

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



FACULTEDES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE ET BIOCHIMIE

MEMOIRE : MASTER PROFESSIONNEL

FILIERE: Sciences alimentaires

OPTION: Qualité des produits et sécurité alimentaire

Présenté par

MIMOUNE Nor-elhouda

SAIDI Fattoum

Thème :

*Formulation d'un nouveau produit destiné aux
maladies cœliaques à la base de la pulpe de caroube.*

Soutenu devant le jury composé de :

Dr RAHALI Abdallah	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Encadreur
Dr. DEHIMI Khadija	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr.GUETOUACHE Mourad	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2021 /2022

REMERCIEMENTS

Avant tout nous remercions "Allah" tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

*Nos reconnaissances vont tout d'abord au **Dr RAHALI Abdallah** qui nous a honoré en proposer ce sujet et de diriger ce travail, pour son encadrement rigoureux et méthodique et les compétences dont elle nous fait bénéficier au long de toutes nos études. Nous lui adresse également nos gratitude pour son aide précieuse et d'avoir été là pour nous.*

*Nous souhaitons témoigner nos remerciements tout aussi sincères aux membres de jury : **Dr. DEHIMI** et **Dr. GUETOUACHE***

*Nous n'oublions pas non plus Nos Enseignants, qui tout au long du cycle d'études à **UNIVERSITE MOHAMED BOUDIEF**, nous ont transmis leur savoir.*

DEDICACE

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail
à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais
jamais à leur exprimer mon amour sincère.*

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite
et tout mon respect : **mon cher père Ali***

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit
non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre
heureuse: **mon adorable mère Razika***

*A mes chères sœurs **Ghoufrane , Imane , Safia et mon frère Ilyes** qui m'ont
encourager et soutenir tout au long de mes études*

*A mes neveux **Mostapha , Youcef et Yacine , mes nièces Djouri et Djoumana**
Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A mon adorable amie **Dr.BETKA Hadjira** qui sait toujours sans cessée de me
conseiller, guider et procurer la joie et le bonheur dans les difficiles moments de
ma vie.*

*A mon chère amie **Achouak** qui m'as beaucoup guider dans ce travail grâce à ces
expériences*

*A toute ma famille , mes amis et toute personne que j'ai connu jusqu'à
maintenant.*

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

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

Nor-elhouda

DEDICACE

Je dédie ce projet :

A ma chère mère, Aicha

A mon cher père, Rabih

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères ,Nadir ,Oussama , Walid

A ma chère sœur Rima

A mon mari, RAHALI Mabrouk et ma belle mère Noura , et ma beau père Adlane.

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A ma chère binôme Nor-elhouda pour sa entente et sa sympathie, pour leurs indéfectibles soutiens et leurs patiences infinies.

A toute ma famille,

A tous mes autres ami(e)s,

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Fettoum

Sommaire

REMERCIEMENTS

DEDICACE

Résumé

Liste des figures

Listes des tableaux

Introduction

Étude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le caroubier

I.1. Taxonomie et terminologie commune	4
I.2. Description Botanique	5
I.2.1. Les Racines	5
I.2.2. Le Tronc	6
I.2.3. Les feuilles	7
I.2.4. Les fleurs	7
I.2.5. Les fruits.....	8
I.3.Habitat et distribution géographique :	9
I.3.1. Origine de caroubier	9
I.3.2. Distribution dans le monde.....	9
I.3.3. La distribution en Algérie	10
I.4 Ecologie du caroubier	11
I.5 Reproduction biologique	11
I.6 La multiplication du caroubier	12
I.7 Propriétés et utilisations du caroubier	13
I.7.1 Propriétés.....	13
I.7.2 Utilisations	14

Chapitre II : Généralités sur la maladie cœliaque.

II.1. Définition de la maladie cœliaque	17
II.2. Historique de la maladie cœliaque	17
II.3. Épidémiologie de la maladie cœliaque	17
II.3.1 Incidence	17
II.3.2. Prévalence	18
II.5. Physiopathologie de la maladie cœliaque	19
II.5.1. Facteurs génétiques	19
II.5.2. Facteurs environnementaux	20
II.5.3. Facteurs immunologiques	20
II.6 Symptômes et diagnostic de la maladie cœliaque :	21
II.6.1. Symptômes :	21
II.6.2. Diagnostic :	23
II.7 Traitement et prospective thérapeutique:	23
<i>III. Matériels et méthodes</i>	
III.Préparation des matières premières.	25
III.1. La caroube :	25
III.1.1Préparation de la farine de caroube :	25
III.2 Le maïs :	26
III.2.1 Préparation de la farine de maïs :	26
III.3 Analyse physico-chimique des farines utilisés :	27
III.3.1 : Humidité	27
III.3.2 Lipides totaux :	27
III.3.3. Matière protéiques :	27
III.3.4 : Sucres totaux :	28
III.4 Formulation du Cake :	30
III.4.1 Cuisson :	32

III.4.2 Refroidissement et conditionnement :	32
III.5 évaluation de la qualité de produit fini (cake) :	33
III.5.1 :évaluation physico-chimique de produit fini :	33
III.5.2 : Analyse sensorielle :	33
III.5.2.1 Le déroulement de l'analyse sensorielle :	33

Chapitre IV:Résultats et discussions

IV.1 Résultats des analyses biochimiques des farines utilisées :	36
IV.1.1 . Composition biochimiques des farines	36
IV.1.1.1 Farine de caroube	36
IV.1.1.2 Farine de maïs	37
IV.2 Résultat des analyses sensorielles :	37
IV.3 Les résultats des analyses physico-chimiques de produit fini :	40
IV.3.1 Protéine :	40
IV.3.2 La matière grasse (les lipides) :	40
IV.3.3 Humidité	40
IV.3.4 Sucre totaux	41

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

ملخص

المنتجات الغذائية لمرضى السيلياك في الجزائر نادرة وغالبًا ما يتم استيرادها. ويترتب على ذلك تكلفة لا تتناسب مع متوسط دخل السكان الجزائريين. لهذا السبب قررنا صنع منتج غذائي مناسب لهذه الفئة من لب الخروب الذي له قيمة غذائية عالية. قمنا بطحن لب الخروب الى دقيق و استخدمناه كمكون اساسي في الكعكة المشفرة ب (C30,B20,A10) مع شاهد . ستون مستهلك منهم ثلاثون سيلياكي وثلاثون عاديون , نسبة 93٪ منهم ابدوا رضاهم عن الدوق والشكل الخاص بالمنتج

.C30

تم إجراء تحليلات فيزيائية و كيميائية لتحديد البروتين والدهون والسكريات الإجمالية ومحتوى الرطوبة للمواد الخام والمنتجات النهائية. بعد هذه التحليلات وبالمقارنة مع الدراسات السابقة، تبين أنها ضمن المعايير.

تشير النتائج إلى أن الكعك الخالي من الغلوتين يمكن أن يصنع من دقيق لب الخروب الغني بالبروتين والألياف والخصائص الحسية التي ترضي الأشخاص المصابين بمرض الاضطرابات الهضمية.

الكلمات المفتاحية : دقيق الخروب، مرض السيلياك . التغذية، التركيب، التثمين ، الغذاء، المستهلك.

Abstract

Food products of celiac diseases in Algeria are rare and often imported. This entails a cost and makes them not proportional to the average income of the Algerian inhabitant

For this reason, we decide of making a food product suitable for this category from carob pulp that has a high nutritional value

The carob pulp was ground into flour and used as an ingredient in the cake coded by (A10, B20, C30) and a standard .Sixty consumers of which thirty are normal and the others are celiac have given their degree of satisfaction for the overall acceptability and taste for the products. Overall acceptability was approved by 93% of consumers.

Physio-chemical analyses were carried out to determine the protein, lipid, total sugars and moisture content of raw materials and finished product. After these analyses and in comparison with previous studies, it was found that these are within the standards.

The results indicate that gluten-free cakes can be made from carob bean flour, which is rich in protein, fiber, and sensory characteristics that are pleasing to people with celiac disease.

Keywords: carob flour, celiac disease, nutrition, formulation, enhancement, food, consumer .

Résumé

Les produits alimentaires des maladies cœliaques .en Algérie sont rares et souvent importés Cela entraîne un coût et les rend non proportionnels au revenu moyen de l'habitant algérien

Pour cette raison, nous avons décidé de fabriquer un produit alimentaire adapté à cette catégorie à partir de la pulpe de caroube qui a une haute valeur nutritionnelle

La pulpe de caroube était moulue en farine et utilisée comme ingrédient dans le gâteau codé par (A10, B20 , C30) et un témoin . Soixante consommateurs dont trente sont des normaux et le reste sont des cœliaques ont donné leur degré de satisfaction pour l'acceptabilité globale et le goût pour les produits. L'acceptabilité globale a été approuvée par 93% des consommateurs .

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées pour déterminer les teneurs en protéines , lipides, sucres totaux et l'humidité des matières premières et de produit fini. Après ces analyses et en comparaison avec des études précédentes , on a trouvé que ces derniers sont dans les normes.

Les résultats indiquent que les gâteaux sans gluten peuvent être fabriqués à partir de la farine de ,caroube , qui sont riches en protéines, en fibres et avec des caractéristiques sensorielles agréables pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque .

Mots clés : farine de caroube, maladie coeliaque , nutrition, formulation , valorisation, aliment , consommateur .

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$: L'oxalate d'ammonium

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: Ammonium sulfate

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: Le sulfate d'ammonium

°C : Degré Celsius.

‰ : Pour mille.

AFNOR : Association française de normalisation

$\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2$: L'acide oxalique

Cm : Centimètre

CO_2 : Le dioxyde de carbone

CPA : Cellule présentatrice d'antigène.

Cu_2O : Oxyde cuivreux

CuSO_4 : Le sulfate de cuivre(II)

d : densité

DSA : Direction des Services Agricoles

E410 : épaississant

ESPGAN: The European Society for Pediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition.

Fe : fer

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$: Le sulfate de fer(III)

FeCl_3 : Chlorure de fer(III)

FeSO_4 : Sulfate de fer(II)

FeSO_4 : Sulfate de fer(II)

FM : Farine de maïs

g : gramme

g/j : Gramme par Jour

g/kg : Gramme par Kilogramme

g/l : gramme par litre

H₂O : Molécule d'eau

H₂SO₄ : L'Acide sulfurique

H₂SO₄ : L'Acide sulfurique

HLA : Human leukocyte antigen.

K₂SO₄ : Le sulfate de potassium

KMnO₄ : Le permanganate de potassium

NH₄ : L'ammoniac

m :mètre

MC : Maladie cœliaque.

ml :millilitre

mm: Millimètre

MnSO₄ : manganese sulfate"

Na₂SO₄ : L'hydroxyde de sodium

NASPGHAN: North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition.

NH₃ : L'ammoniac

PEG : Polyéthylène Glycol

RSG : Régime sans gluten.

SO₂ : Sulfur dioxide

tTg2 : Transglutaminase tissulaire de type 2.

Liste des figures

Figure n°1	Le Caroubier (The nature conservancy., 2001)	4
Figure n°2	Racines du caroubier (The nature conservancy., 2001)	5
Figure n°3	Le tronc de caroubier (The nature conservancy., 2001)	6
Figure n°4	Les feuilles de caroubier (The nature conservancy., 2001)	6
Figure n°5	Type d'inflorescence du caroubier (Rejet, 1995 ; Battle et Tous, 1997)	7
Figure n°6	Fruit du caroubier (Battle et Tous, 1997).	8
Figure n°7	Centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Battle et Tous,1997).	9
Figure n°8	Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques(A.N.R.H, 2004).	9
Figure n°9	Coupe transversale d'une graine de caroube (Dakia et al., 2008).	13
Figure n°10	Pathogénèse de la maladie cœliaque (Meresse et al., 2012)	19
Figure n°11	Villosités du petit intestin (Mearin, 2007).	20
Figure n°12	Manifestations cliniques de la MC. (Lindfors et al. 2019)	21
Figure n°13	Diagramme de fabrication de la farine de caroube	24
Figure n°14	Diagramme de fabrication de la farine de maïs	25
Figure n°15	Diagramme de fabrication du Cake	30
Figure n°16	Vue en avant et en haut de nos cakes après refroidissement	31
Figure n°17	Coupes transversales de nos cakes présentés aux dégustateurs.	32

Figure n°18	Diagramme en barres représente les résultats des niveaux d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs normaux	.37
Figure n°19	Diagramme en barres représente les résultats des niveaux d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs cœliaques .	38

Listes des tableaux

Tableau n°1	Classification taxonomique du genre Ceratonia (Sbay H., 2008)	3
Tableau n°2	Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, année 2009	10
Tableau n°3	La composition moyenne de la pulpe du caroubier	12
Tableau n°4	Principaux produits de la caroube (pulpe et graines) et leurs utilisations majeures (Batlle et Tous, 1997)	14
Tableau n°5	Prévalence de la maladie cœliaque dans quelques wilayas de l'est Algérien (Boudraa et al., 2008).	17
Tableau n°6	Formes de la maladie cœliaque (Malamut et Cellier 2010a)	18
Tableau n°7	Symptômes de la maladie cœliaque. (Feighery. 1999)	22
Tableau n°8	Tableau des attributs de dégustation des produits réalisés	33
Tableau n°9	Composition biochimiques des farines en % de la matière sèche	34
Tableau n°10	résultats des analyses physico-chimiques de produit fini	39

Introduction

Introduction :

La nourriture est au centre de nos vies et de notre survie. L'alimentation fait partie de notre histoire, de l'économie, de la politique, de la culture et de notre santé. Les aliments sont naturellement reliés à notre existence et sont ainsi vecteurs de notre plaisir, de nos peines, de notre sociabilité, de nos mythes et croyances autant que de nos réalités quotidiennes. La nourriture est, à valeur égale, une question de raison et de passion pour l'être humain (**Barrau 1983**). C'est pour ces raisons les marchés alimentaires mondiaux ou nationaux forcent toujours l'industrie, les entreprises agroalimentaires à développer sans cesse de nouveaux produits ; pour de bonnes performances le mode de vie du consommateur développé par la loi de l'offre et de la demande du marché qui a recherché des aliments biologiques et a donc besoin de remplacer les antioxydants synthétisés à partir d'antioxydants naturels et utilisant de nouveaux ingrédients tels que Polyphénols. Dans les années 1960, l'utilisation de farines mélangées dans la boulangerie a été introduite pour remplacer partiellement la farine de blé et pour réduire l'importation de cette céréale. De nos jours, La recherche sur les farines mixtes vise à améliorer la qualité nutritionnelle des produits alimentaires et à répondre aux besoins des consommateurs en produits diversifiés. Plusieurs facteurs doivent être pris en considération dans l'utilisation de farines mélangées pour la production alimentaire. Les caractéristiques des farines de substitution devraient minimiser les effets de la substitution et donner des aliments d'une couleur acceptable, d'une saveur agréable et d'une bonne texture (**Borges et coll., 2006**). On dit que les mangeurs sont associés à un groupe social, et selon différentes propriétés de leur alimentation (**Régnier, Lhuissier et Gojard 2006**). Cette image est basée sur les manières de table ainsi que sur la nourriture et le goût. alors, que se passe-t-il lorsque la nourriture est un facteur d'une maladie ?

Les changements dans la transformation et la demande croissante des consommateurs pour les aliments de qualité sensorielle et nutritionnelle qui apportent des avantages pour la santé, ont encouragé l'étude de nouveaux ingrédients à utiliser par l'industrie alimentaire. Un exemple de cela est le cas des personnes atteintes de la maladie cœliaque, où le seul traitement qui existe actuellement est l'exclusion totale du gluten de l'alimentation (**Moscato et coll., 2004**).

En Algérie, les malades cœliaques souffrent d'un manque d'aliments de consommation courante ne contenant pas de gluten. Les produits diététiques commercialisés destinés à cette tranche de population sont pour la plupart importés, onéreux, peu diversifiés, de texture et de goût peu appréciés. Ce problème se pose surtout pour les enfants en âge de sevrage dont les besoins nutritionnels ne dépendent plus que du lait maternel (**BENATALLAH et al., 2004**).

Notre travail consiste à l'amélioration de la situation alimentaire des malades cœliaques algériens, la formulation d'un produit sans gluten destinée aux malades cœliaques à la base de la pulpe de caroube qui a une valeur nutritionnelle à haute performance, il peut constituer un bon candidat pour être utilisée comme un aliment fonctionnel ou comme un ingrédient alimentaire (**Arribas et al., 2019; Biernacka et**

al., 2017) du fait qu'elle peut constituer une bonne source de polyphénols antioxydants (**Owen et al., 2003**). ainsi que la valorisation de ce dernier qui est très négligé en Algérie et n'a pas eu la place qu'il mérite malgré sa valeur économique non négligeable et malgré que sa récolte et sa transformation ne sont pas coûteuses .

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Généralités sur le caroubier.

Chapitre I. Généralités sur le caroubier

I.1. Taxonomie et terminologie commune

Le caroubier semble être originaire de la Méditerranée orientale, a été domestiqué depuis la période néolithique en 4000 avant JC, a été largement cultivé depuis au moins 2000 avant JC et est largement connu sur les îles du Proche-Orient et de la Méditerranée. En Égypte, les pharaons utilisaient de la farine de fruits pour renforcer les bandages des momies (XVIIe siècle av. J.-C.).

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua*, est dérivé du grec 'Keras', qui signifie petite corne, et du nom d'espèce "siliqua", qui est latin pour silique ou gousse, faisant allusion à la fermeté et à la forme de la gousse. Cette espèce appartient au genre *Ceratonia* de la sous-famille des caesalpinioïdeae de la famille des Fabaceae (légumineuses), qui fait partie de l'ordre des Fabales (rosales) du genre Magnolia (**Boudy, 1950**). Genre *Ceratonia*; appartient aux Fabaceae, Rosales, sous-famille Caesalpinioideae (**Quizer et Père Noël, 1962**). La caroube a d'abord été propagé par les Grecs, puis par les Arabes et les Berbères en Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal, puis par les Espagnols en Amérique du Sud, en Amérique du Nord et en Australie, actuellement la caroube est On la trouve également dans les Philippines, l'Iran, l'Afrique du Sud et l'Inde (**Berrougi, 2007**).

Tableau n° 1 : Classification taxonomique du genre *Ceratonia* (Sbay H., 2008).

Régne	plantae
Sous-régne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliosida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Legumineuses
Sous-famille	Caesalpinioideae
Sous-tribu	Certoniinae
Genre	<i>Ceratonia</i>

I.2. Description Botanique

Le caroubier est un arbre ou un arbuste à croissance lente (**Quezel et Santa, 1962**), atteignant une hauteur de 7 à 20 m et une circonférence de 2 à 3 m à la base du tronc (**Figure 1**). L'écorce est lisse grise et brune lorsqu'elle est jeune et rugueuse à maturité. Son bois rougeâtre est très dur.



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

I.2.1. Les Racines

Les racines du caroubier sont très ramifiées en surface (**Figure 2**), avec une strate plus épaisse dans la partie supérieure qui, lorsqu'elle est séparée du tronc, est inclinée en raison d'une géotropisme positive.

La racine principale se ramifie en plusieurs racines latérales ou secondaires de grande longueur et a tendance à être superficielle, en particulier sur les sols denses ou peu profonds. Les racines latérales très ramifiées avec de nombreux poils absorbants peuvent atteindre des longueurs de 30 à 40 m (**Tous, 1984**).

En plus de fixer vigoureusement l'arbre dans le sol, ce système racinaire peut également absorber de l'humidité et des nutriments sur de grandes étendues, en particulier des couches supérieures du sol, où il présente les niveaux de fertilité, d'aération et de matière organique les plus élevés.

C'est probablement l'une des raisons principales pour laquelle cet arbre peut croître dans un terrain rocailleux avec des sols peu profonds et dans des conditions arides qui seraient restrictifs pour d'autres cultures (**Albanell, 1990**).



Figure n° 2 : Racines du caroubier (The nature conservancy., 2001)

I.2.2. Le Tronc

Le tronc du caroubier est épais, robuste avec écorce rugueuse et brin-grisâtre (Albanell, 1990) tandis que l'écorce est lisse sur la partie supérieure du tronc et à la base des branches. (Figure 3)

Les branches présentent les différentes caractéristiques suivantes (Albanell, 1990) :

Les branches principales d'âge avancé sont généralement épaisses, tortueuses et avec une tendance à l'horizontalité (figure3) due à leur poids et aux tailles de formation. Leur rôle principal est celui de servir comme élément support à d'autres branches, même si elles peuvent occasionnellement être productives ;

Les branches secondaires sont de taille moyenne avec une tendance à être plus au moins érigées selon leur âge en particulier dans la partie supérieure de la couronne. Elles constituent les principales branches de production ;

Les jeunes branches ou rameaux, de taille plus petite, sont situées dans la partie externe de la couronne ou zone de croissance. Elles sont flexibles et ont une écorce lisse recouverte de lenticelles qui permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère. Elles présentent généralement et selon les variétés des tons jaune-verdâtres ou rougeâtres dans la zone de bourgeonnement



Figure n° 3 : Le tronc de caroubier (The nature conservancy., 2001)

I.2.3. Les feuilles

Ses feuilles (**figure 4**) persistantes sont assez grandes (10 à 20 cm de longueur), composées de 4 à 10 folioles ovales ou elliptiques (3 à 7 cm de longueur) opposées, de couleur verte luisante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure. Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet. Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18 m de profondeur, ces dernières sont partiellement renouvelées au printemps (mars - avril) (**Gharnit, 2003**).



Figure n°4 : Les feuilles de caroubier (The nature conservancy., 2001)

I.2.4. Les fleurs

La plupart des caroubiers sont dioïques, parfois hermaphrodite et rarement monoïque (**Battle et Tous, 1988**). Ainsi, Les fleurs mâles (**Figure 5.a**), femelles (**Figure 5.b**) et hermaphrodites poussent sur des pieds différents. Les pieds mâles sont stériles et improductifs (**Rejeb, 1995**). Les fleurs du caroubier

poussent en automne et la floraison apparaît en hiver sur le vieux bois et porte les jeunes fruits (**Figure 5.c**), et à la fin de l'été que les gousses en maturité seront récoltées, en générale en Septembre ; Les inflorescences portent 20 à 50 petites fleurs unisexuées qui se disposent sur les branches et le tronc en courtes grappes latérales (**Figure 5.a**). Les fleurs sont inhabituelles sans pétales et le taux d'avortement des fleurs atffreint 83 % chez les types productifs (**Battle et Tous, 1997**).



Figure n° 5 : Type d'inflorescence du caroubier a : fleurs males, b : fleurs femelles, c : Gousses. (Rejet, 1995 ; Battle et Tous, 1997).

I.2.5. Les fruits

Les caroubes sont réunies en grappes simples. Ce sont des gousses indéhiscentes, de grande taille : 10 à 30 cm de longueur, 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2 cm d'épaisseur. Chaque caroube pèse environ 15 à 30 grammes (**BATTLE et TOUS, 1997**) (**Figure 6**).

La gousse comporte trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, des cloisons pulpeuses transversales qui la sépare à l'intérieur renfermant de 4 à 16 graines. Dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm D'abord, Il est vert puis brun, et, au moment de la maturité, brun foncé à noir (**Ait Chitt, 2007**).

Le fruit du caroubier atteint la maturité par trois stades de développement :

- le premier stade est caractérisé par une lente croissance en automne et en hiver ;
- le second correspond à un développement actif et une croissance rapide des gousses au printemps ;
- au dernier stade, la gousse mûrit et se durcit en juin-juillet (**Benmahioul et al., 2011**).



Figure n°6 : Fruit du caroubier (gousses vertes à gauche et mûrs à droite). (Battle et Tous, 1997).

I.3.Habitat et distribution géographique :

I.3.1. Origine de caroubier

Le caroubier était connu dans le proche Orient et les îles de la Méditerranée. En Egypte, les pharaons utilisaient la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (XVIIe siècle avant J.C). Cette espèce ligneuse a été domestiquée depuis le néolithique (4000 ans avant J.C.), et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. (**BATLLE et TOUS, 1997**).

I.3.2. Distribution dans le monde

Le caroubier est étendu, à l'état sauvage, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Sud de Jordanie, Égypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranéen.

le caroubier constitue une essence dominante et caractéristique du maquis des arbres sclérophylles (**Folch L, Guillen R. 1981**). Ensuite il a été introduit avec succès dans des pays ayant un climat méditerranéen : en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols. Actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines et en Iran (**Battle et Tous, 1997**). Dans les zones basses méditerranéennes (0- 500m, rarement 900m d'altitude.) (**Figure 7**)



Figure n°7 : Centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Batlle et Tous,1997).

I.3.3. La distribution en Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (Mahdad, Gaouar 2009) (tableau02). Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (figure 8) et à Tlemcen dans les régions suivantes : Sidi M'djahed, Sebra, Henaya, Tlemcen, Aïn Tellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Yousef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M'hidi. (Lavalée P,1962). (Figure8)

Dans les étages semi-aride chaud, subhumide et humide, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80mm à 600mm/an (Rebour,1968).

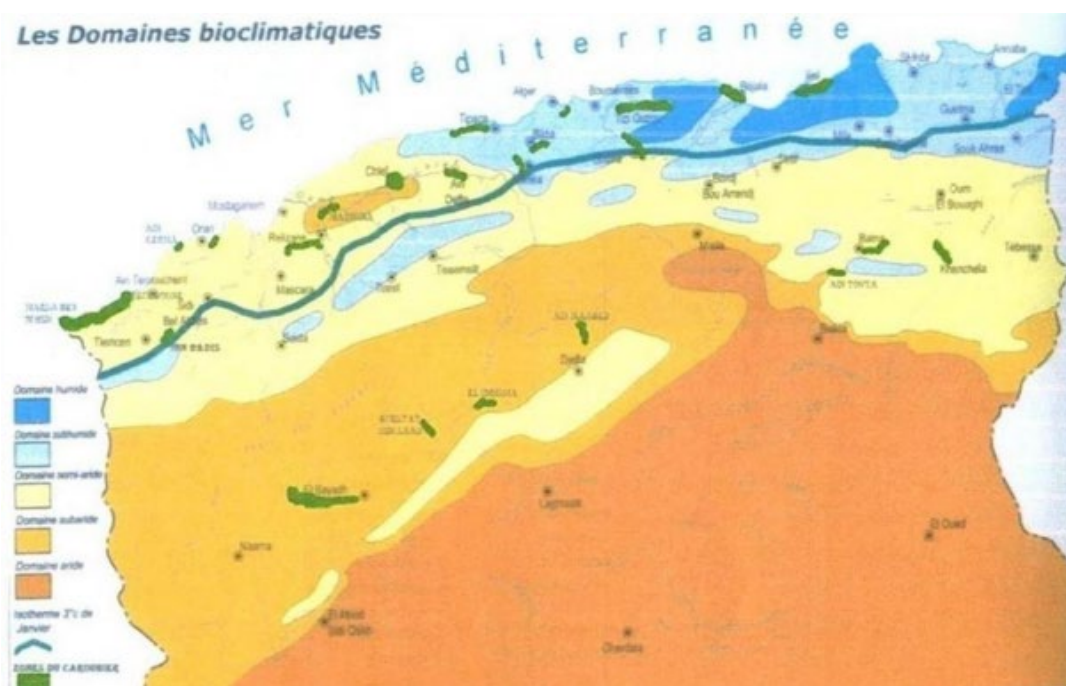


Figure n° 8 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).

Tableau n°2: Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, année 2009

(le tableau établi par Mahdad, Gaouar à partir des données fournies par la DSA de Tlemcen)

Wilaya*	Surface cultivée (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Bejaia	645	18417	28,6
Tipaza	105	5600	53,3
Blida	100	8050	80,5
Boumerdes	32	1080	40,0
Bouira	22	144	6,9
Mila	10	80	8,0
Tlemcen	5	100	20,0
B.B. Arreridj	4	20	5,0
Aïn-Defla	2	300	150
Mascara	1	30	30,0
Tizi-Ouzou	1	20	20,0
Total	927	33841	36,5

I.4 Ecologie du caroubier

Le caroubier appartient à l'écosystème "maquis du littoral méditerranéen" sur sols calcaires ; c'est un arbre pérenne à feuilles persistantes. Il croît bien dans les régions tempérées et subtropicales et tolère les zones côtières chaudes et humides, mais il est très sensible au froid d'hiver.

Le caroubier et l'oranger ont des exigences en température similaires, mais le caroubier tolère des sols plus pauvres et nécessite beaucoup moins d'eau. C'est une espèce qui résiste très bien à la sécheresse (Sbay et Abourouh, 2006).

De plus, il est caractérisé par sa grande tolérance à la salinité en se positionnant en première place avec une tolérance de 2 g/l de NaCl devant entre autres le palmier dattier, le pistachier et l'olivier (Gil-Albert, 1998).

Il a été révélé dans une étude réalisée par (Correia et al. 2010) que le caroubier peut tolérer et maintenir la majorité de ses processus physiologiques à une concentration de NaCl = 2,32 g/l. Ceci démontre que le caroubier peut jouer un rôle très important dans les zones salines, qui arrivent de jour en jour à gagner des terrains considérables, notamment dans le Nord-ouest de l'Algérie et particulièrement dans la région de Relizane.

I.5 Reproduction biologique

Le caroubier est dioïque, parfois hermaphrodite. Les pieds mâles sont stériles et improductifs ; il est considéré comme le seul arbre méditerranéen qui fleurisse en été : d'août à octobre (Aafi, 1996) ou en

automne : de septembre à novembre (**Fournier, 1977**). Cependant, le temps et la durée de la période de floraison dépendent des conditions climatiques. La pollinisation des fleurs du caroubier est, en grande partie, assurée par les insectes mais aussi par le vent.

Les fleurs sécrètent des substances nectarifères dont la quantité et la contenance en sucre sont élevées dans la fleur femelle par rapport à son homologue mâle (**Ortiz et al., 1996**). La fructification, chez le caroubier, se situe entre juillet et décembre de l'année qui suit la floraison, selon les régions et les cultivars.

I.6 La multiplication du caroubier

La Multiplication du caroubier peut être réalisée :

-Par semis

C'est une méthode classique pour la multiplication du caroubier. Cependant, elle présente un certain nombre d'inconvénient (**Ait Chitt et al., 2007**) à savoir :

-Le caroubier est une espèce dioïque, et par conséquent le semis donne des plants avec un ratio de 50% de femelles et 50% de mâles improductifs ;

- La non-conformité génétique liée à l'hétérozygotie de l'espèce, et donc une grande hétérogénéité de la descendance ;

-Entrée en production très tardive, pouvant prendre plus de 8 ans.

-Par bouturage

C'est une technique de multiplication végétative plausible, mais limitée dans la pratique.

En effet, les travaux menés par (**Ait Chitt et al.2007**) ont démontré les limites techniques et physiologiques du bouturage du caroubier. Les résultats varient en fonction des arbres (génétique), la nature de la bouture et de la concentration en auxine (AIB).

Par culture in vitro Il s'agit d'une technique prometteuse, mais qui n'est pas encore bien maîtrisée surtout au stade enracinement (**Ait Chitt et al., 2007**).

-Par greffage

La propagation par greffage est une technique efficace et dominée. Cette approche permet :

-La préservation de la conformité de la plante produit par rapport à la plante mère sélectionnée pour ses caractéristiques de production et de qualité ;

-La conservation des avantages (racines profondes, rusticité, résistances aux maladies) offerts par le franc, porte greffe issus de semis.(**Ait Chitt et al. 2007**), recommandent l'utilisation de la technique du greffage en fente apicale par rapport à l'écusson et cela pour les avantages suivants :

-Il permet de greffer sur des francs très jeunes (9 à 10 mois) par rapport au greffage en écusson qui demande un diamètre de porte greffe plus grand (donc une durée d'élevage plus longue) ;

-Il permet d'avoir une bonne soudure greffon-porte greffe.

I.7 Propriétés et utilisations du caroubier

I.7.1 Propriétés

La pulpe et les graines sont les deux composants majeurs de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe de caroube dépend du cultivar, de son origine, de l'époque de la récolte, de l'environnement et des conditions de stockage (**Orphanos et Papaconstantinou, 1969; Albanell et al, 1991; Avallone et al, 1997, Ayaz et al, 2007, Iipumbu, 2008**).

La pulpe de la caroube (**tableau 3**) possède une teneur élevée en sucre (48-56%) et peut même atteindre 72% (**Ayaz et Tous, 1997**). Les gousses matures du caroubier contiennent une grande quantité de tanins condensés (16- 20% du poids sec). En valeur alimentaire, les caroubes sont similaires à la plupart des graines de céréales (**NAS, 1979**). Les gousses contiennent de faibles quantités de matières grasses ($0,6 \pm 0,1\%$) et une quantité importante de protéines ($3 \pm 2\%$) (**Avallone et al., 1997**). L'analyse de la composition en sucre de la pulpe de plusieurs variétés Algériennes a révélé une richesse en sucre totaux de 37,5 à 45,3% (**Gaouar, 2011**)

□ Tous les constituants de la graine du caroubier (tégument, endosperme et cotylédon), jouent un rôle industriel et médical important, mais la gomme (endosperme) reste la plus importante, puisqu'elle est utilisée, comme agent stabilisateur, gélifiant, fixateur dans différents domaines comme l'agroalimentaire (fromage, mayonnaise, salades...), la cosmétique (crèmes, dentifrices...), l'industrie pharmaceutique (médicaments, sirops...), la tannerie, le textile. (**Biner et al., 2007; Dakia et al., 2007**).

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.

Tableau n° 03 : La composition moyenne de la pulpe du caroubier

Puhan et Wielinga (1996) mentionné dans (Batlle et Tous, 1997).

Constituants	%
Sucre totaux	48-56
Saccharose	32-38
Glucose	5-6
Fructose	5-7
Pinnitol	5-7
Polysaccharides non amylacés	18
Cendre	2-3
Lipides	0.2-0.6

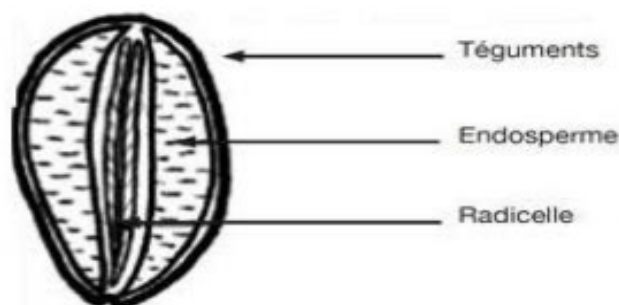


Figure n°9: Coupe transversale d'une graine de caroube (Dakia et al., 2008).

I.7.2 Utilisations

A. Arbre

En raison de sa rusticité et de son adaptation aux contraintes de l'environnement, le caroubier est souvent utilisé, pour le reboisement des zones affectées par l'érosion et la désertification (Biner et al., 2007). Et également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins. Le bois du caroubier appelé carouge (Rivière et Leco, 1900) est dur à grain fin ; il est utilisé pour la fabrication d'ustensiles et la production de combustible.

B. Feuilles et fleurs

Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritionnelle des tanins contenus dans les feuilles (Priolo et al., 2000). Les fleurs sont utilisées par les apiculteurs pour la production du miel de caroube (Gharnit, 2003). Quant aux feuilles elles sont utiles pour l'alimentation des animaux.

C. fruit

La farine élaborée à partir de la pulpe peut être utilisée comme ingrédient dans certains aliments, tels que les gâteaux, bonbons, crèmes glacées, boissons (NAS, 1979). De plus, elle est utilisée comme substituant du cacao dans la production du chocolat, car elle est moins calorifique et ne contient ni caféine ni théobromine (Craig et Nguyen, 1984). En pharmacopée traditionnelle, la pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies la gastrite, l'entérite, les angines, les rhumes, le cancer... (Ait Chit et al., 2007)

☐ La graine cette gomme mucilagineuse est utilisée dans plusieurs produits commerciaux comme agent stabilisateur, agglomérant et gélifiant (Batlle, 1997). Utilisée dans l'agro-alimentaire comme épaississant connu sous le code normalisé E410, la confiserie, le secteur cosmétique, pharmaceutique et aussi dans les préparations alimentaires diététiques, crème glacée, soupe, sauce, biscuit, tourte, confiserie, produits de

boulangerie et nourriture des animaux. Elle est aussi utilisée dans la fabrication d'un condiment aromatique du Sénégal appelé nétéu (Ndir et al., 2000). Et aussi la gomme de caroube est utilisée en imprimerie, photographie, matière plastique, encre et cirage.

Tableau n°04 - Principaux produits de la caroube (pulpe et graines) et leurs utilisations majeures (Batlle et Tous, 1997)

Produit	traitement reçu	utilisations
Pulpe		
Brute	Aucun	Alimentation animale (Cheval et ruminants)
	Moulage	Alimentation humaine et animale (ruminants et non ruminants)
	Extraction et purification	Sucre et mélasse
	Fermentation et distillation	Alcool et production de protéines microbiennes
	Extraction	Tanins comme anti-diarrhée
	Poudre	Lavage, séchage, torréfaction et moulage
Graines		
Endosperme	Moulage	CBG ou E-410; additifs alimentaires; fibre diététique; aliments pour mascottes ; produits pharmaceutiques et cosmétiques
Embryon	Moulage	Farine de germe; nutrition humaine et animale
Episperme	Extraction	Tanins pour le tannage des cuirs

Chapitre II

Généralités sur la maladie cœliaque.

Chapitre II : Généralités sur la maladie cœliaque.

II.1. Définition de la maladie cœliaque

La maladie cœliaque est une maladie chronique, auto-immune et multiorganique affectant l'intestin grêle des enfants et des adultes génétiquement prédisposés, induite par la consommation d'aliments contenant du gluten (**Ludvigsson et al., 2013**).

La maladie se caractérise par une atrophie villositaire duodénojunale avec des degrés divers de malabsorption et des caractéristiques immunologiques (présence de d'anticorps antiendomysium et antitransglutaminase) (**Nion-Larmurier et Cosnes, 2009**).

II.2. Historique de la maladie cœliaque

- En 1888, le célèbre article du médecin britannique Samuel GEE "On the Influence of Celiac Disease" publié dans le St. Bartholomew's Hospital Report (**Thompson, 2008**) est souvent crédité de la description de la maladie cœliaque.

- En 1950, le pédiatre néerlandais Willem Dick établit formellement le lien entre la consommation de produits céréaliers et les manifestations de la maladie. Il a identifié une protéine comme déclencheur : le gluten. Il fut le premier à remarquer des améliorations dans la santé des jeunes enfants malades lorsque le blé était privé de leur alimentation (**Kamer et al., 1953**).

- Depuis 1957, les biopsies intestinales à l'aide de capsules Crosby permettent de mettre en évidence des modifications histologiques de la muqueuse intestinale (**Sakula et Shiner, 1957**).

- A partir de 1970, la découverte d'anticorps sériques contre le gluten et contre des enzymes endogènes a permis de déterminer le caractère auto-immun de la MC (**Dieterich et al., 1997**).

- À la suite de tests sérologiques et d'études épidémiologiques dans les années 1990, la communauté scientifique a établi que la MC, longtemps considérée comme une maladie rare des nourrissons, est plus fréquente qu'initialement rapportée et peut apparaître à tout âge (**Catassi et al, 1994 ; Rostom et al., 2006**).

II.3. Épidémiologie de la maladie cœliaque

De nombreuses études ont récemment démontré que la maladie coeliaque est l'une des maladies chroniques les plus courantes affectant les humains dans de nombreuses régions du monde (**Catassi et Fasano, 2008 ; Rostami et Villanacci, 2009**).

II.3.1 Incidence

L'incidence de la maladie cœliaque, le nombre de nouveaux cas signalés à la population chaque année, a considérablement augmenté au cours des 30 dernières années, passant de 2 à 13 nouveaux cas pour 100 000 habitants par an (**Lohi et al, 2007**). Des études séroépidémiologiques ont montré que pour chaque cas confirmé de maladie coeliaque, il y a 3 à 7 cas non diagnostiqués (**Rewers, 2005**).

Le nombre de nouveaux cas de maladie cœliaque a considérablement augmenté grâce à de meilleurs outils de diagnostic et à un dépistage approfondi des groupes à haut risque (Ditah et al., 2015).

II.3.2. Prévalence

La prévalence de la maladie cœliaque varie d'un pays à l'autre en raison de facteurs génétiques et environnementaux (Jadoul, 2003). La maladie cœliaque est relativement fréquente dans les pays occidentaux, elle est pratiquement inexistante en Asie et en Afrique noire (Dubé et al., 2005). Plus récemment, le développement des tests sérologiques et leur utilisation dans des études épidémiologiques de criblage ont révélé la prévalence inattendue de la MC en Europe était de 5% ou plus (Fasano et Catassi, 2001 ; Stern et al., 2001). De même, aux États-Unis (Hill et al., 2000, Fasano et al., 2003), en Amérique latine (Gandolfi et al., 2000, De Freitas et al., 2002) et en Australie (Ussher et al., 1994, Hovell et al., 2001).

En Amérique du Sud, la maladie cœliaque a longtemps été considérée comme étant une pathologie rare, mais de récentes études ont montré une prévalence plus élevée. En revanche, la prévalence de la MC en Afrique du nord est proche de celle observée en Europe (Gomez et al., 2001).

En Algérie la prévalence reste toujours méconnue, les informations fournies sont celles de (Boudraa et al., 2008) qui ont parlé de la prévalence dans l'est Algérien (Tableau 5)

Tableau n°5 : Prévalence de la maladie cœliaque dans quelques wilayas de l'est Algérien (Boudraa et al., 2008).

Wilaya	Prévalence%
Guelma	1.4
Khenchla	0.88
Mila	1.7

Dans l'Est algérien, la prévalence de la maladie cœliaque en 2003 était de 1,4‰ Guelma, 1,7‰ à Mila et 0,88‰ à Khenchla. La prévalence moyenne calculée sur les trois villes est au moins 1,33‰ (Benatallah, 2009).

A Oran, la prévalence de la maladie cœliaque symptomatique, au 31 décembre 2007, pour des enfants de moins de 15 ans était de 1,09‰ (Boudraa et al., 2008).

-Age :

L'autre découverte essentielle est que la MC peut se déclarer à tous les âges. Ce n'est plus une maladie uniquement à découverte infantile comme initialement rapportée (Freeman, 2015). Les 2 pics de manifestation sont, chez le nourrisson : entre 6 mois et 2 ans (au moment de la diversification alimentaire avec l'introduction de farines) et à l'âge adulte : entre 20 et 40ans (Catassi et al., 2014).

-Sexe :

Chez l'enfant, le sexe ratio est de 1/1. Chez l'adulte, la prévalence est 2 à 3 fois forte chez la femme que chez l'homme (Cilleruelo et al., 2016). Cette prédominance féminine comme pour les autres maladies auto immunes n'a, à l'heure actuelle, aucune explication précise (Tajuddin et al., 2011). Certains auteurs expliquent en partie cette prédominance par le fait que la femme consulte plus pour sa santé que l'homme (Pinkhasov et al., 2010).

-Race :

Elle affecte essentiellement les sujets de type caucasien (Malamut et Cellier, 2010a) et plus fréquemment la race blanche que la race Noire 2 à 3 /1 (Fasano et al., 2003).

II.4. Formes de la maladie cœliaque

La maladie cœliaque peut se manifester sous différentes formes, ce tableau montre ses formes et leurs caractères (Tableau 6)

Tableau n° 6 : Formes de la maladie cœliaque (Malamut et Cellier 2010a).

Formes	Caractère
Classique	Atrophie villositaire totale ou subtotale avec une augmentation des lymphocytes intra-épithéliaux
Atypique	Les formes les plus fréquentes faites des symptômes extradiigestifs ou digestifs mais non spécifiques
Silencieuse	Présence des auto-anticorps et des lésions histologiques intestinales typiques chez des sujets cœliaques mais asymptomatiques
Latente	Dans cette phase la biopsie ne montre pas une atrophie villositaire mais une réponse immunitaire avec des auto-anticorps spécifiques
Réfractaire	Les maladies cœliaques ne répondent pas au régime sans gluten et ils peuvent développer un lymphome T

II.5. Physiopathologie de la maladie cœliaque

La physio pathogénie de la maladie cœliaque comporte un effet complexe entre les facteurs environnementaux, génétiques et immunologiques (Kagnoff, 2007, Briani et al., 2008 ; Tkoub, 2008).

II.5.1. Facteurs génétiques

La maladie cœliaque survient chez des patients génétiquement prédisposés exprimant une molécule du système HLA de classe II de type DQ2 ou DQ8. Ces molécules sont exprimées sur les cellules présentatrices d'antigènes (CPA) principalement les macrophages les cellules dendritiques et les

lymphocytes B. Être porteur de ce système HLA particulier est une condition nécessaire mais non suffisante pour développer une maladie cœliaque (Malamut et Cellier, 2010b).

II.5.2. Facteurs environnementaux

La maladie cœliaque est une maladie auto-immune avec une prédisposition génétique et un antigène alimentaire. La fraction toxique du gluten alimentaire est l α -gliadine qui est une protéine de la famille des prolamines (Farrell et Kelly, 2002).

D'autres facteurs exogènes ont été impliqués dans la pathogénie de la maladie, comme les infections intestinales virales (adénovirus, rota virus, qui augmenteraient l'expression d'HLA DQ et la concentration de la transglutaminase tissulaire) ainsi que l'introduction trop précoce des farines alimentaires, la dose de gluten ingérée et l'allaitement maternel (L'allaitement maternel aurait un effet protecteur, l'association de gluten pendant l'allaitement maternel réduirait le risque de maladie cœliaque) (Cellier, 2005; Mouterde et al., 2008).

II.5.3. Facteurs immunologiques

La maladie cœliaque se situe au carrefour entre auto-immunité et désordre génétique. Il s'agit d'une réponse immunitaire anormale à certains peptides contenus dans le gluten. Durant les étapes de digestion, le gluten est fragmenté en peptides de taille variable qui ont tous un potentiel immunogène. La gliadine est l'un des peptides contenus dans le gluten survivant aux étapes de digestion et ayant la capacité de passer à travers l'épithélium digestif et stimuler le système immunitaire sous-jacent. L'affinité de la gliadine est fortement augmentée par des modifications biochimiques apportées par la transglutaminase tissulaire de type 2 (tTG2) Chez des individus génétiquement prédisposés (HLA-DQ2/DQ8), les résidus glutamines de la gliadine ingérée sont convertis en glutamates sous l'effet de la transglutaminase tissulaire (Godat et al., 2013) (figure 11).

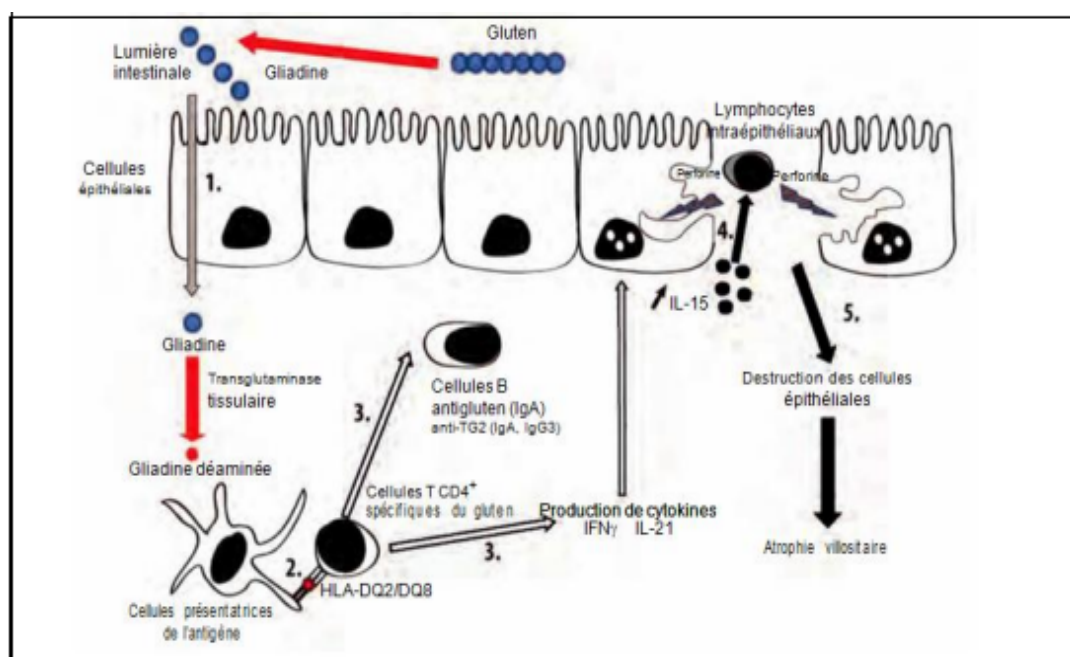
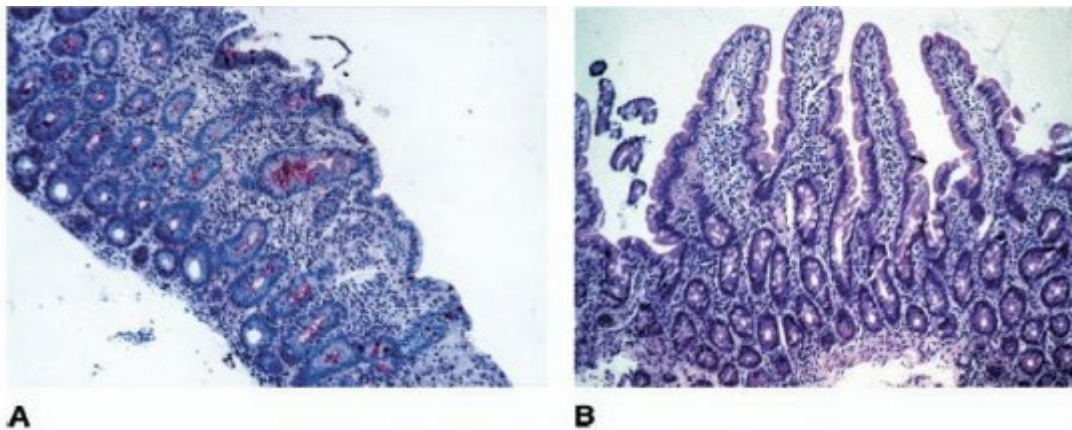


Figure 11 : Pathogénèse de la maladie cœliaque (Meresse et al., 2012).

La maladie cœliaque vient détruire les villosités de la muqueuse de l'intestin grêle, qui servent à augmenter la surface d'absorption des aliments, ce qui entraîne une atrophie villositaire. On peut voir cette atrophie sur l'image A de la figure 12, comparativement à des villosités revenues à la normale après une diète sans gluten, sur l'image B. La conséquence directe de cette atrophie est la réduction de la surface d'absorption de l'intestin grêle, donc une diminution de l'absorption des aliments, de leurs vitamines et nutriments. C'est pourquoi malgré une saine alimentation, les personnes ayant la maladie sans qu'elle ne soit diagnostiquée souffrent généralement d'une forme de malnutrition (Jadoul et des Waides, 2002, Ciclitira et Moodie, 2003 ; Sollid et Lie, 2005, Green et Cellier, 2007, Mearin, 2007, Sverker, 2007, Niewinski, 2008 , Fasano et Catassi, 2012).

**Figure 12 : Villosités du petit intestin (Mearin, 2007).**

II.6 Symptômes et diagnostic de la maladie cœliaque :

II.6.1. Symptômes :

La MC est une pathologie auto-immune avec un spectre clinique large, allant des manifestations digestives classique telles que la diarrhée et les douleurs abdominales jusqu'aux manifestations immunitaires et altération de la muqueuse intestinale (**figure 13**). (Agar et al.2017)

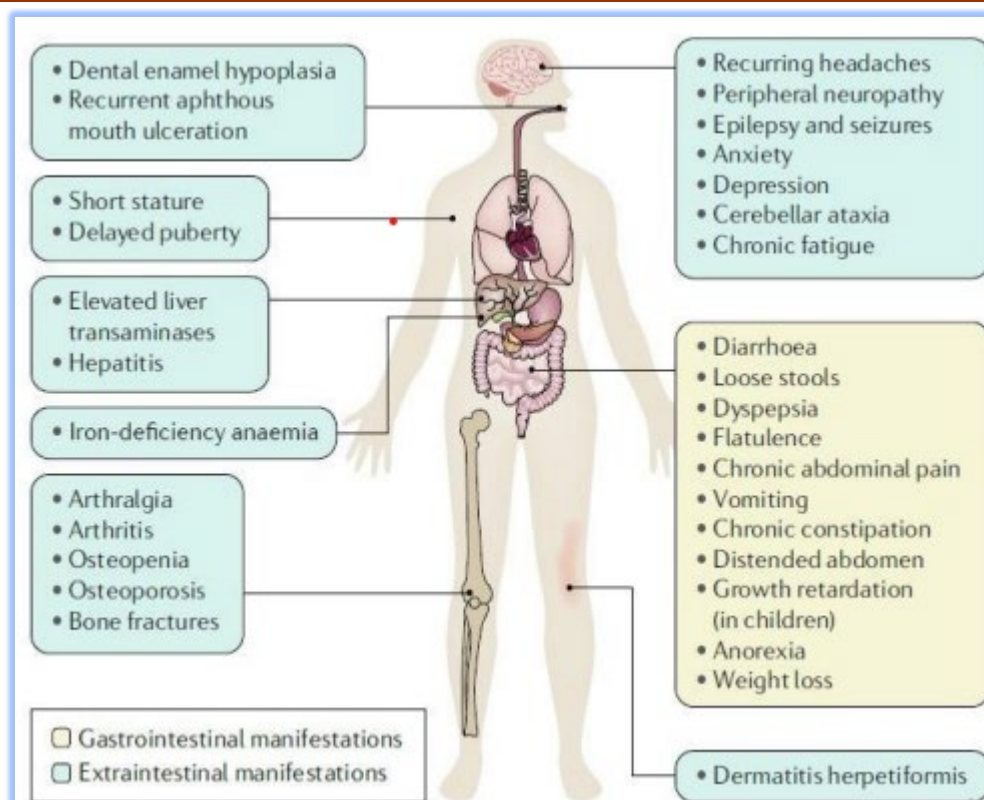


Figure n°13 : Manifestations cliniques de la MC. (Lindfors et al. 2019)

Chez le nourrisson, les symptômes débute souvent dans les semaines suivant l'introduction du gluten, les formes classiques comportant des manifestations digestives : diarrhée, douleur, ballonnement abdominale, malabsorption, amaigrissement et asthénie (Feighery. 1999).

Chez l'adulte, un retentissement nutritionnel moins marqué, la diarrhée reste un symptôme majeur avec un amaigrissement, il n'est pas rare de trouver une constipation ou une surcharge chez les patients atteinte de la MC (tableau 07) (Feighery. 1999).

Tableau n°7 : Symptômes de la maladie cœliaque. (Feighery. 1999)

	Symptômes
Petit enfance < 2ans	diarrhée (misérable, pâle) Distension abdominale (abdomen élargi) Retard de croissance (faible poids, manque de graisse, amincissement des cheveux) Anorexie, vomissements Déficience psychomotrice (fonte musculaire)
Enfance	Diarrhée ou constipation, Anémie, Perte d'appétit (petite taille, ostéoporose)
L'âge adulte	Diarrhée ou constipation, Anémie, ulcères aphteux, langue et bouche douloureuses (ulcères de la bouche, glossite, stomatite), Dyspepsie, douleurs abdominales, ballonnements (perte de poids), Fatigue, infertilité, symptômes neuropsychiatriques (anxiété, dépression) Douleur osseuse (ostéoporose), Faiblesse (myopathie, neuropathie)

II.6.2. Diagnostic :

Sur la base des recommandations de la société de gastroentérologie et de nutrition pédiatriques (ESPGAN), et la Société nord-américaine de pédiatrie gastroentérologie, hépatologie et nutrition (NASPGHAN), le diagnostic de la MC repose sur une combinaison de critères cliniques, sérologiques et histologiques. (**Briani et al. 2008 , Verkarre, et Brousse. 2013,).**

II.6.2.1. Tests sérologiques :

les marqueurs sérologiques constituent la première étape du diagnostic, qui comprennent la mesure des AC sériques dirigés contre divers auto-antigènes, anti tissus transglutaminase (anti- tTG), anti l'endomysium (AEM) et anti gliadine ou peptides désaminés de gliadine (AGA). Ces anticorps varient dans leur sensibilité et spécificité . En effet les IgA anti EMA sont spécifiques à près de 100% à la MC actifs ; mais il ne doit être utilisé que comme test de confirmation positif avec des IgA antiSymptômes Petit enfance.

II.7 Traitement et prospective thérapeutique:

Le régime sans gluten (RSG) reste à l'heure actuel le seul traitement de la MC, le principe de ce régime repose sur l'exclusion complète et définitive du gluten et la suppression de tous les aliments contenant les 4 céréales toxiques (Blé, Seigle, Orge et Avoine) et le remplacement de ces produits par d'autres aliments tel que le riz et le maïs (**Vahedi et al 2001**). Aussi, une bonne tolérance de l'avoine a été suggérée chez l'adulte à partir des études montrant que des quantités modérées d'avoine peuvent être incluse dans un RSG sans effets indésirable (**Janatunien.1995**) et une quantité de 2.5 à 5g/jour de gluten n'induit pas de changement morphologique de la muqueuse intestinale chez les patients atteinte de MC .

L'objectif du RSG est de corriger les anomalies cliniques, biologiques, et histologiques de la maladie et de diminuer le risque de complication à long terme notamment le lymphome non hodgkinien de l'intestin grêle (**Vahedi et al 2001**).

L'approche la plus prometteuse à ce jour, est l'administration orale d'enzymes digérant le gluten, ou l'utilisation d'un polymère qui peut séquestrer les protéines du gluten en permettant une digestion du gluten en fragments entièrement dépourvus des propriétés immunogènes. Une des voies thérapeutique d'avenir serait de traiter les farines par digestion enzymatique des sites toxiques de la gliadine. D'autre approche préventive repose sur la promotion de l'allaitement maternel, l'introduction du gluten entre 4 et 6 mois chez les nourrissons (**Malamut. 2009, Thom et al 2009**).

PARTIE

EXPERIMENTALE

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III. Matériels et méthodes

III.Préparation des matières premières.

III.1. La caroube :

Dans un souci de valorisation de ce produit de terroir « la caroube » presque inexploitable et afin de profiter de sa richesse en sucre et ces vertus thérapeutique, la farine de caroube a été intégré dans une formulation des gâteaux à des différentes doses. Le travail suivant a pour but de formuler une recette de gâteau à base de farine de caroube.

III.1.1préparation de la farine de caroube :

La caroube est achetée du marché local de la région de M'sila et dont on ne connaît pas la variété. Il a été récolté en septembre 2021.

Le fruit de caroube a été lavée à l'eau, séchée à l'air libre pendant 48h concassé, broyé à l'aide d'un broyeur, la farine de la pulpe de caroube obtenue est ensuite tamisée puis stockée dans un bocal en verre (**figure.15**)

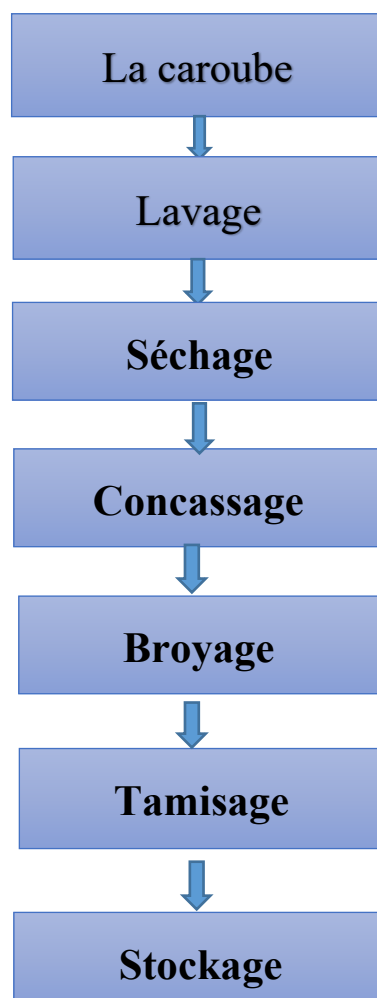


Figure n°15 : Diagramme de fabrication de la farine de caroube .

III.2 Le maïs :

III.2.1 Préparation de la farine de maïs :

Les grains de maïs secs sont achetés du marché local où les malades cœliaques de la région de M'sila ont l'habitude de s'approvisionner. Les grains de maïs ont été triés puis lavés à l'eau. Les grains ont été ensuite séchés à l'air libre pendant 48 h. A la fin du séchage, les grains de maïs ont été grillés et broyés au Moulinex. La farine de maïs (FM) a été obtenue après tamisage du broyat (250 μm) (**Figure 16**)

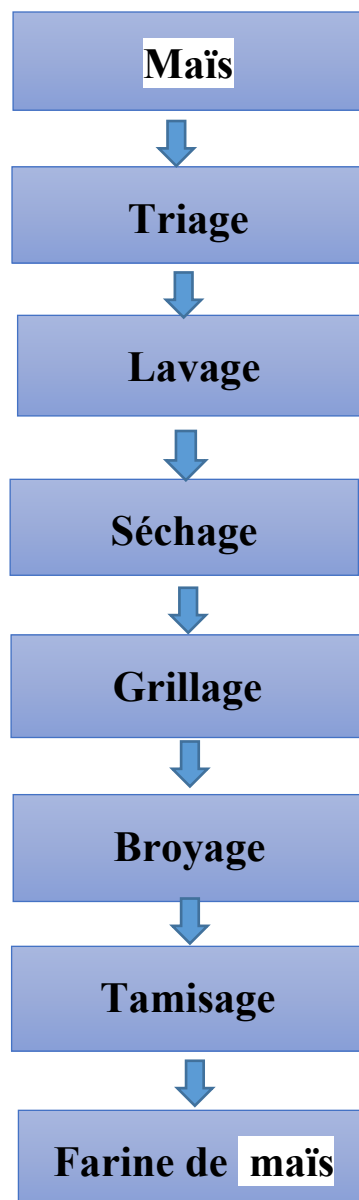


Figure n°16 : Diagramme de fabrication de la farine de maïs.

III.3 Analyse physico-chimique des farines utilisés :

Les analyses physico-chimiques des matières première sont effectués au niveau de LABORATOIRE DOUMI de contrôle qualité , d'analyse physico-chimique et microbiologique , dont on les fait pour déterminer l'humidité , la teneur en matière grasse , la teneur en protéine et les sucres totaux .

III.3.1 : Humidité (NA 1133-2009)

Séchage du produit à une température comprise entre 130°C et 133°C, à pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.(BENBADA,2012)

Mode de calcul et formules:

La teneur en eau exprimé en pourcentage en masse du produit telle quelle est donnée par la formule ci-après :

$$H = 100 \times \frac{(m_0 - m_s)}{m_0}$$

Où m_0 est la masse de la prise d'essai et m_s est la masse du résidu après séchage.

III.3.2 Lipides totaux :

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour l'extraction des huiles végétales à partir des amandes solides déshydratées. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction (Chandre, 1998).

Le travail est réalisé par la méthode Soxhlet avec le protocole suivant :

-Placer le produit dont on souhaite extraire un de ses substances constitutives dans la cartouche de cellulose, puis dans le réservoir de Soxhlet.

-Remplir le ballon avec une quantité suffisante de solvant (prendre en compte la quantité qui sera piège dans le réservoir en cours de manipulation) et surmonter l'extracteur d'un réfrigérant.

- A l'aide d'un chauffe ballon, porter le solvant à ébullition. Celui-ci passe par la tubulure 1 et est condensé par le réfrigérant. Il tombe alors dans le réservoir contenant la cartouche et solubilise la substance à extraire. Le réservoir se remplit. Dès que le niveau de solvant est à hauteur du coude 2, le réservoir se vidange automatiquement. *

-Le solvant et la substance à extraire sont entraînés dans le ballon. Pour réaliser une extraction correcte d'une substance, on réalise généralement plusieurs cycles tels que décrit précédemment.

III.3.3. Matière protéiques :

La teneur en protéines totales (P) est calculée après dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl décrite par la norme AFNOR NF V03-050 de septembre 1970 (AFNOR, 1991). Le principe de la méthode consiste en une minéralisation avec l'acide sulfurique ($d=1.83$) à chaud en présence d'un catalyseur, alcalinisation des produits de la réaction, distillation de l'ammoniac libéré et titrage.

Les prises d'essai ont été fixées de façon à ce qu'elles renferment entre 0.005 g et 0.2 g d'azote et de préférence une quantité supérieure à 0.02 g.

a. Minéralisation

La matière organique est détruite par l'acide sulfurique ($d = 1,84$) qui se combine avec ammonium est libéré (CHANG, 1998).



b. Distillation

L'ammoniac est déplacé de son sel par de la lessive de soude :



L'ammoniac libéré est déplacé par les vapeurs d'eau de la distillation.

Le distillat est récupéré dans un volume connu d'acide borique (4 %).

c. Titration

L'ammoniac récupéré sous forme de borate d'ammonium est titré par de l'acide sulfurique 0,01 N en présence de l'indicateur coloré. Ce dernier est un mélange de bleu de méthylène et de rouge de méthyle. La titration s'achève au virage du milieu du vert au violet.

La teneur en azote totale A pour 100 g de produit humide est calculée selon la formule suivante:

$$A = \left(\frac{N \times D \times V \times 14}{1000 \times m_0} \right) \times 100$$

Où:

A : la teneur en azote totale exprimée en grammes pour 100 g de produit humide;

N: Normalité de l'acide titrant (acide sulfurique);

D: coefficient de la dilution de l'échantillon;

V: volume en ml de l'acide sulfurique;

14: masse atomique de l'azote.

m₀: la masse de la prise d'essai.

III.3.4 : Sucres totaux :

Dosage des sucres réducteurs par la méthode Bertrand (Navarre, 1974)

Cette méthode est basée sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans l'échantillon, Le dosage des glucides par la méthode de Bertrand ; utiliser Fe₂(SO₄)₃ plutôt que FeCl₃.

Principe :

On emploie une solution alcaline d'oxyde de cuivre dont on fait bouillir un excès avec un volume connu de la solution du sucre à doser. L'oxyde cuivreux ou oxydure (Cu₂O) précipité est dosé volumétriquement à l'aide de la méthode de Mohr.

L'oxydure est traité par une solution acide de sulfate ferrique. Cu_2O se dissout à l'état de Cu_2O_4 , tandis qu'une proportion correspondante de sel ferrique passe à l'état de sel ferreux.



On dose ce dernier au permanganate de potassium. On calcule la quantité de Cu qui a été précipitée par le sucre en s'appuyant sur l'équation ci-dessus.

Préparation des réactifs.

Liquueur cuivrique :

- Broyer finement 40 g de sulfate de cuivre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
- Mettre dans un bécher avec de l'eau distillée. Agiter de temps en temps jusqu'à dissolution complète. Mettre dans une fiole jaugée.
- Compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée .

Liquueur sodique :

- Mettre 150 g. de soude dans un bécher de 1 litre. Ajouter un peu d'eau distillée. Agiter jusqu'à dissolution complète de la soude. Ajouter 200 g. de sel de Seignette ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) .
- Agiter de temps en temps . Ne mettre dans la fiole après totale dissolution .
- Compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée .

Liquueur ferrique :

- Mettre 50 g. de sulfate ferrique $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ dans un bécher de 1 litre.,
- Ajouter un peu d'eau distillée. Agiter.
- Verser 109 ml d'acide sulfurique à 96 % avec précautions.
- Agiter. Mettre de l'eau distillée jusqu'aux 2/3 du bécher.
- Agiter de nouveau de temps en temps.
- Jauger après dissolution complète du sel (Un jour et une nuit au minimum).Oxalate d'ammonium cristallisé. Sert à doser le permanganate de potassium. Faire plusieurs pesées à la balance de précision de 250 mg de $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Solution titrée de KMnO_4 .

- Peser 5 g. de KMnO_4 .
- Faire bouillir 10 minutes de l'eau distillée dans un erlenmeyer.
- Boucher l'erlenmeyer et laisser légèrement refroidir.
- Mettre les 5 g. de KMnO_4 dans cette eau. Laisser refroidir à l'abri de l'air et de la lumière. Agiter de temps en temps.
- Transvaser dans une fiole jaugée de 1 litre. Rincer l'erlenmeyer avec de l'eau distillée bouillie froide. Ajuster. Transvaser dans un flacon brun.
- Titrer seulement après 4 à 5 jours après avoir filtré la solution sur verre fritté G 4.

Pour le titrage, peser exactement 250 mg d'oxalate d' NH_4 . L'ammoniaque du sel n'intervient pas, mais seulement la fonction oxalique.



III.4 Formulation du Cake :

Tous les ingrédients (**Tableau 7**) pour la préparation d'un cake témoin, à l'exception des œufs, ont été pesés puis mélangés aux œufs dans un bol en porcelaine en utilisant un batteur électrique de type Kenwood. Le mélange bien homogénéisé est placé dans un moule à cake puis cuit au four à 180°C pendant 30 minutes (**Figure17**) . Trois formules (C30, B20, A10,) ont été réalisées et testées avec des différentes concentration. Un cake témoin a été également réalisé afin de mieux apprécier l'effet de l'ajout de la poudre de caroube sur la qualité du produit final.

Tableau n° 7 : Ingrédients du cake témoin

Ingrédients	Témoin
Farine de maïs FM (g)	100
Farine de caroube (g)	-----
Huile végétal (ml)	135
Lait (sans gluten) (ml)	135
Sucre (g)	20
Levure (g)	10
Sel	pincé
Œuf (unité)	3

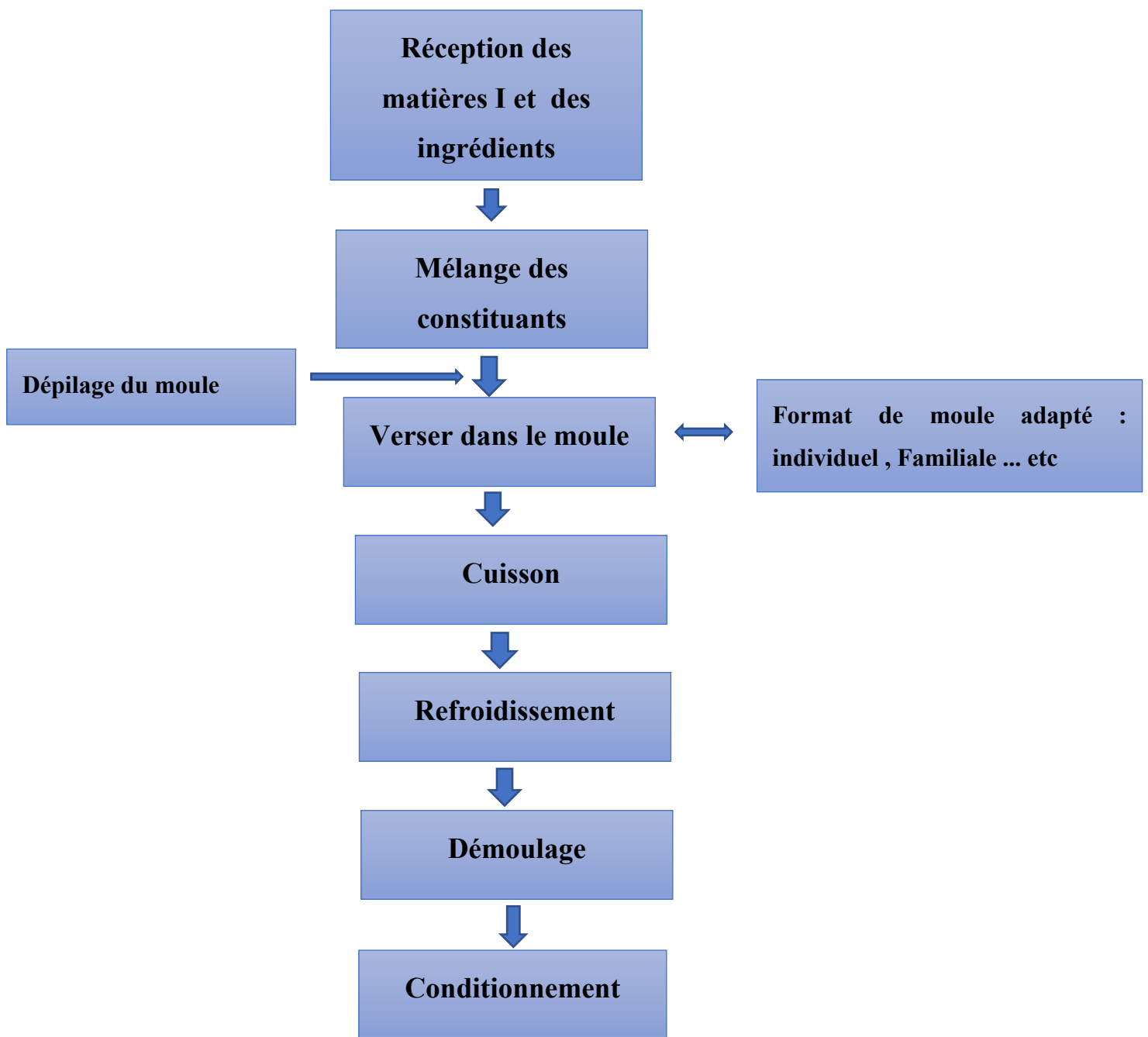


Figure n°17 : Diagramme de fabrication du Cake.

III.4.1 Cuisson :

La cuisson a été effectuée dans un four ménager de marque EFBA (Turquie). Les cakes ont été cuits pendant 30 minutes, temps fixé sur la base d'essais préliminaires par l'estimation de la couleur de surface, à une température de 180°C.

III.4.2 Refroidissement et conditionnement :

Après cuisson, les biscuits sortant du four sont refroidis à l'air libre à température ambiante ($20.66 \pm 2.02^{\circ}\text{C}$) pendant 30 minutes (**figure 18**) puis emballés avec du papier film en plastique pour être conservés à température ambiante

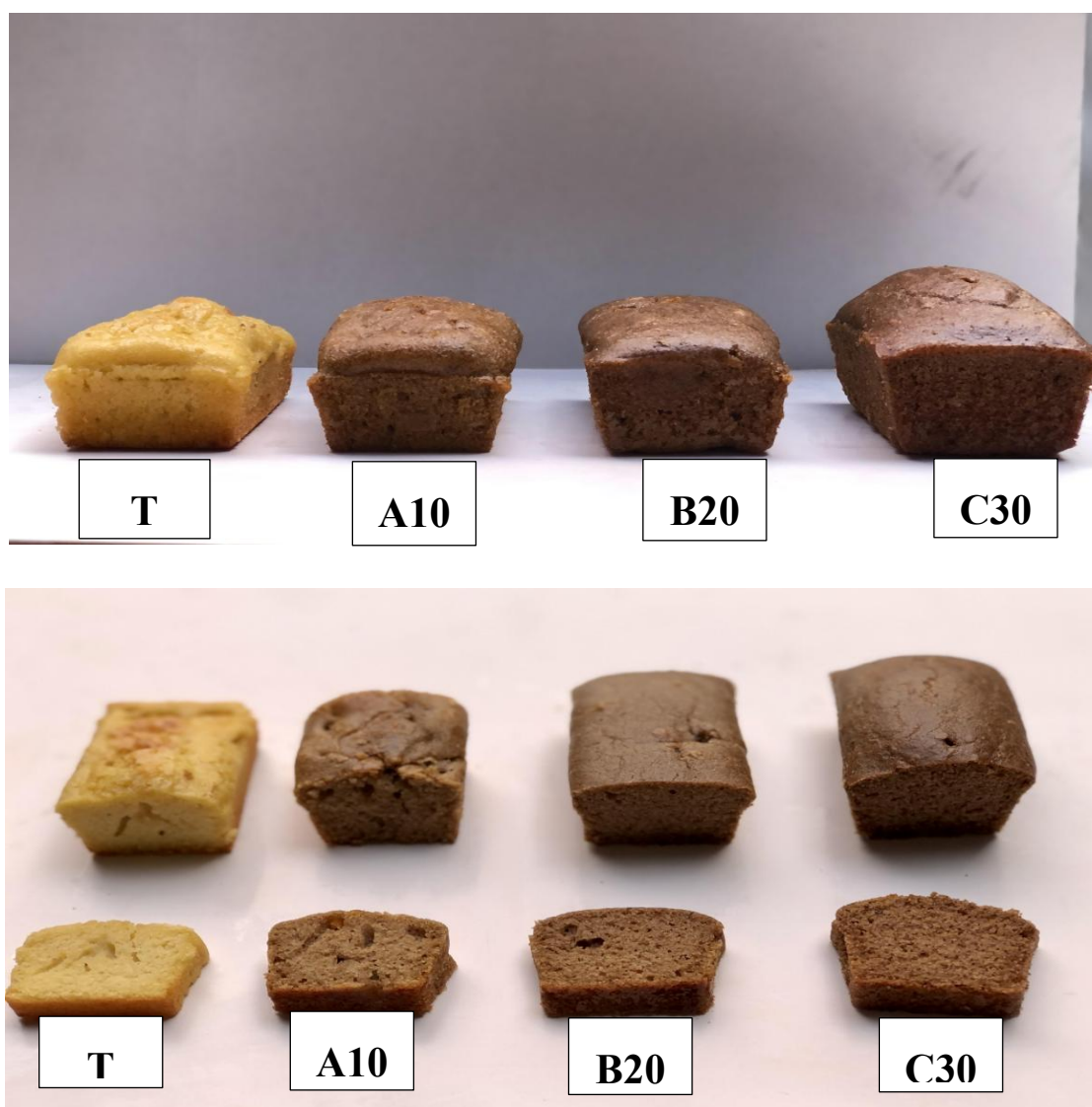


Figure n°18 : Vue en avant et en haut de nos cakes après refroidissement .

III.5 évaluation de la qualité de produit fini (cake) :

III.5.1 :évaluation physico-chimique de produit fini :

L'évaluation physico-chimique de produit fini est effectuée au niveau de laboratoire DOUMI de contrôle qualité, de conformité et d'analyses physico-chimique et microbiologiques. Elle prescrit les mêmes étapes de l'analyses des matières premières.

III.5.2 : Analyse sensorielle :

L'analyse sensorielle des cakes est faite par 60 personnes,dont 30 personnes sont des maladies cœliaques et 30 personnes normaux, leur moyenne d'âge est de (18-60) ans, ont dégustés tous nos cakes, avec une fiche de dégustation comportant les qualités identifiables suivantes : la texture ,couleur, odeur et le goût.

Une fiche d'évaluation sensorielle a été élaborée pour décrire la nature des perceptions sensorielles et pour quantifier leurs intensités, ainsi un profil sensoriel plus au moins précis de chaque produit a été élaboré..

III.5.2.1 Le déroulement de l'analyse sensorielle :

Les tests sensoriels ont été réalisés au niveau des salles du Département de Microbiologie et de Biochimie avec des étudiants du master I NSA et QPSA , et aussi au niveau de la supérette du Ma vie sans gluten dont ou les maladies cœliaques ont l'habitude d'approvisionner les produits sans gluten . Tous les échantillons à déguster ont été sortis du réfrigérateur à l'avance afin qu'ils se remettent à la température ambiante. Les échantillons à déguster ont été découpés en tranche d'épaisseur égale(Figure 19). Le nombre de participants à ce test était de 60 personnes (hommes et femmes). Chaque participant reçoit une assiette contenant les produits à déguster, un verre d'eau minérale et une fiche à remplir

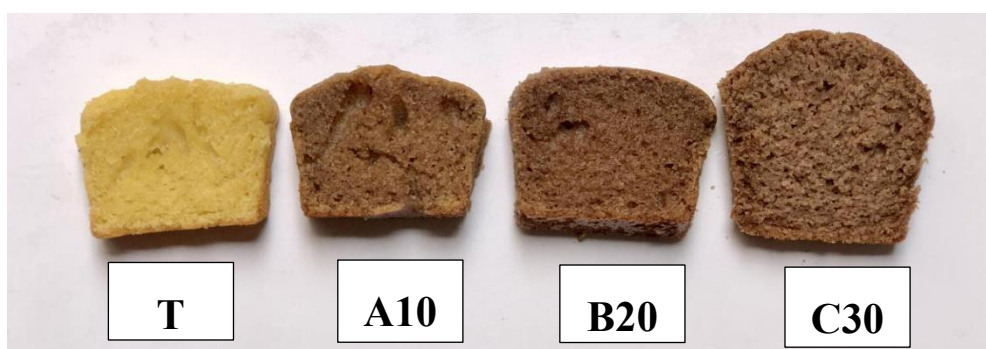


Figure n°19 : Coupes transversales de nos cakes présentés aux dégustateurs.

Les membres ont été invités à noter les trois produits codés (C30 , B20 , A10) sur une échelle de 1 à 7 (**tableau 8**) selon l'intensité de chaque attribut; et de noter les produits selon leur préférence sur une échelle préconise les termes suivants (**AFNOR, 2000**): 9 = extrêmement agréable; 8 = très agréable; 7 = agréable; 6 = assez agréable, 5 = Ni agréable ni désagréable; 4 = assez désagréable, 3 = désagréable; 2 = très désagréable, 1 = extrêmement désagréable.

Tableau n°8 : Tableau des attributs de dégustation des produits réalisés

	Couleur		Saveur		Odeur		Texture	
	Clair	Foncé	Sucré	Amer	Brulé	précieux	molleux	pâteux
Témoin								
C30								
B20								
A10								

1-Très faible , 2-à peine , 3- peu , 4-légèrement , 5-Très fort , 6- Beaucoup , 7-énormément

Chapitre IV

Résultats et Discussions.

IV. Résultats et discussions :

IV.1 Résultats des analyses biochimiques des farines utilisées :

IV.1.1 . Composition biochimiques des farines

Les teneurs moyennes des farines utilisées dans ce travail sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 11. Composition biochimiques des farines en % de la matière sèche

Composition (MS)	Humidité%	Protéines %	Lipides %	Sucres totaux %
Farine de caroube	6.96	5.13	1.25	5
Farine de maïs	13.25	9.80	6.95	5,04

IV.1.1.1 Farine de caroube

IV.1.1.1.1 Humidité

La farine de caroube analysé contient une humidité 6.96 % qui varie selon les auteurs de 6% à 15,6% (Avallone et al., 1997; Calixto et al, 1982; FAO, 1991; Iipumbu et al., 2008; Yousif & Alghazwi, 2000; Youssef et al., 2009). Batlle et Tous (1997) et (Iipumbu et al.2008) ont expliqué que cette variabilité est due aux conditions environnementales (pluie et humidité), aux cultivars de caroubier, a la durée de maturation, au moment de la récolte et a la durée de stockage. (Albanell et al, 1991;Avallone et al, 1997; Iipumbu et al, 2008).

IV.1.1.1.2 Protéines

La farine de caroube broyée obtenu contient 5.13% de protéins et c'est un valeur supérieur à celui chez (Ayaz, 2009) qui a dit que la farine de gousse de caroube contient à peu près 4,45% de protéines: aspartique (acide aspartique + asparagine), alanine, acide glutamique (acide glutamique + glutamine), leucine et valine; ensemble, elles représentent 57% de la teneur en acides aminés total des gousses.

IV.1.1.1.3 Sucres

La teneur en sucres totaux contenant dans notre farine est très faible 5%, comparant par l'étude de (Petit & Pinilla, 1995) qui dit que les gousses de caroube sont caractérisées par une teneur élevée en sucres (environ 500 g/kg) plus élevée que celle présente dans la betterave ou dans la canne (environ 200g/kg) .

IV.1.1.1.4 Lipides

La teneur en matière grasse 1.25% est supérieur de celle comme l'indiquent également les publications (**Oziyci et coll., 2014**):Les gousses étaient très faibles en gras (0,21 % à 0,23 %).

NB : Ces proportions varient selon les auteurs (**Karkacier & Artik, 1995; Kumazawa et al, 2002 ; Biner, 2007**). Ces différences au sein de la littérature sont attribuées à de nombreux facteurs tels l'origine géographique, les conditions climatiques, la diversité entre les variétés, la récolte et le stockage, et les facteurs technologiques tels que l'extraction et les méthodes d'analyse (**Owen et al, 2003;Papagiannopoulos et al., 2004**).

IV.1.1.2 Farine de maïs

IV.1.1.2.1 Humidité :

La farine de maïs présente une teneur en eau de 13.25 % qui est inférieure à 15%, teneur maximale donnée par le **CODEX SATN 154-1985 (Rév. 1-1995)** pour une farine complète de maïs. Ce qui permet de bonne conservation.

IV.1.1.2.2 Protéines :

Selon la norme **CODEX STAN 154-1985 (Rév. 1-1995)** pour une farine complète de maïs, la teneur minimale en protéine (Nx6.25) est de 8 % (MS),D'après les résultats d'analyse de la composition biochimique de notre farine, la teneur en protéines de la farine de maïs est de 9.80% .En comparaison avec le seuil minimal donnés par normes de CODEX citées en haut , cette farine se situe bien dans les limites fixées. (**SCHAKEL et al. 2004**) rapportent une teneur en protéine de la farine de maïs de 9.33 %, ce qui est en dessous de nos chiffres.

IV.1.1.2.3 lipides

La farine de maïs présente un teneur plus élevée en lipides avec une valeur de 6.95 %, ce qui est probablement dû à l'utilisation des grains de maïs non dégermé lors de la mouture. Elle est nettement supérieure à la valeur rapportée par (**SCHAKEL et al.2004**) et qui est de 3.77 %

IV.2 Résultat des analyses sensorielles :

Les niveaux d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs normaux et les dégustateurs cœliaques sont présentés respectivement (**Figure 20**) (**Figure 21**) par les figures ci dessous , on a regroupé les attributs saveur / odeur par le goût , et couleur / texture par l'aspect général .

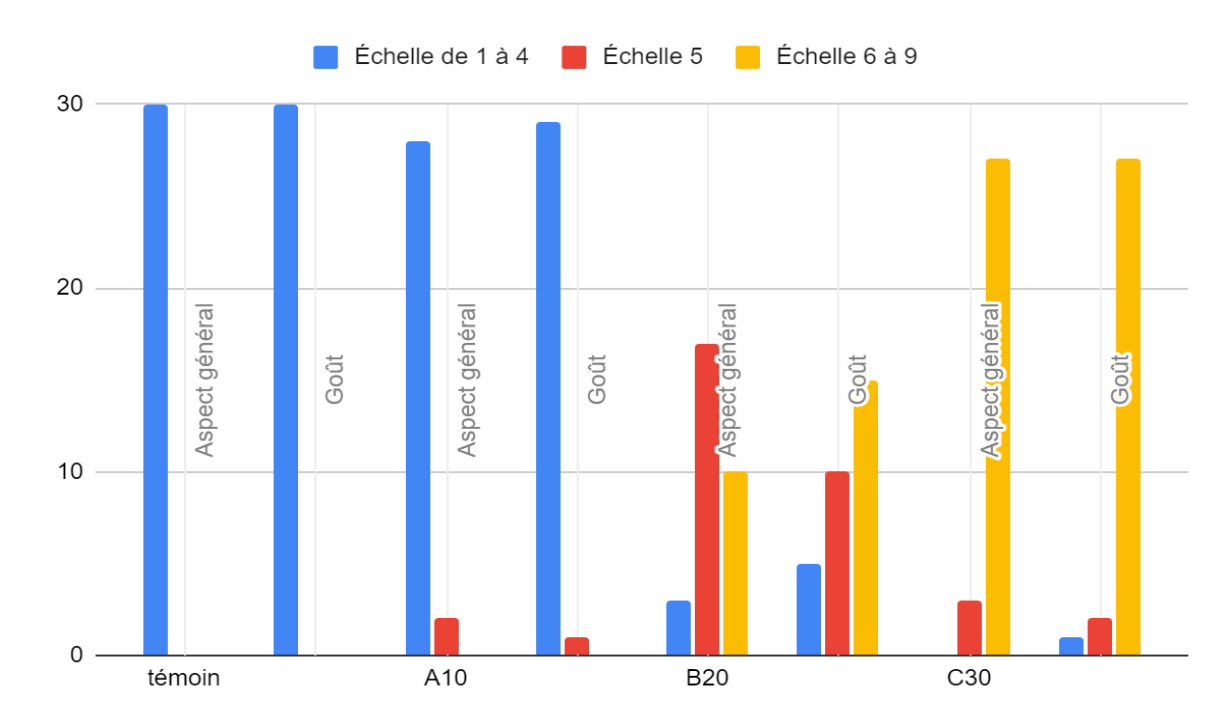


Figure n°20 : Diagramme en barres représente les résultats des niveaux d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs normaux .

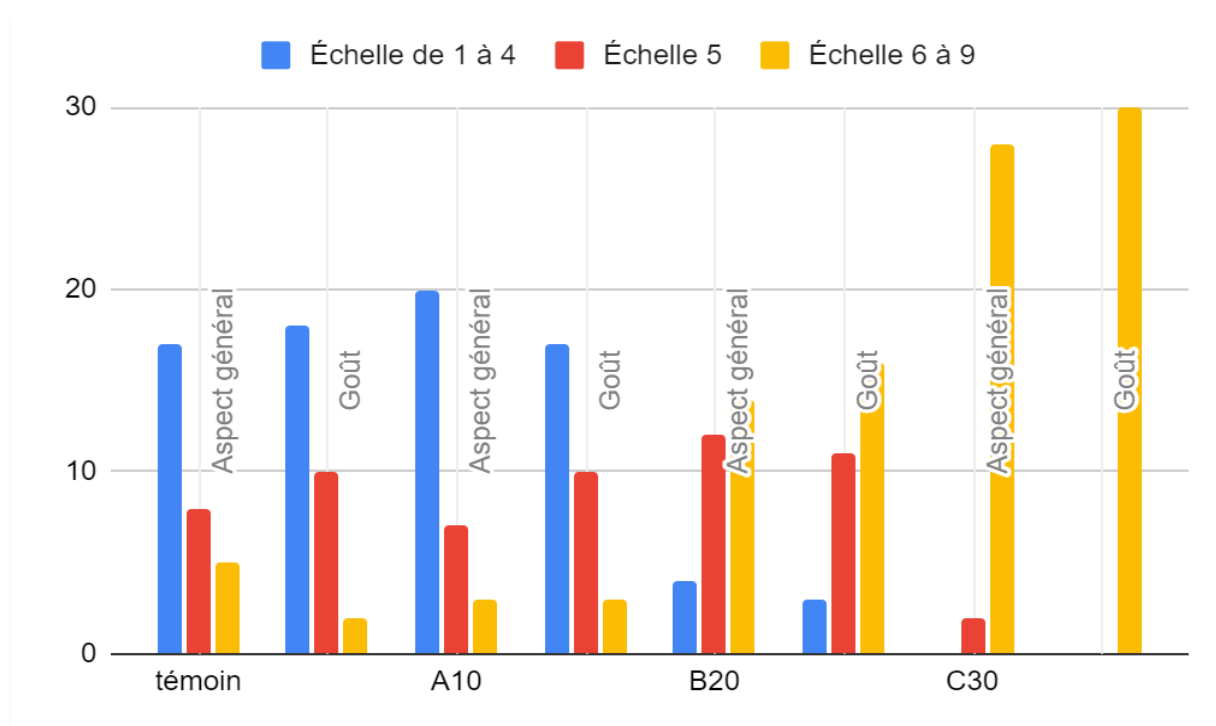


Figure n°21 : Diagramme en barres représente les résultats des niveaux d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs cœliaques .

Le test de dégustation par les consommateur a montré que le cake **C30** testé était acceptable d'un point de vu aspect et goût. En effet, la projection des réponses des consommateurs sur l'échelle hédonique explique clairement le degré d'acceptabilité de ce produit dont la majorité des jugements des normaux et des maladies cœliaques sont positifs (notés de 6 à 9 sur l'échelle). Pour le témoin et A10 le degré d'acceptabilité de ces produit était plus faible par rapport aux autres produits testés tandis que le produit B20 était accepté et noté(de 5 à 7 sur l'échelle) (**Annexe 1et 2**) .

Conclusion :

Les résultats montrent que le cake enrichi avec de la poudre de caroube a été appréciés par la majorité des dégustateurs normaux et cœliaques (plus de 93%) dont la majorité ont jugé le cake de «très agréable».

On a fait les analyses physico-chimiques du produit accepté par la majorité des dégustateurs normaux et cœliaques (C30), on prend en considération le (C30) notre produit fini, dont les résultats sont affichés au (tableau 12).

IV.3 Les résultats des analyses physico-chimiques de produit fini :

Tableau n°12 : Les résultats des analyses physico-chimiques de produit fini :

Déterminations	Résultat	
	(%)	(g)
Humidité	33.21	43.14
Matière grasse (les lipides)	22.95	29.83
Protéines	9.23	11.99
Sucres totaux	1.2	1.56

IV.3.1 Protéine :

Le cake (C30) contient un niveau élevé de protéines, issue du farine de caroube et farine de maïs . Cette valeur était supérieur à celui trouvé par (Veit et al. 2012, et Miranda et al 2013), qui était de 10,98 g. 100g⁻¹ .

IV.3.2 La matière grasse (les lipides) :

La teneur en MG de produit fini est de 22.95 % , autant que dans un produit similaire acheté du marché (cake GUSTI de la marque BIFA) qui a un valeur supérieur de matière grasse 28.93 g. 100g⁻¹ que notre produit , alors que les (madeleines), mentionné dans **Charte Professionnelle des Fabricants de Biscuits et Gâteaux de France - 2015** , qui a un valeur supérieur ou égale à 12 % . La forte teneur en MG dans le produit fini est due à les ingrédients (huile végétale , farine de maïs et les œufs) .

IV.3.3 Humidité

D'après (Torbica et al. 2010), les produits à haute teneur en fibres ont une forte capacité d'absorption de l'eau. Des teneurs en humidité plus élevées étaient trouvé dans les gâteaux avec des niveaux plus élevés de fibres alimentaires, qui s'explique par la capacité des fibres à retenir et maintenir l'eau dans leur structure pendant la cuisson ,pour ce la on a trouvé une forte teneur d'humidité 33.21% selon (Krauspenhar et Rosa 2012) qui ont constaté que la caroube a un plus grand pouvoir de retenir l'eau car il contient de l'amidon et des fibres.

IV.3.4 Sucre totaux

Le produit fini ne contient aucun sucre ajouté , et le goût sucré due à les sucres de la pulpe de caroube , la teneur en sucre totaux est de 1.2% et c'est inférieur de celle trouvé à la farine de caroube

CONCLUSIONS

ET

PERSPECTIVES

Conclusion :

Les résultats de cette étude ont montré qu'il est possible de développer des gâteaux destinés aux maladies cœliaques à la base de pulpe de caroube. La composition chimique des gâteaux avec ce dernier a représenté des teneurs importantes en protéines et en lipides et a montré un fort teneur en humidité ce qui est due à les fibres alimentaires présentes dans la pulpe de caroube.

Par conséquent, l'utilisation de la caroube comme ingrédient dans ce produit a eu un effet extrêmement positif sur leur aspect générale, couleur et leur goût. L'ajout de la caroube a permis également de réduire de 50% la quantité de sucre dans le cake sans ajout de sucre.

En ce qui concerne les perspectives, la cératoniculture peut être l'un des moyens par lesquels ces plans de développement peuvent être réalisés. De plus, les industriels doivent être incités à utiliser les dérivés de caroube dans la fabrication de produits alimentaires, pharmaceutiques, etc., tout en les incitant à favoriser la consommation de leurs produits par le pouvoir marketing. On compte tenu de l'intérêt de la valorisation du caroubier et de ses impacts, notamment dans le secteur agroalimentaire, il sera intéressant de voir les autorités et obligations chargées d'élaborer les plans de développement agricole de la filière caroubier afin de accompagner vivre à travers l'insurmontable Le quotidien de la population rurale vivant.

Le caroubier a démontré et continue de démontrer son importance économique, sociale et environnementale à travers ces multiples usages, notamment dans le bassin méditerranéen. Cependant, la méconnaissance de son sujet entrave son amélioration possible et la possibilité de relancer et d'élargir sa portée. Cependant, cette tendance est susceptible de changer car la sécheresse qui sévit dans la région méditerranéenne, selon des recherches récentes, sera d'une ampleur vertigineuse d'ici la fin du siècle, annonçant un avenir radieux pour la plantation de caroubiers.

En conclusion, le produit formulé dans cette étude sera porté le nom de **NOFA Cake** dans le marché alimentaire et il sera poursuivi par des incorporations d'autres ingrédients supplémentaires permettant l'amélioration de goût, la qualité organoleptique, nutritionnelle, comme exemple: le chocolat sans gluten, denrées lactiques, la poudre d'amandes, les confitures, les noix, caramel... etc.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. **Aafi, A. (1996).** Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). *Centre Nationale de la Recherche Forestière. Rabat (Maroc). 10p.*
2. **Accomando, S., & Cataldo, F. (2004).** The global village of celiac disease. *Digestive and Liver Disease*, 36(7), 492-498.
3. **Ait Chitt, M., Belmir, H., & Lazrak, A. (2007).** Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA MAPM/DERD*, 153, 1-4.
4. **Alaedini, A., & Green, P. H. (2005).** Narrative review: celiac disease: understanding a complex autoimmune disorder. *Annals of internal medicine*, 142(4), 289-298.
5. **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.
6. **Albanell, E., Plaixats, J., Ferret, A., Bosch, L., & Casañas, F. (1995).** Evaluation of near-infrared reflectance spectroscopy for predicting stover quality trait in semi-exotic populations of maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69(3), 269-273.
7. **Arribas, C., Cabellos, B., Guillamón, E., & Pedrosa, M. M. (2020).** Cooking and sensorial quality, nutritional composition and functional properties of cold-extruded rice/white bean gluten-free fettuccine fortified with whole carob fruit flour. *Food & Function*, 11(9), 7913-7924.
8. **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.
9. **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.
10. **Barrio, J., Román, E., Cilleruelo, M., Márquez, M., Mearin, M., & Fernández, C. (2016).** Health-related quality of life in Spanish children with coeliac disease. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 62(4), 603-608.
11. **Batlle, I., & Tous, J. (1997).** Carob tree. *Ceratonia siliqua*, 92.

12. **Benbada, M. (2012).** Allocution de Monsieur le Ministre du Commerce. *Journée de sensibilisation et d'information sur le nouveau schéma de démantèlement tarifaire avec l'Union Européenne, ministère du commerce, Hôtel Sheraton, Alger, p3.*
13. **Benmahioul, B., Harche, M. K., & Daguin, F. (2011).** Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, 32(1), 51-58.
14. **Biner, B., Gubbuk, H. A. M. İ. D. E., Karhan, M. U. S. T. A. F. A., Aksu, M., & Pekmezci, M. (2007).** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food chemistry*, 100(4), 1453-1455.
15. **Boublenza, I., Ghezlaoui, S., Mahdad, M., Vasai, F., & Chemat, F. (2019).** Algerian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations. Morphological and chemical variability of their fruits and seeds. *Scientia Horticulturae*, 256, 108537.
16. **Boudy, P. (1950).** Economie forestière Nord-africaine-Tome 2: monographies et traitements des essences forestières.
17. **Bourekoua, H., Rózyło, R., Gawlik-Dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M. N., & Dziki, D. (2018).** Pomegranate seed powder as a functional component of gluten-free bread (Physical, sensorial and antioxidant evaluation). *International Journal of Food Science & Technology*, 53(8), 1906-1913.
18. **Briani, C., Samaroo, D., & Alaedini, A. (2008).** Celiac disease: from gluten to autoimmunity. *Autoimmunity reviews*, 7(8), 644-650.
19. **Briani, C., Samaroo, D., & Alaedini, A. (2008).** Celiac disease: from gluten to autoimmunity. *Autoimmunity reviews*, 7(8), 644-650.
20. **Calixto, F. S., & Cañellas, J. (1982).** Components of nutritional interest in carob pods (*Ceratonia siliqua*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(12), 1319-1323.
21. **Catassi, C., & Fasano, A. (2008).** Celiac disease. *Gluten-free cereal products and beverages*, 1-I.
22. **Catassi, C., Rättsch, I. M., Fabiani, E., Rossini, M., Coppa, G. V., Giorgi, P. L., ... & Candela, F. (1994).** Coeliac disease in the year 2000: exploring the iceberg. *The Lancet*, 343(8891), 200-203.
23. **Cosnes, J., Cellier, C., Viola, S., Colombel, J. F., Michaud, L., Sarles, J., ... & Nion-Larmurier, I. (2008).** Incidence of autoimmune diseases in celiac disease: protective effect of the gluten-free diet. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 6(7), 753-758.

24. **Craig, W. J., & Nguyen, T. T. (1984).** Caffeine and theobromine levels in cocoa and carob products. *Journal of Food Science*, 49(1), 302-303.
25. **Dakia, P. A., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, 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.
26. **de Freitas, I. N., Sipahi, A. M., Damião, A. O., de Brito, T., Cançado, E. L. R., Leser, P. G., & Laudanna, A. A. (2002).** Celiac disease in Brazilian adults. *Journal of clinical gastroenterology*, 34(4), 430-434.
27. **Dicke, W. K., Weijers, H. A., & KAMER, J. V. D. (1953).** Coeliac Disease The Presence in Wheat of a Factor Having a Deleterious Effect in Cases of Coeliac Disease. *Acta paediatrica*, 42(1), 34-42.
28. **Dieterich, W., Ehnis, T., Bauer, M., Donner, P., Volta, U., Riecken, E. O., & Schuppan, D. (1997).** Identification of tissue transglutaminase as the autoantigen of celiac disease. *Nature medicine*, 3(7), 797-801.
29. **Ditah, I. C., Nadeau, A. M., Rubio-Tapia, A., Marietta, E. V., Brantner, T. L., Camilleri, M. J., ... & Murray, J. A. (2015).** Trends and racial/ethnic disparities in gluten-sensitive problems in the United States: findings from the National Health and Nutrition Examination Surveys from 1988 to 2012. *Official journal of the American College of Gastroenterology| ACG*, 110(3), 455-461.
30. **Dubé, C., Rostom, A., Sy, R., Cranney, A., Saloojee, N., Garritty, C., ... & Moher, D. (2005).** The prevalence of celiac disease in average-risk and at-risk Western European populations: a systematic review. *Gastroenterology*, 128(4), S57-S67.
31. **Ducros, A., Denier, C., Joutel, A., Cecillon, M., Lescoat, C., Vahedi, K., ... & Tournier-Lasserre, E. (2001).** The clinical spectrum of familial hemiplegic migraine associated with mutations in a neuronal calcium channel. *New England Journal of Medicine*, 345(1), 17-24.
32. **Ducros, A., Denier, C., Joutel, A., Cecillon, M., Lescoat, C., Vahedi, K., ... & Tournier-Lasserre, E. (2001).** The clinical spectrum of familial hemiplegic migraine associated with mutations in a neuronal calcium channel. *New England Journal of Medicine*, 345(1), 17-24.
33. **El-Shatnawi, M. K. J., & Ereifej, K. I. (2001).** Chemical composition and livestock ingestion of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 54(6), 669-673.

34. **Farrell, R. J., & Kelly, C. P. (2002).** Celiac sprue. *New England Journal of Medicine*, 346(3), 180-188.
35. **Fasano, A. (2005).** Clinical presentation of celiac disease in the pediatric population. *Gastroenterology*, 128(4), S68-S73.
36. **Fasano, A., & Catassi, C. (2001).** Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology*, 120(3), 636-651.
37. **Fasano, A., Berti, I., Gerarduzzi, T., Not, T., Colletti, R. B., Drago, S., ... & Horvath, K. (2003).** Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States: a large multicenter study. *Archives of internal medicine*, 163(3), 286-292.
38. **Feighery, C. (1999).** Coeliac disease. *Bmj*, 319(7204), 236-239.
39. **Feinsinger, P. (2001).** *Designing field studies for biodiversity conservation*. Island Press.
40. **Fournier, R. O. (1977).** Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, 5(1-4), 41-50.
41. **Freeman, H. J. (2015).** Iron deficiency anemia in celiac disease. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 21(31), 9233.
42. **Gharnit, N., & Ennabili, A. (2016).** Categories of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from morocco. *International Journal of Fruit Science*, 16(3), 259-274.
43. **Gharnit, N., & Ennabili, A. (2016).** Categories of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from morocco. *International Journal of Fruit Science*, 16(3), 259-274.
44. **Gil-Albert, J., & Carnero, G. (1998).** *Las ilusiones* (Vol. 2). Mondadori.
45. **Godat, S., Velin, D., Aubert, V., Nydegger, A., Schoepfer, A. M., & Maillard, M. H. (2013).** Maladie cœliaque: état des lieux. *Rev Med Suisse*, 9, 1584-9.
46. **Gojard, S., Lhuissier, A., & Régnier, F. (2006).** Sociologie de l'alimentation. *Lectures, Les livres*.
47. **Gomez, J. C., Selvaggio, G. S., Viola, M., Pizarro, B., La Motta, G., De Barrio, S., ... & Bai, J. C. (2001).** Prevalence of celiac disease in Argentina: screening of an adult population in the La Plata area. *The American journal of gastroenterology*, 96(9), 2700-2704.
48. **Gonçalves, G. D. C., Nakamura, P. K., Furtado, D. F., & Veit, M. T. (2017).** Utilization of brewery residues to produces granular activated carbon and bio-oil. *Journal of Cleaner Production*, 168, 908-916.

49. **Green, P. H., & Cellier, C. (2007).** Celiac disease. *New england journal of medicine*, 357(17), 1731-1743.
50. **Grose, R. H., Thompson, F. M., & Cummins, A. G. (2008).** Deficiency of 6B11+ invariant NK T-cells in celiac disease. *Digestive diseases and sciences*, 53(7), 1846-1851.
51. **Haddarah, A. (2013).** *L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
52. **Iipumbu, L. (2008).** *Compositional analysis of locally cultivated carob (Ceratonia siliqua) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
53. **JADOUL, G., & des Waides, R. (2002).** La Coeliaquie de l'adulte: trop souvent méconnue!.
54. **Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, World Health Organization, & Joint FAO/WHO Food Standards Programme. (2007).** *Cereals, Pulses, Legumes and Vegetable Proteins*. Food & Agriculture Org..
55. **Kagnoff, M. F. (2007).** Celiac disease: pathogenesis of a model immunogenetic disease. *The Journal of clinical investigation*, 117(1), 41-49.
56. **Karell, K., Louka, A. S., Moodie, S. J., Ascher, H., Clot, F., Greco, L., ... & European Genetics Cluster on Celiac Disease. (2003).** HLA types in celiac disease patients not carrying the DQA1* 05-DQB1* 02 (DQ2) heterodimer: results from the European Genetics Cluster on Celiac Disease. *Human immunology*, 64(4), 469-477.
57. **KARKACIER, M., & ARTIK, N. (1995).** Keçiboynuzunun (*Ceratonia siliqua* L.) fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimi ve ekstraksiyon koşulları. *Gıda*, 20(3).
58. **Knapp, P. R. (2012).** II. Vegetation Science (Sociological Geobotany). *Progress in Botany/Fortschritte der Botanik: Morphology Physiology Genetics Taxonomy Geobotany/Morphologie Physiologie Genetik Systematik Geobotanik*, 44, 418.
59. **Kumazawa, S., Taniguchi, M., Suzuki, Y., Shimura, M., Kwon, M. S., & Nakayama, T. (2002).** Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(2), 373-377.
60. **Lindfors, K., Ciacci, C., Kurppa, K., Lundin, K. E., Makharia, G. K., Mearin, M. L., ... & Kaukinen, K. (2019).** Coeliac disease. *Nature reviews Disease primers*, 5(1), 1-18.
61. **Lipumbu, L., Sigge, G. O., & Britz, T. J. (2008).** Compositional analysis of locally cultivated Carob (*Cerantonia sikiqua*) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors. University of Stellenbosch.

62. **Lohi, S., Mustalahti, K., Kaukinen, K., Laurila, K., Collin, P., Rissanen, H., ... & Mäki, M. (2007).** Increasing prevalence of coeliac disease over time. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 26(9), 1217-1225.
63. **Ludvigsson, J. F., Leffler, D. A., Bai, J. C., Biagi, F., Fasano, A., Green, P. H., ... & Ciacci, C. (2013).** The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*, 62(1), 43-52.
64. **MAHDAD, Y. M., MADIOUNI, R. M., SELKA, N., VIRUEL, J., & GAOUAR, S. B. S. (2022).** Functional Diversity Based on Morphometric Analysis and Identification of the Algerian Carob Tree (*Ceratonia siliqua* L.) Cultivars. *Genetics & Biodiversity Journal*, 6(2), 1-20.
65. **Malamut, G., & Cellier, C. (2010).** Maladie cœliaque. *La Revue de médecine interne*, 31(6), 428-433.
66. **Malamut, G., Chandesris, O., Verkarre, V., Meresse, B., Callens, C., Macintyre, E., ... & Cellier, C. (2013).** Enteropathy associated T cell lymphoma in celiac disease: a large retrospective study. *Digestive and Liver Disease*, 45(5), 377-384.
67. **Malamut, G., El Machhour, R., Montcuquet, N., Martin-Lannerée, S., Dusanter-Fourt, I., Verkarre, V & Meresse, B. (2010).** IL-15 triggers an antiapoptotic pathway in human intraepithelial lymphocytes that is a potential new target in celiac disease-associated inflammation and lymphomagenesis. *The Journal of clinical investigation*, 120(6), 2131-2143.
68. **Meresse, B., Malamut, G., & Cerf-Bensussan, N. (2012).** Celiac disease: an immunological jigsaw. *Immunity*, 36(6), 907-919.
69. **Ndir, B., Lognay, G., Wathelet, B., Cornelius, C., Marlier, M., & Thonart, P. (2000).** Composition chimique du nététu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 4(2), 101-105.
70. **Niewinski, M. M. (2008).** Advances in celiac disease and gluten-free diet. *Journal of the American dietetic association*, 108(4), 661-672.
71. **Norris, J. M., Barriga, K., Hoffenberg, E. J., Taki, I., Miao, D., Haas, J. E., ... & Rewers, M. (2005).** Risk of celiac disease autoimmunity and timing of gluten introduction in the diet of infants at increased risk of disease. *Jama*, 293(19), 2343-2351.

72. **Ouis, N., & Hariri, A. (2017).** Phytochemical analysis and antioxidant activity of the flavonoids extracts from pods of *Ceratonia siliqua* L. *Banat's Journal of Biotechnology*, 8(16), 93-104.
73. **Owen, R. W., Haubner, R., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., & Haber, B. (2003).** Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food and Chemical Toxicology*, 41(12), 1727-1738.
74. **Owen, R. W., Haubner, R., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., & Haber, B. (2003).** Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food and Chemical Toxicology*, 41(12), 1727-1738.
75. **Oziyci, H. R., Tetik, N., Turhan, I., Yatmaz, E., Ucgun, K., Akgul, H., ... & Karhan, M. (2014).** Mineral composition of pods and seeds of wild and grafted carob (*Ceratonia siliqua* L.) fruits. *Scientia Horticulturae*, 167, 149-152.
76. **Papagiannopoulos, M., Wollseifen, H. R., Mellenthin, A., Haber, B., & Galensa, R. (2004).** Identification and quantification of polyphenols in Carob Fruits (*Ceratonia siliqua* L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(12), 3784-3791.
77. **Petit, M. D., & Pinilla, J. M. (1995).** Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 145-152.
78. **Pinkhasov, R. M., Wong, J., Kashanian, J., Lee, M., Samadi, D. B., Pinkhasov, M. M., & Shabsigh, R. (2010).** Are men shortchanged on health? Perspective on health care utilization and health risk behavior in men and women in the United States. *International journal of clinical practice*, 64(4), 475-487.
79. **Priolo, A., Waghorn, G. C., Lanza, M., Biondi, L., & Pennisi, P. (2000).** Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *Journal of Animal Science*, 78(4), 810-816.
80. **Racha, L. O. M. (2020).** *Etude sur la maladie coeliaque et le régime sans gluten: enquête menée dans la wilaya de M'sila* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
81. **Rebour, H. (1968).** *Fruits méditerranéens autres que les agrumes*. la Maison rustique.
82. **Rejeb, M. N. (1995).** Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration. *Quel avenir pour l'amélioration des plantes*, 79-85.

83. **Rosa, C. S., Tessele, K., Prestes, R. C., Silveira, M., & Franco, F. (2015).** Effect of substituting of cocoa powder for carob flour in cakes made with soy and banana flours. *International Food Research Journal*, 22(5).
84. **Rostami-Nejad, M., Villanacci, V., Mashayakhi, R., Molaei, M., Bassotti, G., Zojaji, H., ... & Zali, M. R. (2009).** Celiac disease and Hp infection association in Iran. *Revista Espanola de Enfermedades Digestivas*, 101(12), 850.
85. **Rostom, A., Murray, J. A., & Kagnoff, M. F. (2006).** American Gastroenterological Association (AGA) Institute technical review on the diagnosis and management of celiac disease. *Gastroenterology*, 131(6), 1981-2002.
86. **Sakula, J., & Shiner, M. (1957).** Coeliac disease with atrophy of the small-intestine mucosa. *Lancet*, 273, 876-877.
87. **Sapone, A., Bai, J. C., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P. H., Hadjivassiliou, M., ... & Fasano, A. (2012).** Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC medicine*, 10(1), 1-12.
88. **Sarri, M., Boudjelal, A., Hendel, N., Sarri, D., & Benkhaled, A. (2015).** Flora and ethnobotany of medicinal plants in the southeast of the capital of Hodna (Algeria). *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1(1), 24-30.
89. **Sbay, H. (2008).** *Le Caroubier au Maroc: un arbre d'avenir*. Centre de recherche forestière.
90. **Sęczyk, Ł., Świeca, M., & Gawlik-Dziki, U. (2016).** Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food Chemistry*, 194, 637-642.
91. **Sokol, H., Seksik, P., Carrat, F., Nion-Larmurier, I., Vienne, A., Beaugerie, L., & Cosnes, J. (2010).** Usefulness of co-treatment with immunomodulators in patients with inflammatory bowel disease treated with scheduled infliximab maintenance therapy. *Gut*, 59(10), 1363-1368.
92. **Sollid, L. M., & Lie, B. A. (2005).** Celiac disease genetics: current concepts and practical applications. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 3(9), 843-851.
93. **Sverker, A., Östlund, G., Hallert, C., & Hensing, G. (2007).** Sharing life with a gluten-intolerant person—the perspective of close relatives. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 20(5), 412-422.
94. **Tadmor, E. B., Ortiz, M., & Phillips, R. (1996).** Quasicontinuum analysis of defects in solids. *Philosophical magazine A*, 73(6), 1529-1563.

95. **Tajuddin, T., Razif, S., Thorne, J., & Murray, F. E. (2011).** Clinical presentation of adult coeliac disease.
96. **Tevini, M., Iwanzik, W., & Thoma, U. (1981).** Some effects of enhanced UV-B irradiation on the growth and composition of plants. *Planta*, 153(4), 388-394.
97. **Thom, M. (2009).** Hippocampal sclerosis: progress since Sommer. *Brain Pathology*, 19(4), 565-572.
98. **Tkoub, E. M. (2008).** Maladie coeliaque de l'adulte. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, 48, S27-S31.
99. **Torbica, A., Hadnadev, M., & Dapčević, T. (2010).** Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food hydrocolloids*, 24(6-7), 626-632.
100. **Van Heel, D. A., Franke, L., Hunt, K. A., Gwilliam, R., Zhernakova, A., Inouye, M., ... & Wijmenga, C. (2007).** A genome-wide association study for celiac disease identifies risk variants in the region harboring IL2 and IL21. *Nature genetics*, 39(7), 827-829.

ANNEXES

Annexe 1 : Les niveaux d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs normaux .

Produits dégustés	Critères d'appréciation	Échelle de 1 à 4	Échelle 5	Échelle 6 à 9
témoin	Aspect général	30	0	0
	Goût	30	0	0
A10	Aspect général	28	2	0
	Goût	29	1	0
B20	Aspect général	3	17	10
	Goût	5	10	15
C30	Aspect général	0	3	27
	Goût	1	2	27

Annexe 2 : Les niveaux d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs cœliaques .

Produits dégustés	Critères d'appréciation	Échelle de 1 à 4	Échelle 5	Échelle 6 à 9
témoin	Aspect général	17	8	5
	Goût	18	10	2
A10	Aspect général	20	7	3
	Goût	17	10	3
B20	Aspect général	4	12	14
	Goût	3	11	16
C30	Aspect général	0	2	28
	Goût	0	0	30

Échelle 1 à 4: Extrêmement désagréable à assez désagréable.

Échelle 5: Ni agréable Ni désagréable.

Échelle 6 à 9: Assez agréable à extrêmement agréable.