	0	0	0	5	5
<b>C</b>	0	0	0	3	7
<b>D</b>	0	0	1	4	5

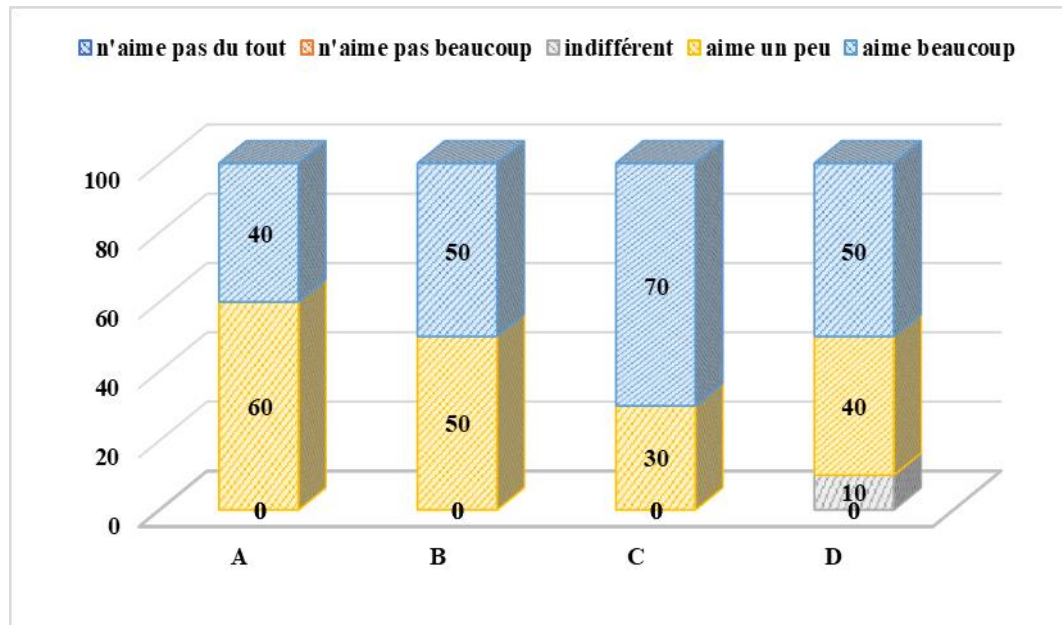
*A: boisson au cacao + sucre cristallisé; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + stévia*

Ces notes sont transformées en pourcentage pour chaque appréciation, et le résultat est présenté dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 12.** Pourcentage d'appréciation globale de boissons lactées préparées.

Formulation	N'aime pas du tout	N'aime pas beaucoup	Indifférent	Aime un peu	Aime beaucoup
<b>A</b>	0	0	0	60	40
<b>B</b>	0	0	0	50	50
<b>C</b>	0	0	0	30	70
<b>D</b>	0	0	10	40	50

*A: boisson au cacao + sucre cristallisé ; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + stévia*



**Figure 32.** Acceptabilité globale des dégustateurs adultes pour les boissons lactées.

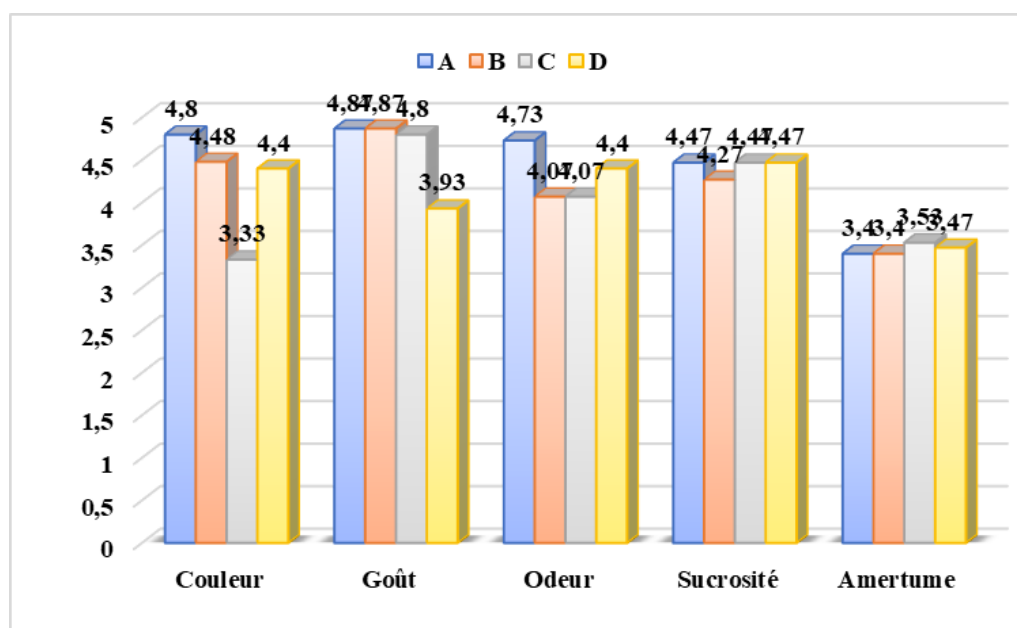
A: boisson au cacao + sucre cristallisé ; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + stévia

D'après les résultats obtenus (Tableau 11 et 12, Fig. 32), il est constaté que globalement, les échantillons A, B et C ont été les plus aimés par les dégustateurs avec un pourcentage totalisant les 100 % comme réponses positives (aime un peu et aime beaucoup) par rapport à l'échantillon D qui, compte à lui, a reçu pour les mêmes mentions, un pourcentage de 90 %. De ce fait et d'après les résultats d'appréciation globale, on estime que le classement, par ordre décroissant, des boissons lactées selon le degré d'acceptabilité globale des dégustateurs adultes peut être comme suit : D – B- A > C.

Donc au final, il peut être conclu que c'est la boisson à la caroube additionnée de la stévia qui a été la plus appréciée par les dégustateurs de ce groupe.

#### 4.3.2 Évaluation par des dégustateurs enfants

Dans ce qui suit, les appréciations des dégustateurs dont la tranche d'âge varie entre 5 et 15 ans sont discutées. D'après les résultats présentés dans la figure 33, on constate que la boisson A et a reçu, pratiquement les scores les plus élevés pour tous les attributs sensoriels évalués, avec des scores maximaux de 4.8, 4.87, 4.73 et 4.47 et ce pour la couleur, le goût, l'odeur et la sucrosité, respectivement. Cet échantillon est directement suivi par l'échantillon B. le point commun entre ces deux produits est la présence du cacao, qui est un produit très largement aimé par les enfants qui leur rappelle le chocolat. C'est la raison pour laquelle ces deux produits ont eu les scores les plus élevés.



**Figure 33.** Attributs de la qualité sensorielle des boissons préparées (enfants).

A: boisson au cacao + sucre cristallisé; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + stévia

Afin de déterminer les différences pouvant exister entre les différents échantillons produits, une analyse de la variance a été réalisée et les résultats sont montrés dans le tableau ci-dessous

**Tableau 13.** Evaluation des attributs sensoriels des boissons lactées produites (dégustateurs enfants).

	Couleur	Goût	Odeur	Sucrosité	Amertume
<b>A</b>	4.8±0.41 <sup>a</sup>	4.87±0.35 <sup>a</sup>	4.73±0.46 <sup>a</sup>	4.47±0.52 <sup>a</sup>	3.4±0.51 <sup>a</sup>
<b>B</b>	4.48±0.52 <sup>a</sup>	4.87±0.35 <sup>a</sup>	4.07±0.71 <sup>b</sup>	4.27±0.60 <sup>a</sup>	3.4±0.51 <sup>a</sup>
<b>C</b>	3.33±0.62 <sup>b</sup>	4.8±0.41 <sup>b</sup>	4.07±0.71 <sup>b</sup>	4.47±0.64 <sup>a</sup>	3.53±0.52 <sup>a</sup>
<b>D</b>	4.4±0.83 <sup>a</sup>	3.93±0.46 <sup>a</sup>	4.4±0.63 <sup>a,b</sup>	4.47±0.52 <sup>a</sup>	3.47±0.52 <sup>a</sup>

Les moyens qui ne partagent pas la même lettre dans la même colonne sont très différents.

A: boisson au cacao + sucre cristallisé ; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + stévia

D'après les résultats obtenus (Tableau 13), des différences significatives ( $p < 0.05$ ) ont été notées entre les différents échantillons mais uniquement pour les attributs couleur, goût et odeur où l'échantillon A (boisson au cacao+ sucre cristallisé) a reçu les scores les plus élevés de 4.8, 4.87 et 4.73, respectivement. Cela peut s'expliquer éventuellement par le fait que les enfants ont pu détecté le goût et la flaveur du chocolat dans la boisson pour laquelle sont d'or et déjà habitués. Par contre, les enfants étaient pratiquement indifférents pour l'amertume pour tous les échantillons, idem pour la sucrosité ou le goût sucré, où les enfants ont pratiquement donné le même score de 4.47 pour les échantillons A, C et D, par contre la boisson B a reçu le score le moins élevé de 4.27. Donc, cela nous mène à dire que l'addition de la stévia à la

boisson que ce soit à base de cacao ou de la caroube été très bien accepté par les enfants ce qui constitue un atout très important pour la commercialisation de cette boisson qui sera destinée pour les enfants diabétiques.

→ *Boisson la plus préférée selon l'acceptabilité globale des dégustateurs enfants*

Afin de déterminer la boisson lactée la plus préférée, il a été demandé aux dégustateurs d'attribuer une note globale (entre 1 et 5, selon qu'ils aiment bien, peu ou pas du tout le produit) pour chaque boisson. Les résultats obtenus sont alors traités statistiquement et représentés sous forme des histogrammes dans ce qui suit (**Fig. 34**). Pour cela, toutes les notes attribuées ont été rassemblées pour les 15 dégustations dans le tableau suivant :

**Tableau 14.** Notes globales de dégustateurs.

Formulation	N'aime pas du tout	N'aime pas beaucoup	Indifférent	Aime un peu	Aime beaucoup
<b>A</b>	0	0	0	2	13
<b>B</b>	0	0	0	9	6
<b>C</b>	0	0	0	9	6
<b>D</b>	0	0	0	8	7

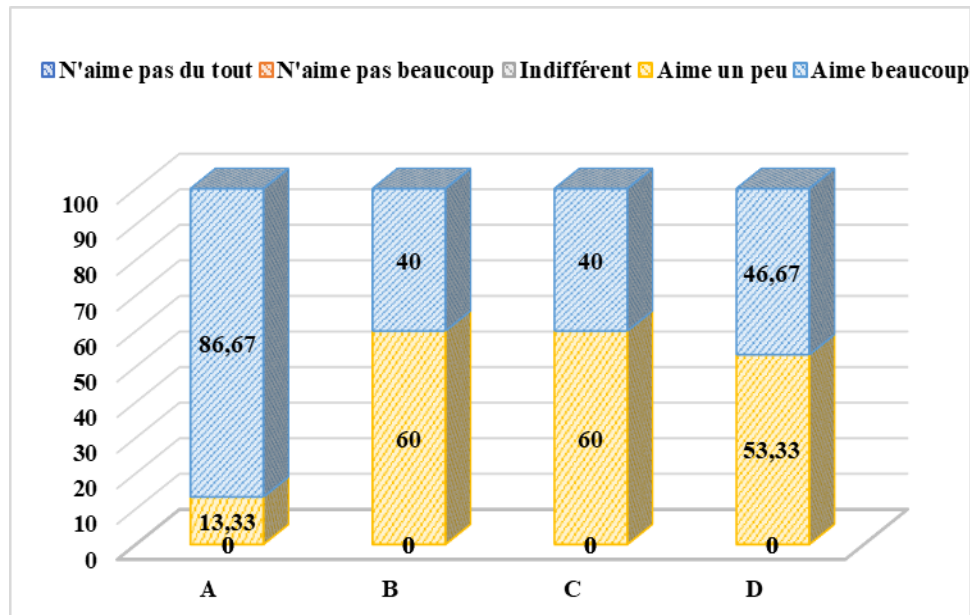
*A: boisson au cacao + sucre cristallisé; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé ; D: boisson à la caroube + stévia*

Ces notes sont alors transformées en pourcentage pour chaque appréciation, et le résultat est présenté dans le tableau ci-dessous ;

**Tableau 15.** Pourcentage d'appréciation globale de boissons lactées préparées.

Formulation	N'aime pas du tout	N'aime pas beaucoup	Indifférent	Aime un peu	Aime beaucoup
<b>A</b>	0	0	0	13.33	86.67
<b>B</b>	0	0	0	60	40
<b>C</b>	0	0	0	60	40
<b>D</b>	0	0	0	53.33	46.67

*A: boisson au cacao + sucre cristallisé; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé; D: boisson à la caroube + stévia*



**Figure 34.** Acceptabilité globale des dégustateurs enfants pour les boissons lactées.

A: boisson au cacao + sucre cristallisé; B: boisson au cacao + stévia ; C: boisson à la caroube + sucre cristallisé; D: boisson à la caroube + stévia

D'après les résultats obtenus (Tableau 14 et 15, Fig. 33), il est constaté que globalement, les échantillons A, B, C et D ont été tous aimés par les dégustateurs enfants avec un pourcentage totalisant les 100 % comme réponses positives (aime un peu et aime beaucoup). Cependant, l'échantillon A reçu le pourcentage le plus élevé de 86.67 % rien que pour la mention « aime beaucoup » suivi de l'échantillon D avec un pourcentage pour la même mention de 46.67 %. Alors les échantillons B et C ont été appréciés par le même pourcentage de dégustateurs enfants qui était de 40%. De ce fait et d'après les résultats d'appréciation globale, on estime que le classement, par ordre décroissant, des boissons lactées selon le degré d'acceptabilité globale des dégustateurs enfants peut être comme suit : A – D > B - C. Donc ; l'ajout de la stévia à améliorer l'acceptabilité du produit par les enfants ce qui ouvre la voie vers son éventuelle commercialisation.

# *Conclusion & Perspectives*



## Conclusion et Perspectives

Les espèces de fruits moins familières, notamment la caroube, sont devenues plus populaires ces derniers temps. Ils sont riches en composés bioactifs, nutritionnels et non nutritifs tels que les flavonoïdes, les composés phénoliques, les acides phénoliques, les huiles essentielles, les sucres, les caroténoïdes, les vitamines et les minéraux.

Le caroubier (*ceratonia siliqua*) est une espèce de la famille des fabacées, c'est un arbre ou un arbuste cultivé pour ses gousses riches en sucre à maturité, et pour sa pulpe et ses graines. Les deux principaux constituants de cette gousse représentent, respectivement 90% et 10% de son poids total. Il est originaire des pays méditerranéens et a été domestiqué il y a 4000 ans avant J.C. En Algérie, le caroubier reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement et ce, malgré les différentes études et résultats qui ont montré que cette espèce est très intéressante. Les utilisations de *Ceratonia siliqua* sont nombreuses et sa valeur fourragère peut contribuer à l'amélioration des potentialités pastorales du pays.

Dans ce sens, notre étude a été menée dans le but est de valoriser la farine de la caroube. Dans ce présent travail, les propriétés physicochimiques et techno-fonctionnelles de la farine de la caroube ont été déterminées en comparaison avec celles du cacao. Des boissons lactées ont également été préparées à base du lait de vache partiellement écrémé, des deux farines (caroube et cacao), d'amidon et des sucres (sucre blanc cristallisée et sucre stévia). Les qualités physicochimique et microbiologique des boissons préparées ont été suivies durant toute la durée du stockage de 21 jours, alors que la qualité organoleptique a été évaluée une seule fois par deux différents groupes de dégustateurs (adultes et enfants). De l'ensemble des résultats obtenus nous pouvons retenir les conclusions suivantes :

- ✚ La farine de la caroube a présenté un taux d'humidité et une teneur en matière organique les plus élevés ainsi qu'un pH et un taux de matière sèche et en cendres les plus faibles en comparaisons avec la farine du cacao ;
- ✚ En ce qui concerne les propriétés techno-fonctionnelles des deux farines, les résultats ont montré que chaque type de farine a montré des caractéristiques différentes par rapport à l'autre. Dans l'ensemble, les propriétés techno-fonctionnelles des deux types de farines sont intéressantes avec possibilité d'intégration dans plusieurs matrices alimentaires ;

- ✚ Les résultats du suivi physico-chimique des boissons lactées ont montré que des valeurs de pH plus faibles ont été enregistrées dans les échantillons contenant de la farine de la caroube (C, D).
- ✚ Pour l'extrait sec total, les valeurs les plus élevées ont été observées dans les trois échantillons A, C et D ; Tandis que la boisson lactée B avait la valeur la plus basse ;
- ✚ Les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons de boisson lactée B, C et D ont montré qu'elles sont aptes à la consommation pendant une période n'excédant pas deux semaines, tandis que la boisson lactée A (cacao+ sucre cristallisé) était plus résistante à l'apparition de microbes par rapport au reste des autres échantillons, elle était stable jusqu'au 21 jours de stockage réfrigéré ;
- ✚ La qualité organoleptique de notre boisson lactée a été effectuée par évaluation sensorielle. En effet, la boisson lactée D (farine de caroube avec sucre stévia) a été la mieux appréciée et préférée par le groupe des dégustateurs adultes par rapport aux autres échantillons. En se basant sur les scores de l'acceptabilité globale des boissons lactées par les dégustateurs, ces dernières pouvaient classées dans l'ordre décroissant suivant : **D – B – A > C**. Tandis que le groupe des dégustateurs enfants était plus attiré par la boisson lactée au cacao avec du sucre cristallisé (échantillon A), ce qui est attendu, vu que le cacao leur rappelle le goût du chocolat qui est trop aimé par les enfants.

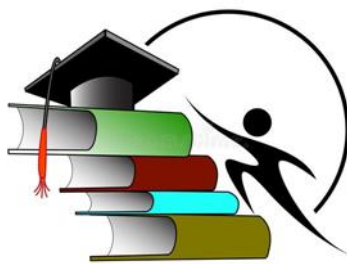
En conclusion, cette étude a montré que la caroube est un ingrédient viable pour remplacer partiellement le cacao dans une boisson lactée. Bien que la caroube affecte la couleur et le goût de la boisson lactée, les panélistes adultes ont préféré la boisson lactée avec de la caroube et la stévia à celle avec du cacao. Cette substitution peut être bénéfique pour améliorer la valeur nutritionnelle de la boisson lactée en augmentant sa teneur en fibres et en réduisant sa teneur en matières grasses. La présence de la stévia est très bénéfique aussi, notamment pour son effet sur la glycémie. Enfin, cette étude ouvre de nouvelles perspectives pour l'utilisation de la caroube dans l'industrie alimentaire, en particulier dans les boissons lactées, en offrant une alternative intéressante et nutritionnellement avantageuse au cacao.

Les perspectives pour cette étude sont nombreuses :

- ✓ Tout d'abord, cette recherche peut être approfondie en examinant plus en détail les effets de l'incorporation de la caroube dans différents types de boissons lactées, ainsi que les effets de différentes concentrations de caroube autres que celle utilisées dans la présente étude ;

- ✓ Contribuer à la fabrication de nouveaux aliments à base de farine de la caroube, tels que des laits fermentés, desserts lactés, chocolat et biscuits ;
- ✓ Améliorer la qualité des boissons lactées à base de la caroube de telle sorte qu'elle soit plus appréciée par les enfants en jouant sur différents ingrédients ainsi que leurs concentrations ;
- ✓ Déterminer la valeur nutritionnelle de la boisson à base de la caroube en comparaison à celle à base du cacao ;
- ✓ Réaliser une recette a 100% farine de caroube qui sera une bonne solution visant à satisfaire toute la population parmi laquelle les personnes atteintes de maladie céliaque.

# *Références Bibliographique*



## Références bibliographiques

- A -

**Adetuyi, F., Adelabu, H., (2011).** Impact of okra (*Abelmoschus esculentus*) seed flour on nutrients, functional properties and zinc bioavailability of plantain flour. *Malaysian Journal of Nutrition*, 17(3), 359- 366.

**AFNOR, (1982).** Recueil de Normes Françaises des Produits Directives des Fruits et Légumes jus de Fruits, 1-327p, AFNOR, Paris.

**AFNOR, (1986).** « Contrôle de la qualité de produits laitiers- analyses physique et chimique ».3<sup>ème</sup> édition .PP : 107-121-125-157.

**Ait Chitt, M., Belmir, M., Lazrak, A., (2007).** Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. *Transfert de technologie en Agriculture*, N° 153, IAV Rabat, pp.1-4.

**Ajanaku, K., Ajanaku, O., Edobor-Osoh, A., Nwinyi, O., (2012).** Nutritive value of sorghum ogi fortified with groundnut seed (*Arachis hypogaea* L.) *American Journal of Food Technology*, 2012, 7(2), 82- 88.

**Alais, C., (1984).** *Sciences du lait: principes des techniques laitiers*, 4<sup>ème</sup> édition Paris: Edition SEPAIC, 814p.

**Albanell, E., (1990).** *Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L.) cultivadas en España*. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.

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

**Aremu, M., Olaofe, O., Akintayo, E., (2007).** Functional properties of some Nigerian varieties of legume seed flours and flour concentration effect on foaming and gelation properties. *Journal of Food Technology*. 5: 109–115.

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

**Aydın, E., Göçmen, D., (2014).** Balkabağı (Cucurbita moschata) unu katkısının bisküvinin antioksidan aktivite ve besinsel kalitesine etkileri. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa

**Azab, A., (2017).** Carob (Ceratonia siliqua): health, medicine and chemistry. Carob (Ceratonia siliqua): health, medicine and chemistry Section C-Review Eur. Chem. Bull, 6(10), 456-469.

**- B -**

**Badem, A., Alpkent, Z., (2018).** Production of Ice Cream with Carob Bean Pekmez (Molasses), International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB), 3(1), pp. 28 – 32. DOI: 10.22161/ijeab/3.1.5.

**Benabdelmoumene, D., Bouhrem, I., Ghelamallah, A., Homrani, M., Dahmouni, S., Bengharbi, Z., (2021).** La caroube : valorisation et utilisation industrielle. Revue Algérienne des Sciences A, 6 : 16-21.

**Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Milla, N., Guerrero, A., Puppo, M., (2008).** Composition and structure of carob (Ceratonia siliqua L) germ proteins. Food Chemistry 107, 675–683.

**Benmahioul, B., Kaïd-Harche, M., Dagon, F., (2011).** Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. Forêt méditerranée, pp. 51–58 t. XXXII n°1.

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

**Biner, B., Gubbuk, H., Karhan, M., Akus, M., Pekmezei, M., (2007).** «Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (Ceratonia siliqua L.) in Turkey». Food chemistry 100: pp. 1453-1455

**Bouzouita, N., Khaldi, A., Zgoulli, S., Chebil, L., Chekki, R., Chaabouni, 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.

**Brereton, S., Hasnip, A., Bertrand, R., Wittkowski, C., (2003).** Analytical methods for the determination of spirit drinks, Trends in Analytical Chemistry, Vol. 22, No. 1, 19-25,

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

- C -

**Compaore, R., Nikiema, A., Bassole, N., Savadogo, A., Hounhouigan, D., Mouecoucou, J., Traore, A., (2011).** Nutritional properties of enriched local complementary flours. Advance Journal of Food Science and Technology, 3(1): 31- 39.

- D -

**Diomande, M., Koko, A., Kouame, K., Beugre, G., Bohoua, L., (2017).** Evaluation des propriétés fonctionnelles et activité antioxydante d'amandes de mangue produites en Côte d'Ivoire. International Journal of Advancements in Research & Technology. 6(11): 6-29.

**De Moraes, F., Gonçalves, A., Veríssimo Miguel, T., Borges K., (2017).** Freeze Dried Acerola (*Malpighia emarginata*) Pulp and Pomace: Physicochemical Attributes. Phytochemical Content and Stability during Storage. Journal of Food Industry. 1(1): 17 – 38. doi:10.5296/jfi.v1i1.11795.

**Dyab, A., Abed El-Hakim, H., Abo Taleb, H., (2016).** Utilization of some additive to produce mango powder. Journal of Advances in Food Science & Technology 3(3): 156-167.

**Dyer, B., (2003).** Alkalized cocoa powders. The Manufacturing Confectioner, 83(6), 47-54

- E -

**Eke, O., Akobundu, E., (1993).** Functional properties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) seed flour as affected by processing. Food Chemical. 1993; 48: 337-340.

- F -

**Fadel, F., Fattouch, S., Tahrouch, S., Lahmar, R., Benddou, A., Hatimi, A., (2011).** The phenolic compounds of *Ceratonia siliqua* pulps and seeds. J. Mater. Environ. Sci, 2 (3): 285-292.

**Fagbemi, T., (1999).** Effect of blanching and ripening on functional properties of plantain (*Musa aab*) flour. Plants Food for Human Nutrition 54: 261-269

**Farahnaky, A., Darabzadeh, M., Majzoob, G., (2014).** Physicochemical properties of crude and purified locustbean gums extracted from Iranian carob seeds. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 16: 125-136.

- G -

**Gaouar, N., (2011).** Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. Mémoire de Magistère. Université de Tlemcen. 95 p.

**Goor, A., Ticho, Y., Garmi, B., (1958).** «The carob. Agric. Publications Section, Ministry of agriculture. Tel Aviv, Israel, 72 Pp. (in Jewish with 4 pages English Summary).

**Goulas, V., Georgiou, E., (2019).** Utilization of Carob Fruit as Sources of Phenolic Compounds with Antioxidant Potential: Extraction Optimization and Application in Food Models. *Foods*, 9(1). DOI:10.3390/foods9010020.

- H -

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

- I -

**Imran, A., Fikri, K., (2019).** Guide de production de la culture du caroubier. Département des arbres fruitiers ; 26pages ; 17decembre 2019.

- J -

**Jacobsen, R., Meyer, W., Schrage, B., (1980).** "Density-independent moisture meter at X-band," in *Proc. 10th Eur. Microwave Conf.*, pp. 216-220.

**JORA, 035 du (27-05-1998).** Arrête interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrête du 14 safar 1415, correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologique de certaines denrées alimentaire.

- K -

**Kocherane, R., (2020).** Caractérisation morpho-écologique et phytochimique du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) en Algérie. Diplôme de doctorat de troisième cycle (d-lmd) en sciences agronomiques.

**Kudra, T., Ratti, C., (2006).** Foam-mat drying: Energy and cost analyses. *Can Biosyst Eng.*;48:327–32.

*- L -*

**Lee, C., Kagan, V., Jawarski, A., Brown, S., (1990).** Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and polyphenol oxidase activity among various peach cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 88, 99±101.

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

*- M -*

**Maameri, T., Said, F., (2018).** Effet d'incorporation de la farine de caroube sur les paramètres organoleptique, physicochimique et microbiologique d'un lait fermenté type yaourt. Mémoire de Master, Université de Mostaganem, pp 27.

**Martorell, J., (1987).** « Elalgarrobo, victim del llamado desarrollo agrario». Pp. 62-84 in Congreso Int. De Tecnologia de Alimentos Naturales Y Biologicos. Ministerio de Agricultura, Pescay Alimentacion (MAPA), Madrid.

**Melgarejo, P., Salazar, D., (2003).** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, PP : 19-162.

**Min, B., Hart, S., (2003).** « Tannins for suppression of intestinal parasites ». *J. Anim. Sci.* PP : 81-102-109.

*- N -*

**Norihiro, K., Gehrke, S., (2004).** Microporous, fast response cellulose ether hydrogel prepared by freeze-drying. *Journal of Colloid and Surfaces* 38(3-4): 191-196.

*- O -*

**Olapade, A., Oluwole, O., Aworh, O., (2012).** Physico-chemical properties and consumer acceptance of instant cowpea (*Vigna unguiculata*) powder for complementary food. *African Journal of Food Science and Technology*, 3(4), 102-106.

**Olayinka, O., Adebowale, K., OluOwolabi, B., (2008).** Effect of heat-moisture treatment on physicochemical properties of white sorghum starch. *Food Hydrocolloids*, 22, 225-230.

**Onimawo, A., Egbekun, K., (2008).** Comprehensive food science and nutrition (Ambik press LTD, Benin City, 1998), p. 200–208

**Onwuka, G., (2006).** Food Analysis and Instrumentation: Theory and practice. Naphthali Prints Lagos, Nigeria.

**Özcan, M., Arslan, D., Gökçalik, H., (2007).** Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 58(8): 652 – 658.

- R -

**Rtibi, K., Selmi, S., Grani, D., Saidani, K., Sebai, H., Amri, M., Eto, B., Marzouki, L., (2017).** *Ceratonia siliqua* L. (immature carob bean) inhibits intestinal glucose absorption, improves glucose tolerance and protects against alloxan-induced diabetes in rat. Journal of the Food Science and Agriculture, 97(8): 2664 – 2670.

- S -

**Sabuj, M., Dargaville, T., Nissen, L., Islam, N., (2021).** Inhaled ciprofloxacin-loaded poly(2-ethyl-2-oxazoline) nanoparticles from dry powder inhaler formulation for the potential treatment of lower respiratory tract infections. PLoS ONE, 16, e0261720. [CrossRef] [PubMed]

**Santos, M., Rodrigues, A., Teixeira, J., (2005).** « production of dextran and fructos from carob pod extract and cheese whey by *leuconostoc mesenteroides* », Biochemical Engineering Journal, p25(1).PP :1-6.

**Sathe, S., Desphande, S., Salunkhe, K., (1982).** Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L) DC) proteins. J. Food Sci.,47: 503-509

**Sbay, H., Abourouh, M., (2006).** Apport des especes à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier ; Atelier FAO- Plan Bleu sur le developpement durable, Rabat, 9p.

**Sbay, H., (2008).** « Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir ». Centre de recherche forestière charia Omar Ibn Khattab, BP.763, Agdal, Rabat, Maroc. PP : 44. PP : 07-31.

**Segal, L., Creely, J., Martin, Jr., Conrad, C., (1959).** An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile Research Journal* 29(10): 786-794

**Serairi-Beji, R., Mekki-Zouiten, L., Tekaya-Manoubi, L., Loueslati, M., Guemira, F., Ben mansour, S., (2000).** « Can carob powder be used with the oral rehydration solution for the treatment of acute diarrhea », *Med.Top.* p60. PP :125.

**Singh, S., Riar, C., Saxena, D., (2008).** Effect of incorporating sweet potato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. *African Journal of Food Science.* 2: 65-72.

**Surbhi, A., Shraddha, G., Smita, T., Shubham, M., Rizwan, M., (2019).** Evaluation of nutritional and functional properties of partially substituted whole wheat flour with taro root and lotus seed flour (Composite flour). *The Pharma Innovation Journal.*; 8(10): 125-128

**Stavrou, I., Christou, A., Kapnissi-Christodoulou, P., (2018).** Polyphenols in carobs: A review on their composition, antioxidant capacity and cytotoxic effects, and health impact. *Food Chemistry* 269 (2018) 355–374.

- V -

**Vignola, C., (2002).** *Science et Technologie du Lait Transformation du Lait.* Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.

- W -

**Who, (2012).** Bulk density and tapped density of powders: final text for addition to the international pharmacopoeia. document QAS/11.450 final.

- Y -

**Ydjedd, S., Chaalal, M., Richard, G., Kati, D., López-Nicolás, R., Fauconnier, M., Louaileche, H., (2017).** Assessment of antioxidant potential of phenolic compounds fractions of Algerian *Ceratonia siliqua* L. pods during ripening stages. *International Food Research Journal* 24(5): 2041-2049.

**Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S., (2011).** Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica granatum L.*). *Journal of Food Science and Technology* 48: 677-684.

**Yousif, A., Alghzawi, H., (2000).** Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*. 69: 283–287.

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

-Z-

**Zitouni, A., (2010).** Monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algérie. Th.Ing. Agrn, INA, El-Harrach, pp 201.

# *Annexe*



## Annexe 1 : protocoles de l'analyse microbiologique

### 1. Dénombrement des levures et moisissures

#### 1.1 Caractéristiques générales des levures

Les levures sont des champignons microscopiques, on les distingue par leur caractère unicellulaires et l'absence de vrai mycélium. Les cellules sont généralement ovoïdes ou sphériques. Les levures supportent des pH de 3 à 8 avec un optimum de 4,5 à 6,5. Ils sont responsables de la modification de la texture et du goût des aliments fabriqués. Le dénombrement est effectué en milieux sélectif doté de propriétés antibactériennes.

#### 1.2 Caractéristiques générales des moisissures

Les moisissures sont des cellules qui ont de vrais noyaux, qui sont multicellulaires et ont des structures fongiques. Les moisissures possèdent un appareil végétatif constitué par un thalle filamenteux, le mycélium, dont les filaments s'appellent des hyphes. Les moisissures sont aérobies, en général, acidophiles (pH compris entre 3 et 7) et mésophiles (température optimale 20-30°C). Elles ont, en générale, un faible besoin en eau par rapport à d'autres microorganismes ( $a_w = 0.65$ ).

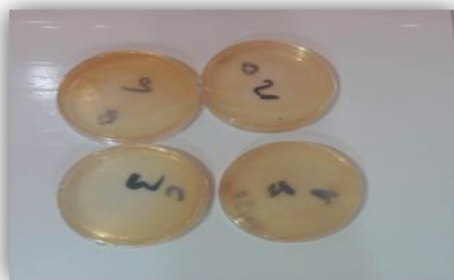
#### Mode opératoire

- A partir des dilutions décimales,  $10^{-2}$  à  $10^{-1}$  porter aseptiquement 1mL dans des boîtes de pétri contenant de la gélose Oxytetracycline, Glucose, Agar (OGA) ;
- Étaler à l'aide d'un râteau stérile ;
- Puis incuber à 30°C pendant 3-5 jours.

#### Lecture :

Les levures se présentent sous formes de colonies rondes plus ou moins bombées ou plats en surface, elles sont opaques et pigmentées.

Les moisissures se présentent sous formes de colonies duveteuses, pigmentées plus moins étendues.



**Figure 35.** Analyses microbiologiques de levures et moisissures (Bouhaik, 2023).

## 2. Dénombrement de flore Aérobie Mésophiles Total (F.A.M.T).

La flore aérobie mésophiles totales est un ensemble des micro-organismes vivants, à l'état normal ou pathologique, sur les tissus ou dans les cavités de l'organisme. Multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25 et 40°C. Ils peuvent être des micro-organismes pathogènes ou d'altération. Cette flore est un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité des produits.

### Mode opératoire :

- A partir des dilutions décimales,  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$  porter aseptiquement 1ml dans des boites de pétri stérile ;
- Compléter ensuite avec gélose fondue puis refroidir ;
- Faire des mouvements circulaire de va et vient en forme de « 8 » pour augmenter la surface de contact entre se mélange et la gélose utiliser après on laisse à solidifie ;
- Les boites seront incubées à 30°C pendant 48 à 72 heures.

### Lecture :

Les germes totaux aérobies apparaissent sous forme de colonie blanchâtre de taille et de forme différentes. Le dénombrement s'effectue sur les boites contenant les colonies, on compte le nombre de colonie et on ramène au nombre de germe par ml en tenant compte du facteur de dilution.



**Figure 36.** Analyses microbiologiques de F.A.M.T (Bouhaik, 2023).

## 3. Dénombrement des coliformes fécaux et totaux :

Les coliformes sont des germes de contamination fécale de la famille des *Enterobacteriaceae* qui sont aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet et produisant des colonies bleues en moins de 24 heures à 44,5°C. Ils vivent dans l'intestin de l'homme et des animaux. Les coliformes se caractérisée par leur aptitude de fermenter le

lactose avec production de gaz d'où l'utilisation pour leur recherche des milieux contenant du lactose.

**Mode opératoire :**

- Porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans une boîte de pétri vide ;
- Compléter ensuite avec 12 ml de gélose désoxycholate
- Homogénéiser le contenu des boîtes
- Puis on les incube à 37°C pendant 24 h pour les coliformes, et à 44°C pendant 48H pour les coliformes fécaux.

**Lecture :**

Les colonies apparaissent rouge foncé de 0,5 mm de diamètre on compte de la dilution.



**Figure 37.** Analyses microbiologiques de coliformes fécaux et totaux (**Bouhaik, 2023**).

**4. Dénombrement de *Staphylococcus aureus* :**

Ce sont des bactéries en forme de cocci qui appartiennent au genre *Staphylococcus* de la famille Micorococcaceae, ce sont des cocci à Gram positif, aéro-anaérobies facultatifs, non sporulés. De 0,5  $\mu\text{m}$  à 1,5  $\mu\text{m}$  de diamètre. Ces coques se présentent généralement en grappes, par paires ou en cellules individuelles compte tenu de l'âge de la culture. Staphylocoques est un germe mésophile dont la température optimale de croissance est comprise entre 30 et 37°C, il est capable de se multiplier à des valeurs de pH comprises entre 4,2 et 9,3 avec un pH optimal de croissance de 7,0 à 7,5.

**Mode opératoire :**

- Introduire 19ml de Giolitti/ Conton puis ajout 10goutte de solution stérile de tellurite de potassium à 1 % ;
- Inoculer 1ml du produit à analyser ;

- Après ensemencement et homogénéisation, versé soigneusement dans chaque tube sur une hauteur de 2 à 3 cm de paraffine ;
- Mettre les tubes en incubation à 37°C pendant 24 à 48H.

**Lecture :**

La culture de staphylocoque peuvent se présente sous forme de colonies d'un diamètre de 1 à 1,5 mm rondes à contour régulier, opaque, convexe, blanches ou pigmentée en jaune.

**5. Dénombrement de *salmonella* :**

Les salmonelles sont des bactéries à Gram négatif de type aérobie-anaérobie facultatif appartenant à la famille des entérobactéries, lactose négatif, presque toujours mobiles. Peuvent se développer à température entre 5°C et 45°C à des pH 4,5 à 9. La plupart des salmonelles peuvent se multiplier dans les aliments présentant une activité de l'eau comprise entre 0,945 et 0.999. Ces bactérie pathogènes spécifiques provoquent des maladies à la suite de l'absorption des l'eau. Ils sont responsables des salmonelloses.

**Mode opératoire :**

- Enrichissement sur milieu bouillon de sélénites de sodium cystine ;
- Isolement sur milieu gélose pour *salmonella Sheigella* ;
- Introduire 1ml de lait à analysé dans 10 ml de bouillon sélénite ;
- Incuber à 37°C pendant 24.

**Lecture :**

Les salmonelles apparaissent incolores et transparentes de petite taille.

## Annexe 2 : Production Scientifique

**Benmeziane – Derradji F, Bouhaik M.G. 2023.** Substitution of cocoa and sugar with carob and stevia in a milky drink: quality analysis. Le 2<sup>ème</sup> Séminaire National sur “État des Lieux, conservation et Possibilité de Valorisation de Ressources Biologique en Algérie (SNECPVRBA’23). 12 -13 Avril 2023, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Algérie.

