

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Blida 1**



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
**Département** : Sciences Alimentaires  
Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme Master en

**Spécialité** : Nutrition et pathologie

**Filière** : Sciences Alimentaires

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

**Thème**

**Valorisation de la poudre de caroube comme substrat pour le microbiote  
intestinal autochtone isolée**

**Réalisé par :**

**Mlle ZAOUK Belkis et Mlle OUKAL Mouna Hasna et Mlle YAHIANI  
Siham**

Devant les jurys:

Président	Dr IDRES A.	(MCA) Université de Blida 1
Examinatrice	Dr ABDELAOUI Z.	(MCB) Université de Blida 1
Promotrice	Pr DOUMANDJI A.	(Pr) Université de Blida 1

Année Universitaire 2021/2022

## **Remerciements**

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la sante et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire*

*Pais et salut sur notre premier éducateur le prophète pour ce qui la donne pour humanité...*

*Nous tenons à adressé nos sincères remerciements avec un grand honneur et un grand plaisir à notre enseignante et promotrice...*

*Madame DOUMANDJI Amel, Professeur à l'université de Blida-1 Pour sa présence, son esprit scientifique, ses précieux conseils et pour son aide et son encadrement durant notre préparation de ce mémoire ...*

*Les travaux présentés dans cette mémoire ont été menés essentiellement au laboratoire d'hygiène BLIDA et laboratoire de contrôle de qualité et de répression des fraudes BENI MERED et l'école ENSA EL-HARRACH...*

*Le très grand remerciement à ingénieure de labo d'hygiène Monsieur Djamel le de nous avoir aidée et oriente durant notre stage...*

*Nous désirons aussi remercier Dr IDRES A. (MCA) Université de Blida1 qui a voulu nous faire honneur de présider le jury de ce mémoire...*

*Nous voudrons adresser nos vifs remerciements à Dr ABDELAOUI Z. (MCB) Université de Blida1 Pour avoir accepté examiner ce travail...*

*Tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, nos respects et notre gratitude pour leur confiance et leur soutien inestimable...*

***Siham, Mouna et Belkis***

***Dédicace***

*Je dédie ce modeste travail pour tous ceux qui croit en moi*

*A celle qui m'a toujours encouragée dans cette long chemin, avec beaucoup*

*D'amour, d'espoir à celle qui m'a éclairé mes ténèbres avec ses prières.... **ma chère mère***

*A mon soutien dans la vie qui ne nous a jamais quittés et qui se sacrifie toujours pour*

*Notre confort ... **mon cher père***

*A ma princesse et ma petite sœur qui a toujours*

*Été à mes côtés et ne m'a jamais quitté... **SOURAYA***

*A mes frères **DJAMEL, AMIN et MOUSSA***

*A mes sœurs **WASSILA et LAMYA***

*A l'ami de ma vie et compagnon de mon chemin **IMEN***

*A mes adorables copines **Imen, Yasmin, Hind, Romaisa, Ghofran, mouna et Nesrin.***

*Je vous remercie de tous moments agréables que nous passés ensemble, je vous aime tous*

***Siham***

## ***Dédicace***

*Je dédie ce modeste travail à toute personne que j'aime et qui m'a encouragé et à mes chers parents qui grâce à eux je suis arrivé là, pour tout l'amour dont vous m'avez donné, pour tout ce que vous avez fait pour moi, je ferai de mon mieux pour rester une fierté pour vous*

### ***A mon père***

*A l'épaule solide et mon soutien dans la vie que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie*

### ***A ma chère maman***

*Que Dieu repose son âme Pour son encouragement durant toutes ses années d'études ses sacrifices ainsi que son soutien inconditionnel, pour ses conseils pour son amour sans elle je n'aurais jamais arrivé où je suis, tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la fierté et la reconnaissance que je te porte*

### ***A ma grand-mère***

***A mes frères Fares et Moncef et ma princesse Fatima***

***Pour leur encouragement et leur amour***

***Mouna***

***Dédicace***

*Grâce au dieu le tout puissant, qui m'a donné la volonté, qui m'a éclairé vers le bon chemin, et qui me permet d'arriver à ce but.*

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots que je dédie ce modeste travail de fin d'étude aux plus chères à mon cœur :*

***À ma Mère,***

*Qui m'a soutenue dans mes études, et pour leurs encouragements et qui a sacrifié leur vie pour ma réussite et éclairé le chemin par ces conseils judicieux et son amour.*

***À mon Père*** pour son soutien et sa présence à mes côtés dans les moments les plus difficiles,  
*J'espère qu'un jour je pourrai leur donner un peu de ce qu'il a fait pour moi, que Dieu le donnera du bonheur et une longue vie pleine de santé*

*Je dédie également ce travail à mes chères grandes sœurs Raihana Nousaiba et Ikram pour tout le soutien et mes petites sœurs Rihab et Salsabil.*

*À mon seul frère Ahmed et mon beau-frère Dawed et tout ma familles, mes amis,  
Tous mes professeurs qui nous ont enseigné et à tous Ceux qui nous sont chers.*

***Belkis***

## Liste des abréviations

% : pourcentage

C° : degré Celsius

g : gramme

g/l : gramme par litre

Kcal : kilocalorie

KJ : kilojoule

NH<sub>3</sub> : ammoniac

NaOH : hydroxyde de sodium

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : l'ion ammonium de formule brute

PH : potentiel d'hydrogène

ml : millilitre.

min : minute.

FAO : organisation pour alimentation et agriculture.

WHO : Organisation international de santé.

ISO : Organisation international de standardisation.

ENSA : école nationale supérieure agronomique.

UFC/g : unité format colonie par gramme.

UFC /ml : unité format colonie par millilitre.

TC : taux cendres.

TH : taux humidité.

C : la concentration en mg/ l.

DO : la densité optique.

O.G.A.: Oxytetracycline-Glucose-Yeast Extract Agar.

TSE: Tryptone Sel.

TGEA: Glucose Tryptone Extract Agar est un milieu développé pour la recherche et le dénombrement des micro-organismes.

Treg : Lymphocyte T régulateur.

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Le Caroubier.....	06
<b>Figure 2 :</b> Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde.....	09
<b>Figure 3 :</b> aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne .....	10
<b>Figure 4 :</b> distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatique.....	11
<b>Figure 5 :</b> présentation de la gousse de la caroube pulpe et graine .....	16
<b>Figure 6 :</b> coupe transversal d'une graine de caroube .....	22
<b>Figure 7 :</b> Les conditions écologiques abiotiques et microbiote de tractus digestif.....	28
<b>Figure 8 :</b> les gousses de caroube .....	47
<b>Figure 9 :</b> séparation des graines .....	47
<b>Figure 10 :</b> mesure de longueur .....	48
<b>Figure 11 :</b> nettoyage de caroube .....	48
<b>Figure 12 :</b> séchage de caroube .....	49
<b>Figure 13 :</b> fragmentions des gousses de caroube .....	49
<b>Figure 14 :</b> broyage de caroube .....	49
<b>Figure 15 :</b> les flocons d'avoine .....	50
<b>Figure 16 :</b> la farine complète .....	50
<b>Figure 17 :</b> la poudre de caroube .....	51
<b>Figure 18 :</b> l'eau .....	51
<b>Figure 19 :</b> beurre de cacahuète .....	51
<b>Figure 20 :</b> chocolat noire .....	51
<b>Figure 21 :</b> cacahuète .....	51
<b>Figure 22 :</b> hydratation de mélange .....	52
<b>Figure 23 :</b> façonnés des barres .....	53
<b>Figure 24 :</b> enrobage des barres .....	53
<b>Figure 25 :</b> échantillons de dégustation .....	54
<b>Figure 26 :</b> matras de Kjeldahl l'unité de minéralisation à 400 C°.....	55
<b>Figure 27 :</b> l'unité de distillation .....	56
<b>Figure 28 :</b> l'extraction des échantillons par soxhlet .....	57
<b>Figure 29 :</b> évaporation à sec .....	57



<b>Figure 30</b> : les ballons avec les matières grasses résiduelles .....	57
<b>Figure 31</b> : ébullition et agitation .....	59
<b>Figure 32</b> : filtration .....	60
<b>Figure 33</b> : introduire la solution mère dans le tube à essai .....	60
<b>Figure 34</b> : ajouter la solution de phénol .....	60
<b>Figure 35</b> : agitation à l'aide de vortex .....	61
<b>Figure 36</b> : mélange du caroube et HCL .....	61
<b>Figure 37</b> : filtration et lavage jusqu'à neutralité de PH.....	62
<b>Figure 38</b> : teneur en métabolite primaire de la poudre de caroube .....	68
<b>Figure 39</b> : teneur en métabolite primaire de barre d'énergie.....	68
<b>Figure 40</b> : courbe d'étalonnage pour dosage des sucres totaux de poudre de caroube...	70
<b>Figure 41</b> : courbe d'étalonnage pour dosage des sucres totaux de biscuit .....	70
<b>Figure 42</b> : représentation globale (Radar) des analyses sensorielle .....	75

## Liste des tableaux

<b>Tableau n° 1</b> : Composition moyenne de la pulpe de la gousse.....	16
<b>Tableau n°2</b> : composition chimique de la graine et pulpe .....	17
<b>Tableau n°3</b> : composition des gousses de caroube en sucre .....	17
<b>Tableau n°4</b> : teneur en composé phénolique de la poudre de caroube .....	18
<b>Tableau n°5</b> : composition de la caroube en acides aminés .....	19
<b>Tableau n°6</b> : composition des acides gras dans l'huile de caroube.....	20
<b>Tableau n°7</b> : composition en acides gras de la poudre de caroube.....	20
<b>Tableau n°8</b> : valeurs moyennes de la teneur en minéraux de la poudre de caroube.....	21
<b>Tableau n°9</b> : composition globale de la farine de germe de caroube.....	22
<b>Tableau n°10</b> : valeurs moyenne de la teneur en vitamine de poudre de caroube.....	22
<b>Tableau n°11</b> : composition de la farine d'endosperme de graine de caroube.....	23
<b>Tableau n°12</b> : quantité des ingrédients utilisés dans le mélange.....	52
<b>Tableau n°13</b> : analyses microbiologique de cacahuète .....	65
<b>Tableau n°14</b> : analyses microbiologique de flocon d'avoine .....	65
<b>Tableau n°15</b> : analyses microbiologique de chocolat noire .....	65
<b>Tableau n°16</b> : analyses microbiologique de beurre de cacahuète .....	66
<b>Tableau n°17</b> : analyses microbiologique de biscuit final .....	66
<b>Tableau n° 18</b> : résultats des analyses microbiologique de flocon d'avoine .....	71
<b>Tableau n° 19</b> : résultats des analyses microbiologique de chocolat noire .....	72
<b>Tableau n°20</b> : résultats des analyses microbiologique de beurre de cacahuète .....	72
<b>Tableau n°21</b> : résultats des analyses microbiologique des cacahuètes .....	73
<b>Tableau n°22</b> : résultats des analyses microbiologique de la poudre de caroube .....	73
<b>Tableau n°23</b> : résultats des analyses microbiologique de biscuit .....	74

## **Valorisation de la poudre de caroube comme substrat pour le microbiote intestinal autochtone isolée**

### **Résumés**

L'utilisation des fruits de caroubier (*Ceratonia siliqua L*) dans l'alimentation est peu connue dans la plupart des régions du monde. Cependant, la caroube est loin d'être un aliment nouvellement découvert. Souligné par l'utilisation de la caroube dans l'alimentation remonte à l'Antiquité. A rapporté que les populations pauvres dans le monde (par exemple en Grèce) ont consommé la caroube comme aliment de base pendant des centaines d'années.

Nous avons entrepris dans ce travail à la Valorisation de la poudre de caroube comme substrat pour le microbiote intestinal autochtone isolée de la pulpe de caroubes issues de la région de Cherrhell wilaya de TIPAZA. Ces travaux ont porté notamment sur la caractérisation microbiologique et physico- chimique de la pulpe et sur la fabrication des barres d'énergie avec une valeur nutritionnelle conseillé par rapport à ça composition selon les résultats de notre études des analyse physico-chimique on a trouvé des teneurs en sucres totaux de (16,1%) et une richesse protéique de (4,05 %) et un faible niveau de matières grasses (0,54 %), la teneur en fibres brutes a enregistré 10,625 %. Ces résultats toujours différent selon les méthodes des analyses, les conditions climatiques et géologiques des différentes régions. Et des techniques de cultures. Ces barres d'énergies ont fait l'objet d'une étude portant sur leur bienfait, par rapport à leur richesse en minéraux et les nutriments essentielles sans oublier que le caroubier contient également des composées phénoliques qui lui confèrent différents rôles : antioxydant, facilité de la digestion, baisse du taux cholestérol différentes La gousse du caroubier contient d'autres composées comme les éléments minéraux, les vitamines. Et le plus important sains, sans graisses hydrogénée sans raffinage, naturelle et nous pouvons l'inclure dans notre alimentation quotidien Les barres d'énergie ont un profil nutritionnelle conseillé pour les sportifs par rapport ca richesse en protéines et lipide et aussi les diabétique à cause de ça faible teneur en sucre et une valeur important des fibres.

Mots clés : caroube, pulpe, microbiote intestinal, barre d'énergie, *Ceratonia siliqua L*.

## **Valorization of carob powder as a substrate for isolated indigenous intestinal microbiota**

### **Abstracts**

The use of carob fruit (*Ceratonia siliqua L*) in the diet is little known in most parts of the world. However, carob is far from being a newly discovered food. Underlined by the use of carob in food goes back to Antiquity. Reported that poor people around the world (for example in Greece) have consumed carob as a staple food for hundreds of years.

We have undertaken in this memoir a la Valorisation de la poudre de caroube comme substrat pour le microbiote intestinal autochtone isolé de la pulpe de caroube issues de la région de Cherrhell wilaya de TIPAZA microbiological and physico- chemical pulp and on the manufacture of energy bars with a recommended nutritional value in relation to this composition according to the results of our physico-chemical analysis we found total sugars contents of (16.1%) and protein richness of (4.05%) and a low fat level (0.54%), the raw fibre content was 10.625%. These results still differ depending on the methods of analysis, the climatic and geological conditions of the different regions. And techniques of cultivation. These energy bars have been the subject of a study on their benefit, in relation to their richness in minerals and essential nutrients without forget that carob tree also contains phenolic compounds which confer on it different roles: antioxidant, easy digestion, different cholesterol levels Carob bean contains other compounds such as minerals, vitamins. And the most important healthy, no hydrogenated fats without refining, natural and we can include it in our daily diet Energy bars have a recommended nutritional profile for athletes in relation to its protein and lipid richness and also diabetic because of that low sugar content and important value fiber.

**Keywords:** carob, pulp, intestinal microbiota, energy bar, *Ceratonia siliqua L*.

## تثمين مسحوق الخروب كركيزة لميكروبات الأمعاء الأصلية المعزولة

### ملخص

استخدام فاكهة الخروب (*Ceratonia siliqua L*) في النظام الغذائي غير معروف كثيرًا في معظم أنحاء العالم. ومع ذلك، فإن الخروب بعيد كل البعد عن كونه طعامًا مكتشفًا حديثًا. تم التأكيد على استخدام الخروب في النظام الغذائي الذي يعود إلى العصور القديمة. ذكرت أن الشعوب الفقيرة في جميع أنحاء العالم (على سبيل المثال في اليونان) استهلكوا الخروب كغذاء أساسي لمئات السنين.

لقد أجرينا في هذه المذكرة تثمين مسحوق الخروب كركيزة لميكروبات الأمعاء الأصلية المعزولة مأخوذة من بلدية شرشال ولاية تيبازة. ركز هذا العمل بشكل خاص على المواصفات الميكروبيولوجية والفيزيائية الكيميائية لللب وعلى تصنيع الواح الطاقة ذات القيمة الغذائية الموصى بها فيما يتعلق بهذا التركيب وفقًا لنتائج دراساتنا من خلال نتائج التحاليل الفيزيائية عن السكريات الإجمالية الموجودة في (16.1%) وغنية بالبروتين عند (4.05%) ومستويات الدهون المنخفضة عند (0.54%)، مع الألياف الخام عند 10.625.

تختلف هذه النتائج دائمًا وفقًا لطرق التحليلات والظروف المناخية والبيولوجية للمناطق المختلفة. وتقنيات الزراعة. كان موضوع دراسة حول فوائد الواح الطاقة، فيما يتعلق بثرائها في المعادن والعناصر الغذائية الأساسية، كما تحتوي شجرة الخروب على مركبات فنولية تمنحها أوارًا مختلفة: مضادات الأكسدة، وسهولة الهضم، وتخفيض نسبة الكوليسترول المختلفة. يحتوي الخروب على مركبات أخرى مثل المعادن والفيتامينات.

وأهم أنها صحية وبدون الدهون مهدرجه، طبيعية وأهم انه يمكننا إدخالها في نظامنا الغذائي اليومي. تحتوي ألواح الطاقة على ملف غذائي موصى به للرياضيين فيما يتعلق بغناها بالبروتين والدهون كذاك مرضى السكري بسبب انخفاض محتوى السكر والقيمة المهمة الألياف.

**الكلمات الرئيسية:** الخروب، اللب، الميكروبات المعوية، الواح الطاقة، *Ceratonia siliqua L*.

# Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Glossaire	
Résumés	
Introduction.....	1
<b>Partie 1 : Partie bibliographique.....</b>	<b>4</b>
<b>Chapitre 1 : Données bibliographiques sur le caroubier.....</b>	<b>5</b>
1.1. Généralités sur le caroubier.....	6
1.2. Description botanique.....	6
1.3. La biologie de reproduction .....	7
1.4. Origine et répartition biogéographique. ....	8
1.4.1. Origine du caroubier.....	8
1.4.2. Répartition géographique .....	9
1.4.2.1. Dans le monde .....	9
1.4.2.2. Dans la région méditerranéenne .....	9
1.4.2.3. En Algérie.....	10
1.5. Ecologie du caroubier .....	11
1.5.1. Exigences édapho-climatiques .....	12
1.5.1.1. Le climat.....	12
1.5.1.2. Le sol .....	12
1.5.1.3. L'apport en eau.....	13
1.5.2. Multiplication et capacité germinative des graines.....	13
1.6. Importance écologique.....	14
1.7. Importance économique.....	14
1.8. Utilisations et intérêt de la caroube.....	14
1.8.1. Utilisation alimentaire.....	15
1.8.2. Utilisation médical.....	15
1.8.3. Utilisation cosmétique.....	15
1.8.4. Utilisation chimique.....	15
1.9. Composition chimique et métabolites secondaires du caroubier.....	15

1.9.1. La composition chimique de de la pulpe .....	16
1.9.1.1. Les sucres.....	17
1.9.1.2. Les polyphénols.....	17
1.9.1.3. Les acides aminés.....	18
1.9.1.4. Les acides gras.....	20
1.9.1.5. Les minéraux .....	21
1.9.1.6. L'humidité et cendres.....	21
1.9.1.7. Les vitamines.....	22
1.9.2. La composition chimique de la graine .....	23
1.9.2.1. La cuticule .....	23
1.9.2.2. L'endosperme .....	23
1.9.2.3. Le germe.....	23
1.10. Application de caroubier à la promotion de la santé et la prévention des maladies....	23
1.11. Les métabolites.....	24
1.11.1 les métabolites primaires.....	24
1.11.2. les métabolites secondaires.....	25
1.11.2.1. classification des métabolites secondaires.....	25
<b>Chapitre 2 : Donné bibliographique sur le microbiote intestinal autochtone.....</b>	<b>27</b>
2.1 Définition .....	28
2.2. Composition.....	28
2.3. Bactéries.....	29
2.3.1. Le phylum des Firmicutes.....	29
2.3.2. Le phylum des Bacteroidetes.....	30
2.3.3. Le phylum des Actinobacteria.....	30
2.3.4. Entérotype.....	30
2.4. Autres microorganismes.....	30
2.5. Mise en place.....	30
2.6. Facteurs influençant le microbiote intestinal.....	31
2.6.1. Mode d'alimentation.....	31
2.6.2 Prise d'antibiotique.....	32
2.7. Les fonctions du microbiote intestinal.....	33
2.7.1 Fonction de barrière et de protection .....	33
2.7.2 Fonction métabolique.....	34
2.7.3. Métabolisme des glucides .....	34
2.7.4. Métabolisme des gaz .....	34
2.7.5. Métabolisme des protéines.....	35

2.7.6. Métabolisme des lipides.....	35
2.7.7. Fonction immunitaire .....	36
2.7.8. Autres fonctions.....	37
2.8. Dysbiose et déséquilibre du microbiote intestinal.....	37
2.8.1. Symptômes.....	37
2.8.2. Conséquences pathologiques de la dysbiose.....	37
2.8.3. Pathologie digestifs .....	38
2.8.4 Pathologies respiratoire .....	39
2.8.5. Pathologies métaboliques.....	39
2.8.6. Pathologies immunitaires.....	39
2.9. Les probiotiques.....	40
2.9.1. Définition.....	39
2.9.2. Type des probiotiques .....	40
2.9.3. Mécanisme D'action des probiotiques.....	41
2.10. Les prébiotiques.....	41
2.10.1. Définition.....	41
2.10.2. Types des prébiotiques.....	41
2.10.3. Mécanisme D'action des prébiotique.....	42
2.11. Les bifidobactéries.....	42
2.11.1. Définition et caractères généraux.....	42
2.11.2. Exigences nutritionnelles des bifidubactéries .....	42
3. Synthèse des travaux sur l'effet symbiotique de la poudre de la caroube (Ceratonia siliqua. L).....	43
<b>Partie 2 : Partie expérimentale.....</b>	<b>45</b>
<b>Chapitre 3 : Matériel et méthodes.....</b>	<b>46</b>
3.1. Production de la poudre de caroube.....	47
3.1.1. Le nettoyage.....	48
3.1.2. La fragmentation.....	49
3.1.3. Mouture (broyage).....	49
<b>3.2. Elaboration des barres à base de caroubier.....</b>	<b>50</b>
3.2.1. Objectif de l'étude.....	50
3.2.2Matériel végétal.....	50
3.3. Méthodes appliquées.....	52
3.4 Analyses sensorielles.....	53
3.5 Analyses statistique .....	54
3.6. Analyses physicochimiques poudre de caroube.....	54



3.6.1. Détermination de la teneur en protéines .....	55
3.6.2. Détermination de la teneur en matière grasse.....	56
3.6.3. Mesure l'humidité.....	58
3.6.4. Mesure cendres.....	58
3.6.5. Mesure les sucres totaux .....	59
3.6.10. Détermination de la teneur en fibres.....	61
3.7. Les analyses microbiologiques.....	62
3.7.1. Recherche des coliformes fécaux .....	62
3.7.2. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	63
3.7.3. Recherche des levures et des moisissures .....	63
3.7.4. Recherche des salmonelles.....	64
3.7.5. Dénombrement des germes aérobies mésophile totaux .....	64
<b>Chapitre 4: Résultats et Discussion.....</b>	<b>67</b>
4.1. Teneur en métabolites primaire de la poudre de caroubier.....	68
4.1.1 Détermination de la teneur en protéines.....	68
4.1.2. Détermination de la teneur en matière grasse .....	69
4.1.3. Mesure d'humidité .....	69
4.1.4. Mesure des cendres .....	70
4.1.5. Mesure les sucres totaux.....	70
4.1.6. Détermination de la teneur en fibres .....	71
4.2. Les analyses microbiologiques .....	71
4.2.1. Résultats des analyses microbiologiques de flocon d'avoine.....	71
4.2.2. Résultats des analyses microbiologiques de chocolat noir.....	72
4.2.3. Résultats des analyses microbiologiques de beure cacahuètes.....	72
4.2.4. Résultats des analyses microbiologiques des cacahuètes.....	73
4.2.5. Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de caroube.....	73
4.2.6. Résultats des analyses microbiologiques de biscuit .....	74
4.3. Résultats de l'auto diagnostique .....	74
<b>Conclusion.....</b>	<b>78</b>
Références bibliographiques .....	80
Annexe	

# Introduction

## **Introduction**

L'environnement est notre lieu de vie, nous le façonnons, l'utilisons, l'accommodons à nos besoins et nous y trouvons les moyens de notre survie et de notre bien-être. **(Moser, 2009).**

Les plantes ont été utilisées dans la médecine traditionnelle pour plusieurs mille ans. La connaissance plantes médicinales a été accumulée au cours de plusieurs siècles basée sur différents systèmes médicaux. **(Muthuetal., 2006).**

Le caroubier, ou *Ceratonia siliqua* L, de la famille des Caesalpiniaceae, est un arbuste dioïque à feuilles persistantes et de croissance lente. C'est une essence thermophile cultivée en climat méditerranéen, mais originaire des pays arabes. Elle est souvent utilisée pour lutter contre la déforestation et l'érosion des sols. **(Gillet et al., 2014).**

L'utilisation des fruits de caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans l'alimentation est peu connue dans la plupart des régions du monde. Cependant, la caroube est loin d'être un aliment nouvellement découvert. Souligné par Brandt (2002), l'utilisation de la caroube dans l'alimentation remonte à l'Antiquité. Marakis (1996) a rapporté que les populations pauvres dans le monde (par exemple en Grèce) ont consommé la caroube comme aliment de base pendant des centaines d'années.

La composition de la pulpe de caroube dépend de la variété, du climat et des techniques de cultures. Toutefois, on peut avancer que la pulpe de caroube représente 90% de la masse du fruit. Elle est riche en tanins et en sucres, dont le saccharose représente 65 à 75% des sucres totaux. Les taux de protéines et de lipides sont faibles. Les principales applications de la pulpe de caroube sont l'alimentation animale et humaine en tant que substitut du cacao. Elle présente l'avantage d'être exempte de théobromine et de caféine contrairement au cacao qui en contient des quantités importantes. **(GILLET., 2018).**

Ses propriétés aromatiques et médicinales, sa valeur boisée, ornementale et paysagère, pulpe et graines à usages multiples, font de cette plante l'arbre le plus performant de Maroc. La pulpe de caroube est largement utilisée dans les industries alimentaires et pharmaceutiques pour sa richesse en divers composés organiques de bonne qualité, notamment en sucres réducteurs, polyphénols et tanins; il est également riche en divers éléments minéraux, tels que le fer, le calcium, le sodium, le potassium, le phosphore et le soufre. **(Saïdiet al., 2019).**

Diverses études ont déjà montré que la poudre de caroube s'utilise tant que substitut du cacao dans des biscuits, des plats traditionnels grâce à leur vertu nutritionnelles qui lutte contre la malnutrition. **(Batlle et Tous, 1997).**

La possibilité d'utiliser la caroube comme une source de nourriture dans un "contexte algérien" n'a été que peu étudiée. Dans ce travail, la poudre de la caroube, à haute valeur nutritionnelle, a été utilisée dans la formulation de biscuit.

L'objectif de notre travail s'inscrit pour consolider la connaissance et l'expérience acquises sur la valorisation des principales composantes dans le caroubier et l'effet de l'ensemble de ces dernières sur le microbiote intestinal.

Ce travail vise à étudier quelques possibilités d'incorporation de la caroube dans des biscuits à différents taux d'incorporation en étudiant l'acceptation de ces produits par le consommateur. On estime que l'exploration de nouveaux produits alimentaires à base de caroube et/ou l'enrichissement des aliments en caroube, pourraient encourager les industries alimentaires locales et les communautés au sens large à utiliser la caroube dans les aliments et contribuer ainsi grandement à la promotion de la caroube en Algérie.

Pour mener bien notre recherche, une problématique est posée comme suit:

**La préparation de biscuit à base de poudre de caroubier va-t-il améliorer la qualité nutritionnelle et organoleptique du biscuit et quel est son effet sur le microbiote intestinal ?**

**Hypothèse:**

**OUI** poudre de caroubier atteste son efficacité sur la qualité nutritionnelle et sensorielle du biscuit.

Notre travail s'est subdivisé en deux grandes parties:

Les deux premiers chapitres de notre mémoire traitent du cadre théorique, et ils se composent comme suit:

✓ Le premier chapitre, portera sur des Données bibliographiques sur le caroubier et le deuxième chapitre quant à lui, portera sur des données bibliographiques sur le microbiote intestinal autochtone.

✓ La partie pratique se présente comme suit : dans le premier chapitre nous traiterons Production de la poudre de caroube. Dans le deuxième chapitre nous procéderons à l'élaboration des barres à base de caroubier et leurs analyses microbiologiques et physicochimiques.

**Partie 1 :**  
**Partie bibliographique**

**Chapitre 1 :**  
**Données bibliographiques sur**  
**le caroubier**

## Chapitre 1 : Données bibliographiques sur le caroubier

### 1.1. Généralités sur le caroubier

Le mot caroubier vient de l'arabe "El kharroub". Il est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* L. *Ceratonia*, du grec keratia, désigne une petite corne et le nom d'espèce siliqua, désigne en latin une silique ou gousse. Il est aussi appelé Carouge, Pain de Saint Jean-Baptiste, figuier d'Egypte, fève de Pythagore (**Battle et Tous, 1997**). Il se porte bien dans la plupart des climats méditerranéens malgré leur irrégularité et sur différents types de sols. (**Saïdi, et al., 2019**).

La pulpe de caroube est considérée comme une source principale dans le régime alimentaire des animaux. Il était consommé par les enfants en période de famine. (**Battle, and Tous. 1997**).

### 1.2. Description botanique

Le caroubier pousse comme un arbuste ou un arbre sclérophylle persistant jusqu'à 10 m de haut, avec une large couronne semi-sphérique et un tronc épais à l'écorce brune rugueuse et branches robustes (Fig. 1). Les feuilles sont longues de 10 à 20 cm, alternes, pennées, avec ou sans foliole terminale. Les folioles sont longues de 3 à 7 cm, ovales à elliptiques, en 4 à 10 paires normalement opposées, coriaces, vert foncé et brillant au-dessus, vert pâle dessous et finement veiné avec des marges légèrement ondulées, et des stipules minuscules. Les feuilles sont sclérophylles et ont un épiderme supérieur très épais à une couche, le dont les cellules contiennent des composés phénoliques dans les grandes vacuoles, et les stomates sont présente uniquement dans l'épiderme inférieur et disposée en grappes. La caroube ne perd pas ses feuilles à l'automne mais seulement en juillet tous les deux ans, et il ne renouvelle que partiellement les feuilles au printemps (avril et mai). (**Battle et al., 1997**).



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

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille 6 à 16 mm de longueur, spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires, plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles elles se sont développées (**Battle et al., 1997**). Le fruit appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2,5 cm d'épaisseur.

La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10mm et de 7 à 8mm. Sa couleur est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité **(Batlle et al., 1997)**.

### **1.3. La biologie de reproduction**

De nombreux aspects fondamentaux de la biologie reproductive des caroubes, tels que la biologie florale, la pollinisation compatibilité entre les différents types sexuels et aussi les cultivars, et la floraison et la phénologie de fructification demeure largement inconnue.

Meikle (1977), d'après la littérature et les spécimens observés à Chypre, a résumé cinq types d'inflorescences :

- mâles, les fleurs ayant de longs filaments et des pistils avortés
- mâles, les fleurs ayant des filaments courts et des pistils avortés
- hermaphrodite, les fleurs ayant des étamines et des pistils entièrement développés
- les inflorescences femelles, les fleurs avec des staminodes abortives et entièrement pistils développés
- les inflorescences polygames, certaines fleurs mâles, certaines fleurs femelles et un certain hermaphrodite. **(Batlle et al., 1997)**.

Le caroubier est le seul arbre méditerranéen avec la principale saison de floraison en automne (septembre-novembre), semblable à de nombreuses plantes véritablement tropicales. Cependant, le moment et la durée de la période de floraison dépendent des conditions climatiques locales dans la plupart des arbres fruitiers et à noix. Dans les endroits très chauds, des arbres mâles et femelles ont été observé en pleine floraison en juin. **(Batlle et al., 1997)**.

La saison de floraison prolongée du caroubier compense le temps instable à cette période de l'année, et garantit qu'au moins certaines fleurs seront pollinisées dans une période de beau temps et d'activité des insectes. Le transport du pollen des fleurs staminées aux fleurs pistillées est effectué par des insectes, principalement des abeilles, des mouches, des guêpes et des papillons nocturnes. **(Batlle et al., 1997)**.

L'excrétion de fleurs de caroube et de jeunes fruits se produit principalement d'octobre à Décembre, puis ralentit en janvier-février et se produit rarement à partir de juin début août, Bosch et al. (1996) ont observé des excréments de gousses de 59 à 90 % et qu'ils se produisent principalement au printemps. Ils ont signalé que sur les plus grandes inflorescences des deux cultivars femelles, les taux d'initiation des fruits, de semis et de semis par fleur étaient plus élevés que sur les plus petites inflorescences. **(Batlle et al., 1997)**.



Ilahi et Vardar (1976) ont déterminé que le développement des caroubes suit courbe de croissance sigmoïdale comme beaucoup d'autres fruits et pourrait être divisé en trois stades. **(Batlle et al., 1997).**

Pendant le stade I (croissance lente), après la fertilisation en octobre et pendant automne et hiver, le haricot ne montre pratiquement aucune augmentation de poids (frais et sec).

Le stade II (croissance rapide) commence au début du printemps lorsque la gousse entre en activité période de croissance (avril à juin). **(Batlle et al., 1997).**

Au stade III, le fruit pousse lentement, mûrit et commence à sécher en juin et passe du vert au brun.

Bosch et al. (1996) ont signalé une tendance similaire de croissance des gousses. Les gousses mûrissent après environ 10 mois. Les gousses vertes sont beaucoup plus lourdes que les gousses mûres, contenant environ 70%eau alors que la teneur en eau des gousses à maturité est d'environ 12-18%.**(Batlle et al., 1997).**

## **1.4. Origine et répartition biogéographique**

### **1.4.1. Origine du caroubier**

Dans le numéro 118 de la Garance Voyageuse, le portrait du caroubier (*Ceratonia siliqua L*) révélait les nombreuses facettes de cet arbre exploité depuis des millénaires pour l'alimentation des hommes et du bétail du bassin méditerranéen. Sa présence sur les reliefs occidentaux de la péninsule arabique et l'existence de son espèce sœur, *Ceratonia oreothauma Hill.*, dans les montagnes d'Oman, du Yémen et de Somalie ont amené l'hypothèse d'un centre d'origine oriental du caroubier, probablement au niveau de la Péninsule Arabique, puis d'une dispersion de l'espèce par les agriculteurs de l'Antiquité et du Moyen-âge. **(Baumel., 2020).**

La seule espèce connue liée à la caroube, est considéré comme ayant son centre d'origine en Arabie du Sud-est (Oman) et autour de la Corne africaine (nord de la Somalie) Climatiquement, les centres d'origine de la sous-famille des Caesalpinoideae étaient chauds et humide initialement, mais après la période du Crétacé vaste séchage et l'élévation de la Terre ont eu lieu de sorte que plus frais, beaucoup plus sec, même le désert, les conditions ont évolué. D'autres les légumineuses à caesalpinioïdes sont principalement tropicales et subtropicales (Cowan, 1981). Mitrakos (1988) a suggéré que le caroubier semble avoir évolué sous un climat autre que méditerranéen. **(Batlle et al., 1997).**

## 1.4.2 Répartition géographique

### 1.4.2.1. Dans le monde

Hillcoat *et al.* (1980) ont suggéré son aire de répartition dans la nature soit en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Israël, Jordanie méridionale, Égypte, Tunisie et la Libye et qu'il a déménagé vers l'ouest à un stade précoce. Caroubier est cru d'avoir été propagé par les Grecs à la Grèce et l'Italie, puis par les Arabes le long la côte de l'Afrique du Nord dans le sud et l'est de l'Espagne, d'où il a migré au sud du Portugal et au sud-est de la France. **(Batlle *et al.*, 1997).**

Actuellement on trouve le caroubier dans plusieurs pays, de l'Europe et de l'Afrique du Nord à l'état sauvage en association avec, l'oléastre, le thuya, le pin, le chêne vert.

Le caroubier a été également, introduit avec succès dans plusieurs autres pays ayant un climat méditerranéen. C'est le cas en Australie, en Afrique du Sud, aux Etats Unis (Arizona, Californie du Sud), aux Philippines et en Iran. (Fig.2). **(Batlle et Tous, 1997).**

En effet, on le rencontre actuellement en allant de l'Espagne et du Portugal jusqu'en Turquie, en Syrie, en Yougoslavie, en passant par le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Lybie, l'Égypte, la Grèce, le Liban, Chypre, l'Italie et la France. Le caroubier a été également, introduit avec succès dans plusieurs autres pays ayant un climat méditerranéen. C'est le cas en Australie, en Afrique du Sud, aux Etats Unis (Arizona, Californie du Sud), aux Philippines et en Iran **(Batlle et Tous, 1997).**



**Figure 2 :** Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde **(Batlle et Tous, 1997)**

### 1.4.2.2. Dans la région méditerranéenne

Elle se rencontre sur une grande partie des côtes de l'Europe méridionale, de l'Afrique du Nord et des îles de la Méditerranée, mais ne s'écarte guère du littoral. Ce n'est toutefois pas une espèce halophile, car elle peut s'enfoncer à quelques kilomètres vers l'intérieur (très loin même en Tunisie) et s'élever jusqu'à l'altitude de 600 m. **(Ozenda., 1950)** suivie par l'Italie, le Portugal, le Maroc, la Grèce, Chypre, la Turquie, l'Algérie et d'autres pays.

Le Caroubier est largement cultivé dans toute la zone méditerranéenne. C'est l'Espagne qui occupe la première place parmi les pays producteurs de caroubes, avec 153 500 ha (**Evreinoff ., 1947**), suivie par l'Italie, le Portugal, le Maroc, la Grèce, Chypre, la Turquie, l'Algérie et d'autres pays.(Figure. 3) (**Battle et Tous, 1997**)

Les plantations de la Tunisie contiennent environ 21 000 arbres avec une production qui ne dépasse pas 28 000 q. La culture du Caroubier en Palestine et au Portugal est aussi d'une grande valeur commerciale. (**Evreinoff ., 1947**).

Au Maroc, le caroubier est localisé dans les plaines et les moyennes montagnes du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas et dans des bioclimats de type humide, subhumide, semi-aride et aride côtier à variantes chaude et tempérée. Il est souvent en association avec l'olivier, le lentisque, le thuya ou l'arganier. La principale population spontanée de caroubier est localisée dans les régions situées entre 600 et 1000 m d'altitude, en association avec d'autres espèces forestières et abritées des vents et du froid (**Ait Chitt et al., 2007**).

De Tunisie : Cap Bon, Kelibia, Djebel Reças, Dj. Zaghouan, Hammam Zeriba, Medjez-el Bab, El Kef, Sidi-Gaïez. - KNOCHE, Flora Balearica : Majorque (très commun dans la zone de la Sierra, de Genova à Alcudia et sur la côte méditerranéenne) : Minorque (région de Mahon, au Sud-est de l'île, et gorges calcaires (barrancos) sur la côte Est). En outre, Cap Figari en Sardaigne.(**Ozenda ., 1950**).



**Figure. 3** : Aire de répartition du caroubier en région méditerranéenne (**Rejeb, 1994**)

#### 1.4.2.3. En Algérie

En Algérie, comme dans plusieurs pays méditerranéens, le caroubier croît dans les conditions naturelles à l'état sauvage sous des bioclimats de type subhumide, semi-aride et aride. Il est généralement en association avec l'olivier et le lentisque. (**Bzamar, 2011**)

Le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell. On le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, *Olea europea* et *Pistacia atlantica* dans les étages semi-aride chaud, subhumide et humide, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5 °C jusqu'à 20 °C et une pluviométrie de 200 mm à 600 mm/an (**Batle et Tous, 1997**).

Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sub-littorales : Sahel algérois, Dahra, la Kabylie, vallée de la Sommam (1074 ha) et de l'Oued–Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi–aride chaud, plaines d'Annaba, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha) (figure 4). Il descend jusqu'à Bou–Saâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha). L'aire de répartition du caroubier à Tlemcen est dans les régions suivantes : Sidi M'djahed, Sebra, Henaya, Tlemcen, Aïn Tellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Youcef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M'hidi. (**Bzamar, 2011**)

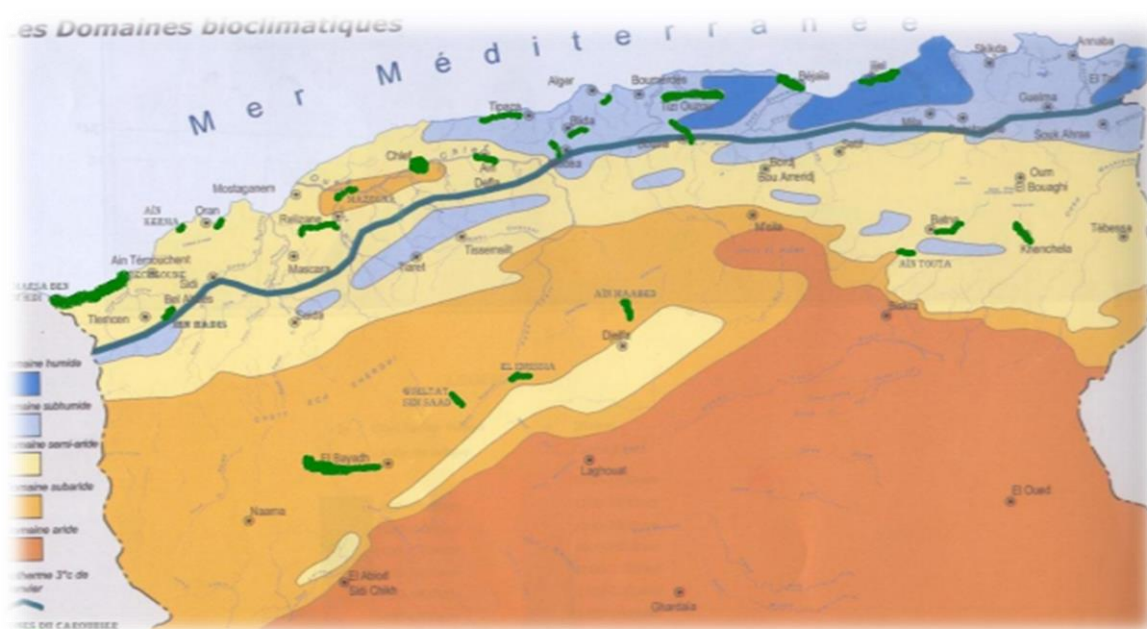


Figure 4: Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (**A.N.R.H, 2004**) (**Bzamar, 2011**)

#### 1.4. Ecologie du caroubier

La caroube est un arbre persistant et thermophile de longue durée qui prospère dans les habitats avec des climats méditerranéens doux. Il pousse bien dans les tempérés chauds et zones subtropicales, et tolère les zones côtières chaudes et humides. Caroube et orange les arbres ont des exigences de température similaires, mais la caroube tolère les sols plus pauvres et a besoin de beaucoup moins d'eau. Le caroubier est plus tendre que l'olivier. Pour la résistance pour les environnements secs il est surpassé seulement par les pistaches.

C'est aussi une espèce xérophytes bien adaptées aux conditions écologiques de la Méditerranée région, grâce à sa régulation hydrique efficace par ajustement stomatique et son structure et anatomie foliaires. **(Batlle et Tous, 1997).**

Il s'adapte à plusieurs types de sols. On le rencontre généralement sur les sols pauvres, sablonneux, limoneux lourds, rocailleux et calcaires, schisteux, gréseux et des pH de 6,2 jusqu'à 8,6, mais il craint les sols acides et hydro morphes. Le caroubier est une espèce bien définie dans l'étage humide, subhumide et semi-aride. En Algérie, il croît généralement à l'état disséminé dans l'étage du thuya et du genévrier de Phénicie, dans les peuplements de chêne vert et en association avec *Olea europea* et *Pistacia lentiscus*. Il joue un rôle important dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion et dans la lutte contre la désertification. **(Benamar, 2011)**

### **1.5.1. Exigences édapho-climatiques**

Le caroubier est un arbre persistant et thermophile à longue durée de vie qui prospère dans les habitats avec des climats méditerranéens doux. Il pousse bien dans les régions tempérées chaudes et zones subtropicales et tolère les zones côtières chaudes et humides. Caroube et orange les arbres ont des exigences de température similaires, mais la caroube tolère des sols plus pauvres et a besoin de beaucoup moins d'eau **(Batlle et Tous, 1997).**

#### **1.5.1.1. Le climat**

Les zones appropriées pour caroube devraient avoir un climat méditerranéen subtropical avec frais, pas froid, hivers, sources douces à chaudes, et étés chauds à chauds et secs. Ces

Les zones de type méditerranéen varient d'environ 30° à 45° sous les latitudes septentrionales (Bassin méditerranéen, Californie et Arizona) et entre 30° et 40° dans latitudes australes (Australie, Afrique du Sud et Chili). **(Batlle et Tous, 1997).**

Les arbres adultes ne nécessitent aucun refroidissement hivernal; ils peuvent être endommagés lorsque la température tombe en dessous de -4 °C et ne peut supporter des températures hivernales inférieures à -7 °C. Cependant, les arbres peuvent résister à des températures estivales de 40 °C et à des vents chauds et secs. De 5 000 à 6 000 heures au-dessus de 9°C sont nécessaires pour que les gousses mûrissent. Les vents forts peuvent briser les branches d'arbres adultes et détacher les gousses. Le vent peut aussi endommager les jeunes arbres. Les pluies automnales peuvent nuire à la pollinisation et aux fruits ensemble. Humidité élevée au printemps favorise l'infection *Oidium* sur les feuilles et les gousses. **(Batlle et Tous, 1997).**

#### **1.5.1.2. Le sol**

Le Caroubier réussit surtout dans des terrains profonds, riches en chaux, perméables. Il redoute les terrains compacts, imperméables, humides. Il supporte fort bien des terrains salins, jusqu'à 3

% de Na Cl. Les terrains caillouteux arides des versants du Midi lui conviennent assez bien, pourvu que le % du calcaire soit élevé. **(Batlle et Tous, 1997).**

Les caroubiers peuvent s'adapter à un large éventail de types de sols, des sols sableux pauvres aux sols rocheux collines à des sols profonds, mais ils ne peuvent pas résister à l'engorgement bien que la racine le système est habituellement profonde. Dans les zones où les sols rocheux sont peu profonds, la taille des arbres et la productivité sont réduits. Les meilleurs sols sont les loams sableux bien drainés, mais les sols calcaires avec teneur élevée en chaux sont également appropriés. **(Batlle et Tous, 1997).**

Le Caroubier réussit surtout dans des terrains profonds, riches en chaux, perméables. Il redoute les terrains compacts, imperméables, humides. Il supporte fort bien des terrains salins, jusqu'à 3 % de Na Cl. Les terrains caillouteux arides des versants du Midi lui conviennent assez bien, pourvu que le % du calcaire soit élevé. **(Enrveinoff., 1974)**

### **1.5.1.3. L'apport en eau**

Le caroube, en tant que xérophyte, peut survivre à des climats secs sans irrigation et est bien adaptés aux environnements secs avec des précipitations annuelles moyennes comprises entre 250 et 500 mm par an **(Batlle et al., 1997)**. Il a développé une certaine résistance à la sécheresse mécanismes mentionnés dans le Section Agronomie. Bien que résistant à la sécheresse, les caroubiers ne supportent pas les cultures commerciales, à moins qu'elles ne reçoivent au moins 500 à 550 mm par an, mais 350 mm de précipitations annuelles sont considérés comme suffisants pour la production de fruits.**(Batlle et al., 1997).**

### **1.5.2. Multiplication et capacité germinative des graines :**

Le Caroubier peut être multiplié par semis, par bouture et par greffe. **(Evreinoff., 1947)**

**1-Semis :** La multiplication par semis est employée jusqu'à présent. Parfois on sème les grains en pots ou dans des baquets, ou sur planche et ensuite on repique en pépinière. Selon les auteurs italiens, le meilleur mode de multiplication par semis est de faire le semis directement sur place. Du reste c'est le mode employé à l'île de Chypre. D'après Condit (*The carob in California*), l'inconvénient de la multiplication par semis est que la plupart des plants obtenus par semis sont mâles. Donc on a besoin de recourir à la greffe pour avoir le nombre nécessaire de pieds femelles. Le système racinaire du Caroubier est très puissant. Les racines sont pivotantes, très développées, à croissance très rapide, formant un chevelu très abondant. **(Enrveinoff, 1974).**

**2- Bouture :** Le bouturage est moins employé que le semis. Ce mode de multiplication demande beaucoup de soins très minutieux et une très haute température du sol, sans quoi il réussit mal. Ce mode de multiplication a l'avantage de la rapidité : la bouture se développe rapidement et

peut être déjà greffée à la deuxième année plantée en place à la troisième. La bouture doit être de moyenne vigueur et prise d'un rameau glabre. (Evreinoff., 1947).

3- Greffe : La greffe est employée uniquement pour sur greffer les plants mâles par les plants femelles. Le Caroubier se reproduit fidèlement par semis et n'exige pas la fixation de la variété par le greffage. Les greffes en fente et à l'anglaise sont rarement usitées, c'est l'écussonnage à l'œil poussant au printemps qui est la greffe la plus couramment employée. (Evreinoff., 1947).

### **1.6 Importance écologique**

*Ceratonia siliqua* est une espèce pastorale. La valeur fourragère de ses feuilles et de ses fruits est respectivement de 0,29 et de 1,15 unité fourragère par kilogramme de matière sèche (PUTOD, 1982). Compte tenu de sa couronne sphérique et de son feuillage persistant, dense et brillant, le caroubier est utilisé également comme arbre ornemental et comme brise-vent. En outre, cette espèce ligneuse joue un rôle vital dans la protection de l'environnement : – protection des sols contre l'érosion ; – le caroubier protège par son ombre les autres plantes. La sécheresse cyclique a montré que le caroubier résiste mieux au manque d'eau que le chêne vert, C'est une essence héliophile thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm/an). Il a un effet important dans la lutte contre la désertification et dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion (Zouhair, 1996). Les études de Rejeb (1995) confirment que le caroubier se comporte comme une véritable espèce résistante à la sécheresse en s'adaptant morphologiquement et physiologiquement au manque d'eau. De par ses aptitudes d'adaptation aux stress du sol et du climat, le caroubier pourrait contribuer au développement des zones défavorisées (Gharnit et al., 2006)

### **1.7 Importance économique**

Le Caroubier (*Ceratonia siliqua* L) joue un rôle socio-économique et écologique important. La pulpe des fruits et la gomme tirée des graines sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire. La production mondiale annuelle, essentiellement méditerranéenne, est estimée à 310 000 tonnes, dont une bonne partie est fournie par l'Espagne suivie de l'Italie, du Portugal et du Maroc (Batlle et al., 1997)

### **1.8. Utilisation et intérêt de la caroube**

Le caroubier a de nombreux avantages et intérêts socio-économiques et écologiques. La pulpe des fruits et la gomme tirée des graines sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire. Il est cultivé depuis longtemps, surtout pour ses fruits comestibles et sucrés qui sont riches en calcium, phosphore, potassium, magnésium, et pectine. La farine du fruit, est employée dans les industries agro-alimentaire et pharmaceutique, principalement contre les troubles gastro-intestinaux (diarrhée). Nous signalons aussi que la pulpe est préconisée contre la tuberculose pulmonaire. On tire de la caroube un autre produit essentiel : la gomme. Extraite de

l'endosperme de la graine, elle est largement utilisée en agro-alimentaire (sauce, mayonnaise, etc.), en imprimerie, dans les industries textile et cosmétique. 100 kg de graines produisent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche (Le caroubier est une plante mellifère : son miel est de bonne qualité. L'écorce et les racines de cet arbre sont employées en tannerie. (Benmahioulet *al.*, 2014).

### **1.8.1 Utilisation alimentaire**

Utilisation et l'incorporation de la caroubier dans des produits alimentaire sa base de caroube, comme la farine du caroube la farine de caroube est utiliser dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets Par leurs propriétés astringentes, les tanins peuvent être utilisés pour prévenir les diarrhées du porcelet en post-sevrage et la farine de caroube est une matière première qui en contient énormément A partir des présents résultats, il semble que la farine de caroube soit un produit parfaitement adapté à l'alimentation des porcelets. Son incorporation jusqu'à un niveau de 6% dans les régimes s'avère très utile dans le soutien de la consommation, de la croissance et de la santé en post-sevrage. Néanmoins, des recherches sont encore nécessaires pour confirmer que les tanins n'affectent pas négativement les performances de croissance en l'absence de lactosérum et pour déterminer plus exactement son rôle dans la prévention des diarrhées du porcelet après sevrage.(Rosil et *al.*,2002)

### **1.2 Utilisation Médicale du caroubier**

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

**1.3 Cosmétique** Dans l'une des applications industrielles, la gomme de caroube est utilisé en cosmétique (Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo et *al.*, 2007) pour sa capacité à former une solution très visqueuse, à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (Multon, 1984 ; Goycoola et *al.*, 1995 ; Stephen et *al.*, 1995 ; Batlle et *al.*, 1997).

### **1.3.4 Chimique**

Certains travaux ont déjà montré l'application de la farine de caroube (gousses broyées) pour l'extraction du sucre (Petit et Pinilla, 1995), la fermentation de l'éthanol (Roukas, 1993; Roukas, 1996), et la production d'acide citrique (Roukas, 1999). De même, le bois du caroubier est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon et l'écorce et les racines sont employées dans le tannage.



## 1.9 Composition chimique et métabolites secondaires du caroubier

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total.

(Albanell et *al.*, 1991).

### 1.9.1. La composition chimique de la pulpe

La composition chimique de la pulpe dépend en général, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (Albanell et *al.*, 1991). Selon les travaux d'Avallone et *al.*(1997) et de Bengoechea et *al.*(2008), la gousse de caroube est riche en hydrates de carbone et en fibres, elle contient une faible quantité de protéines et des teneurs négligeables en lipides.

Quant à la teneur de la caroube en minéraux, elle est appréciable. La composition chimique de la graine a été évaluée par (Bouzouita et *al.*, 2007), qui a démontré que la graine contient une quantité appréciable de lipides.(Nouioui, 2019)



**Figure 5:** Présentation de la gousse de la caroube, pulpe et graine (Mulet et *al.*, 2016).

Dans Le **tableau 1** représentes principale composant selon les recherches de Dakia en 2011

**Tableau n° 1 :** Composition moyenne de la pulpe de la gousse. ( Dakia, 2011).

Constituant	Concentration
Humidité	3.6-18.0
Cendre	2.0-3.0
Lipides	0.4-0.6
Protéine	2-6
Sucres totaux	48.0-56.0
Fibre	27.0-50
Polyphénol	18.0-20.0

Le fruit frais mûr est composé d'environ 90 % de gousse (appelée croquette) et de 10 % de grain les croquettes contiennent 40 à 60 % de sucre, principalement du saccharose, qui en constitue environ 30 %. Il est pauvre en protéines (3 à 4 %) contiennent une grande quantité de fibres alimentaires et de polyphénols et en lipides (0,4–0,8 %) (Biner et *al.*, 2007) dans le tableau 2 en détaillé la composition chimique de la graine et le pulpe

**Tableau n°2:** composition chimique de la graine et pulpe d'après (Biner et *al.*, 2007)

<b>Pulpe 90%</b>	<b>Graine 10%</b>
<b>Glucide 48 à 72%</b>	L'enveloppe tégumentaire
<b>Protéine 1 à 2%</b>	(Cuticule) 30 – 33 %
<b>Matière grasse 0.5 à 0.7 %</b>	
<b>Cellulose hémicellulose 18 %</b>	L'endosperme (albumen) 42 - 46 %
<b>Minéraux (Ca ,Mg , K , P)</b>	
<b>Pectine et fibre 4.2 à 9.6 %</b>	L'embryon ( germe ) 23- 25 %
<b>Cendre 1.5 à 2.4 %</b>	
<b>Polyphénols 16 à 20 %</b>	

### 1.9.1.1 Les sucres (mg/g POIDS SEC) selon (Ayaz2007)

Selon les résultats d'Ayaz La composition des gousses de caroube sont présent dans le tableau numéro 3.

**Tableau n° 3 :** la composition des gousses de caroube en sucre (mg/g POIDS SEC) (Ayaz., 2007)

Sucre	Gousses de caroube
<b>Sucrose</b>	437,3
<b>Glucose</b>	395,8
<b>Fructose</b>	2,8
<b>Sucre totaux</b>	875,4

### 1.9.1.2 Les polyphénols

La teneur en composés phénoliques de la poudre de caroube est présentée dans le tableau (4) Les données ont révélé que les composés phénoliques de la poudre de caroube étaient composés de 11 composés. Le phrogallol, le catéchol, le chlorogénique et le protocatéchuique ont enregistré les valeurs les plus élevées, tandis que la coumarine, l'acide cinnamique, férulique, gallique et vanillique ont enregistré les valeurs les plus faibles des composés phénoliques.

L'acide chlorogénique et l'acide caféique sont tous deux des antioxydants et inhibent la formation de composés N-nitroso mutagènes et cancérigènes in vitro, comme l'ont rapporté (Youssef et al., 2013).

**Tableau n° 4 :** Teneur en composés phénoliques de la poudre de caroube (ppm) (Youssef et al., 2013).

<b>Des composés phénoliques</b>	<b>Ppm</b>
<b>Acide gallique</b>	10.21
<b>Pyrogallol</b>	4970.18
<b>Protocatéchique</b>	79,47
<b>Chlorogénique</b>	101.09
<b>Catéchine</b>	27,97
<b>Catéchol</b>	164,67
<b>Cinnamique</b>	7,78
<b>Caféine</b>	48.23
<b>Vanillique</b>	13.92
<b>Férulique</b>	10.17
<b>Coumarine</b>	4.49

### 1.9.1.3 Les acides aminés

Selon (Ayaz,2007) 18 acides aminés ont été détectés dans des gousses de caroube prélevées en Anatolie. L'aspartique (acide aspartique + asparagine), l'alanine, l'acide glutamique (acide glutamique + glutamine), la leucine et la valine env. 57% de la teneur totale en acides aminés des gousses à une concentration de 18,25 g/100 g de poids sec, la protéine était l'acide aminé prédominant présent, ces résultat sont mentionné dans le tableau n° 5.

**Tableau n°5 : Composition de la caroube en acides aminés**

<b>Composant</b>	<b>Teneur (g / 100g des protéines)</b>
<b>Acide aspartique + Asparagine</b>	18.25
<b>Acide glutamique + Glutamine</b>	9.65
<b>Serine</b>	6.80
<b>Histidine</b>	2.80
<b>Glycine</b>	3.55
<b>Thréonine</b>	5.10
<b>Arginine</b>	3.20
<b>Alanine</b>	10.55
<b>Proline</b>	5.80
<b>Tyrosine</b>	1.70
<b>Valine</b>	9.05
<b>Méthionine</b>	1.40
<b>Cystéine</b>	0.80
<b>Isoleucine</b>	3.80
<b>Leucine</b>	9.30
<b>Phénylalanine</b>	3.10
<b>Lysine</b>	4.20
<b>Tryptophane</b>	0.95

Le germe de graine de caroube représente une source importante de protéines pour l'alimentation humaine et animale car il a une teneur élevée en protéines (54,7%) et contient tous les acides aminés connus (Dakia, 2011). Le germe peut donc être considéré comme un « protéine." Selon la norme FAO/WHO (1991).

#### 1.9.1.4. Les acides gras

Cependant, l'huile de graine de caroube est une bonne source d'acide gras n-6 (acide linoléique), qui est défini comme un acide gras "essentiel", comme l'acide linoléique, car il n'est pas synthétisé dans le corps humain et est principalement obtenu du régime.

Le tableau numéro 6 représente le teneur en acide gras dans l'huile de graine de caroube selon les travaux de (Dakia ,2011)

**Tableau n°6 : composition des acides gras dans le huile de caroube (Dakia, 2011)**

Teneur acides gras	(% huile)
Palmitique (C16)	16.2
Stéarique (C18)	3.4
Oléique (C18:1)	34.4
Linoléique (C18:2)	44,5
Linoléique (C18:3)	0,7

Dans le **tableau n°7** on trouve le pourcentage des acides gras totaux dans la poudre de caroube

**Tableau n° 7 : la Composition en acides gras de la poudre de caroube (Youssef et al., 2013)**

Les acides gras	Chaîne de carbone	% des acides gras totaux.
L'acide laurique	C 12 : 0	<b>0,75</b>
L'acide myristique	C 14 : 0	<b>1.11</b>
L'acide palmitique	C 16 : 0	<b>11.01</b>
Acide palmitolique	C 16 : 1	<b>0,65</b>
Acide heptadécanoïque	C 17 : 0	<b>0,30</b>
	Inconnue	<b>1.07</b>
Acide heptadécénoïque	C 17 : 1	<b>0,15</b>
Acide stéarique	C 18 : 0	<b>3.08</b>
L'acide oléique	C 18 : 1	<b>40.45</b>
L'acide linoléique	C 18 : 2	<b>23.19</b>

<b>Acide linoléique</b>	C 18 : 3	<b>2.47</b>
<b>Acide arachidique</b>	C 20 : 0	<b>1.51</b>
<b>Acide gadoléique</b>	C 20 : 1	<b>2,68</b>
	Inconnue	<b>2.12</b>
	C 22 : 0	<b>0,55</b>
<b>Acide béhénique</b>	C 24 : 0	<b>0,43</b>
<b>Acides gras insaturés</b>		<b>66,98</b>

### 1.9.1.5 Les minéraux

Les données de la moyenne des valeurs de minéraux teneur dans la poudre de caroube sont décrites dans le tableau n° 8. (Yousif, 2000)

Les oligo-éléments Cu, Zn et Se agissent comme des cofacteurs d'enzymes antioxydantes pour protéger l'organisme des radicaux libres d'oxygène produits lors du stress oxydatif. (Youssef et al., 2013)

**Tableau n° 8 : Valeurs moyennes de la teneur en minéraux de la poudre de caroube (mg/kg)**

<b>Minéraux</b>	<b>mg/Kg.</b>
<b>Mn</b>	10.24
<b>Zn</b>	24.71
<b>Fe</b>	381,80
<b>Cu</b>	4,84
<b>Se</b>	9,79
<b>Californie</b>	2123.00
<b>N / A</b>	505,97
<b>K</b>	8637.64
<b>P</b>	2255.21
<b>S</b>	17577.80

### 1.9.1.6 L'Humidité et cendre

Les taux en humidité et cendre selon les travaux de Dakia en 2011 ont démontré les résultats présentés dans le tableau n°09 :

**Tableau n°9 : composition globale de la farine de germe de caroube (Dakia .,2011)**

Composé	Les analyse a approximative
Humidité	8 ,3
Cendre	6,5
Protiene	54,7
Lipides	6,6
Glucides	23,9
Energie brute kj/g	17,5

### 1.9.1.7 Les vitamines

Les données décrites dans le Tableau n° (10) représentée la moyenne valeur de la teneur en vitamines de la caroube poudre.

Les données ont révélé que la poudre de caroube est une bonne source de vitamines E, D, C, Niacine, B<sub>6</sub> et l'acide folique. Pendant ce temps, la poudre de caroube contenait des niveaux inférieurs de vitamines A, B<sub>2</sub> et B<sub>12</sub>. Ces données sont en accord avec(Anon., 1986)

**Tableau n°10 :Valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube(Youssef et al., 2013)**

Vitamines	Unité de teste
<b>vitamines liposolubles</b>	<b>µg / 100 g</b>
A	1.407
E	5.377
D	4.9
<b>Vitamines hydrosolubles</b>	<b>mg/100g</b>
C	830.08
B2	0.38
Niacine	185.68
B6	23.80
Acidefolique	41.97
B12	1.30

## 1.9.2. La composition chimique de la graine

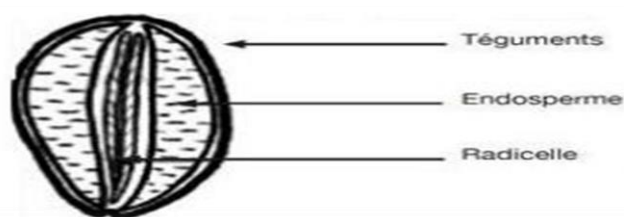
La graine est composée de 30 à 33% d'enveloppe tégumentaire, de 42 à 46% de l'albumen (d'endosperme) et de 23 à 25% d'embryon (le germe) (Garnit, 2006; Dakia et al., 2008). (Figure n°6)

**1.9.2.1. La cuticule (L'enveloppe tégumentaire)** contient des antioxydants (Batista et al., 1996). Ces antioxydants naturels n'est autre que les polyphénols naturellement présentes dans l'enveloppe de la graine, qui sont valorisables dans l'industrie alimentaire.

**1.9.2.2. l'endosperme** est essentiellement constitué de gomme ou galactomannanes (30 à 40%), qui est un polysaccharide composé de deux unités de sucres, mannose et galactose, combinées par des liaisons glycosidique, cette gomme renferme très peu de minéraux et de protéines <2% .(Battle et Tous, 1997).

**1.9.2.3. Le germe** La farine de germes est très riche en protéines (50%), en glucides (27%). Elle est principalement utilisée dans les aliments pour les enfants (Lizardo et al., 2002)

Elle est également utilisée dans l'alimentation diététique humaine ou comme ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales pour les personnes cœliaques.



**Figure 6:** Coupe transversale d'une graine de caroube (Dakia et al., 2008).

## 1.10. Application de caroubier à la promotion de la santé et la prévention des maladies

Endosperme de graines de caroube La composition de la farine d'endosperme de graines de caroube (gomme de caroube brute) est donnée dans le tableau n°11 :

**Tableau n°11:** Composition de la farine d'endosperme de graines de caroube (% sur la base de la matière sèche)

Analyse approximative	(%)
Humidité	5,9
Cendre	0,7
Protéines	5,2
Lipides	1,3
Galactomannane (sous forme de glucides)	92,8



La teneur plus élevée en galactomannane dans l'endosperme des graines de caroube montre que la gomme de caroube est un polysaccharide de galactomannane. **(Dakia et al., 2008)**.

Le galactomannane, composé à plus de 90 %, est le principal composé de la gomme de graines de caroube. C'est un polysaccharide linéaire basé sur un squelette  $\beta$ -D-(1/4)-mannane auquel des résidus D-galactopyranosyle simples sont attachés via des liaisons  $\alpha$ -D-(1/6) **(Sittikijyothin et al., 2005)**. Comme indiqué ci-dessus, le LBG est largement utilisé comme additif dans les industries alimentaires et non alimentaires, en raison de sa capacité à fournir une viscosité élevée à de faibles concentrations (0,1e1%) et à fonctionner comme un liant pour l'eau. Les solutions LBG ne sont que légèrement affectées par le pH, les ions ajoutés et le traitement thermique. Il est utilisé dans la préparation de la crème glacée, dans la fabrication du papier et du textile (comme agent de renforcement), **(Dakia, 2011)**

Étant non digestible, la gomme de caroube est considérée comme une fibre alimentaire dans les aliments **(Dakia et al., 2008)**. Il augmente la teneur en fibres alimentaires d'un produit alimentaire sans augmenter les calories et de ce fait il est utile pour développer des aliments à faible teneur en calories. Il est utilisé comme substitut de graisse dans la mayonnaise et dans de nombreux produits laitiers, et est considéré comme une excellente alternative au gluten car il est non allergène et sans danger. La présence de cette substance dans les aliments augmente également le gonflement des aliments une fois dans l'estomac, ce qui favorise une sensation de satiété. Il est considéré comme un coupe-faim naturel. **(Dakia, 2011)**

La gomme de caroube peut être utilisée dans le traitement ou le contrôle de l'hyperlipidémie (cholestérol élevé dans le plasma). Il peut également être transformé en farine sans sucre et sans amidon pour les diabétiques **(Wenzl et al., 2003 ; Dakia, 2011)**

Une autre valeur médicinale de la gomme de caroube est sa capacité à réduire les troubles gastro-intestinaux, en particulier la diarrhée chez les nourrissons. L'utilisation de la gomme de caroube en complément d'une solution orale de réhydratation a montré des résultats prometteurs pour le traitement de la diarrhée infantile, La gomme de caroube est capable d'agir comme un épaississant pour absorber l'eau et aider à lier les selles aqueuses. **(Dakia, 2011)**

### **1.11. Les métabolites**

Sont des molécules issues du métabolisme des végétaux (ou animaux), on

Distingue deux classes : métabolites primaires et métabolites secondaires **(Nouioui,2019)**

#### **1. Les métabolites primaires**

Les métabolites primaires sont des produits issus directement des photoassimilats, comme les sucres simples, acides aminés, protéines, acides nucléiques et organiques, qui participent à la structure de la cellule végétale ainsi qu'à son fonctionnement de base **(Hopkins, 2003)**

Ils sont souvent produits en grande quantité mais présentent une valeur ajoutée relativement basse. Ces métabolites sont aussi définis comme des molécules qui se trouvent dans toutes les cellules végétales et nécessaires à leur croissance et à leur développement (**Raven et al., 2000**)(**nouioui , 2019** ).

- Ils sont répartis en :

Glucides (sucres) : source d'énergie, paroi cellulaire.

Lipides : source d'énergie, membranes cellulaire.

Acides aminés : construction des protéines.

Nucléosides, les acides nucléiques et leurs précurseurs biosynthétiques

### **1.11.2. Les Métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolites primaires et résultent de réactions chimiques ultérieures. Ils sont souvent synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre avec une structure chimique parfois complexe (**Hopkins, 2003**)

Ils sont très différents selon les espèces et s'accumulent le plus souvent en faible quantité. Ces molécules bioactives sont produites à différents endroits de la cellule dans des parties spécifiques de la plante en fonction du stade de développement. Leurs rôles dans la physiologie de la plante ne sont pas encore tous élucidés. Ces composés sont limités à certaines espèces de végétaux et sont importants pour la survie et la valeur adaptative des espèces qui les synthétisent (**Raven et al., 2000** ).

Les métabolites secondaires sont reconnus par leurs activités biologiques nombreuses qui comprennent des activités antibactériennes, anticancéreuses, antifongiques, analgésiques, anti-inflammatoires, diurétiques gastro-intestinales, et antioxydants... (**Nouioui , 2019** )

#### **1 .11.2.1 Classification des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont classés en plusieurs grands groupes, parmi ceux-ci :

- a. Composés phénoliques
- b. Alcaloïdes
- c. Terpénoides et les stéroïdes.

Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activité biologique (**Nouioui, 2019**).

##### **a. Composés phénoliques**

Les composés phénoliques représentent une vaste classe de substances organiques cycliques très variées, qui dérivent du phénol  $C_6H_5OH$ . Les composés phénoliques sont fort répandus dans le

règne végétal ; on les rencontre dans les racines, les feuilles, les fruits et l'écorce. La couleur et l'arôme, ou l'astringence des plantes dépendent de la concentration et des transformations des phénols. Dans la nature, ces composés sont généralement dans un état lié sous forme d'esters ou plus généralement d'hétérosides. Ils existent également sous forme de polymères naturels (tanins). Cette classe est plus représentée par les flavonoïdes (**nouioui ,2019**) ; (**Walton 1999**).

#### **b. Alcaloïdes**

Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale à caractère alcalin et présentant une structure moléculaire hétérocyclique complexe. La plupart des alcaloïdes sont dérivés d'acide aminés tels que le Tryptophane, l'Ornithine, la Lysine, l'Asparate, l'Anthranilate, la Phénylalanine et la Tyrosine. Ces acides aminés sont décarboxylés en amines et couplées à d'autres squelettes carbonés (**Nouioui ,2019**).

#### **c. Terpenoïdes**

Les terpénoïdes constituent sans doute le plus vaste ensemble connu de métabolites secondaires des végétaux, ce sont des molécules polyéniques qu'on trouve également dans le règne animal. Les composés de ce groupe, constitués uniquement des éléments : carbone, hydrogène et oxygène, comportent des huiles essentielles, des résines ; des stéroïdes et des polymères comme le caoutchouc (**Nouioui., 2019**).

#### **Stéroïdes**

Les stéroïdes représentent un ensemble de molécules dérivées du cholestérol ou de ses homologues particulièrement abondants dans les végétaux et les animaux, pour plusieurs biochimistes, les stérols constituent une catégorie à part entière incluant les stéroïdes » ainsi que cinq autres sous-classes (**Nouioui., 2019**).

- Les stérols et ses dérivés : cholestérol, phytostérol et stérides
- Les stéroïdes : oestrogènes, androgènes, gluco- et minéralocorticoïdes
- Les sécostéroïdes : vitamine D
- Les stéroïdes conjugués

# **Chapitre 2 :**

**Donné bibliographique sur le  
microbiote intestinal autochtone**

## Chapitre 2 : Donné bibliographique sur le microbiote intestinal autochtone

### 2.1 Définition

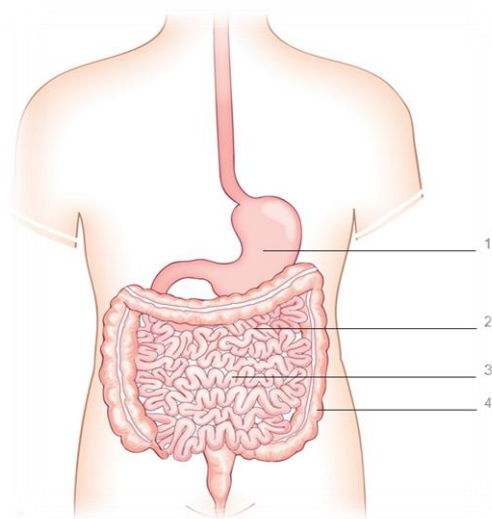
La flore intestinale ou nouvellement appelée microbiote, englobe les micro-organismes qui colonisent le tractus digestif et vivent en harmonie avec l'organisme humain. Elle est également considérée comme un organe supplémentaire, en vue de sa constitution importante en bactéries 100 000 milliards c'est-à-dire 100 fois plus que nos propres cellules eucaryotes humaines, qui possèdent ses propres moyens de communication avec l'ensemble de l'organisme. Aujourd'hui, nombreux documents ont révélé qu'en plus du rôle de la digestion des aliments, le microbiote est constitué d'un écosystème complexe impliquant une relation symbiotique mutualiste avec son hôte et contribue à différentes pathologies humaines (Yang *et al.*, 2020).

La flore intestinale est caractérisée principalement par trois types de flore : bactéries symbiotiques, bactéries commensales et bactéries opportunistes (Descoins, 2017).

Les premières colonisations bactériennes chez le fœtus sont lors de l'accouchement et l'allaitement. Le microbiote adulte se stabilise fonctionnellement à partir de l'âge de 2-4 ans et son évolution diffère d'un individu à un autre en fonction de plusieurs facteurs dont l'individu lui-même, son régime alimentaire, son environnement et son mode de vie (Cotillard *et al.*, 2013).

### 2.2. Composition

Les conditions écologiques diff rent considérablement le long du tractus digestif (pH, potentiel d'oxydo-réduction ou potentiel redox, anaérobiose, disponibilité de substrats alimentaires, vitesse du transit, site d'adhésion, etc.), on comprend aisément que le microbiote diffère fortement selon des niches (comme les gencives, la langue, l'estomac, le grêle proximal, le grêle distal, le côlon proximal et distal, le mucus, etc.) (Figure 7) (Marteau., 2013).



1 : Estomac. 2 : jéjunum. 3 : iléon. 4 : côlon.

**Figure 7.** Les conditions écologiques abiotiques et microbiote de tractus digestif. (Marteau., 2013).

Conditions écologiques abiotiques et microbiote peu- plant différentes niches de l'intestin.

1. Estomac : pH très acide,  $10^8$ – $10^{10}$  colony-forming units (CFU)/g, flore ingérée en transit, *Lactobacillus*- *Streptococcus*, *Helicobacter pylori*.

2. Jéjunum : acides biliaires, transit rapide,  $10^2$ – $10^4$  CFU/g, flore ingérée en transit, *Lactobacillus*- *Streptococcus*.

3. iléon : transit plus lent,  $10^4$ – $10^6$  CFU/g, *Firmicutes*: *Clostridies*, *Lactobacillus*-*Streptococcus*, *Bacteroides*.

4. côlon : transit très lent, substrats exogènes diminuent, anaérobiose,  $10^8$ – $10^{12}$  CFU/g, *Firmicutes*: *Clostridies*, etc., *Bacteroidetes*, bifidobactéries, entérobactéries. (Marteau., 2013)

Il existe aussi des interactions entre les micro-organismes qui coopèrent en chaînes trophiques, symbioses, biofilms par exclusion compétitive. En conséquence, les associations microbiennes ne sont souvent pas le fruit du hasard mais au contraire organisées en entérotypes. L'équilibre écologique de chaque niche est variable. L'écosystème du côlon est le plus abondant et celui renfermant la plus grande biodiversité (chacun d'entre nous hébergeant plus de 100 espèces de bactéries coliques). (Marteau., 2013)

Quand on examine les selles au moyen de marqueurs moléculaires très spécifiques d'espèces ou de souches, on constate que chacun d'entre nous possède un microbiote qui lui est propre, c'est-à-dire qu'il diffère suffisamment de celui d'autres êtres humains pour être reconnu. Les analyses de composition de microbiote couplées aux outils bio statistiques montrent que le microbiote de jumeaux diffère moins que celui de deux apparentés non jumeaux, eux-mêmes moins différents que ceux de sujets non apparentés. Les rôles de facteurs génétiques et d'environnement sont donc évidents et non mutuellement exclusifs. (Marteau., 2013)

Quand on examine au contraire les selles avec des marqueurs moléculaires de groupes de bactéries (*phyla* ou espèces), on observe une similarité de composition entre individus avec cependant des variations (qu'il est désormais possible d'étudier grâce à ces outils de recherche) entre les pays, l'âge, certains régimes et certaines maladies. Au sein de la biodiversité, certains groupes et espèces sont plus représentés ; ces « dominants » sont de l'ordre de 100 à 1000 fois plus nombreux que les « sous dominants ». (Marteau., 2013)

## 2.3. Bactéries :

### 2.3.1. Le phylum des Firmicutes

Le phylum des Firmicutes (bactéries à Gram positif) est toujours fortement représenté. Il comprend tout d'abord le groupe dit « *Eubacterium rectale*–*Clostridium coccoïdes* » qui est souvent le plus important (14 à 31 % des bactéries totales en moyenne suivant les études). Il comprend des espèces bactériennes appartenant aux genres *Eubacterium*, *Clostridium*, *Ruminococcus*, *Butyrovibrio*. Le phylum des Firmicutes comprend également le groupe «

*Clostridium leptum* », avec notamment les espèces *Faecalibacteriumprausnitzii*, *Ruminococcusalbus* et *R. Flavefaciens*, groupe qui est aussi très souvent dans la dominance (16 à 22 % en moyenne). (Corthier., 2007) .

### **2.3.2. Le phylum des bacteroidetes**

Le phylum des bacteroidetes sont représentés par les genres apparentés à *Bacteroides* (*Bacteroides*, *Prevotella* et *Porphyromonas*). Ils sont toujours présents et partagent la dominance avec les groupes précédents (9 à 42 % des bactéries totales suivant les études). (Corthier., 2007).

### **2.3.3. Le phylum Actinobacteria**

Le phylum est moins systématiquement détecté en dominance mais il représente en moyenne quelques pour cent des bactéries totales.

Le phylum des Actinobacteria, avec les bifidobactéries (0,7 à 10 %) et les bactéries du groupe *Collinsella-Atopobium* (0,3 à 3,7 %) est moins systématiquement détecté en dominance. (Corthier, 2007).

### **2.3.4. Entérotype**

Arumugam et al ont analysé 33 échantillons de qualifiés simples provenant de différentes populations et ont constaté que ces échantillons peuvent être stratifiés en trois grappes robustes distinctes alimentées par des genres discriminants. Il s'agit notamment de *Bacteroides* (entérotyp1), *Prevotella* (entérotype 2) et *Ruminococcus* (entérotype3), chaque grappe étant désignée comme entérotype par la suite. L'essence de l'entérotypie est de stratifier le microbiome de l'intestin humain, servant de processus de réduction de la dimensionnalité pour réduire la variation mondiale du microbiome en quelques catégories. Ces catégories, appelées « entérotypes », ont été déclarées à l'origine comme « zones densément peuplées dans un espace multidimensionnel de composition communautaire », ce qui signifie qu'elles ne sont pas fortement délimitées comme groupes sanguins humains. (Cheng et Ning, 2019)

## **2.4. Autres microorganismes**

Les entérobactéries sont plus rarement observées dans la microflore fécale dominante (en moyenne 0,4 à 1 %), de même que les lactobacilles et streptocoques (2 %). (Corthier, 2007).

## **2.5. Mise en place**

Lors de la naissance, le mode d'accouchement détermine la première colonisation bactérienne du tractus gastro-intestinal du nouveau-né, stérile à la naissance. Ainsi, l'enfant né par voie basse est d'abord colonisé par des bactéries d'origine maternelle, en particulier des bactéries vaginales, fécales ou cutanées. Ensuite, les intestins du nouveau-né sont rapidement colonisés par les

bactéries de l'environnement, essentiellement des *Escherichia coli* et des streptocoques, puis par celles contenues dans son alimentation, à base de lait, notamment les bifidobactéries et les lactobacilles. Plus tard, d'autres genres bactériens s'installent dans le tractus intestinal comme *Bacteroides* et *Eubacterium*. L'âge du sevrage est une étape transitoire qui induit de forts changements dans la composition du microbiote par l'introduction d'aliments solides et variés (légumes, féculents). Le microbiote intestinal d'un enfant, stabilisé après le sevrage, est considéré comme étant en équilibre entre les deuxième et troisième années. **(Abdessamad et al., 2014)**

L'hygiène qui entoure la naissance et les premiers moments de la vie conditionne fortement la dynamique de colonisation. Il apparaît aujourd'hui clairement que la colonisation par des espèces commensales habituelles comme *Escherichia coli* est retardé dans les pays industrialisés par rapport au passé (de quelques jours à six mois) et par rapport aux pays en voie de développement, apparemment du fait des conditions d'hygiène appliquées aujourd'hui. Des bactéries habituellement associées à la peau (*Staphylococcus* sp.) apparaissent alors dans la flore dominante précoce. Une naissance par césarienne s'accompagne également le plus souvent de l'acquisition retardée des groupes dominants usuels et de la présence plus fréquente de bactéries d'origine environnementale que dans le cas de naissances par voie basse. **(Corthier., 2007)**

## **2.6. Facteurs influençant le microbiote intestinal**

### **2.6.1. Mode d'alimentation**

Le lait maternel est capable de moduler la composition du microbiote intestinal par différentes voies. En effet, le lait maternel n'est pas stérile. Il contient des bactéries qui font partie des premiers microorganismes à coloniser le tractus digestif de l'enfant. D'autre part, le lait maternel contient de fortes quantités d'oligosaccharides qui vont pouvoir servir de substrats à certaines bactéries intestinales capables de les digérer. Le lait maternel assure également l'immunité passive de l'enfant via le transfert de grandes quantités d'IgA qui reconnaissent pour une grande majorité d'entre elles des motifs bactériens. Enfin, le lait maternel est une source de molécules anti-bactériennes telles que le lysozyme ou la lactoferrine qui peuvent limiter la croissance de certaines espèces. **(Hazebrouck., 2017).**

Il est généralement rapporté que l'allaitement exclusif induit une réduction de la diversité du microbiote intestinal de l'enfant. L'allaitement maternel favorise ainsi l'implantation des Actinobacteria (des Bifidobacteria en particulier) et du genre *Lactobacillus* et induit une baisse des Firmicutes et des Proteobacteria. Pour les enfants recevant une formule infantile, il est souvent observé une plus forte abondance de la famille des *Clostridiales* incluant les genres



*Coprococcus*, *Ruminococcus*, *Eubacterium*, chnospiraceae *Dorea* et *Blautia* et en particulier l'espèce *Clostridiumdifficile*. **(Hazebrouck. S., 2017)**

Le mode d'alimentation du jeune enfant joue un rôle essentiel car, non seulement, le lait maternel contient des pré-biotiques, qui sont des nutriments utilisés comme substrats par son microbiote, et qui en modulent la composition et l'entretiennent, mais aussi des bactéries (probiotiques). Toutefois, la nature du lait maternel diffère selon la voie d'accouchement (basse ou par césarienne). **(Hazebrouck. S., 2017)**

### **2.6.2 Prise d'antibiotique**

Les antibiotiques sont, à des degrés divers, susceptibles de perturber le microbiote intestinal pendant et même après leur administration. Le déséquilibre induit favorise parfois le développement de micro-organismes pathogènes (*Clostridiumdifficile*) qui peuvent être responsables de graves complications au niveau de la muqueuse intestinale. **(Buxeraud, 2021).**

Si les antibiotiques constituent une arme anti- infectieuse très efficace, ils sont susceptibles de déséquilibrer le microbiote intestinal et donc de provoquer des troubles digestifs. La diarrhée associée aux antibiotiques (DAA) est définie par l'émission d'au moins trois selles très molles à liquides par vingt-quatre heures, pendant au moins vingt-quatre heures, durant un traitement antibiotique ou dans les deux mois suivant son arrêt. Cliniquement, la DAA prend la forme de manifestations plus ou moins graves. Le plus souvent, il s'agit d'une diarrhée simple non compliquée, mais une colite pseudo membraneuse (CPM) peut survenir dans certains cas.

Le déséquilibre du microbiote intestinal s'installe souvent rapidement lors de la prise d'un traitement antibiotique. Les perturbations peuvent se manifester vingt-quatre heures après le début de l'antibiothérapie et perdurer, voire s'aggraver, tout au long de son administration. À l'arrêt du traitement, le microbiote intestinal met parfois plusieurs semaines à revenir à l'équilibre. **(Buxeraud, 2021).**

Nous avons détaillé (cf. supra) les effets indésirables potentiels de certains traitements antibiotiques. Les antibiotiques ont un effet indiscutablement positif dans certaines infections intestinales bactériennes pour diminuer les signes systémiques et les complications des formes graves. Inversement, ils augmentent significativement le risque de rechute par rapport à l'éradication naturelle du pathogène sans prise d'antibiotiques. On espère que des antibiotiques au spectre plus étroit diminuent ce risque et diminuent leur impact sur les bactéries responsables de l'effet de barrière protecteur. On peut, par exemple, mentionner que la *fidaxomicine* au spectre étroit diminue la récurrence d'infection à *C. difficile* par rapport à la vancomycine. **(Buxeraud, 2021).**

## 2.7. Les fonctions du microbiote intestinal

Certains micro-organismes exercent des effets directs dans l'intestin (par exemple du fait de leurs capacités enzymatiques); d'autres des effets indirects car leur présence est détectée par des récepteurs des cellules de l'hôte qui s'adaptent alors à sa physiologie (ceci peut désormais être étudié en observant les expressions de gènes de l'hôte après l'exposition à des micro-organismes)(Landman et Quévrain., 2016)

La somme des gènes des micro-organismes intestinaux (on la désigne par le terme métagénome) est 100 fois supérieure au génome humain (Eckburg , 2005)Il n'est donc pas étonnant de voir la multiplicité des fonctions physiologiques et parfois pathologiques qu'ils contrôlent. Les fonctions des micro-organismes sont souvent communes à des phyla ou à des groupes mais peuvent aussi, au contraire, être parfois restreintes à des espèces voire seules à certaines souches. Par exemple, la production de méthane est le fait des seuls *Methanobrevibacter*(Lichtenstein1990) De même, seules certaines souches de *Clostridium difficile* sont toxinosécrétrices (et alors pathogènes) et seules certaines souches de *Bifidobacterium bifidum* ou de *Saccharomyces cerevisiae* ont des propriétés probiotiques. (Landman 2016).

### 2.7.1 Fonction de barrière et de protection

Le microbiote de l'intestin joue un rôle de barrière protectrice contre des pathogènes ingérés comme l'avait fait très tôt suspecter la fréquence des infections d'origine intestinale au cours des traitements le déséquilibrant. Un excellent exemple est la fréquence des infections à *C. difficile* quand une antibiothérapie altère le microbiote endogène dominant.

Plusieurs mécanismes participent à cet effet:

L'exclusion compétitive de micro-organismes entre eux (en consommant les mêmes substrats, occupant les mêmes sites d'adhésion, ou par la sécrétion de métabolites comme des acides ou des bactériocines). (Britton, 2012).

- la stimulation des défenses innées ou immun modulation avec renforcement des sécrétions de défensives ou d'immunoglobulines par exemple :
- la modulation de la sécrétion du mucus : Les cellules humaines ont en effet des récepteurs aux molécules microbiennes (familles des récepteurs toll-like et nod-like) qui sont reconnaissants des signaux microbiens des micro-organismes pathogènes et non pathogènes et régulent les réactions inflammatoires et immunes via entre autre la voie NFk B. (Johnson et al., 2012).

Des travaux expérimentaux et des études cliniques randomisées chez l'homme ont montré que la fonction de barrière peut être renforcée par des micro-organismes exogènes thérapeutiques. Par exemple, *Saccharomyces boulardii* diminue le risque de rechute de *C. difficile* (Johnson et al., 2012).

### 2.7.2 Fonction métabolique

Fonctions métaboliques Les principales sources d'énergie du microbiote intestinal sont les glucides et les protéines contenues dans les fibres alimentaires non digérées par l'hôte dans le tractus digestif supérieur et qui parviennent dans le côlon. La nature et la quantité des substrats disponibles dépendent donc des individus et de leur régime alimentaire qui constitue un facteur environnemental susceptible d'influencer l'équilibre du microbiote. **(Landman et Quévrain., 2016).**

La biotransformation de ces différents substrats par le microbiote colique, d'une part, permet aux bactéries d'obtenir l'énergie nécessaire à leur croissance et, d'autre part, génère la production d'une diversité de métabolites qui sont pour la plupart absorbés et utilisés par l'hôte.

**(Macpherson ,2004).**

### 2.7.3 Métabolisme des glucides

Selon les individus et leur régime alimentaire, 10 à 60 g de glucides fermentescibles par jour parviennent au côlon. Différents groupes bactériens du microbiote colique avec des activités complémentaires forment une chaîne trophique de dégradation anaérobie des polymères glucidiques en métabolites fermentaires.

La première étape est la dégradation des différents polymères en fragments plus petits (oligosides, oses, etc.) qui fait intervenir une grande variété d'hydrolases (polysaccharidase, glycosidases, etc.). Ces enzymes sont produites par les bactéries du microbiote dites « *fibrolytiques* », appartenant principalement aux genres *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Ruminococcus* et *Roseburia*. **(Pryde et al ., 2002).**

Les bactéries glycolytiques transforment les glucides ainsi produits en pyruvate en utilisant la voie de la glycolyse. Par la suite, le pyruvate est lui-même transformé via différentes voies métaboliques en acides gras à chaînes courtes, produits finaux de la fermentation.

Il s'agit de l'acétate produit par la majorité des espèces prédominantes du côlon (*Bacteroides*, *Clostridium*. . .), du propionate synthétisé principalement par les espèces du genre *Bacteroides* et également par *Propionibacterium* et *Veillonella* et enfin du butyrate produit par les espèces des genres *Eubacterium*, *Coprococcus*, *Roseburia*, *Faecalibacterium* **(Pryde et al., 2002).**

### 2.7.4 Métabolisme des gaz

L'hydrogène est le gaz majoritairement produit lors des processus fermentaires et ce en grande quantité de façon quotidienne dans le côlon. Son élimination, essentielle à l'efficacité du processus fermentaire, est possible de plusieurs manières.

Il peut être excrété par l'émission de gaz rectaux ou par voie pulmonaire, mais la plus grande partie de l'hydrogène est transformée in situ par des bactéries du microbiote colique dites hydrogénotrophes. **(Christl et al .,1992)**

Les trois types de transformation principaux sont: en méthane par les archées méthanogènes (présents dans le microbiote colique de 30 à 50 % des adultes), en acétate par les bactéries *acétogènes*, et enfin, en sulfures au potentiel délétère pour le colonocyte par les bactéries *sulfatoréductrices* (dont le genre prédominant est *Desulfovibrio*). (Christl et al., 1992)

### 2.7.5 Métabolisme des protéines

La biodégradation des protéines est quantitativement moins importante que celle des glucides mais elle est fondamentale car les protéines représentent la principale source azotée des bactéries coliques. (Landman et Quévraina., 2016)

Le métabolisme des protéines fait intervenir plusieurs espèces ayant des activités complémentaires. Les bactéries dites « protéolytiques », appartenant aux genres *Bacteroides*, *Clostridium*, *Propionibacterium*, *Fusobacterium*, *Streptococcus* et *Lactobacillus*, sont capables par leur activité protéasique d'hydrolyser les protéines en petits peptides. Certaines espèces bactériennes peuvent assimiler ces peptides, ce qui s'accompagne fréquemment de la libération d'acides aminés libres qui seront utilisés par d'autres bactéries incapables d'assimiler directement des peptides. La fermentation des acides aminés s'utilise plusieurs réactions d'oxydation et de réduction dont la principale est la voie réductrice de désamination et aboutit comme la fermentation des glucides à la formation d'acides gras à chaînes courtes (acétate, propionate, butyrate) mais aussi d'ammoniac. Néanmoins, de nombreux autres composés comme des phénols, des acides dicarboxyliques et des acides gras ramifiés (isobutyrate, isovalerate, etc.) sont également produits. Les composés phénoliques et indoliques, issus de la dégradation des acides aminés aromatiques et qui sont potentiellement toxiques pour l'hôte, sont absorbés et détoxifiés dans la muqueuse colique, puis excrétés dans les urines. L'ammoniac est également absorbé dans le côlon, il rejoint le foie par la circulation portale où il est converti en urée qui sera éliminée par voie urinaire. L'ammoniac est aussi une source majeure d'azote pour un grand nombre de bactéries du microbiote colique qui l'utilise pour la synthèse d'acides aminés grâce à leur activité aminotransférase. (Landman et Quévraina., 2016 ).

### 2.7.6 Métabolisme des lipides

Les lipides de la lumière colique comprennent les lipides non absorbés dans l'intestin grêle, ceux provenant de la desquamation des colonocytes et les lipides bactériens. Ces acides gras sont transformés (hydrolyse, oxydation, réduction, hydroxylation) par les bactéries du microbiote colique. Le cholestérol colique provient pour la majorité de la bile (70 %) et pour le reste de l'alimentation (20 %) et de la desquamation des cellules épithéliales intestinales (10 %). Il est converti par le microbiote en coprostanol qui n'est pas absorbé et donc est éliminé dans les fèces [Lichtenstein AH. Intestinal cholestérol métabolisme. (Lichtenstein., 1990).

Cette efficacité est très variable d'un sujet à l'autre et le taux fécal de coprostanol pourrait être impliqué dans la réduction du risque cardiovasculaire et la cancérogénèse colique. Les acides biliaires, produit de transformation du cholestérol par le foie, sont conjugués à la glycine ou à la taurine, ce qui a pour conséquence une amphiphile accrue. 95% des acides biliaires suivent le cycle entéro-hépatique : sécrétion biliaire, réabsorption au niveau de l'iléon terminal, retour au foie via le système porte, avant d'être à nouveau sécrété dans la bile. Seuls 5 % des acides biliaires sécrétés dans la bile parviennent donc au côlon où ils sont métabolisés (déconjugaison, oxydation, épimérisation, 7-alpha-déshydroxylation, désulfatation, etc.) par les bactéries du microbiote en acides biliaires dits secondaires (**Ridlon et al., 2006**).

La déconjugaison (espèces des genres *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, etc.) rend les acides biliaires plus hydrophobes et favorise leur absorption passive.

Les acides cholique et chénodésoxycholique, acides biliaires primaires principaux chez l'homme, sont transformés par 7-alpha-déshydroxylation par les espèces du genre *Clostridium* en acides des oxycholique et lithocholique (acides biliaires secondaires) qui pourraient avoir un effet carcinogène sur la muqueuse colique.

Les hormones stéroïdes et des xénobiotiques suivent également un cycle entéro-hépatique et les mêmes voies métaboliques avec conjugaison hépatique et déconjugaison par le microbiote colique. En considérant le rôle fondamental que le microbiote intestinal joue dans la réponse immunitaire ainsi que dans différentes voies métaboliques essentielles de l'hôte, on peut facilement imaginer l'impact fonctionnel d'un déséquilibre de ce microbiote sur le développement de différentes pathologies immunitaires et métaboliques. (**Landman et Quévrain., 2016**).

### **2.7.7. Fonction immunitaire**

Il existe dans la lumière intestinale une compétition pour les nutriments et les sites d'adhérence épithéliaux entre pathogènes et bactéries commensales. Par ailleurs, le microbiote produit des bactériocines et il est capable de stimuler la production de peptides antimicrobiens par les cellules épithéliales. Il induit également la production des IgA sécrétoires et favorise le bon fonctionnement des jonctions serrées entre les cellules épithéliales (**Hooper., 2004**).

ce qui diminue l'invasion par des bactéries pathogènes, le microbiote intestinal joue un rôle fondamental dans le développement et la maturation du système immunitaire. Certaines espèces bactériennes aient des propriétés spécifiques. (**Landman et Quévrain., 2016**).

L'homéostasie intestinale est notamment sous la dépendance d'un équilibre entre les lymphocytes T effecteurs (Th17 principalement) et les lymphocytes T régulateurs (Treg). Il a récemment été montré que certaines bactéries stimulent particulièrement les populations Th17 intestinales (**Gaboriau-Routhiau et al., 2009**).

Alors que d'autres stimulent les Treg(Atarashi et al.,2011). Par l'intermédiaire des acides gras à chaînes courtes qu'elles produisent (Smith et al., 2013). Elles participent ainsi au maintien de l'homéostasie intestinale.

### **2.7.8Autre fonction**

Parmi les activités de synthèse du microbiote colique on peut citer celles des vitamines B9 et K (l'antibiothérapie est une cause de carence en vitamine K) mais aussi celle d'agonistes de l'acide gamma-aminobutyrique. (Marteau, 2013).

### **2.8. Dysbiose et déséquilibre du microbiote intestinal**

L'hôte et son microbiote sont habituellement en interrelations symbiotiques. Des perturbations de l'un des deux peuvent retentir sur l'autre et déséquilibrer l'ensemble.

On peut par exemple citer l'ingestion de micro-organismes (pathogènes ou non), par exemple à l'occasion de voyages (diarrhée du voyageur), la prise d'antibiotiques, d'inhibiteurs de la pompe à protons (qui augmentent la survie dans l'intestin de micro-organismes ingérés), etc... (Barrett et al ., 2012).

Les progrès récents, largement dus à la biologie moléculaire, ont permis d'étendre le champ des affections liées au microbiote intestinal au-delà des infections et de caractériser des situations de déséquilibre (dysbiose). Des perturbations cliniques, et notamment une diarrhée, sont fréquentes lors ou au décours de la prise d'antibiotiques. Deux mécanismes sont impliqués. Le premier est que les antibiotiques diminuent la capacité fermentaire du microbiote et que les résidus non fermentés dans le côlon y exercent un effet osmotique conduisant à une diarrhée (Marteau., 2012).

Le second implique la perturbation de la fonction de barrière ce qui favorise la multiplication de micro-organismes agressifs pour le côlon comme *C. difficile* (Johnson , 2012).

#### **2.8.1 Les symptômes**

Quand la maladie est sévère, la diarrhée peut atteindre plusieurs litres par jour et il existe de la fièvre et des douleurs abdominales avec menace vitale. Le diagnostic est en général très facile (mise en évidence dans les selles de *C.difficile*et/ou ses toxines). (Eckert.,2010)

#### **2.8.2Conséquence pathologique de la dysbiose**

- Pullulation bactérienne du grêle

La colonisation bactérienne chronique de tout ou partie de l'intestin grêle (aussi appelée pullulation) est une situation pathologique au cours de laquelle des micro-organismes à un taux anormalement élevé dans le grêle génèrent diarrhée, inconfort abdominal, gaz en excès voire parfois douleurs abdominales et véritable malabsorption (Bouhnik .,2001)

Les mécanismes impliqués ont multiples et incluent notamment le dé conjugaison prématurée des acides biliaires dans le grêle (en amont du côlon où cette activité métabolique microbienne est physiologique). Il existe un débat sur la place éventuelle de cette situation (rare) dans le syndrome de l'intestin irritable. (Marteau, 2013)

- **Colites de diversion**

La création d'une iléostomie de dérivation, le côlon en place ne recevant plus le chyme iléal, entraîne parfois une maladie inflammatoire du côlon appelée colite de diversion ; elle guérit quand le flux fécal est rétabli. Le mécanisme en est une insuffisance d'apport de substrats au côlon, notamment le butyrate et autres acides gras à courte chaîne qui lui apportent de l'énergie et des effets immun-modulateurs. (Marteau, 2013)

### **2.8.3. Pathologie digestifs**

Pathologie digestive à éosinophile : une maladie en recrudescence. La pathologie digestive à éosinophiles est une affection rare, caractérisée par l'accumulation inappropriée d'éosinophiles dans le tube digestif. D'étiologie et de physiopathologie non encore complètement élucidées, le rôle des allergènes est indéniable. La symptomatologie clinique aspécifique, dépend à la fois du segment atteint et de la profondeur de l'atteinte digestive. (Jardak et al., 2016)

L'angioedème se caractérise par des crises aiguës de gonflement de la face qui peuvent s'étendre à la bouche, à la langue, au larynx, au tube digestif et aux organes génitaux. Il s'accompagne parfois d'urticaire. Les investigations les plus poussées ne trouvent une étiologie que dans 20 % des cas environ. Lorsqu'une origine allergique est probable, le patient apporte souvent le diagnostic et ne demande qu'une confirmation objective (Halloy., 2010). Colite ulcéreuse

Certains probiotiques se sont révélés sûrs et aussi efficaces que les traitements conventionnels en induisant des taux de réponse et de rémission plus élevés dans la colite ulcéreuse légère et modérée chez les adultes et chez les enfants.

- **Maladie de Crohn**

Les études menées dans le cadre de la maladie de Crohn ont conclu qu'il n'existe aucune évidence en faveur d'un effet bénéfique des probiotiques dans le maintien de la rémission d'une maladie de Crohn.

- **Syndrome de l'intestin irritable (IBS)**

Une réduction des ballonnements intestinaux et des flatulences comme résultat d'un traitement par probiotiques est une observation conséquente dans les études publiées; quelques souches peuvent en outre soulager la douleur et fournir un soulagement global. Il existe une littérature suggérant que certains probiotiques peuvent améliorer les symptômes et la qualité de vie chez les patients souffrant de douleurs abdominales fonctionnelles.

- Colique

Certaines souches de probiotiques ont montré leur efficacité pour diminuer les pleurs dus à la colique chez le nourrisson allaité.

- Intolérance au lactose

*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* améliorent la digestion du lactose et réduisent les symptômes liés à l'intolérance au lactose. Ceci a été confirmé dans un grand nombre d'études contrôlées portant chez des individus consommant des yaourts avec des organismes vivants. (**Guarneret *al.*, 2017**).

#### 2.8.4 Pathologies respiratoire

Les infections respiratoires représentent par leur fréquence une des principales préoccupations des médecins. Outre leurs conséquences en termes de morbidité et de mortalité, ces infections représentent une cause majeure de prescriptions d'antibiotiques.

- **Grippe saisonnière** La vaccination grippale reste une des principales vaccinations dans le domaine des infections respiratoires

La couverture vaccinale du personnel soignant reste largement insuffisante.

- **Pneumocoques** L'efficacité du vaccin pneumococcique.

**Polysaccharidique classique** est limitée chez les personnes fragiles qui ont le plus besoin de protection, comme les sujets immunodéprimés et les personnes âgées. Chez les vieillards, le vaccin polysaccharidique n'a pas fait la preuve de son efficacité pour la réduction de l'incidence des pneumonies à pneumocoque. Certaines données suggèrent une efficacité.

**Tuberculose** L'incidence de la tuberculose décroît régulièrement en France La maladie devient rare dans la plupart des régions mais l'incidence reste élevée en Île-de-France. (**Perronne., 2008**).

**Coqueluche** La coqueluche qui était essentiellement une maladie de l'enfant a quasiment disparu chez l'enfant bien vacciné. Les adultes qui ont fait la coqueluche pendant l'enfance ou qui ont été vaccinés, perdent leur immunité progressivement au-delà de dix ans. C'est pourquoi dans tous les pays industrialisés à forte couverture vaccinale coqueluche chez l'enfant, la maladie est devenue préférentiellement une maladie des adultes protectrice sur les formes invasives de pneumonies avec hémocultures positives. (**Perronne., 2008**).

#### 2.8.5. Pathologies métaboliques

(Obésité, diabète, maladie de Crohn,...) sont multifactorielles et sont associées à une augmentation du tissu adipeux viscéral, une inflammation chronique de bas-grade ainsi qu'une dysbiose du microbiote intestinal. Les habitudes alimentaires jouent un rôle crucial sur la composition et la diversité du microbiote intestinal. Des recommandations nutritionnelles



existent pour les acides gras polyinsaturés (AGPI) et La consommation insuffisante d'AGPI peut favoriser le maintien d'un état inflammatoire chronique car, contrairement aux AGPI ils possèdent des propriétés anti-inflammatoires.(Plissonneau et al.,2022).

### 2.8.6. Pathologies immunitaires

**Le déficit immunitaire commun variable (DICV)** : est une pathologie rare, il s'agit d'un déficit constitutionnel de l'immunité humorale caractérisé par des infections bactériennes à répétition, et par une fréquence accrue de tumeurs, de maladies auto-immunes ou granulomateuses. (Ezzaitouniet al., 2017).

**Maladies auto-immunes** Des manifestations auto-immunes ont émaillé l'évolution de la maladie chez cinq patients (17,2 %). Une cytopnie auto-immune a été retrouvée chez deux patients (6,9 %) avec un cas de purpura thrombopénique immunologique (PTI) révèle' a l'âge de 7 ans et un cas d'anémie hémolytique auto-immune (AHAI). (Tahiata et al., 2014).

## 2.9. Les probiotiques

### 2.9.1. Définition

Les probiotiques sont des microorganismes vivants pour lesquels un bénéfice pour la santé de l'hôte a été démontré lors de leur administration en doses adéquates (Hill et al.,2014).

### 2.9.2. Type des probiotiques

Une souche probiotique est identifiée par son genre, son espèce, sa sous-espèce (s'il y a lieu) et par des caractères alphanumériques qui permet d'identifier sa souche spécifique. Dans la communauté scientifique, il existe une nomenclature reconnue et acceptée pour les microorganismes—par exemple, *Lactobacillus casei* ou *Lactobacillus rhamnosus* GG. Il n'existe pas de réglementation par la communauté scientifique en ce qui concerne le marketing et les noms commerciaux. En accord avec les guidelines de la WHO/FAO les fabricants de probiotique sont tenus d'enregistrer leurs souches dans un registre international. Une désignation supplémentaire des souches est conférée par les dépositaires. Les espèces de *Lactobacillus* et de *Bifidobacterium* sont les plus communément utilisées comme probiotiques, mais la levure *Saccharomyces boulardii* et quelques espèces de *E. coli* et de *Bacillus* sont également utilisées. Parmi les nouveaux venus, on peut également compter le *Clostridium butyricum*, récemment autorisé comme aliment nouveau par l'Union européenne. Les bactéries lactiques, y compris des espèces de *Lactobacillus*, utilisées pour la conservation de la nourriture par fermentation depuis des milliers d'années, peuvent jouer un double rôle comme agents de la fermentation alimentaire et potentiellement comme agents bénéfiques pour la santé. Stricto sensu, cependant, le terme

“probiotique” devrait être réservé aux microbes vivants pour lesquels un bénéfice pour la santé a été démontré dans des études contrôlées chez les humains. La fermentation concerne globalement la préservation d’un vaste ensemble de produits agricoles (céréales, racines, tubercules, fruits, légumes, lait, viande, poissons, etc.). (Guarner et al., 2017)

### **2.9.3. Mécanisme D’action des probiotiques**

Les probiotiques affectent l’écosystème intestinal en stimulant les mécanismes immunitaires muqueux, par une interaction avec des microbes commensaux ou potentiellement pathogènes, en produisant des produits métaboliques tels les acides gras à chaîne courte et en communiquant avec les cellules hôtes par des signaux chimiques .

Ces mécanismes peuvent induire un antagonisme envers des pathogènes potentiels, améliorer l’environnement intestinal, renforcer la barrière intestinale, diminuer l’inflammation et renforcer la réponse immune contre la stimulation antigénique. On pense que ces phénomènes induisent la plupart des effets positifs, y compris la réduction de l’incidence et de la sévérité des diarrhées (Guarner et al., 2017).

## **2.10. Les prébiotiques**

### **2 .10.1 Définition**

Les prébiotiques sont des substances alimentaires (consistant surtout en polysaccharides, à l’exclusion de l’amidon, et en oligosaccharides). La plupart des prébiotiques sont utilisés comme ingrédients alimentaires—dans les biscuits, les céréales, le chocolat, la pâte à tartiner et les produits laitiers, par exemple (Alligier et al., 2013).

### **2 .10.2 Type de pré biotique**

Les pré biotiques les plus communs sont : l’oligofructose, l’inuline, les galacto-oligosaccharides, le lactulose, les oligosaccharides du lait maternel (Guarner et al.,2017).

Ingrédients sélectivement fermentés qui induisent des changements spécifiques dans la composition et/ou l’activité du microbiote intestinal produisant ainsi un effet bénéfique sur la santé de l’hôte (Guarner et al., 2017), les prébiotiques de type inuline (ITF) (Alligier et al.;2013).

### **2.10.3. Mécanismes d'action des prébiotiques**

Les prébiotiques influencent les bactéries intestinales en augmentant le nombre de bactéries anaérobies bénéfiques et en diminuant la population des microorganismes potentiellement pathogènes.

Il a été récemment démontré que les prébiotiques de type inuline (ITF) sont capables d'améliorer le métabolisme en limitant la prise de masse grasse sous un régime riche en lipides (HFD). (Alligier et al., 2013).

### **2.11. Les bifidobactéries :**

#### **2.11.1. Définition et caractère généraux**

Les bifidobactéries sont des bactéries anaérobies strictes, qui font partie de la flore intestinale du corps humain et sont des bactéries non pathogènes. Constructions vasculaires immatures et la partie interstitielle (Moreau, 2001).

Les bifidobactéries ont été découvertes par Tissier 1900. Ont été isolées à partir de selles d'enfants nourris au lait maternel. Tissier avait alors décrit ces organismes comme des bactéries anaérobies, Gram positif en forme de bâtonnet. Ces bactéries avaient alors reçu le nom de *Bacillus bifidus communis*. Au même moment, en Italie, Moro découvrait des bactéries semblables qu'il a identifiées comme des *Lactobacillus* (Ballongue, 1993).

#### **2.11.2. Exigence nutritionnelles des bifidobactéries**

En générale les bifidobactéries sont capables d'utiliser les sels d'ammonium comme seule source d'azote par contre d'autres espèces comme *B. magnum*, *B. cuniculi* et *B. choerinum* exigent la présence d'azote organique (Hassinen et al., 1951).

L'activité des enzymes comme le glutamate déshydrogénase et la glutamine synthétase permet l'assimilation d'ammonium. Ces deux enzymes sont isolés et caractérisés à partir de *B. breve*, *B. pseudolongum* et *B. bifidum* (Ballongue, 1993).

Aussi la croissance des bifidobactéries est stimulée par la présence d'ions, vitamines et par d'autres facteurs qui sont métabolisés par l'hôte ou par les microorganismes du tractus gastro-intestinal comme la thréonine, extrait de levure, cystéine, dextrine, maltose et B-glycerophosphate et les facteurs *bifidogènes* qui sont des substances qui se trouvent dans le lait maternel ces facteurs incluent N-acetyl glycosamine, fructooligosaccharides, lactoferine, lactulose, lactitol, oligosaccharides et les polysaccharides (Modler et al., 1994).

## **5. Synthèse des travaux sur l'effet symbiotique de la poudre de la caroube (*Ceratonia siliqua*. L) :**

La caroube (*Ceratonia siliqua* L) est fréquemment utilisée par les industries agroalimentaires et pharmaceutiques, pour sa richesse en oligosaccharides et en fibres alimentaires.

Ces substances font de la caroube un candidat potentiel au statut prébiotique. Benguiar et al. (2015) avaient comme objectif dans un premier temps à la caractérisation de *L. fermentum* et *L. rhamnosus* pour leur attribuer le statut de probiotique et dans un deuxième temps, à évaluer l'effet de caroube (*Ceratonia siliqua* L) sur la croissance de ces deux bactéries. Des essais préliminaires ont révélé que les concentrations optimales d'utilisation de l'extrait de caroube sont de 1 et de 8% (P/V) pour *L. rhamnosus* et *L. fermentum*, respectivement. L'effet de ces deux concentrations optimales d'extrait de caroube a été évalué sur la croissance de ces deux souches candidats au statut probiotique. Les résultats montrent que la croissance de *L. fermentum* appréciée après 24 h d'incubation en présence de 8% d'extrait de caroube est quasi identique au témoin (absorbance à 625 nm : 1,08 vs 1,13) ce qui laisse penser que cette souche possède une bonne adaptation au milieu à base de caroube. Par ailleurs, la croissance de *L. rhamnosus* est réduite en présence de 1% (p/v) de cet extrait par rapport au témoin (0,88 vs 1,59). Mais cette réduction reste non significative. Par ce fait, cette étude indique que l'extrait de gousse de caroube a une capacité de ralentir la prolifération de *L. fermentum* et *L. rhamnosus*.

3. Recherche de la concentration optimale de l'extrait de caroube correspondante à une croissance maximale de *L. fermentum* *L. rhamnosus* A fin d'obtenir une concentration optimale de l'extrait de caroube correspondante à une croissance maximale des deux candidats probiotiques (*L. fermentum* ou *L. rhamnosus*), des bouillons MRS sans glucose contenant différentes concentrations de l'extrait de caroube (1%,2%,4%,8% et 12%) (p /v), ont été inoculés par une suspension bactérienne (*L. fermentum* ou *L. rhamnosus*) puis incubés à 37°C pendant 24h. L'évaluation de la croissance bactérienne a été faite par la mesure de la densité optique (625 nm). à l'aide d'un spectrophotomètre (UV-Vis Jenway) à une longueur d'onde de 625nm,

La croissance de *L. rhamnosus* dans le milieu MRS est maximale après les 6 premières heures de fermentation (DO=1.81), au-delà de laquelle on distingue une stabilité de la densité optique désignant une phase stationnaire suivie par une diminution de la croissance bactérienne, ceci peut être expliqué par l'épuisement des nutriments et/ou de l'accumulation des substances toxiques, cette diminution duré jusqu'à 24h d'incubation où la D.O diminue vers 1.586. Tandis que dans l'extrait de caroube, la croissance est inférieure par rapport au témoin (1.81) dont la densité optique après 6h est 0.583.

D'après ZIAR et al. (2019) Si certains produits agricoles ont été très largement étudiés, dans leur composition biochimique, dans leur application technologique en particulier et plus récemment, dans leur effet « santé », il en existe encore un grand nombre où le travail n'a jamais été fait ou bien encore est très insuffisant. Pendant longtemps avant le XXe siècle, le caroubier, un arbre originaire des pays méditerranéens arabes, est cultivé pour tirer la farine de caroube et la gomme de caroube qui présentent à priori un potentiel intéressant de valorisation. Dans la présente étude, nous proposons l'utilisation de la gomme de caroube E410 « LBG » dans la promotion de la santé du consommateur en l'incorporant à côté de bactéries à potentialités thérapeutiques en formulant un lait fermenté synbiotique où LBG est testée de 0 à 2% (biomasse, pouvoir acidifiant, viscosité). Les galactomannanes sont aussi utilisés comme biopolymère pour la microencapsulation, en évaluant la survie des souches probiotiques *Lactobacillus rhamnosus* LbRE-LSAS et *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* Bb12 microencapsulées tout au long de la digestion simulée. Le pouvoir d'assimilation du cholestérol par les souches bénéfiques encapsulées est aussi évalué. Il semblerait que la microencapsulation avec le gel mixte d'alginate de calcium-galactomannanes de caroube pourrait être une réelle alternative à la protection des bactéries bénéfiques à ingérer. La formulation d'un tel lait fermenté naturellement sans gluten à propriétés rhéologique exceptionnelle et à effet hypocholestérolémiant laisse prétendre une large production possible dans le futur. D'un autre côté, toute méthode *in vitro* doit être complètement validée *in vivo* avec des expériences sur des animaux, dans le but de s'assurer de son applicabilité réelle et de déterminer ses limites.

**Partie 2 :**  
**Partie expérimentale**

# **Chapitre 3 :**

## **Matériel et méthodes**

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

### 3.1. Production de la poudre de caroube

#### ✓ Lieu du stage

Ce travail a été réalisé au niveau de :

- laboratoire d'hygiène BLIDA : pour les analyses microbiologique.
- laboratoire de contrôle de qualité et de répression des fraudes BENI MERED : pour détermination d'humidité, cendre et fibre.
- Ecole ENSA EL-HARRACH : Analyses physico-chimique.

Dans ce travail, nous avons choisi seulement les gousses mûres (pulpes) du caroubier (*Ceratoniasiliqua*), récoltées en mars 2022 dans la région de sidi samyan (Wilaya de Tipaza). (Figure 08)



**Figure 08 :** les gousses de caroube de caroube (**photographie originale**)

Les gousses ont été séparées de leur graines manuellement (Figure 1) et laisser séchés à l'Aire l'ombre et conservés à l'abri de l'humidité et ensuite les broyer pour des analyses ultérieures (La poudre des pulpes a servi au calcul des paramètres physico-chimiques). (Figure 09).



**Figure 09 :** Séparation des graines (**photographie originale**)

#### Longueurs, largeurs et indice de taille

La longueur de chaque gousse a été déterminée en cm à l'aide d'un fil. Ce dernier est ensuite mesuré par une règle. Tandis que, la largeur en cm de ces gousses (les deux bouts ainsi que le centre) a été mesurée à l'aide d'une règle graduée. Trois mesures ont été effectuées dont la moyenne est considérée comme étant la largeur. L'indice de taille est le rapport de la longueur sur la largeur. (Figure 10)





**Figure 10 : Mesure de longueur (photographie originale)**

- Longueurs

1<sup>er</sup> gousse : 18 cm

2<sup>ème</sup> gousse : 16.5 cm

3<sup>ème</sup> gousse : 17 cm

La moyenne de la longueur est : 17.16 cm

- Largeurs

1<sup>er</sup> gousse : 3.2cm \_3.4 cm\_3.1cm

La moyenne: 4.85 cm

2<sup>ème</sup> gousse : 3.2cm\_3.5 cm\_3.2cm

La moyenne : 4.95 cm

3<sup>ème</sup> gousse : 3cm\_3.2 cm\_3cm

La moyenne : 4.6cm

La moyenne de la largeur est : 7.2 cm

- L'indice de taille : est le rapport de la longueur sur la largeur.

Indice de taille =  $17.16/7.2 = 2.83$  cm

### 3.1.1. Le nettoyage

Les gousses ont été nettoyées à l'eau froide plusieurs fois pour éliminer toute la poussière et les résidus susceptibles de nuire au résultat d'analyse. (**Figure11**)



**Figure 11: Nettoyage de caroube (photographie originale)**

Après avoir nettoyé les gousses, nous les laissons à l'extérieur dans un endroit propre loin du soleil pour les sécher et les couvrir avec un chiffon propre pour les protéger de la poussière (Figure 12)



**Figure 12 : Séchage de caroube (photographie originale)**

### 3.1.2. La fragmentation

Les gousses ont été séparées de leurs graines manuellement (Figure 13) puis on craque la pulpe en petits morceaux.



**Figure 13 : Fragmentation des gousses de caroube (photo original)**

### 3.1.3. Mouture (broyage)

Par le laboratory blender, on broie progressivement les petits morceaux de caroube jusqu'à obtenir une poudre(en utilise pas les graine). (Figure 14)



(a) (b)

**Figure14: Broyage de caroube (photo original)**

## 3.2. Elaboration des barres à basse de caroube

### 3.2.1 Objectif de l'étude

L'objectif général de ce travail est de préparer des barres d'énergies à base de 40% de poudre de caroube et 60% de mélange contient de flocons d'avoine, la farine complète, l'eau, beurre de cacahuète, chocolat noire et cacahuète.

Le but majeur qu'on veut atteindre enfin de notre formulation, c'est d'obtenir un produit avec un prix abordable en remplaçant le taux de sucre blanc simple par le sucre complexe dans la poudre de caroube, sans négliger la qualité nutritionnelle et organoleptique du produit.

Notre partie expérimentale est composée de trois parties, premièrement, la fabrication de la poudre de caroubier et en deuxième lieu, la fabrication des barre d'énergies à basse de caroube, en troisièmes lieu faire l'analyse sensorielle des barre élaborés pour déterminer la recette la plus appréciée, suivie de l'évaluation de la qualité hygiénique et physico-chimique, puis faire une comparaison avec le produit commercialisé (témoin). (Annexe)

La poudre de caroube *C.silqua* utilisées pour l'étude morphologique va servir aussi bien aux analyses microbiologiques et physiques.

### 3.2.2. Matériel végétal

Les figures suivant reprenant les ingrédients qui on a utilisé dans la production des barres d'énergie, on a choisi ces ingrédients par rapport ces valeurs nutritifs pour avoir au finale des barres d'énergie diététique Riche en protéine, fibre et les sucre complexe et les acides gras insaturés.



**Figure 15** : Les flocons d'avoine (photographie originale)



**Figure 16** : La farine complète (photographie originale)



**Figure17** : la poudre de caroube (photographie originale)



**Figure 18** : L'eau (photographie originale)



**Figure19** : beurre de cacahuète (photographie originale)



**Figure20** : chocolat noire (photographie originale)



**Figure 21 : Cacahuète (photographie originale)**

### 3.3. Méthodes appliquées

Pour la préparation des recettes à partir des quatre ingrédients, part rapport le témoin utilisé, nous a proposé 3 mixtures possibles (Tableau12), lesquelles sont utilisées pour formuler nos barre d'énergie.

Les quantités des quatre ingrédients utilisés sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau n°12:** Quantités des ingrédients utilisés dans le mélange.

Mixtures	Poudre de caroube (g)	Farine complète (g)	Flocon d'avoine (g)	Totale (g)
A	20	51	29	100
B	30	50	20	100
C	40	45	15	100

Pour la préparation de notre mélange à chaque fois on a augmentés le pourcentage de la poudre de caroube de 20% à 30% à 40% et en complété 100 g avec d'autre ingrédients.

#### ✓ Préparation des barres d'énergies

La préparation des barres d'énergies a été réalisée en quatre étapes :

#### ✓ Préparation de la pâte à barre

Les ingrédients ont été mélangés et hydratés avec l'eau traitée manuellement en raison de 100g de mélange dans 150 ml.



**Figure 22 : Hydratation de Mélange (photographie originale).**

#### ✓ La mise en forme



Cette étape consiste à former des barres de poids et forme régulière, nous avons fait des boules de poids 35 g puis façonnés manuellement des barres (Figure 23).



**Figure 23:**Façonnés des barres (**photographie originale**)

✓ **La cuisson**

Le four est préchauffé à 160-170°C. Les pâtons de biscuite sont placé sur les plateaux à cuisson puis enfournés à une température compris entre 170 et 180°C. La température est réglée manuellement. Cette opération nous a permis d'obtenir des biscuits de bonne qualité par le réglage de la température de cuisson. La cuisson est faite pondant 20 à 25 minutes. Lorsque les biscuites est cuit, les plateaux sont retirés du four et refroididis.

✓ **Enrobage**

Après refroidissement des barres, nous avons fait une mince couche de beurre de cacahouète et mettre des morceaux de cacahuètes dessus, on le mit les barres dans le réfrigérateur pendant 5 minute après le glaçage avec du chocolat noire 70%.(Figure 24)



**Figure 24 :** Enrobage des barres (**photographie originale**)

### 3.4. Analyse sensorielle

Concernant les barres d'énergies, les qualités organoleptiques les plus fréquemment étudiées avec cette technique sont couleur, état de surface, la forme, la dureté, odeur, gout, saveur et arrière-gout.

Le test de dégustation a été réalisé avec 35 personnes.

L'analyse sensorielle a été réalisée selon le test hédonique pour évaluer d'une façon générale le degré d'appréciation du produit élaboré en réalisant des profils sensoriels.

La séance de dégustation s'est déroulée au niveau d'une salle de la cité universitaire soumaa 07 Blida.

Des échantillons de 45g (**Figure 25**) ont été présentés simultanément dans des assiettes en verre et étiquetés avec un code. Les sessions d'évaluation ont été effectuées de façon séparée pour qu'il n'ait pas influence entre les membres du panel.

Nous avons demandé aux dégustateurs d'évaluer chaque échantillon codé par cerclée la réponse en se basant sur l'analyse organoleptique des produits: couleur (clair, foncé, très foncé), état de surface (lisse, non lisse), la forme (bien formé, déformé), la dureté (dure, croustillon), odeur (agréable, désagréable), gout (mauvais, bon, très bon) saveur (peu sucré, moyenne, trop sucré) et arrière-gout (présence, absence). (Annexe III)

35 dégustateurs ont participé à cette analyse des deux sexes dont 32 femmes et 03 hommes de 19 ans à 44 ans. Ils étaient des étudiants sélectionnés d'après leurs disponibilités et volontés à participer à ces essais. Les sujets ne sont pas entraînés mais ils ont l'habitude de participer dans les évaluations sensorielles. Celle-ci a été réalisée au premier jour de la production sur des échantillons. La séance a eu lieu de 19h à 21h.

Le but de cette analyse c'était de choisir le mélange le plus apprécié pour poursuivre la caractérisation des autres paramètres de notre produit fini et le témoin afin de réaliser une comparaison entre les deux.



(a) (b)

**Figure 25:** Échantillons de dégustation. (Photographie originale)

### 3.5. Analyse statistique

L'outil auto diagnostique a pour l'objectif d'évaluer les résultats de l'analyse sensorielle et organoleptique des produits grâce à des graphes radars à l'aide de logiciel « Excel 2013 ».

Les résultats obtenus sont exprimés sous forme de moyenne des 35 répétitions.

✓ L'outil auto diagnostique permet de :

- Faire une comparaison entre la qualité organoleptique des quatre produits.
- Découvrez ce sur quoi le consommateur se concentre lorsqu'il déguste les barres d'énergies, par le produit qu'il a choisi.

### 3.6. Analyse physico-chimique

### 3.6.1. Détermination de la teneur en protéine

Dosage des protéines selon (Kjeldahl, 1883)

- **Principe**

Pour déterminer la quantité des protéines contenues dans un échantillon, on procède à un dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl qui faite par trois étapes

1. Minéralisation (la digestion)
2. Distillation
3. Titrage
4. Les calculs

- **Mode opératoire**

1. **Minéralisation**

-En premier peser la matière première 1g de poudre de caroube et 1g de biscuit.

-Ajoutez 2 g de catalyseur du sulfate de potassium+ cuivre **annexe 1** et 20mlde acide sulfurique, le mélange a été porté à 350 °C dans un bloc de digestion, cette procédure doit être poursuivie pendant 3h.



**Figure (26) : Matras Kjedahl l'unité de minéralisation à 400°C (photographie originale)**

2. **Distillation**

On laisse l'échantillon refroidisse et près refroidissement de la solution, le mélange a été ajusté à 100ml par l'eau distillé.

On prépare le blanc pour avoir le pH de référence qui été égale à 3,96

Et en mélanger 20ml de l'échantillon et 20ml d'acide borique 4% dans un ballon. L'addition de NaOH est fait automatiquement par le distillateur va entraîner une libération de l'ammoniac sous forme de sel  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  Lorsqu'on ajoute du NaOH, l'ion  $\text{NH}_4^+$  (ammonium) est converti en  $\text{NH}_3$  (gaz ammoniac) pour être détecté par le titrage et laisser bouillir pendant 4min dans l'unité de distillation.





**Figure (27) : l'unité de distillation (photographie originale)**

### **3. Le titrage**

Le titrage permet de déterminer la quantité d'ammoniac distillée à partir de la solution digérée, puis calculé la quantité d'azote et le pourcentage des protéines

La titration acido-base se fait par l'utilisation de l'acide sulfurique dilué N/50, et le complexe ammonium borate. Et on abaisser le pH obtenu par l'acide sulfurique jusqu'a le pH de blanc on utiliser le volume obtenu dans les calculs.

#### **Expression des résultats**

L'azote total est calculé suivant la formule représentée ci- dessous :

$$N(\%) = (V_0 - V_1) * T * 0,14 * 100 / P.$$

**Avec :**

V0 : acide sulfurique utiliser pour l'essai à blanc

V1 : volume d'acide sulfurique pour l'échantillon

T : volume d'acide sulfurique 0,02

0,14 : solution d'acide sulfurique pour le titrage

P : poids de la prise à essai

Calculer la teneur en Protéines brut on multiple par le facteur 6,25.

#### **3.6.2. Détermination de la teneur en matière grasse**

**Principe : (ISO 659, 1998).**

Pour la détermination du taux de la matière grasse, il faut d'abord procéder à une extraction par un solvant organique apolaire, en utilisant le Pétrole comme solvant et par un extracteur Soxhlet.

**Le mode opératoire :** En prélève 10g de barres et 20g de poudre de caroube et on pèse aussi les ballons vide.

A la fin de l'extraction, on peut déterminer la matière grasse est transférée dans le solvant.

1. L'extraction de 10g de biscuit et 20g de poudre de caroube



**Figure (28) :** L'extraction des échantillons par Soxhlet (**photographie originale**)

2. Évaporation à sec par le pétrole



**Figure (29) :** Evaporation à sec de Pétrole (**photographie originale**)

3. Dépose les ballons dans un étuve et laisser les refroidisse après ont balancé la matière grasse resté



**Figure (30) :** les ballons avec la matière grasse résiduelle (**photographie originale**)

**Expression des résultats :**

$$MG (\%) = (P0 - P1) / M * 100$$

Avec :

P0 : poids de ballon vide

P1 : poids de ballon après l'évaporation

M : la masse de la prise d'essai

MG : pourcentage de la matière grasse

### 3.6.3 Mesure l'humidité

Principe :

Le produit est séché à l'aide d'un humidimètre à une température de 130°C pendant 3h

Mode opératoire :

1. Préparer un échantillon de 5g dans une boîte de pétri.
2. Placer la plate dans l'humidimètre.
3. Allumer l'humidimètre et régler la durée.
4. Retirer les boîte de pétri progressivement du l'humidimètre, laisser refroidir à la température ambiante, puis les peser.

Expression du résultat :

L'humidité est donne par l'équation suivante:

$$\text{TH}\% = (m1 - m2/P) \times 100$$

Avec :

TH % : la teneur d'humidité en %.

m1 : la masse, en grammes, des boîte de pétri + le poids de la poudre de caroube.

m2 : la masse, en grammes, de l'humidité après 3h.

p : la masse, en grammes, de la poudre de caroube.

### 3.6.4. Mesure cendres

La détermination de la matière minérale, principalement répartie dans les enveloppes et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en meunerie.

**Principe**

Incineration d'une prise d'essai d'échantillons des semoules jusqu'à combustion complète des matières organiques à 900 °C puis pesée du résidu obtenu.

**Mode opératoire**

1. Chauffer durant 10min les creusets dans un four réglé à 900°C. laisser refroidir à une température ambiante dans le dessiccateur et les peser.
2. Dans le creuset d'incinération, on prépare 2g de la prise d'essai.
3. placer les creusets dans le four a moufle réglé à 600°C pendant une 4h jusqu'à l'obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre.
4. Retirer les creusets progressivement du for, laisser refroidir à la température ambiante dans le dessiccateur, puis les peser.

**Expression des résultats**

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière humide exprime en Pourcentage, est donne par l'équation suivante:

$$\text{TC}(\%) = (m1 - m0)/p \times 100$$

**Avec :**

**TC :** taux de cendres en %.

**m0 :** la masse, en grammes, des creusets.

**m1 :** la masse, en grammes, des cendres.

**P :** la masse en grammes de caroube.

### **3.6.5. Mesure de sucres totaux**

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

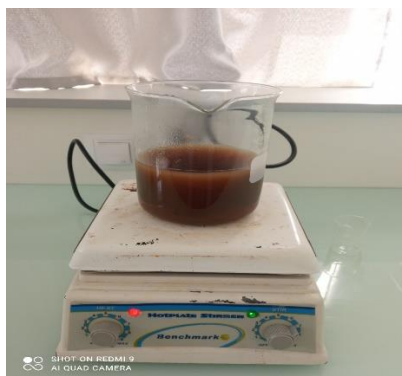
Le principe repose sur la réaction suivante : l'acide chaud, le départ de plusieurs molécules d'eau à partir des oses. Cette déshydratation sulfurique concentrée.

Pour donner des complexes colorés (jaune-orangé).

L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des oses. La densité optique est mesurée à 488 nm à l'aide d'un spectrophotomètre

#### **Mode opératoire**

- Peser 10g de l'échantillon dans un bêcher de 500 m.
- Additionner 400 ml d'eau distillée et 3g de carbonate de sodium pour neutraliser l'acidité.
- Porter à ébullition tout en agitant pendant 30 minutes.



**Figure (31) : ébullition et agitation (photographie originale)**

- Traversée la solution dans une fiole de 1 L.
- Additionner l'extrait des petites quantités d'acétate de plomb à 10%.
- Agiter jusqu'à l'apparition d'un précipité au fond de la fiole.
- Ajouter l'eau distille dans la fiole jusqu'au trait de jauge.
- Additionner au filtrat une petite quantité d'oxalate de potassium ou le carbonate de sodium.
- Déshydraté pour la précipitation de l'acétate de plomb.
- Filtrer la solution pour éliminer le plomb précipité.



**Figure (32) : filtration (photographie originale)**

Pour vérifier la présence de plomb dans la solution, on ajoute une petite quantité d'oxalate de Potassium dans un tube à essai jusqu'à disparition de tous les ions de plomb.

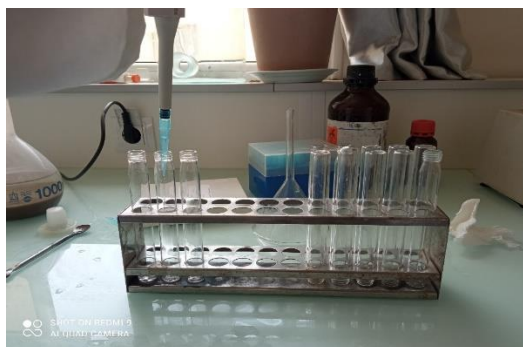
### **Dosage**

Préparer une solution L'essai à blanc : Pour calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre) :

1ml de phénols et de 5 ml acide sulfurique on le met 5min au bain marie et incubation 30min.

Préparer une solution de 10 % de cet échantillon à doser et ajouter 50 ml d'eau distillé dans de filtrat.

Introduire dans un tube à essai 1 ml de la solution de 10%.



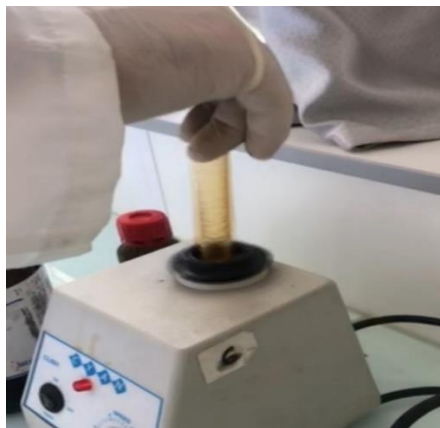
**Figure (33) : introduire la solution mère dans le tube à essai (photographie originale)**

Ensuite ajouter 1 ml de solution de phénol à 5 % et agiter soigneusement, Puis ajouter 5 ml d'acide sulfurique concentré.



**Figure (34) : ajouter la solution de phénol (photographie originale)**

Agiter rapidement à l'aide d'un Vortex.



**Figure (35) : agitation à l'aide de vortex (photographie originale)**

Chauffé l'échantillon Au bain mari 100°C.

Laisser refroidir a obscurité pendant 30 minutes.

Lire la densité optique (DO) à une longueur d'onde de 488 nm.

### 3.6.6. Détermination de la teneur en fibres

4g de poudre de caroube sont digérés dans 200 ml de HCL à 5% pendant 30 minutes.



**Figure (36) : Mélange du caroube et HCL. (Photographie originale)**

Le mélange est filtrés et lavé à l'aux chaude. Ensuite le résidu est digéré par 200 ml de NAOH à 5%. Le mélange est filtrés et lavé jusqu'à neutralité de pH.



**Figure (37) : Filtration et lavage jusqu'à neutralité de pH. (Photographie originale)**

On lave avec 20 ml d'alcool éthylique et avec 20 ml d'éther éthylique. Le résidu est séché à 100° C pendant deux heures et la masse résiduelle était considérée comme des fibres (**De padua et al, 2004**).

### **3.7. Les analyses microbiologiques**

#### **Préparation des dilutions en vue de l'analyse microbiologique**

##### ➤ **Poudre de caroube**

##### **Principe :**

La préparation de la dilution primaire (solution mère) ; est nécessaire pour les dilutions décimales suivantes en vue de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume ; pour faciliter l'analyse microbiologique.

Préparation de la solution mère :

1. Peser 18 g de caroube à analyser.
2. Ajouter 180 ml de déliant tryptone sel eau (TSE).
3. Homogénéiser la solution mère.
4. La concentration de la solution mère est toujours à 10<sup>-1</sup>.

Préparation des dilutions décimales :

1. Prendre 1ml de la solution mère et on met dans un nouveau tube contenant 9 ml de diluant (TSE) stérile.
2. mélanger soigneusement ; pour obtenir la dilution 10<sup>-2</sup>.
3. Répéter ces opérations pour obtenir des dilutions a recherché.

#### **3.7.1. Recherche des coliformes fécaux**

##### **Principe**

Les coliformes sont des bacilles à GRAM négatif , aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, capable de se multiplier en présence de sel biliaire et capable de fermenter le lactose, avec production d'acide et de gaz en 48 heures et à 35 à 37°C .

Les coliformes fécaux ont les mêmes caractères des coliformes totaux mais ils sont capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44°C.

Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose avec les sels biliaires comme un agent sélectif.

##### **Mode opératoire**

Porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.

Cette opération doit être effectuée deux fois pour chaque dilution :

- La première série de boîte sera réservée à la recherche des coliformes totaux.

Compléter ensuite chaque boîte avec environ 20 ml de la gélose VRBL, fondu puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Faire ensuite des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 », bien mélanger la gélose à l'inoculum, laisser solidifier sur paillasse.

### **Incubation**

La première série de boîte sera incubée à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 à 48 heures (recherche des coliformes totaux)

### **Lecture**

Les colonies des coliformes totaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge foncé et de 0,5mm de diamètre.

### **3.7.2. Recherche des *Staphylococcus aureus***

#### **Principe**

La forte concentration en chlorure de sodium inhibe la croissance de la plus part des bactéries autre que les staphylocoques.

#### **Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$  porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose fondus.
- Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incuber à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 à 48 heures.
- *Staphylococcus aureus* se présente alors sous forme de colonies de taille moyenne ; lisse ; brillante ; en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulas.

### **3.7.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures**

#### **Principe**

Les moisissures sont des hétérotrophes, aérobies, acidophiles (pH de développement comprise entre 3 et 7) et mésophiles (Température de croissance de  $20$  à  $30^\circ\text{C}$ ).

Les levures sont typiquement unicellulaires de forme ronde ou ovoïde et se multiplient par bourgeonnement.

Le dénombrement est effectué en milieux sélectif doté de propriétés antibactériennes (milieu OGA).

#### **Mode opératoire**

A partir des dilutions décimales,  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ; étaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile ; puis incuber à  $35^\circ\text{C}$  pendant 3 jours.

#### **Lecture**

Les colonies des levures sont brillantes, rondes et bondées, de couleurs différentes, de formes convexes ou plates et souvent opaques.



Les colonies de moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmentées ou non, et sont plus grandes que celles des levures.

### **3.7.4. Recherche de *Salmonella***

#### **Principe**

Les techniques consistent en :

- un pré-enrichissement est réalisé afin de permettre le développement de salmonelles et d'inhiber le développement des bactéries à Gram positif.

#### **Mode opératoire :**

##### **1. Pré-enrichissement**

En prélève 25ml de caroube et l'introduire aseptiquement dans 225ml de T.S.E, puis incubes à 37°C pendant 24 heures.

##### **2. Enrichissement :**

On effectue les premiers enrichissements sur le milieu SFB.

- 01ml de bouillon pré enrichi dans 10ml de SFB a qui on ajoute quelque goutte de l'additif de cystéine.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures .Si on observe un virage de la couleur de rouge brique donc c'est une réaction positif.

#### **Isolement :**

D'une part on ensemence les tubes positifs sur le milieu Hecktoen, et d'autre part on repique dans d'autres tubes contenant le milieu SFB, c'est le deuxième enrichissement dont on ajoute 04 gouttes de l'additif de cystéine dans les tubes SFB.

Incubation ce fait toujours à 37°C pendant 24 heures. Les colonies de salmonelles sont bleues vertes avec centre noire sur gélose Hecktoen.

### **3.7.5. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux :**

#### **Principe :**

Le dénombrement des GAMT se fait sur une gélose nutritive PCA.

#### **Mode opératoire :**

1. A partir des dilutions décimales de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$  portes aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri vide préparé à cet usage.

2. Compléter ensuite avec environ 15ml de gélose fondue puis refroidir à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ .

3. faire des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 » pour augmenter la surface de contacts entre ce mélange et la gélose utiliser ; après on laisse à solidifier.

Les boîtes seront incubées à 37°C pendant 72 heures.

➤ **Cacahouète :**

**Tableaux n°13 :** Analyses microbiologique de Cacahouète.

Dénombrement	Milieux	dilution	Incubation
<i>Moisissures</i>	gélose OGA	10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	35°C pendant 3 jours 1ère lecture après 24 heures
<i>Escherichia coli</i>	TGEA	10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	25°C pendant 3 jours
<i>Salmonella</i>	SFB	10 <sup>-1</sup>	37°C pendant 24 heures

➤ **Flocon d'avoine :**

**Tableaux n°14 :** Analyses microbiologique de flocon d'avoine.

Dénombrement	Milieux	Dilution	incubation
<i>Salmonella</i>	SFB	10 <sup>-1</sup>	37°C pendant 72 heures
<b>Moisissures</b>	Gélose OGA	10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	35°C pendant 3 jours 1ère lecture après 24 heures
<i>Clostridium sulfitoReducteur</i>	Viande de foie	10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	37 °C 24 48

➤ **Chocolat noire :**

**Tableaux n°15 :** Analyses microbiologique de chocolat noire.

Dénombrement	milieux	dilution	Incubation
<b>Germes aérobie</b> <b>mésophiles</b> <b>totaux</b>	Gélose TGEA	10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-3</sup>	37°C 1ère lecture après 24h, jusqu'à 3 jours d'incubation
<b>Levures et</b> <b>moisissures</b>	OGA	10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	25°C pendant 24 heures
<i>Staphylococcus aureus</i>	Géolithe content	10 <sup>-1</sup> 10 <sup>-2</sup>	37°C 24 à 48 heures
<i>Salmonella</i>	SFB	10 <sup>-1</sup>	37°C pendant 24heures

➤ **Beurre de cacahuète :**

**Tableaux n°16 :** Analyses microbiologique de beurre de cacahuète.

Dénombrement	Milieux	dilution	Incubation
<b>Germes aérobies</b>	Gélose TGEA	10-1	37°C 1ère lecture 24h, jusqu'à 3 jours
		10-2	
		10-3	
<i>Staphylococcus aureus</i>	Géolithe content	10-1	37°C 24 à 48 heures
		10-2	
<i>Salmonella</i>	SFB	10-1	37°C pendant 24heures

**Biscuit final 30% :**

**Tableaux n°17 :** Analyses microbiologique de biscuit final.

Dénombrement	milieux	dilution	Incubation
<b>Germes aérobies</b>	gélose TGEA	10 <sup>-1</sup>	37°C pendant 1ère lecture 24 heures Jusqu'à 3 jours
		10 <sup>-2</sup>	
		10 <sup>-3</sup>	
<b>Moisissures</b>	gélose OGA	10 <sup>-1</sup>	25°C pendant 3 jours 5 Jours
		10 <sup>-2</sup>	
<i>Escherichia coli</i> <i>Coliformes fécaux</i>	TGEA	10 <sup>-1</sup>	44 °C Pendant 24 heures
		10 <sup>-2</sup>	
<i>Staphylococcus aureus</i>	Géolithe content	10 <sup>-1</sup>	37°C pendant 24 à 48 heures
		10 <sup>-2</sup>	
<i>Salmonella</i>	SFB	10 <sup>-1</sup>	37°C pendant 24 heures

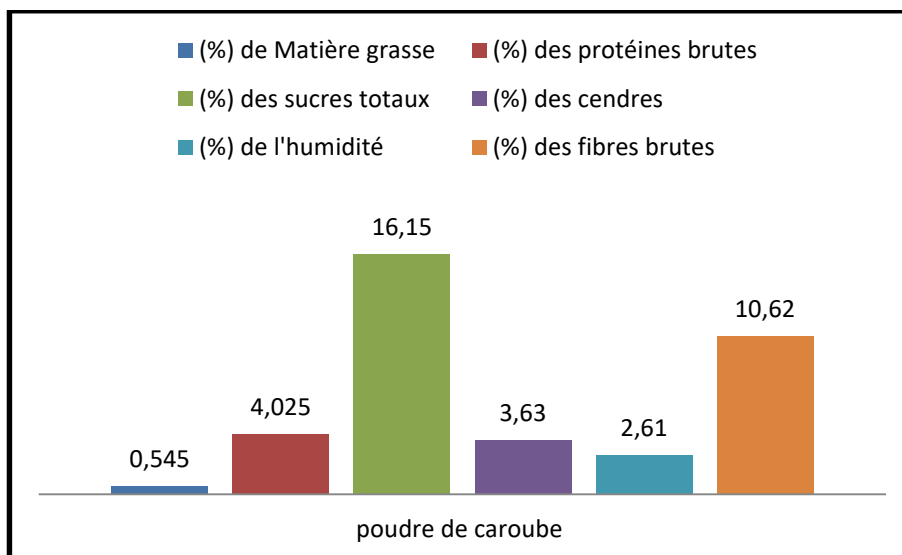
# **Chapitre 4 :**

## **Résultat et discussion**

## 4. Résultat et discussion

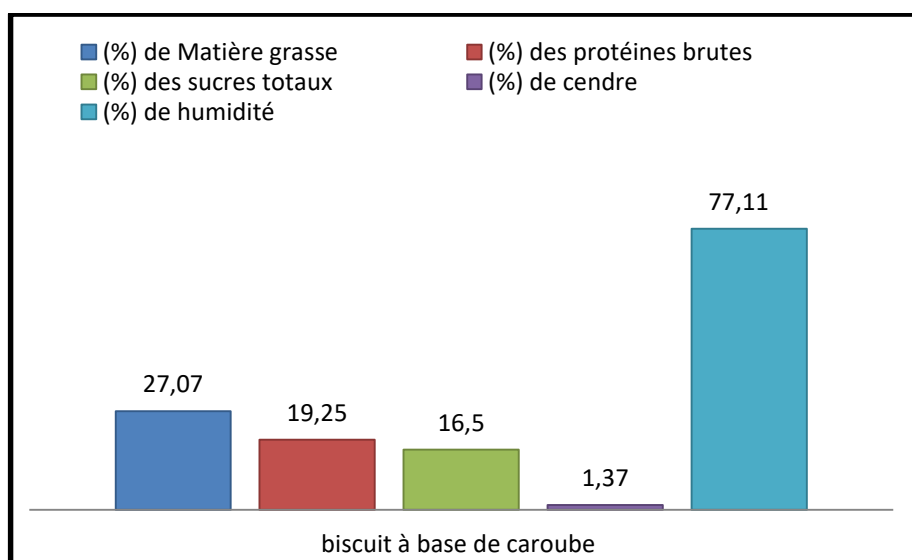
### 4.1. Teneur en métabolite primaire de la poudre de caroube et barre d'énergie :

Le diagramme suivant représente les résultats des dosages des métabolites primaires que on a obtenu pendant les expérimentaux pour la poudre de caroube (**Figure 38**) pour les comparé en suite avec les donnes bibliographie



**Figure 38: Teneur en métabolite primaire de la poudre de caroube**

La (**Figure 39**) c'est un diagramme qui représente les résultats des dosages des métabolites primaires que on a obtenu pour le biscuit



**Figure 39 : Teneur en métabolite primaire de barre d'énergie**

#### 4.1.1. Détermination de la teneur en protéines

La poudre de caroube était considérée comme un complément alimentaire dans diverses cultures et elle est consommée pour sa comestibilité et sa délicatesse. La poudre de caroube se situe entre les meilleures sources de protéines végétales une quantité appréciable de protéines on a trouvé

dans notre poudre une valeur de 4,025% qui sont conforme à celle de **Biner et al.(2007)** et celle de **(Dakia(2011))**

Le germe de graine de caroube représente une source importante de protéines pour l'alimentation humaine et animale car il a une teneur élevée en protéines (54,7%) et contient tous les acides aminés connus **(Dakia., 2011)**.

Le germe peut donc être considéré comme un « protéine." Selon la norme **FAO/WHO (1991)**.

#### **4.1.2. Détermination de la teneur en matière grasse**

Selon **Youssef et al.(2013)** qui trouve une valeur de 0,44 de matière grasse totale de la poudre de caroube .

Nous avons trouvé une valeur de 0,54 % elle est proche de celle de **Dakia (2011)** trouvé des valeurs entre 0,4% et 0,6% de matière grasse.

Cette valeur toujours diffère selon plusieurs facteurs qui influent sur le taux de matière grasse comme la granulométrie, L'humidité, la nature du solvant, la méthode d'extraction et les conditions climatiques et géologiques des différentes régions.

Le biscuit à une valeur de 27,07 % cette valeur dépend de le contenu de la recette ont utilisé dans cette recette des sources des grasses naturelle et sain tant que la poudre de caroube contienne des acide gras insaturé telle que oléique, linoléique, palmitique et Stéarique **Dakia(2011)**.

#### **4.1.3. Mesure D'humidité**

Détermination de la teneur d'humidité de la poudre de caroube. Les résultats des deux essais réalisés sont comme suit:

H% (1)	H% (2)
2.58%	2.64%

La moyenne est :  $H\% = 2.61\%$

La teneur d'humidité trouvé à partir de 5 g d'échantillon de poudre de caroube a donné des teneurs moyennes d'environ 2.61 % en comparant avec d'autres résultats de **Dakia(2011)**. (3.6-18.0) ont expliqué que cette variabilité est due aux conditions environnementales (pluie et humidité), aux cultivars de caroubier, à la durée de maturation, au moment de la récolte et à la durée de stockage.

La détermination de teneur d'humidité sur les échantillons des barres d'énergies a donné des teneurs d'environ 77.113%, on justifier cette teneur par l'utilisation de l'eau dans la recette pour mélanger les ingrédients.

#### 4.1.4. Mesure des cendres

Détermination de la teneur en cendres de la poudre de caroube:

On a réalisé deux essais :

TC (1)	TC (2)
3.688%	3.58%

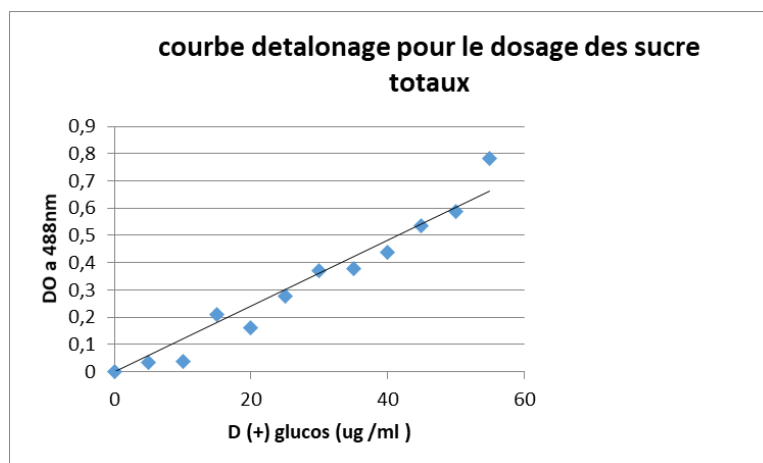
**Moyenne : TC% = 3.58%**

Détermination de la teneur en cendre sur les échantillons de poudre de caroube ont donné des teneurs d'environ 3.58% % qui sont pareille aux résultats trouvés. (Dakia, 2011). (2 à 3)

La mesure des cendres des barres d'énergies nous donné teneur environ 1.37%

#### 4.1.5. Mesure les sucres totaux

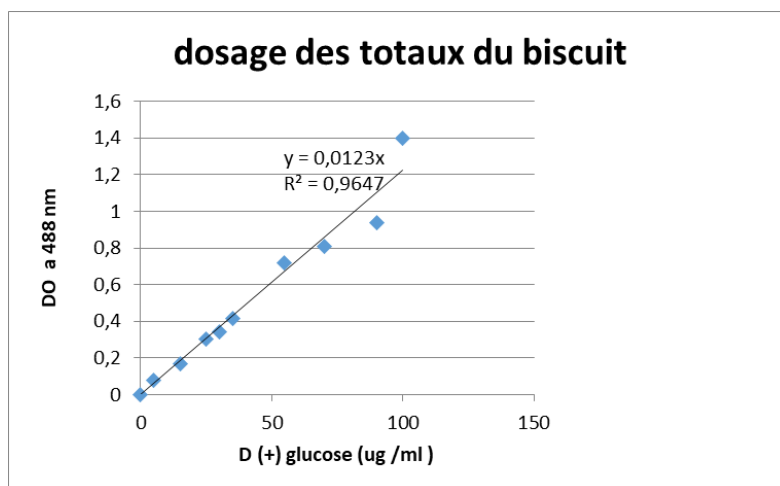
Les résultats du dosage des sucres totaux par la méthode de Dubois de la pulpe de caroube sont représentés dans la (figure 40) courbe d'étalonnage :



**Figure 40** : courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres totaux de la poudre de caroube

La teneur en sucre obtenue est de  $16,1 \pm 0,006$  g/l.

Pour les résultats obtenue du dosage des sucres totaux de la barre d'énergie sont représentés dans la (figure 41) courbe d'étalonnage



**Figure 41** : courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres totaux du biscuit

La teneur en sucre obtenue est de  $16,5 \pm 0,176$  g/l

Le fruit frais mûr est composé d'environ 90 % de gousse (appelée croquette) et de 10 % de grain les croquettes contiennent 40 à 60 % de sucre (**Biner et al., 2007**). Selon les résultats de notre étude, le taux de sucres totaux de la pulpe de caroube de la région de Cherchell est de 16,1 %, on remarque différence significative on compare avec les études effectuées par **Biner et al. (2007)** et **Dakia (2011)**.

Ces différences peuvent être expliquées soit par la méthode d'analyse utilisée, soit par rapport aux conditions climatiques et géologiques des différentes régions c'est ce qui confirme par (**Albanell et al., 1991**).

La composition chimique de la pulpe dépend en général, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (**Albanell et al., 1991**).

Le dosage des sucres totaux effectués sur les échantillons de barre d'énergie ont donné des teneurs environ 16,5.

On remarque une légère augmentation en sucre totaux justifier par :

Les barres composées par d'autres ingrédients contiennent de faible teneur en sucre telle que les flocons d'avoine, le chocolat noir, farine complète, beurre de cacahuète, cacahuète

#### **4.1.6. Détermination de la teneur en fibres**

Les fibres de caroube augmentent le métabolisme des lipides en favorisant leur utilisation donc leur oxydation, par conséquent, les fibres de caroube exercent une bonne influence sur l'énergie ingérée et le poids corporel (**Gruendel et al., 2007**)

Les dosages des fibres alimentaires effectués sur les échantillons de caroube ont donné des teneurs très élevées d'environ 10,625 % qui sont pareilles aux résultats trouvés (**Biner et al., 2007**) (4,2% à 9,6%).

## **4.2. Les analyses microbiologiques**

### **4.2.1. Résultats des analyses microbiologiques de flocon d'avoine**

.

L'objectif des analyses microbiologiques est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de microorganismes dans les flocons d'avoine

**Tableau n°18:** Résultats des analyses microbiologiques de flocon d'avoine.

<b>Les germes recherchés</b>	<b>Résultats (UFC/g)</b>	<b>Critère d'acceptation</b>	<b>Norme</b>
<b>Moisissures</b>	Abs	$10^4$	Journal officiel 2017
<b>Anaérobies sulfiteReducteur</b>	Abs	$10^3$	Journal officiel 2017



Les résultats obtenus montrent une absence totale de Moisissures et *Anaérobies* sulfite réducteur. On remarque une absence totale des germes pathogènes dans les flocons d'avoine, donc il est de qualité microbiologique satisfaisante.

#### 4.2.2. Résultats des analyses microbiologiques de chocolat noir

L'objectif des analyses microbiologique est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de microorganismes dans le chocolat noir.

**Tableau n°19:** Résultats des analyses microbiologique de chocolat noir :

Les germes recherchés	Résultats (UFC/g)	Critère d'acceptation	Norme
<b>Germes aérobies</b>	Abs	10 <sup>4</sup>	Journal officiel 2017
<b>Levures et Moisissures</b>	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Journal officiel 2017
<i>staphylococcus aureus</i>	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017

Les résultats obtenus montrent une absence totale de germes recherchés. On remarque une absence totale des germes pathogènes dans chocolat noir, donc elle est de qualité microbiologique satisfaisante.

#### 4.2.3. Résultats des analyses microbiologiques de beure cacahuètes

L'objectif des analyses microbiologique est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de microorganismes dans les beures cacahuètes.

**Tableau n° 20:** Résultats des analyses microbiologique de beure cacahuètes :

Les germes recherchés	Résultats (UFC/g)	Critère d'acceptation	Norme
<b>Germes aérobies</b>	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017
<b>Levures et Moisissures</b>	abs	10 <sup>2</sup>	Journal officiel 2017
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Journal officiel 2017
<i>staphylococcus aureus</i>	Abs	10 <sup>2</sup>	Journal officiel 2017

Les résultats obtenus montrent une absence totale de germes recherchés. On remarque une absence totale des germes pathogènes dans beurre de cacahuètes, donc elle est de qualité microbiologique satisfaisante.

#### 4.2.4. Résultats des analyses microbiologiques des cacahuètes

L'objectif des analyses microbiologique est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de microorganismes dans les cacahuètes.

**Tableau n°21** : Résultats des analyses microbiologiques des cacahuètes :

Les germes recherchés	Résultats (UFC/g)	Critère d'acceptation	Norme
<i>Escherichia coli</i>	Abs	20	Journal officiel 2017
Moisissures	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Journal officiel 2017

Les résultats obtenus montrent une absence totale de germes recherchés. On remarque une absence totale des germes pathogènes dans cacahuètes, donc elle est de qualité microbiologique satisfaisante.

#### 4.2.5. Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de caroube

L'objectif des analyses microbiologique est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de microorganismes dans la poudre de caroube.

**Tableau n°22** : Résultats des analyses microbiologique de la poudre de caroube.

Les germes recherchés	Résultats (UFC/g)	Critère d'acceptation	Norme
Germes aérobies	Abs	10 <sup>6</sup>	Journal officiel 2017
<i>coliformes totaux</i>	Abs	10 <sup>-2</sup>	Journal officiel 2017
levures	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017
Moisissures	PR	10 <sup>4</sup>	Journal officiel 2017
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Journal officiel 2017
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017

Les résultats obtenus montrent une absence totale de germes recherchés. On remarque une absence totale des germes pathogènes dans la poudre de caroube, donc elle est de qualité microbiologique satisfaisante.

#### 4.2.6. Résultats des analyses microbiologiques de biscuit

L'objectif des analyses microbiologique est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de microorganismes dans les biscuits.

**Tableau n°23** : Résultats des analyses microbiologique de biscuit.

Les germes recherchés	Résultats (UFC/g)	Critère d'acceptation	Norme
<b>Germes aérobies</b>	Abs	10 <sup>4</sup>	Journal officiel 2017
<i>Escherichia coli</i>	Abs	30	Journal officiel 2017
<b>Moisissures</b>	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Journal officiel 2017
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	10 <sup>3</sup>	Journal officiel 2017

Les résultats obtenus montrent une absence totale de germes recherchés. On remarque une absence totale des germes pathogènes dans les barres d'énergies, donc il est de qualité microbiologique satisfaisante, en justifier ce résultat par :

- la bonne qualité microbiologique des ingrédients utilisée.
- la stérilisation des matériels avant l'utilisée pour assurer les bonnes conditions hygiéniques de milieux de travail.

#### 4.3. Résulta de l'auto diagnostique

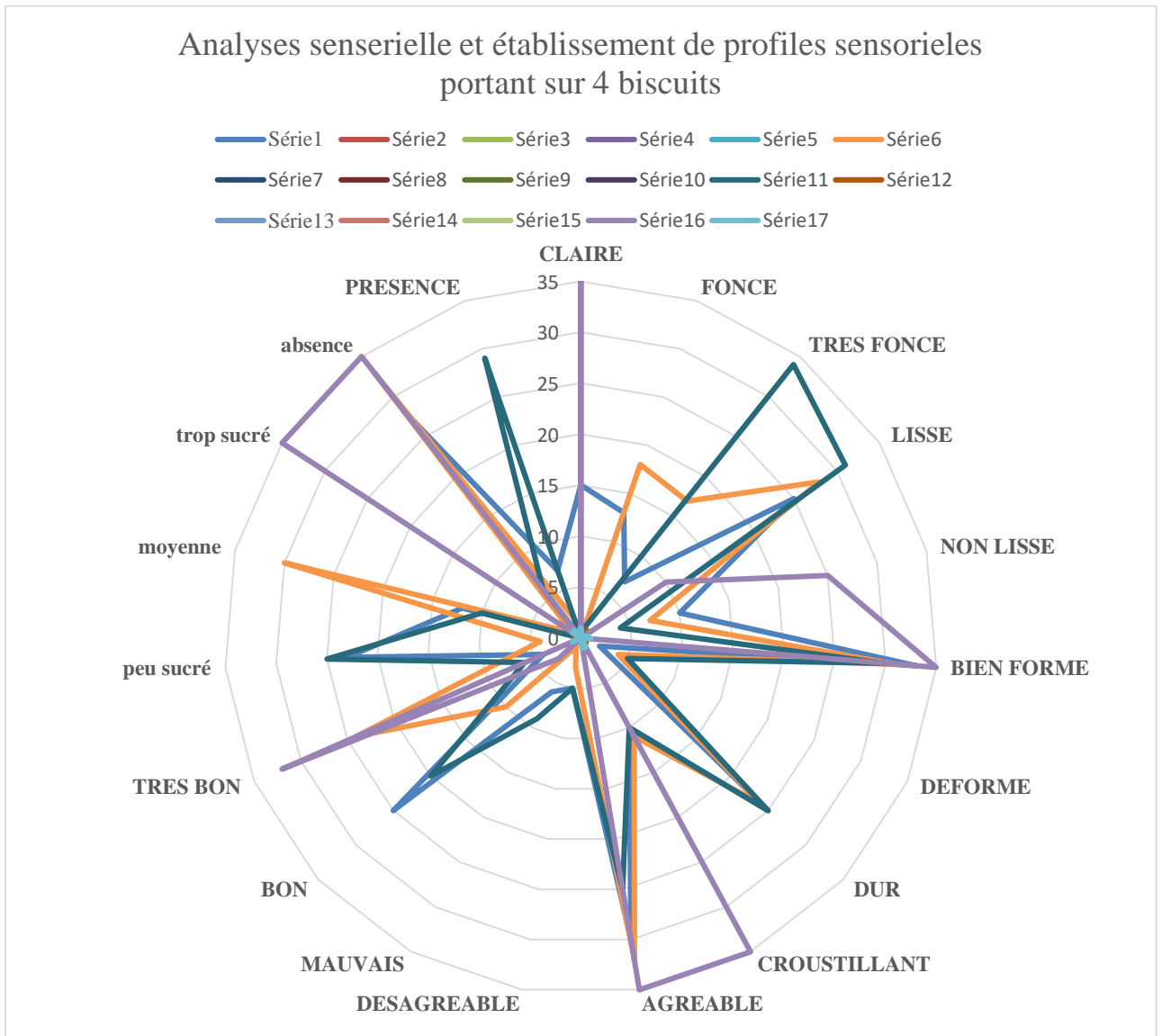
Pour mieux évaluer ces résultats, les moyennes des résultats sont représentées dans le radar illustré dans la **figure 42** :

Le trait en bleu ciel dans la représentation radar représente les caractères organoleptiques des barres d'énergies de 20%.

Le trait en oronge dans la représentation radar représente les caractères organoleptiques des barres d'énergies de 30%.

Le trait en bleu fanés dans la représentation radar représente les caractères organoleptiques des barres d'énergies de 40%.

Le trait en mauve dans la représentation radar représente les caractères organoleptiques des barres d'énergies de témoin.



**Figures 42 :** Représentation globale (Radar) des analyses sensorielle.

Les résultats montrent que la barre d'énergie à 30 % de caroube conforme aux normes que nous cherchions à atteindre à travers notre propre recette.

D'après les moyennes trouvées on déduit que on a six critères (le goût, arrière-goût, état de surface, la forme, odeur, saveur) sont classés dans l'ordre suivant : très appréciable et assez appréciable, et deux critères sur les huit (la couleur et la dureté) est ni appréciable ni inappréciable.

Par rapport la barre de 20% :

D'après les moyennes trouvées on déduit qu'on a cinq critères (arrière-goût, état de surface, la forme, odeur, saveur) sont classés dans l'ordre suivant : très appréciable et assez appréciable, et trois critères sur les huit (le goût la couleur et la dureté) est ni appréciable ni inappréciable.

Par rapport la barre de 40% :

D'après les moyennes trouvées on déduit que on a quatre critères (le goût, état de surface, la forme, odeur,) sont classés dans l'ordre suivant : très appréciable et assez appréciable, et quatre

critère sur les huit (la couleur et la dureté, arrière-gout la saveur,) est ni appréciable ni inappréciable.

Par rapport le témoin :

D'après les moyennes trouvés on déduit que on a six critères (La dureté, arrière-gout, état de surface, la forme, odeur,) sont classés dans l'ordre suivant : très appréciable et assez appréciable, et deux critères sur les huit (le goût, la couleur et saveur) est ni appréciable ni inappréciable.

D'après les résultats de l'analyse sensorielle la barre plus appréciée est celle de 30% qui est en accord avec le critère qu'on cherche.

# **Conclusion**

## Conclusion

L'objectif de cette étude est de montrer les principaux composants actifs dans la poudre de caroube et ces effets sur le microbiote intestinal et créé des barres d'énergie avec une recette diététique riche en éléments nutritive essentiels.

Récemment en Algérie, la poudre de caroubier devrait susciter un intérêt croissant en tant qu'ingrédient diététique dans l'industrie alimentaire tel que les biscuits, le pain et les gâteaux et même sur les réseaux sociaux il a une popularité et une demande dans le marché algérienne à cause de ça valeur nutritionnelle marquée et sa teneur élevée en sucres complexes, fibres alimentaires et en composés phénoliques et protéiques.

C'est pour ça nous avons réalisé une analyse physico-chimique sur la poudre du caroubier provenant de la région TIPAZA (Cherchell). L'analyse de la composition de cette dernière en métabolites primaires, révèle des teneurs en sucres totaux de (16,1%) et une richesse protéique de (4,05 %) et un faible niveau de matières grasses (0,54 %), la teneur en fibres brutes a enregistré 10,625 %. Ces résultats toujours diffèrent selon les méthodes des analyses, les conditions climatiques et géologiques des différentes régions.

Cette dernière a été utilisée pour préparer les barres d'énergies, nous avons créé une recette facile à préparer avec des ingrédients économique, disponible, riche en minéraux et les nutriments essentiels et le plus important sain, sans graisses hydrogénée sans raffinage, naturelle et nous pouvons l'inclure dans notre alimentation quotidienne. Les résultats des analyses physico-chimiques de ces barres sont les suivant : une valeur très appréciable pour les protéines soit de 19,25%, avec un taux de sucre totaux à raison de 16,5% et matières grasses 27,07%

L'étude microbiologique de la poudre et produit fini sont conformes aux normes.

D'après le test de dégustation le biscuit de 30% a montré des caractéristiques très appréciables et une couleur foncée, goût très bon, bien formé, saveur peu sucrée, odeur, agréable et absence d'arrière-goût, lisse.

Les barres d'énergie a un profil nutritionnelle conseillé pour les sportifs par rapport sa richesse en protéines et lipide et surtout les diabétique à cause de ça faible teneur en sucre et une valeur

important des fibres qui diminue le taux de glucose postprandiale dans le sang et l'insulinémie chez les sujets ayant le diabète de type 2 , et réduit les taux de cholestérol HDL et LDL et de triglycéride dans le sang, donc ils contribuent à la prévention et au traitement de l'hyperlipidémie

En termes des perspectives et dans le but de compléter ce travail dans l'avenir, il serait :

- ❖ Industrialisation les barres d'énergie à base de caroubier.
- ❖ Faire une étude économique sur le coût des produits formulés.
- ❖ Diversifier le choix des goûts et créé des nouveaux goûts à bases naturelles.



# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

1. A. Tahiat a , R. Djidjik a , b , S. Boushaki a , K. Cherguelai`ne a , M. Gharnaoutd , S. Boumedine g , L. Smat f , N. Benhall f , A. Ateke , M. Baghriche f , N. Zidounic , M. Ghaffora .(2014). Deficit immunitaire commun variable (DICV) : caracteristiques cliniques et immunologiques de 29 patients algeriens ,volume 62 n°6 , Pages 377-381
2. Abdessamad et al., (2014). Le microbiote intestinal et la digestion des polysaccharides, médecine/sciences volume 3, n°30, PP : 259-265.
3. Ait Chitt, A., Belmir, H., Lazrak, A., (2007). Production des plants sélectionnés et greffés du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA MAPM/DERD n°153, PP :1-4.
4. Albanell, E., Caja, G., & Plaixats, J. (1991). Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. *Options méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*, 16, 135-136.
5. Amal .zeaiter (2018): Intensification par Détente Instantanée Contrôlée (DIC) de la fonctionnalisation physico-chimiques des graines végétales (Caroube et Tournesol)), L'École Doctorale des Sciences et Technologie, liban, volume 34, pp :97-1011.
6. Anon. (1986). Les plantes utiles de l'Inde. Direction des publications et de l'information. *CSIR. New Delhi. Inida*.
7. 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(2), 166-172.
8. Ayaz, F. A., Torun, H., Ayaz, S. E. M. A., Correia, P. J., Alaiz, M., Sanz, C., ... & Strnad, M. (2007). Determination of chemical composition of anatolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.): sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compounds. *Journal of Food Quality*, 30(6), 1040-1055.
9. Barrett E, R. R., O'Toole PW, Fitzgerald GF, Stanton C. (2012). aminobutyricacid production by culturablebacteriafrom the human intestine. *J ApplMicrobiol* volume 113, pp: 411-7.
10. Batlle, I. and J. Tous. 1997. Carobtree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglectedcrops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant GeneticResources Institute, Rome, Italy. PP : 2-92

11. Benguiar R. . Xbenaraba R. . Riazi A. . 2015 - Effet de l'extrait de caroube sur la croissance de deux candidats probiotiques: *Lactobacillus fermentum* et *Lactobacillus rhamnosus*. *Revue Nature et Technologie*, Volume 7, Numéro 2, Pages 22-27.
12. BENMAHIOUL B, KAÏD-HARCHE, M et DAGUIN F. (2011). Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, in revue HAL volume 52 ,n° 1, pp : 51-58.
13. Biner, B., Gubbuk, H. A. M. İ. D. E., Karhan, M. U. S. T. A. F. A., Aksu, M., & Pekmezci, M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food chemistry*, 101(4), 1443-1455.
14. Bouhnik Y (2001). Pullulation bactérienne chronique du grêle. *Rev Prat* Volume 51: pp : 964–8.
15. Bouzouita, N., Khaldi, A., Zgoulli, S., Chebil, L., Chekki, R., Chaabouni, M. M., & Thonart, P. (2007). The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia. *Food Chemistry*, 101(4), 1508-1515.
16. Britton RA, Y. V. (2012). Interaction between the intestinal microbiota and host in *Clostridium difficile* colonization resistance. *Trends Microbiol* volume 20, pp: 313-9.
17. BUXERAUD Jacques (2021). Impact des antibiotiques sur le microbiote intestinal volume Le microbiote intestinal, une question d'équilibre, volume 607, pp : 18-19.
18. C. Perronne (2008) ; Actualités sur la vaccinologie en pathologie respiratoire , *Médecine et maladies infectieuses* volume 38 pp : 443–448
19. C. Plissonneau1, B. Chassaing 2, F. Capel 3, G. Mairesse 4, G. Chesneau4, N. Barnich1, N. Boisseau .(2022) . Effets bénéfiques d'une complémentation en lin sur le microbiote intestinal associé à la muqueuse dans un contexte de pathologies métaboliques : *Nutrition clinique et métabolisme* volume 36 n° 23–76 page 69
20. Chassaing B, Darfeuille-Michaud A (2011). The commensal microbiota and enteropathogens in the pathogenesis of inflammatory bowel diseases. *Gastroenterology*, volume 140, n° 7, pp : 8- 20
21. Christl SU, Murgatroyd PR, Gibson GR, Cummings JH. (1992). Production, metabolism, and excretion of hydrogen in the large intestine. *Gastroenterology*, volume 102, pp : 1269–77.
22. Corthier. G (2007). Intestinal flora and health: which challenges ?. *Nutrition clinique et métabolisme*, n°21, PP 76–80.
23. Cotillard, A., Kennedy, S. P., Kong, L. C., Prifti, E., Pons, N., Le Chatelier, E., Gougis, S. (2013). Dietary intervention impact on gut microbial generichness. *Nature*, n° 500 volume : 7464, pp : 585-588.

24. Custódio L., A.L. Escapa, E. Fernandes, A. Fajardo, A. Rosa, F. Albericio, N. Neng, J.M.F. Nogueira, A. Romano, (2011). Phytochemical profile antioxidant cytotoxic activities of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) germ flour extracts, *Plant Foods Human Nutrition* volume 66 pp: 78–84.
25. Dakia, P. A. (2011). Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Seeds, endosperm and germ composition, and application to health. In *Nuts and seeds in health and disease prevention* (pp. 293-299). Academic Press.
26. Dakia, P. A., Blecker, C., Robert, C., Wa , B., & Paquot, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food hydrocolloids*, 22(5), 807-818.
27. Descoins, L. (2017). Microbiote et cerveau : corrélation avec les pathologies neurologiques et psychiatriques. Thèse du diplôme docteur en Pharmacie, France : Université Toulouse III Paul Sablier, 86p.
28. Eckburg PB, B. E., Bernstein CN, Purdom E, Dethlefsen L, Sargent M (2005). Diversity of the human intestinal microbialflora. Volume 308, pp: 1635-8.
29. Eckert C, B. F. (.2010). Infections associées à *Clostridium difficile*. *Med Sci* volume 26, pp: 153-8.
30. Evreinoff V. A.(1947). Le Caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. In: *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, 27<sup>e</sup> année, bulletin n°299-300,. PP : 389-401.
31. Fatima Ezzaitouni, Youssef Thiyfal , Mohamed Tahiri1 , Fouad Haddad1 , Wafaa Hliwa1 , Ahmed Bellabah1 , Wafaa Badre1 .(2017). Le déficit immunitaire commun variable à révélation tardive par des manifestations digestives: à propos d'un cas. 1Service d'Hépatogastro-Entérologie, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Maroc, volume 28
32. Gabriel Moser, (2009), *Psychologie environnemental (les relations homme-environnement)*, Boeck Université, 264, Belgique.
33. Guarner F, Mary Ellen Sanders ,Eliakim R, Fedorakr R., Gangl A ,James Garisch ,Kaufmann P, Karakan Khan T ,Nayoung Kim ,Andrés De Paula J, Ramakrishna Shanahan, F , Szajewska H , Thomson A, Anton,,Jean-Jacque (2017) Probiotiques et prébiotiques ,in *Revue, WGO Review Team* volume 1 pp :1\_42
34. Hasnia ZIAR, Imène YAHLA, Meryem SADOUD Ali RIAZI. 2019 - L'association des galactomannanes de caroube aux bactéries probiotiques dans un lait fermenté synbiotique sans gluten: biovalorisation technologique et effets sur la santé. *The north african journal of food and nutrition reaserch*, 03, 06: A12 – A13.
35. Hazebrouck. S., (2017). Allergies alimentaires : influence de l'allaitement et du microbiote intestinal, *Revue française d'allergologie* n° 57, PP : 487–491

36. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al.(2014) Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. Volume 8 pp :506–14.
  37. Hooper LV. (2004). Bacterial contributions to mammalian gut development. *Trends Microbiol*. volume 12, pp: 129-34.
  38. Hopkins W.G. (2003). Assimilation du carbone et productivité. Dans: *Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par Serge Rambour. Editions De Boeck université*, 515p.
  39. Johnson S, M. P., McFarland LV, Trick W, Donskey C, Currie B (2012). Is primary prevention of *Clostridium difficile* infection possible with specific probiotics. Volume 16 n° 11, PP : 92-786.
- Jules Bouharmont avec la collaboration scientifique de Charles-Marie Evrard. *De Boeck Université- Paris*, 944p.
40. KOCHERANE R (2021). Morpho-ecological and phytochemical characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in Algeria. Thèses de Doctorat, Université zineachour- Djelfa. 188 P
  41. L'ASSOCIATION DES GALACTOMANNANES DE CAROUBE
  42. Landmana, L . (2016) Le microbiote intestinal: description, rôle et implication physiopathologique. *La Revue de médecine interne* n° 37, PP :418–423
  43. Lichtenstein AH. (1990), Intestinal cholesterol metabolism. *Ann Med*, volume, 22 pp:49–52.
  44. Lizardo, R., Canellas, J., Mas, F., Torrallardona, D., and Brufau, J. (2002). L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets. *Journées de la recherche porcine* 34, 97-101.
  45. M. Kamal E. Youssef<sup>1</sup>, Moshe ra M. El-Manfaloty<sup>2</sup>, Hend M. Ali<sup>2</sup>. Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Food and Public Health 2013, 3(6): 304-308
  46. M. Lalande, C. Comte, D. Bessis, M. Rodiere .(2008) . – Pathologie infectieuse Syndrome de reconstitution immunitaire (SRI) et exacerbation d'une maladie de Kaposi chez un adolescent infecté par le VIH. *CHU Adv, Montpellier, France*, volume 15 n°5 ,page 993
  47. Macpherson AJ, H. N. (2004). Interactions between commensal intestinal bacteria and the immune system. *Nat Rev Immunol*. Volume 4, pp: 478-85.
  48. Marteau, P (2012). Physiopathologie des diarrhées chroniques. *Hepatogastroenterology* volume 19, n°8, PP : 580-585.
  49. Marteau, P. (2013). Microbiote intestinal. *Elsevier Masson SAS*. Volume 8, pp : 418–423.
  50. Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram District of Tamil Nadu, India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. Volume 2, n° 43 pp : 1-10.

51. Mingyue Cheng et Kang Ning (2019). Stereotypes About Enterotype: the Old and New Ideas. *GenomicsProteomicsBioinformatics* n°17, pp : 4–12.
52. Mulet, A., Fernández-Salguero, J., García-Pérez, J. V., & Bon, J. (2016). Mechanistic
53. MuthuChellaiah, MuniappanAyyanar, Nagappan Raja and SavarimuthuIgnacimuthu(2006).
54. Paul Ozenda (1950) L'aire de répartition de l'Euphorbiadendroides et sa valeur biogéographique, *Bulletin de la Société Botanique de France*, volume 97, n°10, PP : 172-181 products; Ed: world scientific.43 :1-14.
55. Pryde SE, D. S., Hold GL, Stewart C, Flint HJ. (2002). The microbiology of butyrate formation in the human colon. *FEMS MicrobiolLett.* Volume 217, pp: 133-9.
56. Pryde SE, Duncan SH, Hold GL, Stewart CS, Flint HJ(2020). The microbiology of butyrate formation in the human colon. *FEMS MicrobiolLett* n° 217 PP : 133–9.
57. Putod R., 1982. Les arbres fourragers. *Forêt Méditerranéenne*, pp : 33-36
58. Raven H., Evert R. F., Eichhorn S. E. 2000). *Biologie végétale*. 6e édition. Traduit par
59. Ridlon JM, Kang DJ, Hylemon PB(2006). Bile salt biotransformations by human intestinal bacteria. *J LipidRes* volume 47, pp:241–59
60. Saïdi, R., Rahmouni, S., El Ansari, Z.N., Maouni, A., Badoc, A. and Lamarti, A. (2019) Effect of Cytokinins on the Micropropagation of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) through Shoot Tip Culture. *American Journal of Plant Sciences*, volume 9, n°10, PP : 1469- 1481
61. Sallouh Mebarka et Nouioui Ikram 2019 Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques de la caroube Algérienne Université Mohamed Khider de Biskra Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie Département des Sciences de la Matière
62. Sébastien GILLET (2018). ETUDE DES RELATIONS ENTRE LA STRUCTURE DES GALACTOMANNANES DE CAROUBE ET LEURS PROPRIETES FONCTIONNELLES0.Liege université Gembloux Agro-BIO Tech, pp : 1-208
63. Sébastien Gillet a, Christophe Blecker b, Michel Paquota, Aurore Richel (2014). La relation structure chimique–propriétés physiques des galactomannanes extraits de la caroube. Elsevier Masson SAS. Volume 17, PP : 386–401.
64. SITTIKIJYOTHIN, W., TORRES, D., et GONÇALVES, M. P. Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. *Carbohydrate Polymers*, 2005, vol. 59, no 3, p. 339-350.
65. Sokol H, Seksik P (2010). The intestinal microbiota in inflammatoryboweldiseases: time to connectwith the host. *CurrOpinGastroenterol*volume 26, pp : 327–31.
66. Stewart (2020). Microbiote: vers une révolution thérapeutique. *La lettre de l'Institut Pasteur* , volume108 ,pp : 2-7.
67. *The North African Journal of Food and Nutrition Research*: (2019) 03; (06): A1-A127
68. *The North African Journal of Food and Nutrition Research*: (2019) 03; (06): A1-A127
69. Walton N., Brown D. (1999). *Chemicalfrom Plants : Perspectives on plant secondary*

70. WENZL, Tobias G., SCHNEIDER, Sabine, SCHEELE, Frank, *et al.* Effects of thickened feeding on gastroesophageal reflux in infants: a placebo-controlled crossover study using intraluminal impedance. *Pediatrics*, 2003, vol. 111, no 4, p. e355-e359.
71. Yang et al., Q., Liang, Q., Balakrishnan, B., Belobrajdic, D. P., Feng, Q. J., Zhang, W. (2020). Role of dietary nutrients in the modulation of gut microbiota: A narrative review. *Nutrients*, volume 381, n° 12, pp : 1-57.

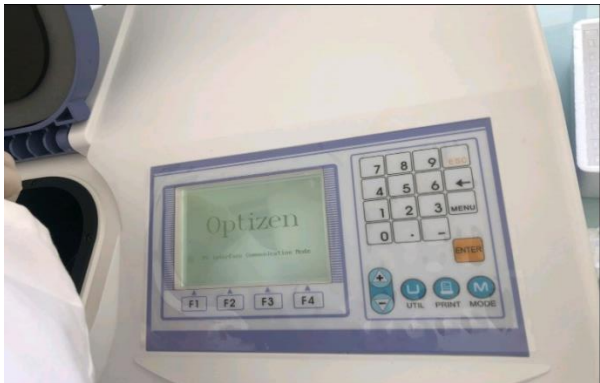
# **Annexe**



## Annexe I

Appareillage :

Spectrophotomètre.



Vortex



Balance de précision



Etuve



Four a moufle



Dessiccateur



Broyeur



PH mètre

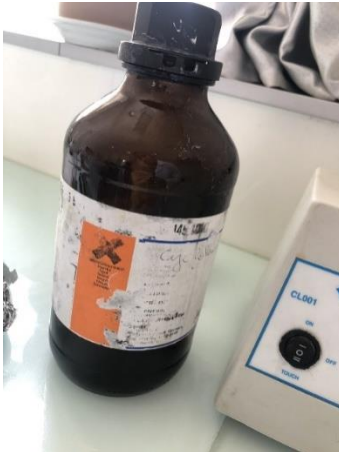


## Verrerie

- ✓ Des béchers
- ✓ Pipettes graduées
- ✓ Fioles jaugées
- ✓ Entonnoirs
- ✓ Tubes à essais
- ✓ Burettes
- ✓ burette de titration

## Solvants

- ✓ Acide sulfurique



- ✓ Eau distillée
- ✓ HCL
- ✓ NaOH

## Milieux d'cultures

- ✓ la gélose VRBL
- ✓ Gélose TGEA
- ✓ gélose OGA
- ✓ Géolithe content
- ✓ SFB

## Annexe II

### • Préparation de la courbe d'étalonnage

Dissoudre 100mg de glucose dans 100ml d'eau distille

Préparer des solutions fille dans des fioles jaugées de 50 ml

Préparer une série de tubes à essai dans lesquels on verse 1 ml à partir de chaque solution fille.

Ajouter ml de phénol à 50% à tous les tubes à Essai, et agiter soigneusement.

Concentration (mg /l)	Volume prélevé de la solution mère (ml)
5	250 ul
10	500ul
15	750ul
20	1 ml
25	1 ,25 ml
30	1 ,5 ml
35	1 ,75 ml
40	2 ml
45	2 ,25 ml
50	2 ,5 ml
55	2,75 ml
70	3 ml
90	3,25 ml
100	3 ,5 ml

Verser 5 ml de l'acide sulfurique dans chaque tube, et agiter a l'aide du vortex

Laisser refroidir à la température de la salle pendant 30 minutes puis lire la densité optique (DO) à 488 nm

- Préparation le Tube a blanc qui contient : 1 ml phénol  
5 ml acide sulfurique on le met dans le bain marie pendant 5min et en l'incube 30 min

### **Solution préparé d'acétate de plomb :**

Acétate neutre de plomb 5g

Eau distillée 100 ml

### **Poids des ballons vides :**

Ballon de poudre de caroube : 110,3961

Ballon de barre : 115,7170

# Annexe III



UNIVERSITE DE BLIDA 1

FAKULTÉ DES SCIENCES DE NATURE ET DE LA VIE  
INSTITUT AGRO-ALIMENTAIRE



MASTER 2: Nutrition et Pathologie 2021-2022

## FICHE SENSORIELLE ET DE DEGUSTATION

Date de la dégustation : /06/06 /2022

NOM DU PRODUIT: barre d'énergie à base de caroubier

Âge:

Sexe: Masculin

Féminin




Fumeur: oui non

Croisillons dentaire : oui non

Profession:

\*Trois échantillons de barre de caroubier à trois différents pourcentages (%) en caroube (A) 20% ; (B) 30% et (C) 40% à comparer avec une barre industrielle comme témoin (D).

Selon vous encerchez la proposition suivante:

Caractéristique de l'échantillon	Témoins	Essai A 20%	Essai B 30%	Essai C 40%
Visuellement  <ul style="list-style-type: none"><li>• Couleur</li><li>• Etat de surface</li><li>• La forme</li><li>• La dureté</li></ul>	Claire Foncé Très foncé	Claire Foncé Très foncé	Claire Foncé Très foncé	Claire Foncé Très foncé
	Lisse Non lisse	Lisse Non lisse	Lisse Non lisse	Lisse Non lisse
	Bien formé Déformé	Bien formé Déformé	Bien formé Déformé	Bien formé Déformé
	Dure Croustillon	Dure Croustillon	Dure Croustillon	Dure Croustillon
• Odeur 	Agréable Désagréable	Agréable Désagréable	Agréable Désagréable	Agréable Désagréable
• Gout 	Mauvais Bon Très bon	Mauvais Bon Très bon	Mauvais Bon Très bon	Mauvais Bon Très bon

• Saveur	Peu sucré	Peu sucré	Peu sucré	Peu sucré
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Trop sucré	Trop sucré	Trop sucré	Trop sucré
• Arrière-gout	Présence	Présence	Présence	Présence
	absence	absence	absence	absence

Cochez la proposition que vous aimez plus

A :

B :


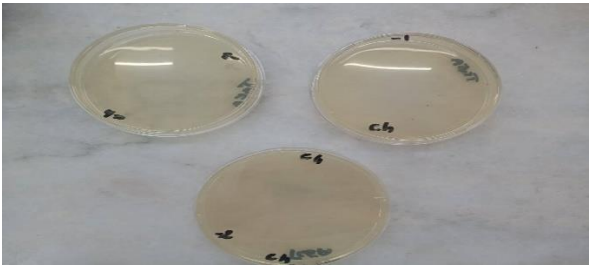


C :

D :

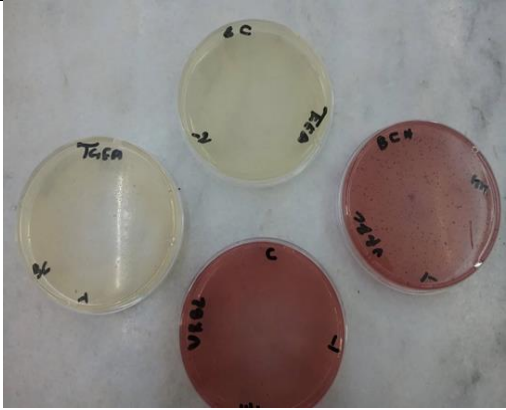


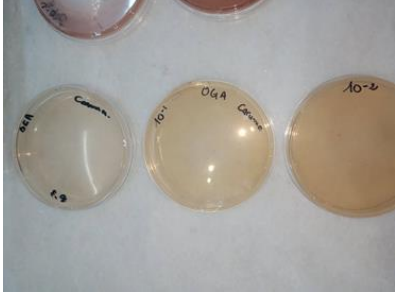

Remarques et suggestions:

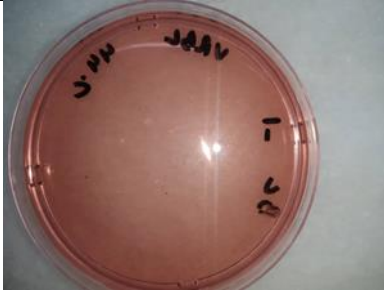
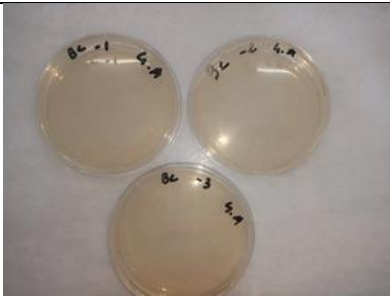

## Annexe IV

### ➤ Résultat des analyses microbiologiques :

Produits	Recherche Dénombrement	Résultats
Flocon d'avoine	<i>Anaérobies sulfite</i> <i>Reducteur</i>	
chocolat noir	Germe aérobie	
	Levures et Moisissures	
	Salmonella staphylococcus aureus	



<p><b>beure cacahuètes</b></p>	<p><i>Escherichia coli</i> <b>Germes aérobies mésophiles totaux</b></p>	
<p><b>la poudre de caroube</b></p>	<p><b>Germes aérobies</b></p>	
	<p><i>coliformes totaux</i></p>	
	<p><b>Moisissures</b></p>	
<p><b>Le biscuit</b></p>	<p><b>Germes aérobies</b></p>	

<b>Escherichia coli</b>		
<b>Moississures</b>		
<b>Salmonella</b>		
<b>Staphylococcus aureus</b>		

