



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ DE TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département : Biologie

MÉMOIRE

Présenté par

M^{lle} BOUZBIBA Wassila

M^{lle} ZERRAD Manel

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER académique.

Agronomie : Option Production Végétale

**Etat des lieux sur la culture du Caroubier et industrialisation
de ses produits au niveau de la région de Tlemcen**

Devant le jury composé de :

<u>Qualité</u>	<u>Nom</u>	<u>Grade</u>	<u>Université</u>
Présidente:	MR Amrani Sidi Mohamed	Pr	Abou BakrBelkaid Tlemcen
Encadreur :	Bendi Djelloul bahaeddine	Pr	Abou BakrBelkaid Tlemcen
Examineur :	El Haitoum Ahmed	M.C.A	Abou BakrBelkaid Tlemcen

Année Universitaire :2020/2021

REMERCIEMENTS

Avant toute chose je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la force et la santé afin de pouvoir réaliser ce travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire, monsieur **Bhaeddine Bendi-Djelloul-Ghezlaoui**. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.*

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

*Je tiens à remercier vivement **Mr El haitoum. A.**, Professeur au département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen, Faculté SNV-STU pour avoir accepté de présider le jury.*

*Je remercie profondément **Mr AMRANI Sidi Mohamed**, pour sa participation à la correction du manuscrit.*

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude

DÉDICACES

*A mon très cher papa, **NOUREDDINE***

*Qui reste toujours mon premier maître, je t'aime très fort...,
Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et
ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la
confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la
réussite*

*A la plus belle perle du monde...ma tendre mère, **FOUZIA***

*En témoignage de votre affection, votre sacrifices et votre précieux conseils qui mon conduit à la
réussite dans tous ce que je fais, je t'aime maman..,*

*Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me
soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à
mes cotés pour me consoler quand il fallait.*

*A mes chers frères **AMINE** et **ZAKARIA**,*

Qui n'a cessé d'être pour moi l'exemple de persévérance, de courage et de générosité.

*A mon aimable sœur **NASSIMA**,*

Que dieu tout puissant, vous donne santé et bonheur. je t'aime très fort..,

*A Mon cher homme **Abdnour Saouli***

*Pour tout l'encouragement, le respect et l'amour que tu m'as offert, Je te dédis ce travail,
qui n'aurait pas pu être achevé sans ton éternel soutien et optimisme .tu est un model
d'honnêteté, de loyauté et de force de caractère. J'espère te combler et te rendre toujours
heureux*

*A ma famille **BOUZBIBA** ; Avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de
reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation
dans les meilleures conditions*

*A mes très chères et merveilleuse amies **IMANE** , **TEMA**, **HANANE** ,**AMEL** ,**SOUMIA** et **MANEL**
, Que je l'aime profondément, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de
courage et de générosité, je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de prospérité et beaucoup de
succès.*

A la promo de Master 2 en production végétale 2021.

A tous mes proches

A tous ceux qui mon aidé afin de réaliser ce travail, et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment

WASSILA BOUZBIBA

DÉDICACES

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire, monsieur **Ghezlaoui bahaeddine**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté et aidé.*

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

*Je remercie mes très chers parents, **Mohammed** et **Bellahreche R**, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mon frère **Djaber Abdel Illah** et mon marie **Hadj Aek A**, pour leurs encouragements.*

*je remercie infiniment mon amie **Bouzbiba Wassila** qui a toujours été là pour moi. son soutien inconditionnel et ces encouragements ont été d'une grande aide.*

*À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude. Mes salutations les plus distinguées à mes chers enfants **Basma** et **Mohammed Yazen**.*

Enfin, à la promo de Master 2 en production végétale 2021.

A tous mes proches

A tous ceux qui mon aidé afin de réaliser ce travail, et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment

ZERRAD MANEL

Résumé

Le caroubier *Ceratonia siliqua* L. famille des fabacées est un arbre typiquement méditerranéen forestier et fruitier qui possède une importance écologique et socio-économique considérable. Dans les dernières années, Les Haut-commissariat aux Eaux et Forêt et la lutte Contre la désertification donne un grand intérêt à la plantation de cette essence , grâce à sa rusticité, sa résistance à la sécheresse et sa tolérance aux sols pauvres, mais aussi à ses propriétés médicinales et pharmaceutiques et ses effets bénéfiques sur la santé humaine.

Dans le présent travail, nous avons dressé une approche sur les différentes étapes qui jalonnent l'exploitation des produits du caroubier par la méthode traditionnel.

Nous avons pris les gousse utilisées de trois régions de la wilaya de Tlemcen (Ghazawat , Zenâta et Sabra).

On a travaillé sur deux parties ; dans la première on à fait des essais pour la formulation de la farine de pulpe, la gomme de grain, la mélasse et le chocolat. Nous avons obtenu des résultats parfaits avec cette expérience, ou nous avons pu montrer le succès de la méthode traditionnelle. Concernant la deuxième partie, nous avons essayé de développer trois produits alimentaires nutritionnels (le gâteau, le pain, et le couscous) en ajoutant la poudre de caroube. A travers les résultats et avis des dégustateurs, nous nous sommes parvenus à la possibilité de remplacé la poudre de cacao par la poudre de caroube.

Mots clés : caroubier, Tlemcen, industrialisation, méthode traditionnelle, produits alimentaires.

ملخص

شجرة الخروب (*Ceratonia siliqua* L.) من عائلة (fabacées) عبارة عن شجرة غابية و شجرة فاكهة موسمية نموذجية لغابات البحر الابيض المتوسط , تمتلك مقاومة بيئية و اجتماعية و اقتصادية كبيرة . في السنوات الاخيرة قامت المنوبية العليا لمكافحة التصحر بتولي اهتماما كبيرا بزراعة هذا الجوهر بفضل صلابته و مقاومته للجفاف و تحمله للتربة الفقيرة ولكن ايضا بسبب قوته و خصائصه الطبية و الصيدلانية و اثاره المفيدة على صحة الانسان.

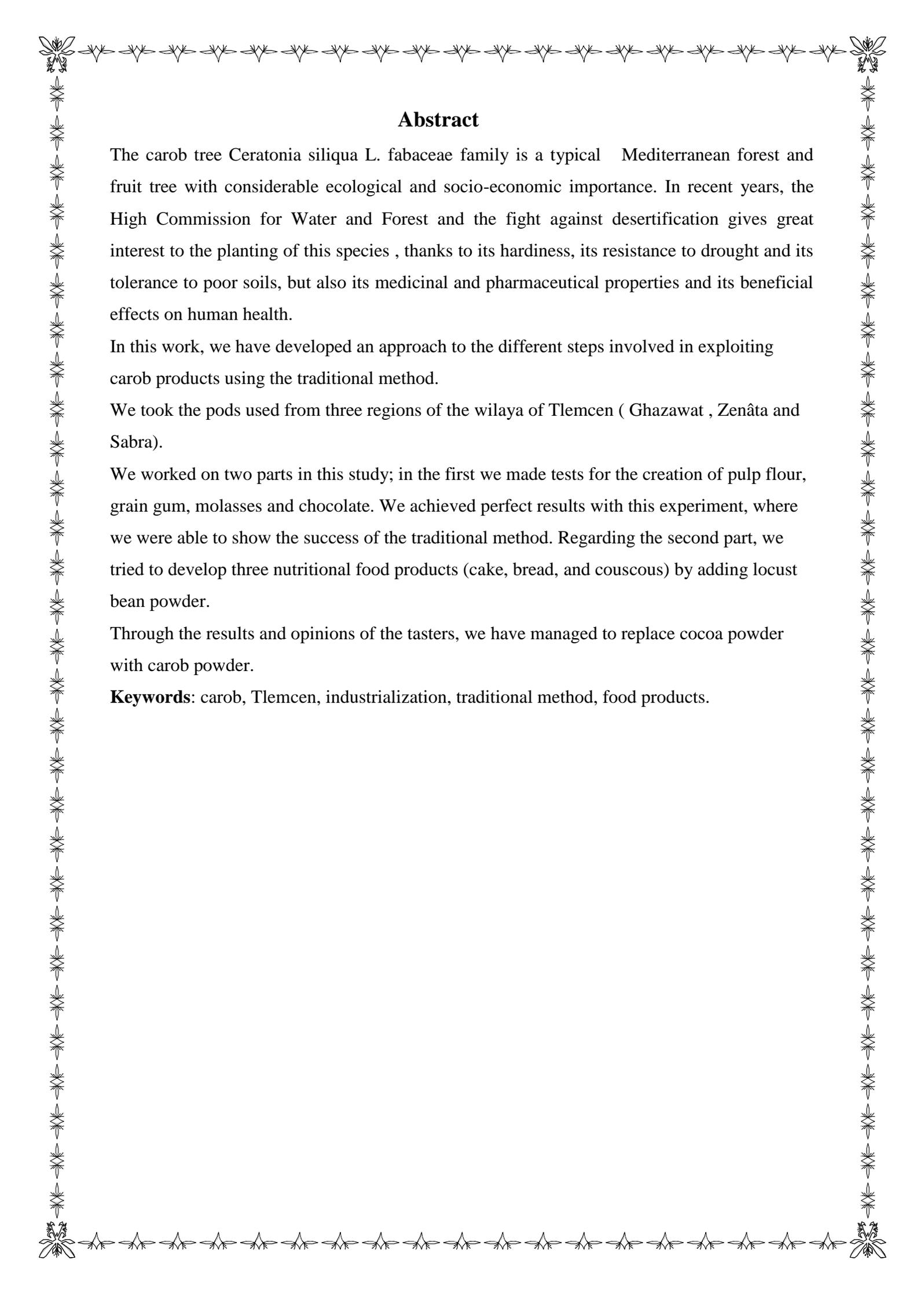
في العمل الحالي قمنا بوضع منهج للمراحل المختلفة التي تميز استخراج منتجات الخروب بالطريقة التقليدية, اخدنا الثمار المستعملة من ثلاث مناطق مختلفة من ولاية تلمسان (غزوات , زناتة , وصبرة) .

قمنا بتقسيم العمل الى جزئين بحيث في الجزء الاول اجرينا اختبارات لتركيبية دقيق اللب , دقيق البذور, ودبس الخروب و الشكولاتة . تحصلنا من خلال هذه التجربة على نتائج مثالية اظهرت مدى نجاح الطريقة التقليدية .

بالنسبة للجزء الثاني حاولنا تطوير ثلاثة منتجات غذائية (حلوى , خبز , و كسكس) من خلال اضافة مسحوق الخروب .

من خلال النتائج المتحصل عليها و اراء المتذوقين وصلنا الى امكانية استبدال الكاكاو بمسحوق الخروب.

الكلمات المفتاحية : شجرة الخروب , تلمسان , التصنيع , الطريقة التقليدية , المنتجات الغذائية .

A decorative border with a repeating floral motif surrounds the text. The border consists of a top and bottom row of larger floral designs, with vertical columns of smaller, repeating floral elements on the left and right sides.

Abstract

The carob tree *Ceratonia siliqua* L. fabaceae family is a typical Mediterranean forest and fruit tree with considerable ecological and socio-economic importance. In recent years, the High Commission for Water and Forest and the fight against desertification gives great interest to the planting of this species, thanks to its hardiness, its resistance to drought and its tolerance to poor soils, but also its medicinal and pharmaceutical properties and its beneficial effects on human health.

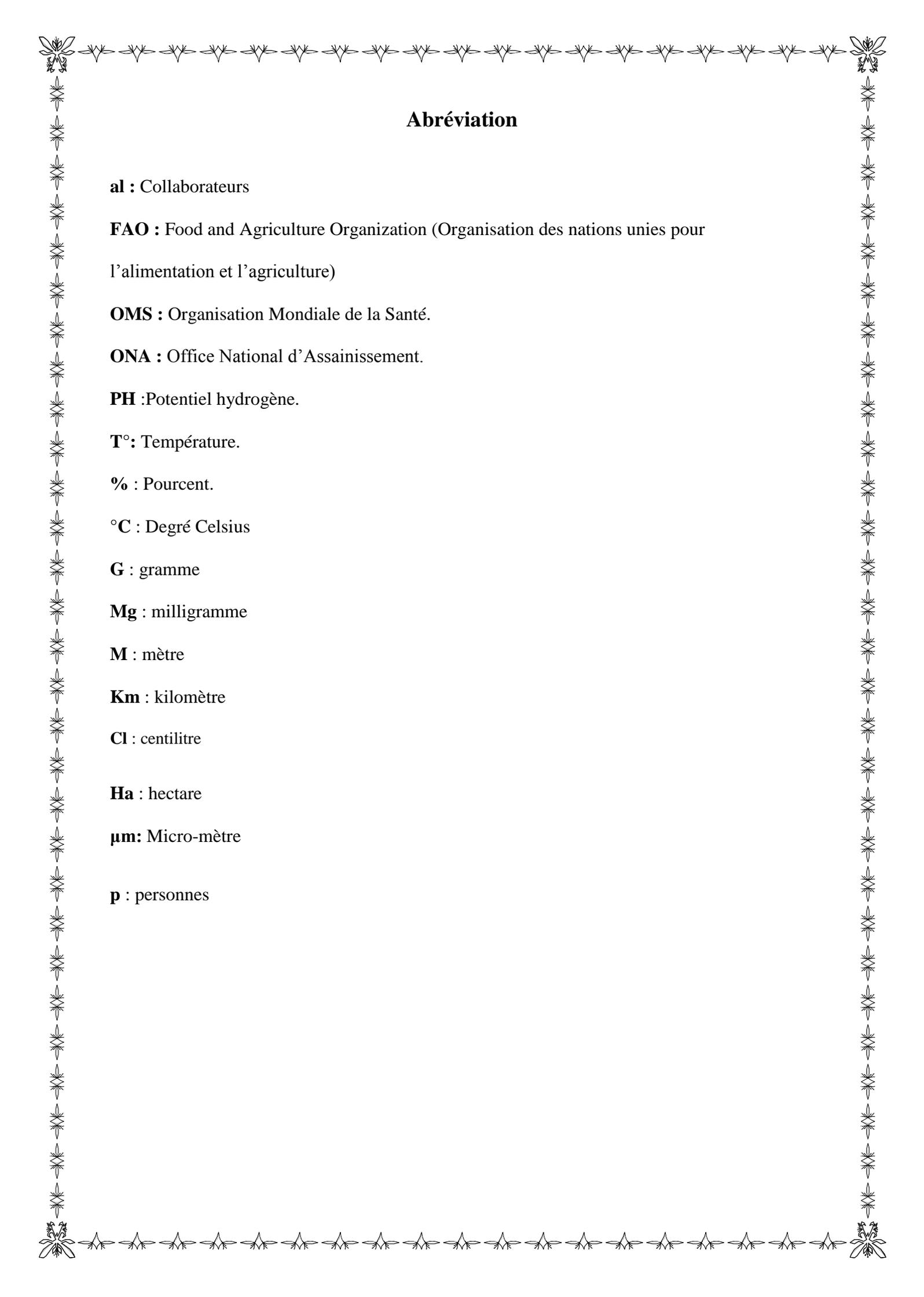
In this work, we have developed an approach to the different steps involved in exploiting carob products using the traditional method.

We took the pods used from three regions of the wilaya of Tlemcen (Ghazawat, Zenâta and Sabra).

We worked on two parts in this study; in the first we made tests for the creation of pulp flour, grain gum, molasses and chocolate. We achieved perfect results with this experiment, where we were able to show the success of the traditional method. Regarding the second part, we tried to develop three nutritional food products (cake, bread, and couscous) by adding locust bean powder.

Through the results and opinions of the tasters, we have managed to replace cocoa powder with carob powder.

Keywords: carob, Tlemcen, industrialization, traditional method, food products.



Abréviation

al : Collaborateurs

FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office National d'Assainissement.

PH : Potentiel hydrogène.

T° : Température.

% : Pourcent.

°C : Degré Celsius

G : gramme

Mg : milligramme

M : mètre

Km : kilomètre

Cl : centilitre

Ha : hectare

µm : Micro-mètre

p : personnes

Liste de figures

- Figure 01** : Production mondiale de la caroube en 2017 (**FAOSTAT 2019**)..... (p 06)
- Figure 02**: Photo originale (**Bouzbiba.,w2021**).....(p 22)
- Figure 03** : Tronc du caroubier (**photo prise à wlade Bouzbibe -fellaoucen**).....(p 23)
- Figure 04**: Feuille du caroubier (**photo originale**).....(p 24)
- Figure 05**: inflorescence de caroubier (**photos originale**).....(p 24)
- Figure 06**: Le fruit du caroubier avant maturité (**photo originale**).....(p 25)
- Figure 07**: le fruit après la maturité (des gousses)..... (p 25)
- Figure 08** : les graines du caroubier (a) et (b) schéma général caractéristiques Dimensionnelles (**karababa et cokuner., 2013**).....(p 26)
- Figure 09**: multiplication par semis (photos originale)..... (p 27)
- Figure 10**: multiplication par culture in vitro.....(p 30)
- Figure 11**: multiplication par greffage (photo originale).....(p 30)
- Figure 12** : Dispositif de plantation du caroubier avec 11% de pieds pollinisateurs(**Mahdad M-Y.,2013**)..... (p 31)
- Figure 13** : Rameau de caroubier contaminé par *Aspidiotus hederae* ; on aperçoit sur le basdes chrysalides groupées de *Chilochorus bipustulatus* (**Delassus & Lepigre., 1932**)..(p 32)
- Figure 14** : Larve de *Zeuzera pyrina L.*..... (p 32)
- Figure 15** : le rongeur et leurs dégâts..... (p 34)
- Figure 16** : la farine et la gomme de caroube..... (p 37)
- Figure 17**: Farine de pulpe..... (p 37)
- Figure 18** : Composants de la graine du caroubier (**Mahdad M-Y., 2013**)..... (p 38)
- Figure 19** : Gomme de la graine(p 40)
- Figure 20** : Produits de confiseries fabriqués à partir de caroube (chocolat, biscuits, confiture, mélasse, glasse, huile...etc).....(p 40)
- Figure 21** : le miel de caroubier.....(p 42)
- Figure 22** :les différent étapes de nettoyage (Photos originale **Bouzbiba.w2021**)..... (p 47)
- Figure 23** : étape de concassage (photo originale **Bouzbiba.w2021**)..... (p 47)
- Figure 24** : les étapes de torréfaction (photos originales **Bouzbiba.W2021**).....(p 48)
- Figure 25** : étape de broyage (photo originale **Bouzbiba.w2021**).....(p 48)
- Figure 26** : étape de tamisage (photo originale **Bouzbiba.w2021**).....(p 49)

Figure 27 : les étapes de la formulation de la gomme de caroubier (photos originale Bouzbiba.w2021).....	(p 50)
Figure 28 : les étapes de nettoyage (photos originale Bouzbiba.w2021).....	(p 51)
Figure 29 : étapes de trempage (photo originale Bouzbiba.w2021).....	(p 51)
Figure 30 : les étapes de séchage et broyage (photo original Bouzbiba.w2021).....	(p 52)
Figure 31 : les étapes de trempage (photo originale Bouzbiba.w2021).....	(p 53)
Figure 32 : les étapes de l'ébullition (photos originale Bouzbiba.w2021).....	(p 53)
Figure 33 : les étapes de filtration (photos originale Bouzbiba.w2021).....	(p 54)
Figure 34 : les résultats d'essai de formulation des produits de caroube (Photos originale Bouzbiba.w2021).....	(p 54)
Figure 35 : Présentation des chocolats pour dégustation et notation lors du test consommateur.....	(p 56)
Figure 36 : Les résultats d'évaluation d'odeur des chocolats.....	(p 59)
Figure 37 : Les résultats d'évaluation du gout des chocolats.....	(p 60)
Figure 38 : le chocolat de caroube.....	(p 61)
Figure39 : Présentation des produits pour dégustation et notation lors du test consommateur.....	(p 67)
Figure 40 : Répartition des réponses des dégustateurs sur l'échelle hédonique pour les trois produits testés pour l'aspect généra.....	(p 69)
Figure 41 : Répartition des réponses des dégustateurs sur l'échelle hédonique pour les trois produits testé.....	(p 70)

Liste des cartes

- Carte 01** : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (**BATLLE et TOUS, 1997**).....(p 04)
- Carte02** : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (**A.N.R.H, 2004**).....(p 05)
- Carte 03** : Distribution du caroubier à Tlemcen (**BOUBLENZA 2012**).....(p 10)
- Carte 04** : situation géographique de la wilaya de Tlemcen.....(p 11)
- Carte 05**: Subdivision géographique de la wilaya de Tlemcen.....(p12)
- Carte 06** : Carte géographique de station de Ghazaouet.....(p17)
- Carte 07** : Carte géographique de la station de Zénata.....(p 18)
- Carte 08**: situation géographique de la daïra de Sabra (**saouli 2019**).....(p 19)

Liste des tableaux

- Tableau 01** : classification de caroubier..... (p 21)
- Tableau 02** : la production de caroubier d'après **Tamaro(tarttato frutticoltura)**..... (p35)
- Tableau 03** : composition de 100g de farine..... (p38)
- Tableau 04** : Les produits dérivés de la graine de caroube et leurs applications.....(p39)
- Tableau 05** : Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le chocolat..... (p55)
- Tableau 06**: Niveau d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs..... (p57)
- Tableau07**: Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le gâteau..... (p63)
- Tableau 08**: Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le pain traditionnel..... (p64)
- Tableau 09**: Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le couscous..... (p64)
- Tableau 10**: Formulations retenues après évaluation par le panel de panel..... (p65)
- Tableau 11**: Niveau d'acceptabilité des produits élaborés par le panel des dégustateurs (p68)

SOMMAIRE

INTRODUCTION

GENERALITE SUR DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE..... (p 01)

Origine..... (p 03)

Distribution..... (p 03)

a- Dans le monde.....(p 03)

b- En Algérie..... (p 04)

PRODUCTION MONDIALE.....(p 06)

CHAPITRE I : MILIEU PHYSIQUE

MILIEU PHYSIQUE..... (p 08)

SITUATION GEOGRAPHIQUE..... (p 09)

Situation géographique de la wilaya de Tlemcen..... (p 10)

Hydrogéologie..... (p 11)

Relief et structure (géomorphologie) (p 11)

- **Le bassin de Tlemcen**..... (p 12)

- **Les monts de Tlemcen et de Sebdou**..... (p 12)

Aperçu géologique (p 13)

Aperçu pédologique..... (p 14)

- **Les sols minéraux bruts** (p 14)

- **Les sols peu évolués regroupent** (p 14)

- **Les sols calcimagnésiques** (p 14)

- **Les sols isohumiques** (p 15)

PRESENTATION DU MILIEU FORESTIER DE ZONE D'ETUDE(p 15)

Régions géographique de périmètre d'étude	(p 16)
- Région de Ghazaouet	(p 16)
- Région de Zenâta	(p 18)
- Région de Sabra	(p 19)

SYSTEMATIQUE DE L'ESPECE (p 20)

Classification systématique..... (p 21)

Description botanique..... (p 22)

- a- **Arbre**..... (p 22)
- b- **Racines**..... p 22)
- c- **Tronc**..... (p 23)
- d- **Feuille**.....(p 23)
- e- **Fleurs**.....(p 24)
- f- **Fruit**.....(p 25)
- g- **La graine de caroube**.....(p 26)

SYSTEME CLIMATIQUE..... (p 26)

- **Eau**.....(p 27)

CHAPITRE II : CULTURE DE CAROUBIER

MULTIPLICATION DU CAROUBIER..... (p 29)

- **Multiplication par semis**..... (p 29)
- **Multiplication par bouturage**.....(p 29)
- **Multiplication par culture in vitro ou la micro propagation**.....(p 29)
- **Multiplication par greffage**..... (p 30)

REALISATION DE VERGER DE CAROUBIER..... (p 30)

MALADIES DU CAROUBIER..... (p 32)

RENDEMENTS..... (p 34)

LA RECOLTE DE CAROUBIER (p 35)

IMPORTANCE ECONOMIQUE DE CAROUBIER..... (p 35)

UTILISATION DU CAROUBIER (p 36)

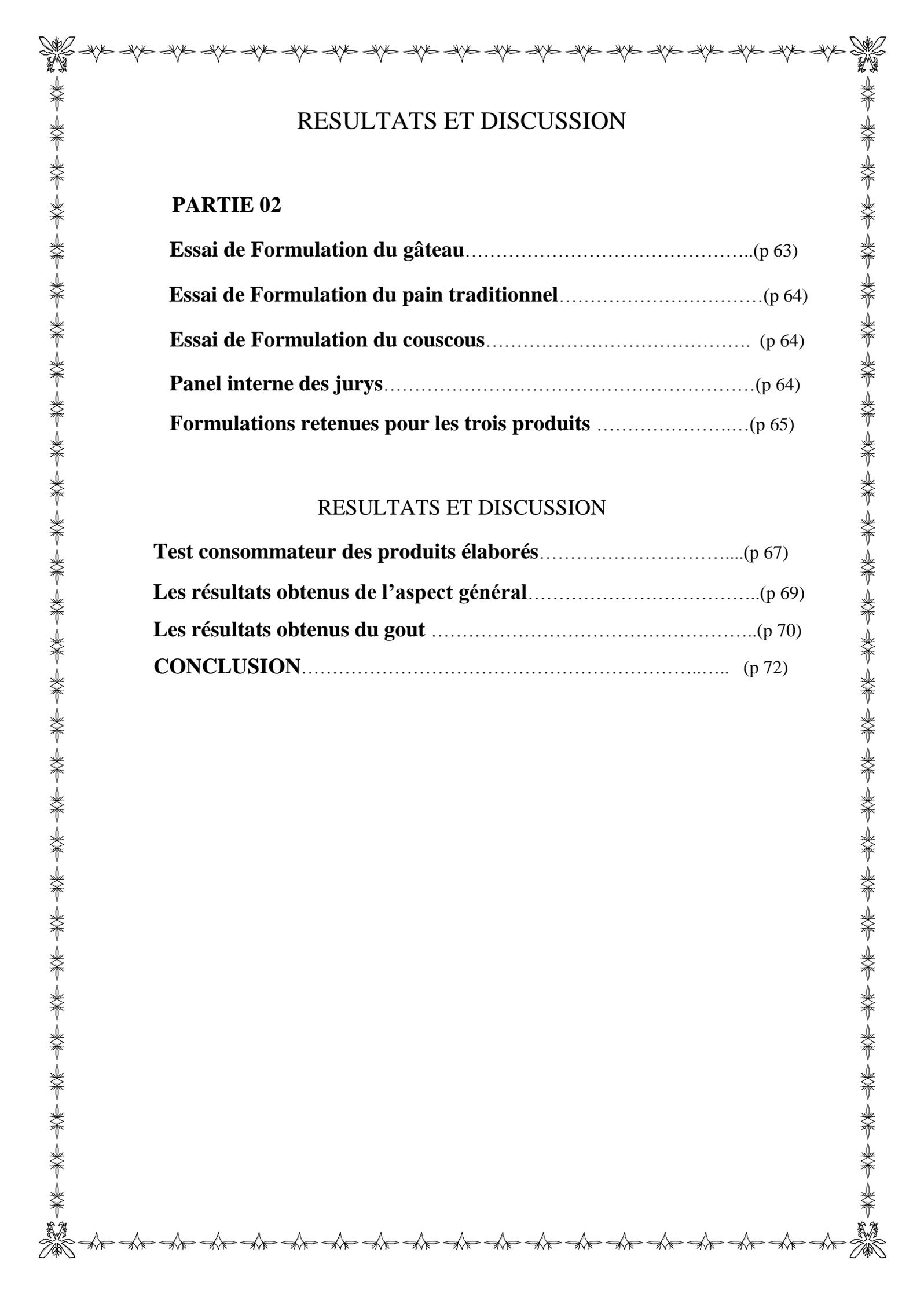
L'arbre	(p 36)
Le fruit	(p 36)
a- La pulpe	(p 37)
b- Graine	(p 38)
Utilisation thérapeutique	(p 41)
a- Miel de caroubier	(p 41)
Utilisation cosmétique	(p 43)
Utilisation chimique	(p 43)

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODE

Objectif	(p 45)
Matériels et méthodes	(p 45)
Autres ingrédients	(p 46)

PARTIE 01

Essai de formulation de farine à partie de la pulpe de caroubier	(p47)
Essai de formulation de la gomme à partie des graines de caroubier	(p50)
Essai de formulation de la mélasse de caroubier	(p53)
Essai de formulation d'une recette de chocolat à base de la farine de caroubier	(p55)
Les résultats obtenus de la couleur des chocolats	(p 59)
Les résultats obtenus de l'odeur des chocolats	(p 60)
Les résultats obtenus du gout des chocolats	(p 61)



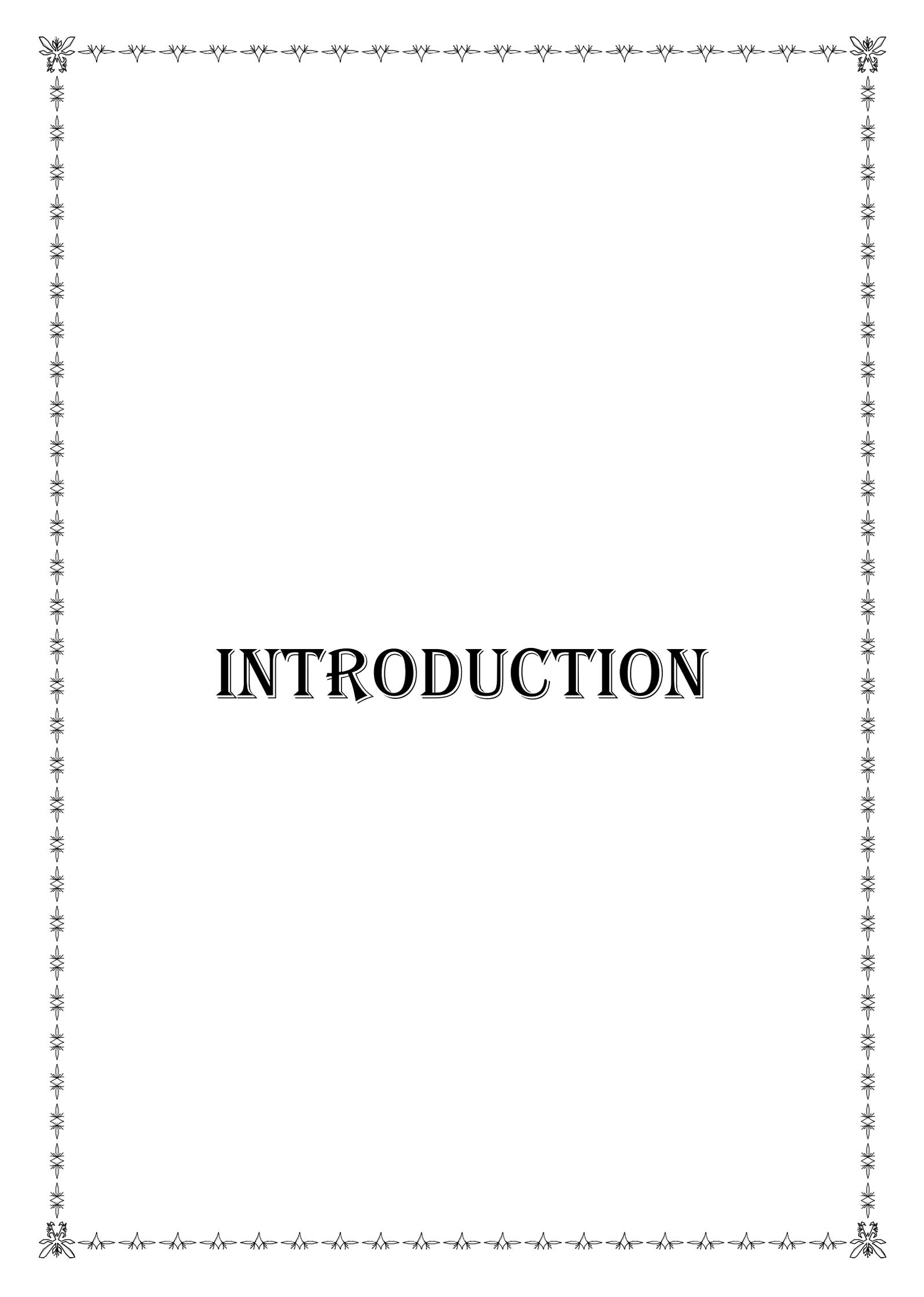
RESULTATS ET DISCUSSION

PARTIE 02

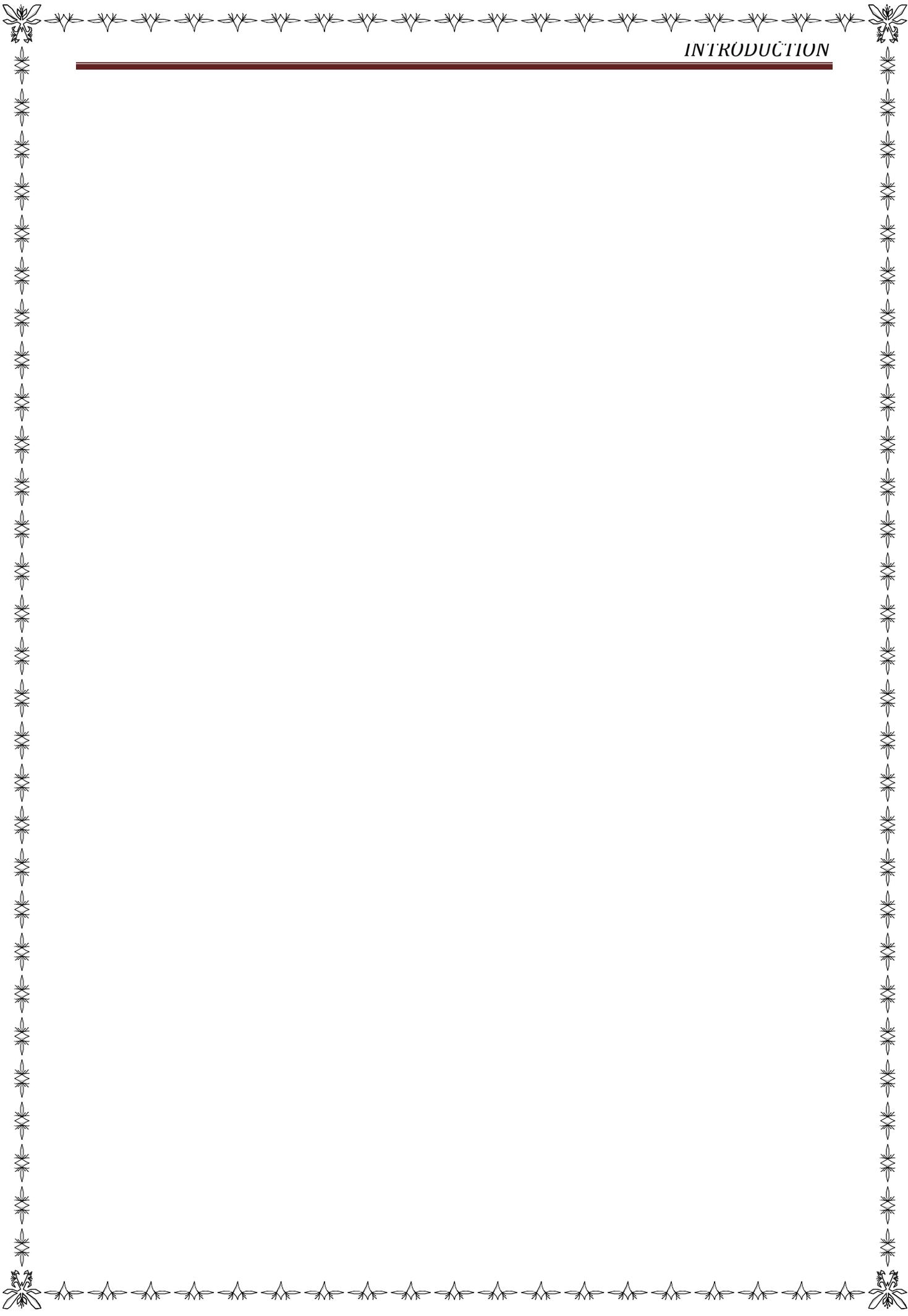
Essai de Formulation du gâteau.....	(p 63)
Essai de Formulation du pain traditionnel.....	(p 64)
Essai de Formulation du couscous.....	(p 64)
Panel interne des jurys.....	(p 64)
Formulations retenues pour les trois produits	(p 65)

RESULTATS ET DISCUSSION

Test consommateur des produits élaborés.....	(p 67)
Les résultats obtenus de l'aspect général.....	(p 69)
Les résultats obtenus du gout	(p 70)
CONCLUSION.....	(p 72)



INTRODUCTION

A decorative border with repeating floral motifs surrounds the page. The top border features larger, more detailed floral designs at the corners. A thick, dark red horizontal line is positioned below the title.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) Appartient à la famille des *Légumineuses* de l'ordre des *Fabales*. C'est une espèce sclérophylle, xérophile, thermophile, héliophile et calcicole, originaire des zones arides et semi-arides de la méditerranée et de la péninsule arabique. Sa longévité est considérable (jusqu'à 200 ans) ; il peut atteindre jusqu'à quinze mètres de hauteur (**Ait Chitt et al., 2007**). C'est un arbre joue un rôle intéressants sur le plan socio-économique et écologique et particulièrement dans les contrées sèches et dans les zones où les processus de désertification prennent des ampleurs de plus en plus alarmantes, notamment dans le bassin méditerranéen.

Les écosystèmes méditerranéens sont caractérisés par des précipitations rares ou irrégulières et par de longues périodes estivales sèches. Ces contraintes climatiques combinées à une pression anthropique, conduisent généralement à une dégradation du couvert végétal et à une érosion rapide des sols. Pour contrecarrer ce fléau, sauvegarder la fertilité des sols et améliorer le niveau de vie de la population rurale, l'utilisation des espèces arborescentes à usage multiple comme le caroubier, adaptées aux aléas climatiques et pouvant s'installer sur des terrains marginaux, dans les programmes de reboisement et de restauration des sols dégradés reste une bonne stratégie (**Rajeb.,1995**).

Le caroubier fait partie de ces espèces à grand potentiel mais très peu utilisé dans les efforts de reboisement entrepris dans notre pays. Il présente un intérêt de plus en plus grandissant en raison non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisée dans l'industrie agro-alimentaire (**Biner et al., 2007**). Par ailleurs, cet arbre est d'une importance économique

considérable ; ces gousses, plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière, sont utilisées en industrie agro-alimentaire et pharmacologique, notamment comme anti diarrhéique (**Hariri et al., 2009**).

Notre mémoire est constitué de deux parties; la première est une étude bibliographique comportant des généralités sur le caroubier, la deuxième est la plus intéressante est une étude pratique sur sa récolte et son industrialisation traditionnelle. Notre étude est faite principalement sur trois régions périmètres : région de Ghazawet ; région de Zenâta, et région de sabra.

GENERALITE SUR DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE

Origine

Le centre d'origine du caroubier demeure obscur puisqu'il existe plusieurs hypothèses émanant d'un désaccord entre différents auteurs. (**Vavilov.,1951**) situe l'origine du caroubier dans la région Est de la méditerranée (Turquie, Syrie et Palestine),(**Hillcoat et al.,1980**), tandis-que des études archéobotaniques menées à partir des restes carbonisés de bois et de fruits ont démontré que le caroubier était présent dans la méditerranée orientale au néolithique (4000 ans av. J.-C.), période initiale de la domestication des espèces ligneuses (**Estrada et al., 2006**). Cependant, le caractère thermophile de cette espèce et sa présence sur les hauts plateaux du Yémen a permis de penser que son origine peut être située dans la région Sud de l'Arabie (**Liphschitz., 1987**).

La découverte de la nouvelle espèce de caroubier *Ceratonia oreothauma* (**Hillc., Lewis et Verde**) considérée comme une espèce plus ancienne que *Ceratonia siliqua* et survivant dans les montagnes de l'Arabie (Oman) et de la Somalie (**Hillcoat et al., 1980**) semble appuyer la dernière hypothèse.

Distribution :

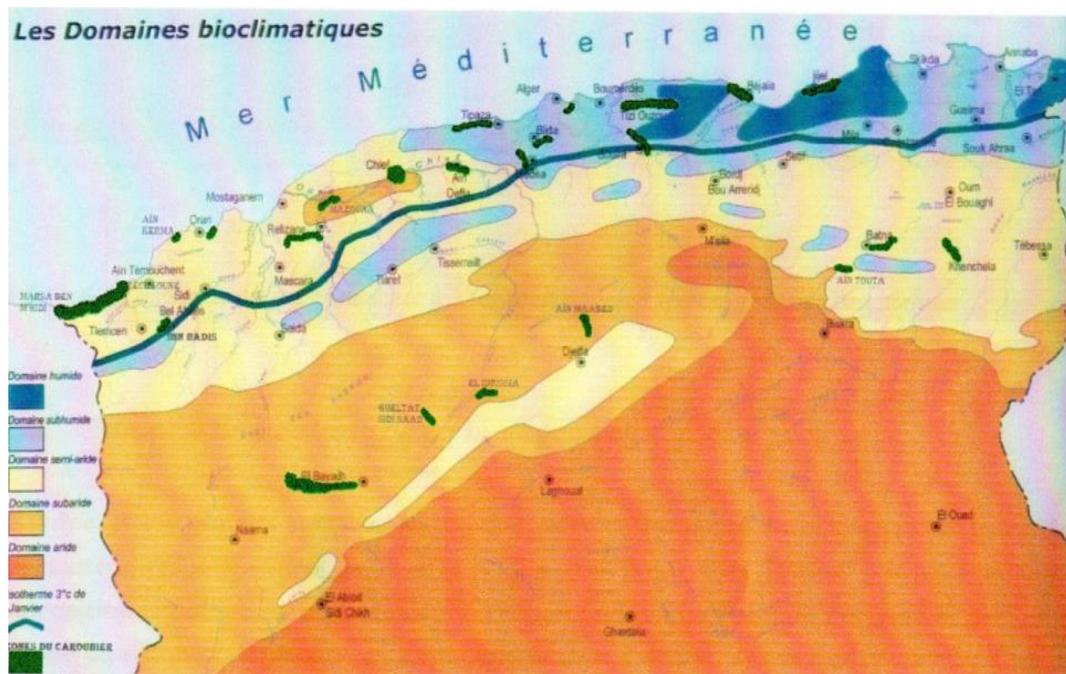
Dans le monde

le caroubier s'étend dans la nature, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Palestine le Sud de la Jordanie, Egypte, Arabie, Tunisie et Lybie avant d'atteindre la méditerranée occidentale (**Hillcoat et al., 1980., (konaté., 2007).**) . Il a été disséminé par les grecs en Grèce et en Italie, par les arabes le long de la cote Nord de l'Afrique et au Sud et à l'Est de l'Espagne, ce qui par la suite a permis sa distribution dans le Sud du Portugal et dans le Sud-est de la France. Il fut aussi introduit avec succès par les espagnols et les anglais dans autres pays à climat entre autres méditerranéen notamment, au États-Unis (Arizona, Sud de la Californie), au Mexique, en Australie et en Afrique du Sud (**Estrada et al., 2006**).

En général, la distribution des espèces arboricoles telles que *Ceratonia siliqua* est limitée par le stress lié au froid (**Mitrakos., 1981**) c'est le cas notamment de *Ceratonia oreothauma*(**Hillcoat et al., 1980**) (nouvelle espèce de caroubier *Ceratonia oreothauma* (**Hillc., Lewis and Verde.**) considérée comme une espèce plus ancienne que *Ceratonia siliqua* et survivant dans les montagnes de l'Arabie (Oman) et de la Somalie (**Hillcoat et al., 1980**) semble

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

Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (**carte 02**). Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grande-Kabylie et Petite-Kabylie, vallée de la Soummam (1074 ha) et de l'Oued-Isser, collines d'Oran et des Coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend jusqu'à Bou-Saâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la Zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha) (**Lavallée., 1962 ; Zitouni., 2010**).



Carte 02 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques

(**A.N.R.H., 2004**)

PRODUCTION MONDIALE

La production mondiale totale de la caroube est estimée à 136 539 tonnes **FAOSTAT (2019)**. la plus grande production, 41 909 tonnes, est celle du Portugal, contre une production de l'Algérie estimée à 4042 tonnes (**Figure 01**).

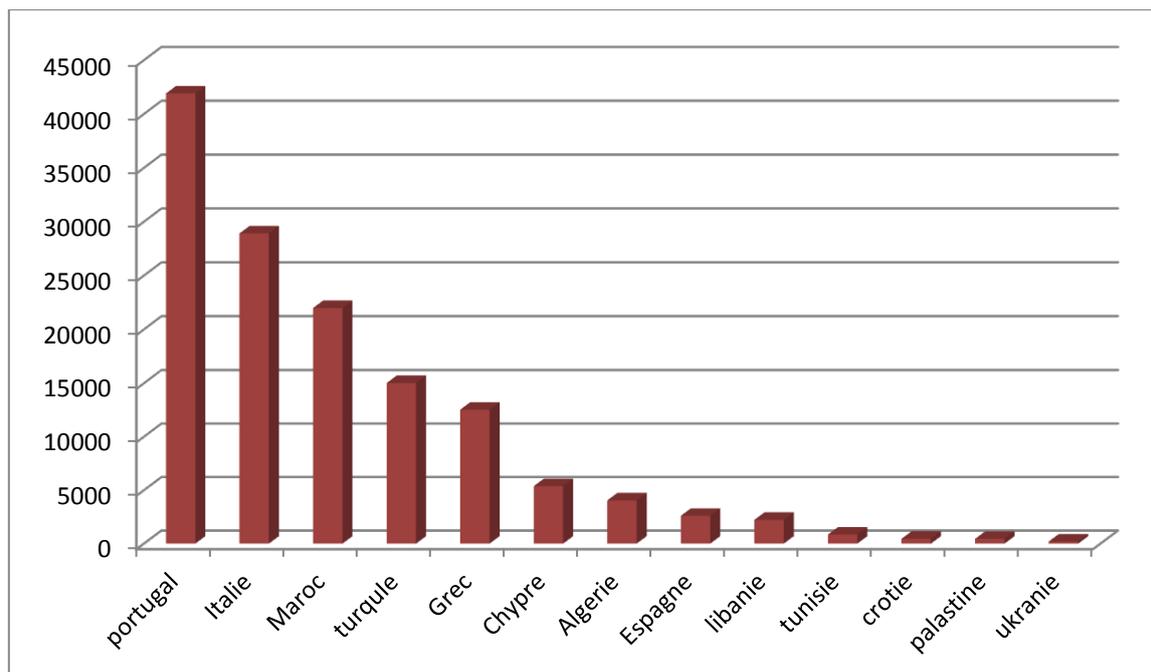
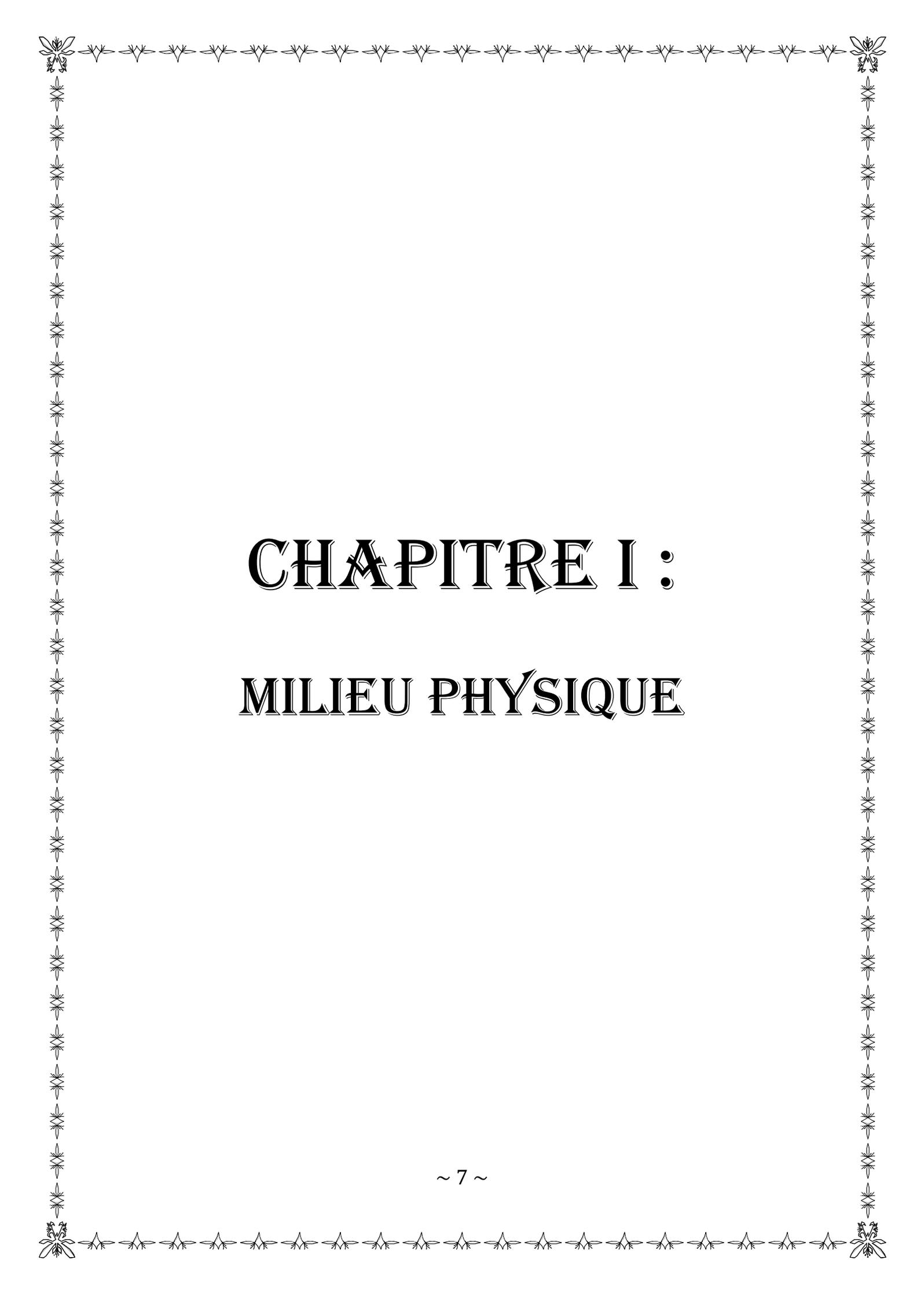


Figure 01 : Production mondiale de la caroube en 2017 (FAOSTAT 2019)

La production mondiale de caroube a connu une chute dramatique de 650 000 t en 1945 à 310 000 t en 1997 (**Orphanos et Papaconstantinou., 1969**). La grande perte a été enregistrée En Espagne où la production a chuté de 400.000t en 1930 et à 150 000 t en 1990 (**MAPA., 1994**).

A decorative border with repeating floral motifs surrounds the page. The motifs are small, stylized flowers or leaves arranged in a continuous line.

CHAPITRE I :

MILIEU PHYSIQUE

MILIEU PHYSIQUE

L'aire de répartition du caroubier s'étend dans les secteurs des plateaux et en moyennes montagnes jusqu'à 1700 m d'altitude, il tolère les sols pauvres, sableux, limoneux lourds, rocaillieux et calcaires, schisteux, gréseux et des pH de 6,2 jusqu'à 8,6 ; mais il craint les sols acides et très humides (**Baum., 1989; Sbay et Abrouch., 2006; Zouhair., 1996**).

Il s'adapte à plusieurs types de sols à l'exception des sols hydromorphes et salés et les croûtes schisteuses (**Nabli., 1989**).

La sécheresse cyclique a révélé que le caroubier résiste mieux au manque d'eau que le chêne vert, le thuya et l'oléastre qui lui sont associés. C'est une essence très plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 min/an). Il joue un rôle important dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion et dans la lutte contre la désertification (**Zouhair., 1996**).

Les principales adaptations peuvent se résumer comme suit:

Les stomates sont situés sur une seule face, le nombre de ces derniers est assez élevé et ils sont de petite taille,

Le système racinaire est développé,

Un dépôt de cire important,

L'évaluation des réservoirs hydriques du bois,

Les mouvements d'osmorégulation se sont avérés absents au niveau foliaire, et il est souhaitable de vérifier ce résultat au niveau racinaire,

L'assimilation et les échanges gazeux dépendent de l'état hydrique général (**Rejeb., 1995**).

De part, ses aptitudes d'adaptation aux stress du sol et du climat, le caroubier pourrait contribuer au développement des zones défavorisées (**Gharnit et al., 2006**).

SITUATION GEOGRAPHIQUE :

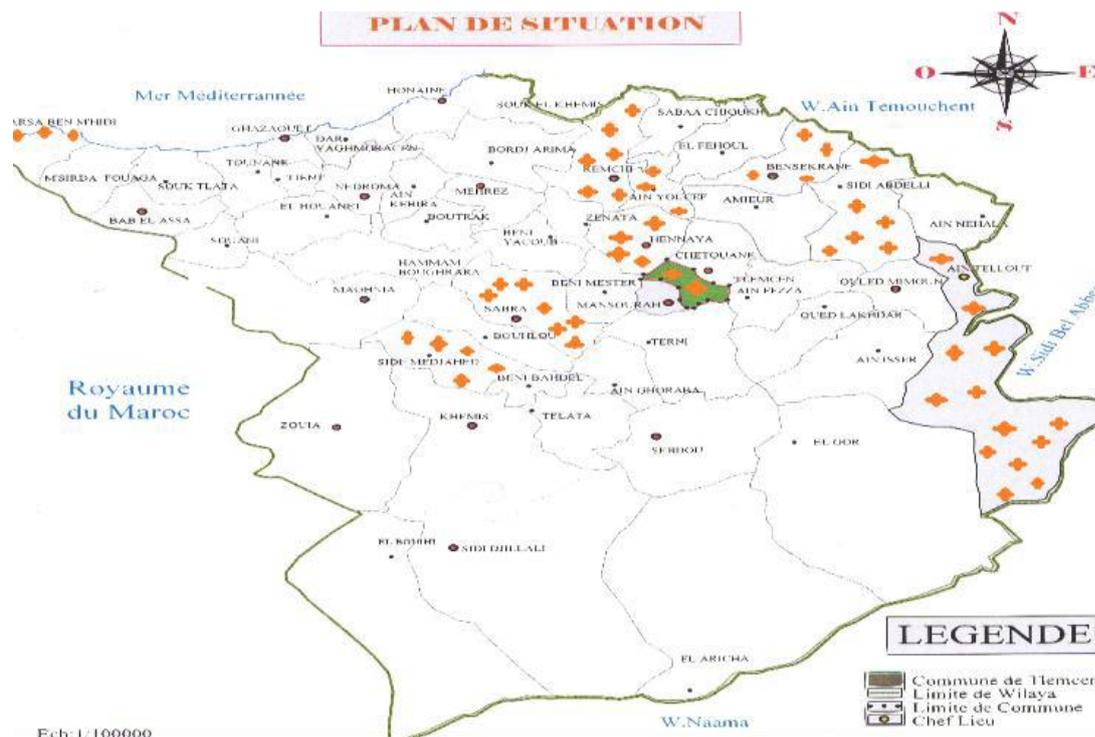
Le caroubier est un arbre essentiellement méditerranéen d'importance écologique, industrielle et ornementale indiscutable (**Hariri et al., 2009**).

Au Maroc, le caroubier est localisé dans les plaines et les moyennes montagnes du Rif, du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas et dans des bioclimats de type humide, subhumide, semi-aride et aride côtier à variantes chaude et tempérée. localisée dans les régions situées entre 600 et 1000 m d'altitude (**Ait Chitt et al., 2007**).

En Tunisie, le Caroubier croît dans les conditions naturelles à l'état sauvage, en association avec l'olivier et le lentisque. Il est bien défini dans les étages humide, subhumide, et semi-aride supérieur, à variante chaude à tempérée. (**Rejeb., 1995**).

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

À Tlemcen on trouve le caroubier dans les régions suivantes Sidi M'djahed, Sebra, Hennaya, Tlemcen, Aïn Tellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Youcef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M'hidi. (**Gaouar., 2011**).



Carte 03 : Distribution du caroubier à Tlemcen (BOUBLENZIA 2012).

Situation géographique de la wilaya de Tlemcen

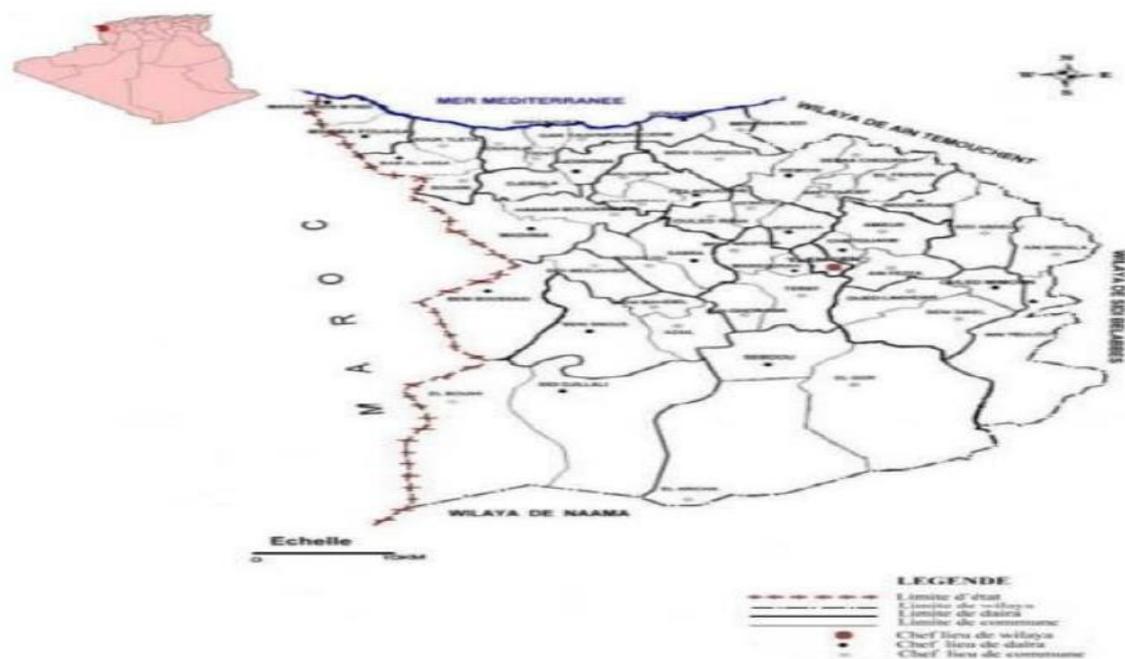
La Wilaya de Tlemcen, se situe au Nord-Ouest du pays à la frontière Algéro-Marocaine et occupant l'Oranie occidentale, elle est centrée sur le Chef-lieu d'autant que l'ancienne capital du Maghreb Central, occupe une position éminemment stratégique. En effet, elle s'étend sur une superficie de 9017,69 km², située à environ 800 m

Les coordonnées géographiques sont les suivantes :

- Longitude : 1°16'12'' et 1°22'58'' Ouest.
- Latitude : 34°47'52'' et 34°52'58'' Nord.

La wilaya de Tlemcen s'étale sur le versant septentrional des monts éponyme, l'un des chaînons de l'Atlas Tellien dans sa terminaison occidentale extrême (A.S.P.E.W.I.T2008) ; limitée géographiquement par :

- Au Nord par la Mer Méditerranée ;
- Au Nord-Est par la wilaya d'Ain Témouchent ;
- A l'Est par la Wilaya de Sidi Bel-Abbès ;
- A l'Ouest par le Royaume du Maroc ;
- Au Sud par la Wilaya de Naâma .



Carte 04 : situation géographique de la wilaya de Tlemcen

Hydrogéologie

Le domaine Tlemcenien est une région Karstique qui tient lieu de réservoir d'eau naturelle. L'exploitation des eaux est faite par l'utilisation des sources, des cours d'eau est superficiels (Ain Sabra, Ain Bendou, Ain Fouara ,....etc.). La recherche et le captage par Forages des eaux souterraines ont été notamment développés depuis 1984, Certains Aquifères ont la particularité d'être limités géologiquement par des terrains imperméables (bassins de bassin de Mefrouch ,Ghar Boumâzza, Bassins de Khémis,etc.)(A.S.P.E.W.I.T, 2008).

Relief et structure (géomorphologie)

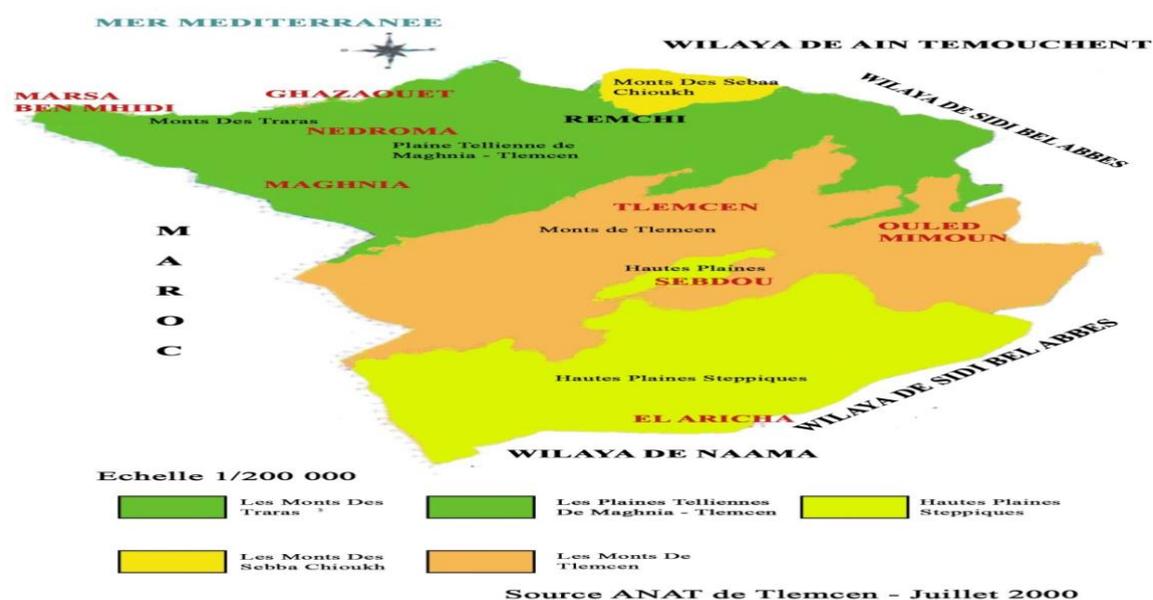
Tlemcen présente une grande variété de paysages, De part sa situation géographique et sa richesse floristique ; on peut la subdiviser en deux zones (Le bassin et Les monts de Tlemcen)

- **Le bassin de Tlemcen**

Il est formé par les gradins intérieurs du bourrelet Nord des chaînes atlasiques, s'abaissant de 800 m au pied des monts de Traras : ce plan incliné est recouvert d'un épais manteau de dépôts alluviaux marins d'âge miocène, puis lacustre au Nord d'âge plus récent pliocène. Il a été fortement disséqué en lanières par les petits affluents de la Tafna venant heurter la chaîne côtière, et le traversant par des gorges, particulièrement illustrés par la trouvée en amont de Hadjrat el Gat (au carrefour de la RN 22 Honaine) (A.S.P.E.W.I.T., 2008).

- **Les monts de Tlemcen et de Sebdo**

Représentent les gradins supérieurs du bourrelet atlasiques formés de plateaux Karstiques constitués de calcaires jurassiques plissés s'élevant rapidement en escalier, composé de pentes de plus de 20 %, le long de flexures et failles de 800 m (Tlemcen) à 1100 m (plateaux de Béni Ournid et des Béni-Snous) 1300 m (plateau de Sebdo) jusqu'à des sommets atteignant 1800 m sur leur bordure méridionale dominant les Hautes Plaines Steppiques (monts de Tenouchfi). (A.S.P.E.W.I.T., 2008).



Carte 05: Subdivision géographique de la wilaya de Tlemcen.

3 -Aperçu géologique

Tlemcen est géologiquement diversifiée avec une histoire reconnue depuis le début de

L'ère phanérozoïque, bien marquée par une tectonique hercynienne et alpine ou atlasique, la diversité des réservoirs d'eau.

La région de Tlemcen est sise principalement sur des couches géologiques d'ère Jurassique supérieur constitué de roches carbonatées.

Les travaux de F. Doumergue (1990) ont contribué largement à faire progresser

La géologie dans l'Oranais et surtout les Mont de Tlemcen qui sont en faites des causes à relief karstique. Un effort considérable a été réalisé par de nombreux géologues sur la situation des grandes unités géologiques (**Bendahmane, 2010**).

Guardia en 1975 à précisé dans ses travaux que la région de Tlemcen est sise principalement sur des couches géologiques d'ère Jurassique supérieur constitué de roches carbonatées (calcaires, dolomies) (**A.S.P.E.WI.T., 2008**).

Le jurassique supérieur est largement décrit dans les Monts de Tlemcen et dans les Traras et comporte à la base les argiles de Saïda recouvertes par les Grés de Boumediene qui se trouve sous les dolomies.

Benest (1985) a montré que ses dolomies présentent de vastes affleurement dans tout le secteur de Tlemcen, se développant entre les transversales de la Tafna–Magoura et Aïn Tellout.

Le calcaire de Zarifet correspond aux calcaires bleus à géodes et perdent rapidement leurs individualités vers le Sud (**Benest, 1985**).

D'un point de vue lithologique, on distingue, les dolomies, calcaires dolomitiques jurassiques, les marno–calcaires, les conglomérats d'âge Eocène et d'âge Indéterminé et le gypse (**Gardia, 1975**).

La tectonique évolue toujours par le déplacement continu de l'Afrique vers l'Europe et peut engendrer d'éventuels séismes. A cet effet, la surveillance sismique s'y est imposée depuis le tremblement d'Ain Témouchent (1999) car Tlemcen et sa région s'avère une région sensible au risque sismique, sans toutefois négliger les autres risques naturels tels que les glissements de terrain, les coulées boueuses et les désordres géotechniques (présence d'argiles gonflantes dans les sols) (A.S.P.E.W.I.T, 2008).

Aperçu pédologique :

La couverture édaphique de nos stations est le résultat de facteurs actuels (climats, végétation, action anthropozoïque, dynamique des versants...etc.). Qui se superposent à des héritages (géologie, oscillation climatique quaternaire) qui se superposent à des héritages (géologie, oscillation climatique quaternaire) qui ont conduit au développement de trois grands types de formations pédologiques : Les sols rubéfiés les encroutements calcaires et les sols salins (AIME ,1991). On distingue plusieurs types de sols (NEDJRAOUI, 2001).

- Les sols minéraux bruts

Ou sols très peu évolués sont localisés principalement sur les sommets des djebels. Ces sols caractéristiques des forêts et matorrals, comportent :

- Les lithosols sur les roches dures (grès ou calcaires) ;
- Les régosols sur les roches tendres (marnes et calcaires marneux) ;
- Les sols minéraux bruts d'apport alluvial dans les lits des oueds caillouteu

- Les sols peu évolués regroupent

Les sols d'origine colluviale sur les piedmonts des djebels et les glacis ;

Les sols d'origine alluviale dans les lits d'oued, les zones d'épandages et les dayas.

- Les sols calcimagnésiques

Regroupent les sols carbonatés parmi lesquels on trouve :

Les rendzines humifères sur les versants des djebels ;

Les sols bruns calcaires à accumulation calcaire xérifiée ;

Les sols à encroûtement gypseux qui sont plus rares, représentés par des petites plages dans les zones de grès alternant avec les marnes et argiles versicolores.

Les sols carbonatés sont les plus répandus en Algérie, notamment dans les écosystèmes steppiques et présahariens où ils représentent de vastes étendues encroûtées (**HALITIM, 1988**).

Les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire, la faible teneur en matière organique et une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation (**NEDJRAOUI et BÉDRANI, 2008**).

- **Les sols isohumiques**

Regroupent les sols à encroûtement calcaire ou gypseux. On les retrouve dans les régions arides à des précipitations inférieures à 200 mm/an. Les sols halomorphes regroupent les sols salins (solontchak) profils AC et les sols salins à alcalis (solontchak-solonetz) profil A (B) C.

Ces sols sont généralement profonds et localisés dans les chotts et les sebkhas.

Ils sont pauvres en matière organique. Leur salinité est chlorurée, sulfatée, sodique et magnésienne.

A ces sols, s'ajoutent les sols rouges essentiellement de type terra rossa, sols typiques des régions à climat méditerranéen, composés d'argiles enrichies en oxyde de fer, ce qui leur donne une couleur rougeâtre typique.

En Algérie, les terra rossa sont relativement abondantes ; elles se rencontrent sur toutes les roches calcaires ou dolomitiques à peu près exemptes d'impuretés siliceuses. Elles constituent une grande masse au Sud de Tlemcen, et se retrouvent au Sud-est de Tiaret (**DURAND, 1959**).

Présentation du milieu forestier de zone d'étude :

Les terres forestières occupent une place importante dans la Wilaya de Tlemcen, elles couvrent une superficie de 217.000 ha, y compris les reboisements, soit 24% de la superficie

totale de la Wilaya, plus de 79 % du potentiel sylvicole est concentré au niveau des monts de Tlemcen. Les principales essences et leurs superficies, sont les suivantes :

- Chêne vert : 90.000 hectares, soit 43 % ;
- Pin d'Alep : 86.000 hectares, soit 41.1 % ;
- Thuya de berberie : 16.700 hectares, soit 7.98 % ;
- Genévrier oxycèdre : 13.000 hectares, soit 6.21 % ;
- Chêne liège : 2 000 hectares, soit 0.95 %. 157.200 hectares, soit 79 % de la superficie forestière est situé dans la zone montagneuse des Monts de Tlemcen, avec 43,3% sur le versant-Nord et 35,7% sur le versant-Sud. 19.430hectares, soit 9.7% dans les Monts des TRARAS.

Le reste est réparti dans les zones de Plaines et piémonts.

Les principaux massifs forestiers en versant-Nord et versant-Sud des monts de Tlemcen peuvent être dénommé aussi :

Monts de Tlemcen, versant-Nord : Khemis, Hafir, Béni Boussaid, Ouled Mimoun, Zerdab, Azails (Nord).

Monts de Tlemcen, versant-Sud : Azails (Sud), Merbeuh, Ouled Nehar-Gheraba, Djebel Ourgla, Djebel Assas

Régions géographique de périmètre d'étude :

Notre zone d'étude s'étale sur trois périmètres :

- Première région de Ghazaouet.
- Deuxième région de Zenâta.
- Troisième région de Sabra.

Région de Ghazaouet

Cette région se trouve Sur la partie occidentale de Nord-Ouest algérien, plus précisément dans la wilaya de Tlemcen à 80km au Nord du chef-lieu de la wilaya de Tlemcen, à 60km de

L'aéroport international «Messali El-Hadj » Tlemcen, à 170km de la métropole régionale d'Oran et à 50km de la frontière marocaine. (**Carte 05**)

Couvrant une superficie de 228km², la commune de Ghazaouet est limitée :

Au Nord, par la Mer Méditerranée

Au Sud, par la commune de Tient,

Au Sud-Est, par la commune de Nedroma,

Au l'Ouest, par la commune de Souahlia,

Au l'Est, par la commune de dar yaghmoracen (**P.D.A.U ,1996**)

Les coordonnées géographiques de la ville sont comme suit :

L'altitude : 35°06'00''N

Longitude : 01°52'21''W. (**A.N.A.T ,1995**).



Carte 06 : Carte géographique de station de Ghazaouet

Région de Zenâta

La zone d'étude se trouve dans la limite de Zenâta vers le Sud et la limite de Hennaya vers le Nord. Il se caractérise par le passage de la route nationale (RN 38) du Sud vers le Nord
(Carte 06) :

Climat

Zenâta est marquée par un climat humide et froid en hiver, chaud et sec en Été. Le taux de pluviosité est estimé à 500 mètres cubes. Quant à sa répartition sur les mois de l'année ces quantités de pluies marquent le mois d'automne jusqu'au début du printemps.



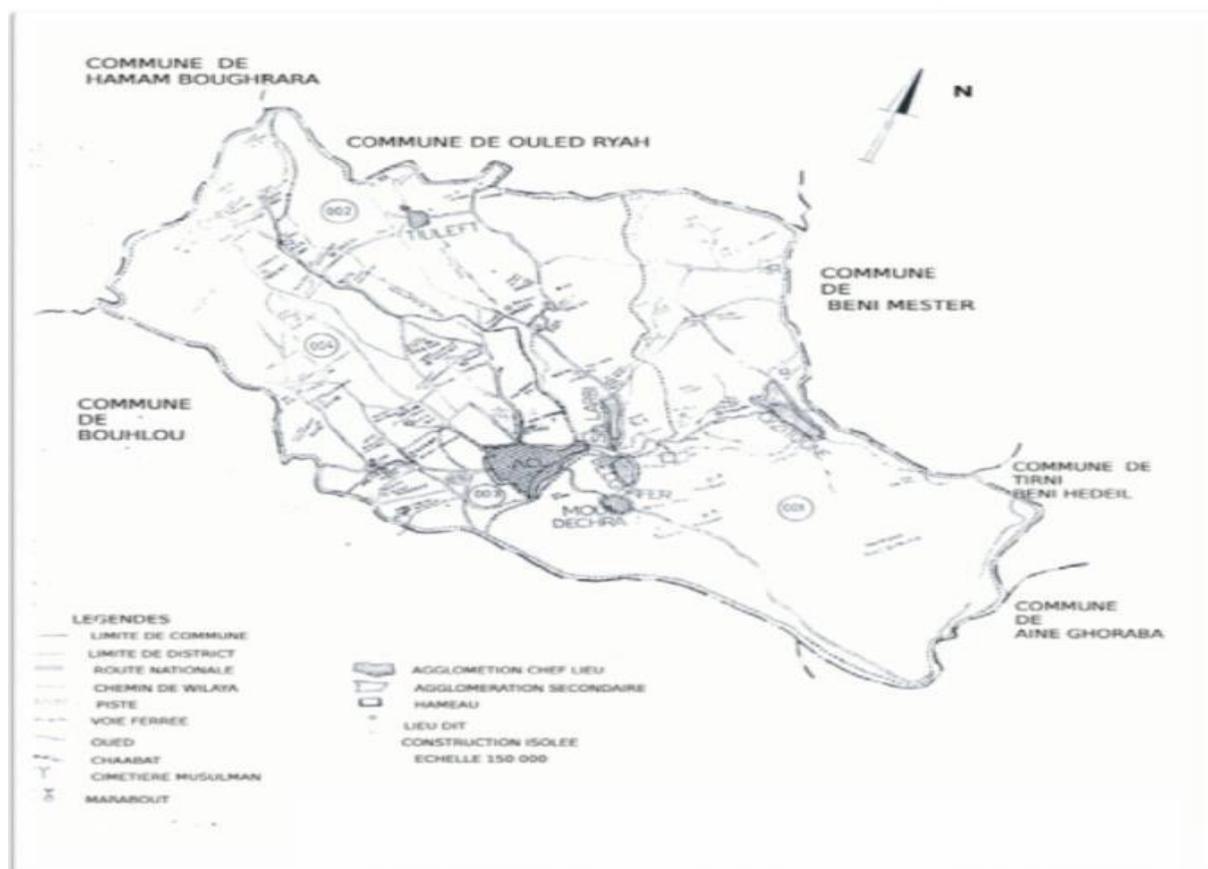
Carte 07 : Carte géographique de la station de Zénata.

Région de Sabra

Sabra est située à l'extrême Ouest d'Algérie à proximité des frontières algéro-marocaines à l'Ouest de la wilaya de Tlemcen le long de la route reliant Tlemcen 29 km à l'Est, et la ville de Maghnia 24 km à l'Ouest. Au Nord, s'y trouve la commune d'Oueled Riyah et celle de

Hammam Boughrara. Au Sud on Retrouve la commune Ain Gheraba et celle de Terni et à l'Ouest il y a la commune De Bouhlou alors qu'à l'Est se situe la commune de Beni Mestar.

La superficie de Sabra est estimée à 33056 hectares. Ainsi, cette localité provinciale est l'une des plus importantes de la wilaya de Tlemcen.



Carte 08: situation géographique de la daïra de Sabra (saouli 2019)

SYSTEMATIQUE DE L'ESPECE

Le mot caroubier (*Ceratonia siliqua*) venant de l'arabe el kharroube, tikida en berbère, caroubier en français et carobtree en anglais, algarrobo en espagnol et alfarrobeira en portugais. Son nom latin *Ceratonia* vient du grec *keratia* signifiant « petite corne » (en référence à ses caroubes, gousses en forme de cornes à maturité) (**Haddarah et al., 2013**). Le nom d'espèce, *siliqua*, désigne également en latin une siliqua, ou go. Le caroubier est un arbre dioïque parfois hermaphrodite rarement monoïque, mesurant de cinq à sept mètre de hauteur et peut atteindre exceptionnellement quinze mètre (**Quezel et Santa, 1962**). Il est souvent utilisée pour la lutte contre la déforestation et la désertification, limitant l'érosion de sols (**Correia et al., 2005**). C'est une espèce agro-sylvo-pastorale ayant d'énormes intérêts socioéconomiques et écologiques (**Batlle et Tous, 1997; Gharnit et al. 2001**).

Le Caroubier est un arbre dioïque à feuilles persistantes et de croissance lente (**Biner et al., 2007**). Il est originaire des pays arabes (Yémen, Oumane, Syrie...), c'est une essence thermophile cultivé en climat méditerranéen (**Petit et al., 1995**). Il tolère les sols pauvres, sablonneux, limoneux, lourds, Le Caroubier exige des sols à des pH variant de 6,2 jusqu'à 8,6 mais il craint les sols acides et très humides (**Baum, 1989 ; Zouhair, 1996, Sbay et Abrouch, 2006**). rocailleux et calcaires mais craint les sols humides et acides (**Biner et al., 2007 ; Dakia et al., 2008**).

De plus, des études cytologiques ont révélé que le genre *Ceratonia* avec un nombre total de chromosome $2n = 24$ (**Goldblatt, 1981 ; Arista et Talavera, 1990 ; Bureš et al., 2004**) est éloigné des autres membres des Cassieae dont le nombre de chromosome est de $2n = 28$ (**Goldblatt, 1981**).

Classification systématique

L'espèce *Ceratonia siliqua* L. est classée dans la famille des Fabacées selon (Quezel et Santa., 1962)

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheobionta
Sous-embranchement	Tracheobionta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidaes
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous-famille	Césalpinoidae
Genre	Ceratonia
Espèce	<i>Ceratonia siliqua</i> L.

Tableau 01 : classification de caroubier.

Description botanique

- Arbre

Le caroubier est un arbre ou arbuste sclérophylle, sempervirent, qui peut atteindre dans des conditions propices une hauteur de 7 à 10 m même 15 à 20 m en Orient (**Bolonos, 1955**), et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. C'est un arbre xérophytique, pérenne et sa longévité est considérable jusqu'à 200 ans (*Ministère de l'agriculture et de la Pêche Maritime, 2007*). Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune et rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur (*Ait Chitt et ai, 2007*).



Figure 02: Photo originale (**Bouzbiba.w2021**)

- Racines

Le caroubier a des racines fortes qui pénètrent dans le sol pour atteindre une profondeur de 18 m ou même plus. Il peut émettre des rejets de souche avec vigueur et se caractérise par des branches solides et robustes (*Ait Chitt et ai, 2007*).

- **Tronc**

Le caroubier a une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m (Ait Chitt et ai, 2007).



Figure 03 : Tronc du caroubier (photo prise à wlade Bouzbibe -fellaoucen)

- **Feuille**

- Le caroubier est un arbre sclérophylle à feuilles persistantes, résistant à la sécheresse, mais peu tolérant au froid (Biner et al, 2007). Les feuilles sont ovales, d'un vert sombre et luisant sur le dessus et tirant sur le rougeâtre en dessous et elles ont un pétiole de 10 à 20 cm de longueur. Elles sont alternées pennées et ayant 2 à 5 paires de folioles coriaces (Figure 3), ovales et entières, légèrement échancrées au sommet et paripennées (Diamantoglou et Mitrakos, 1981; Rejeb, 1995). En outre, le caroubier ne perd pas ces feuilles en automne mais il les renouvelle partiellement au printemps tous les deux ans. Les vieilles feuilles mesurant 12 à 30 cm tombent en juillet (Diamantogulou et Mitrakos, 1981). Par ailleurs, le feuillage apporte une ombre appréciée dans les pays chauds et forment un rideau très efficace contre le bruit.



Figure 04: Feuille du caroubier (photo originale).

- **Fleurs**

Les fleurs sont petites et nombreuses, de 6 à 12 mm de long. Elles sont disposées en spirale le long de l'axe de l'inflorescence en grappes supportés sur des éperons de vieux bois et même sur le tronc. Ils sont pentamères et symétriques avec calice sans corolle placé sur un court pédoncule. Le calice est en forme de disque, vert rougeâtre et porte les nectars (**Tucker, 1992 ; Custodio et al. 2004**). L'inflorescence femelle en un pistil cylindrique de 6 à 12 mm de longueur lequel sont disposée en spirale. L'inflorescence males consistent un disque nectarifère volumineux entouré de 5 étamines (**Hasnel W ,2008**).



Figure 05: inflorescence de caroubier (photos originale)

- **Fruit**

Le fruit du caroubier se développe très lentement nécessitant 9 à 10 mois pour atteindre la maturité. (Battle et Tous, 1997 ; Konaté, 2007). Leur croissance passe par trois stades de développement qui sont:

Le premier stade: correspond à une croissance lente en automne et en hiver durant lequel la gousse montre une légère augmentation du poids,

Le deuxième stade: correspond à une croissance rapide entre avril et août caractérisé par une période d'activité de la gousse en début printemps,

Le troisième stade: la gousse s'accroît lentement, mûrit et se durcit en juin, change de la couleur verte en brun. Ainsi, la gousse devient mûre après dix mois (Ait Chitt et ai, 2007).

Le fruit du caroubier, appelé caroube, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, atteignant de 10 à 20 cm de longueur, de 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2,5 cm d'épaisseur. D'abord, Il est vert puis brun, et, au moment de la maturité, brun foncé à noir.

Il est sinueux sur les bords, aplati, droit ou arqué et présente un tissu pulpeux, sucré et rafraîchissant. La gousse est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme 12 à 16 graines brunes dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm (Battle et Tous, 1997; Konaté, 2007).



Figure 06: Le fruit du caroubier avant Maturité (photo originale)



Figure 07: le fruit après la maturité (des gosses)

- **La graine de caroube**

La gousse renferme de nombreuses petites graines brunes, biconvexes et extrêmement dures, séparées les unes des autres par des cloisons pulpeuses (Dakia et al., 2003). Chaque Gousse peut contenir environ douze graines uniformes et semblables aux graines de pastèque (Dakia, 2011). Ces graines (figure 08) ont une longueur comprise entre 5.5 et 6.0 mm et une largeur comprise entre 3.4 et 4.0 mm (Dakia, 2008).

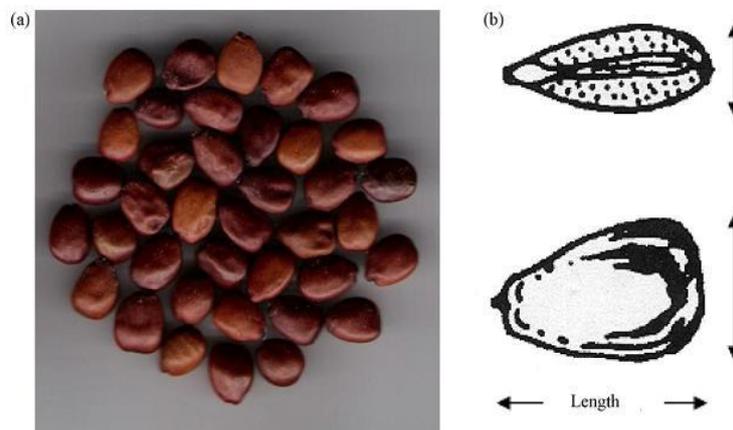


Figure 08 : Les graines du caroubier (a) et (b) schéma général caractéristiques Dimensionnelles (Karababa et Cokuner, 2013).

SYSTEME CLIMATIQUE

Le climat de la région de Tlemcen est du type méditerranéen et il est caractérisé par une sécheresse estivale marquée et une période hivernale pluvieuse caractéristique .ceci a été confirmé par plusieurs auteurs et. Notamment : **EMBERGER(1930), CORNAD(1943), SAUVAGE(1961).**

Selon (**Batlle et Tous, 1997**), Les zones propices à la culture du caroubier doivent être caractérisées par un climat méditerranéen subtropical, avec des hivers doux, des printemps suaves à chauds et des étés chauds à très chauds et secs.

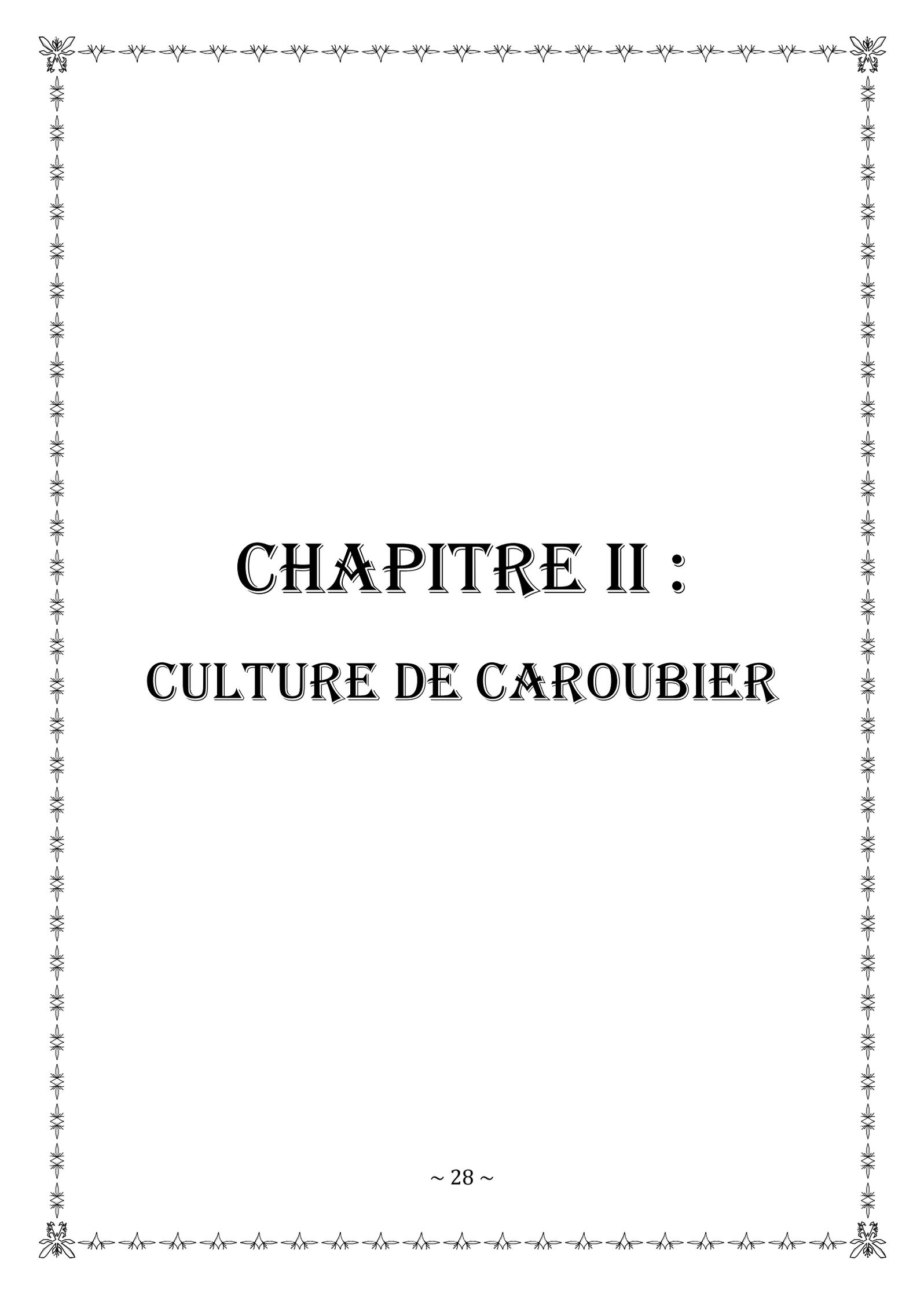
Les arbres adultes ne nécessitent pas de froid hivernal, car ils peuvent être endommagés lorsque les températures chutent en deçà de -2°C ou -4°C selon les variétés. Le caroubier ne peut supporter des températures hivernales inférieures à -7°C (**Batlle et Tous, 1997**) ; il est considéré comme une des espèces méditerranéennes les plus vulnérables aux dommages causés par les basses températures (**Albanell, 1990**).

Le caroubier est une espèce très sensible aux gelées, capables de détruire des plantations toutes entières comme en témoignent les importantes gelées de février 1956 et celles de janvier 1985, qui ont entraîné la mort de plusieurs arbres dans de nombreuses régions d'Espagne. Cependant, les arbres peuvent supporter en été des vents chauds et secs et des températures élevées allant de 40 à 45°C , voire jusqu'à 50°C , mais dans des conditions d'humidité suffisante (**Albanell, 1990**).

De 5000 à 6000 heures au-dessus de 9°C sont requises pour la maturité des fruits. Le caroubier est sensible aux vents forts, aux pluies d'automne qui coïncident avec la période de floraison et aux humidités élevées au printemps (**Batlle et Tous, 1997**).

- Eau

Le caroubier est un arbre xérophile, pouvant survivre sous des climats secs et sans irrigations ; il peut très bien s'adapter à des milieux présentant des pluviométries moyennes comprises entre 250 et 500 mm par an (**Batlle et Tous, 1997**). Bien qu'ils soient résistants à la sécheresse, les arbres ont besoin d'un minimum de précipitations moyennant les 550 mm afin de garantir une production rentable (**NAS, 1979**). Toutefois, de nombreux auteurs considèrent que des précipitations annuelles allant de 300 à 350 mm sont suffisantes pour une production acceptable (**Albanell, 1990 ; Batlle et Tous, 1997**).



CHAPITRE II :

CULTURE DE CAROUBIER

MULTIPLICATION DU CAROUBIER:

La multiplication du caroubier peut se faire avec 4 méthodes qui sont:

- **multiplication par semis**

Selon (Ait Chitt et ai, 2007), C'est une méthode classique La germination par semi est facilement réalisable, mais elle est entravée par l'impossibilité de connaître le sexe de la plante avant la maturation et la production tardive qui peut prendre 8 ans de plus (Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003).



Figure 09: multiplication par semis (photos originale)

- **Multiplication par bouturage**

C'est une technique végétative possible mais limitée en pratique. (Ait Chitt et ai, 2007).Elle demande des soins très minutieux et une température édaphique élevée (Rejeb, 1995).

Multiplication par culture in vitro ou la micro propagation:

C'est une technique prometteuse (Ait Chitt et ai, 2007).Elle permet d'obtenir une plante conforme à la plante d'origine et réaliser à partir de plantules et de plantes adultes (Sebastian et Mc Comb ,1986; Battel et Tous, 1997) .Les plantations ont été réalisée surtout en Algérie et en Tunisie (Ramon-Laca et Mabblerley, 2004 ;Belaizi M., Bolen M.R. & Boxus P. 1994).



Figure 10: multiplication par culture in vitro.

- Multiplication par greffage

Cette technique est très efficace et maîtrisée (Ait Chitt et al, 2007).



Figure11: multiplication par greffage (photo originale)

REALISATION DE VERGER DE CAROUBIER

Le caroubier est un arbre méditerranéen exigeant en lumière et pour autant, il ne supporte pas les fortes densités. Les densités utilisées vont de 10×10 (100 arbres/ha) à 6×4 (240 arbres/ha),

Au Maroc, Ait Chitt et al. (2007) conseiller d'une densité de plantation de 8×8 (156 arbres/ha), tandis qu'en Espagne, une densité de 9×9 (123 arbres/ha) est considérée comme une plantation économiquement acceptable (Melgarejo et Salazar, 2003).

La qualité et surtout le rendement des variétés hermaphrodites ne sont pas toujours les plus adéquates, c'est d'ailleurs pour cette raison que l'on continue à planter des variétés

d'inflorescences femelles. Cependant, ce sont en général les variétés hermaphrodites que l'on utilise comme pollinisateurs, car elles assurent une plus grande efficacité dans la nouaison par rapport à quelques pollinisateurs mâles traditionnels. (Melgarejo et Salazar, 2003).

En Espagne (Melgarejo et Salazar, 2003), sont en fonction de la disponibilité en eau, de la richesse du sol et l'architecture de l'arbre qui est très distingué selon les clones.

Selon Melgarejo et Salazar, 2003; Ait Chitt et al., 2007), il est suffisant d'installer un arbre mâle ou hermaphrodite au centre, entouré de 8 pieds femelles (ce qui représente un total de 11% de pieds pollinisateurs au sein de la plantation .

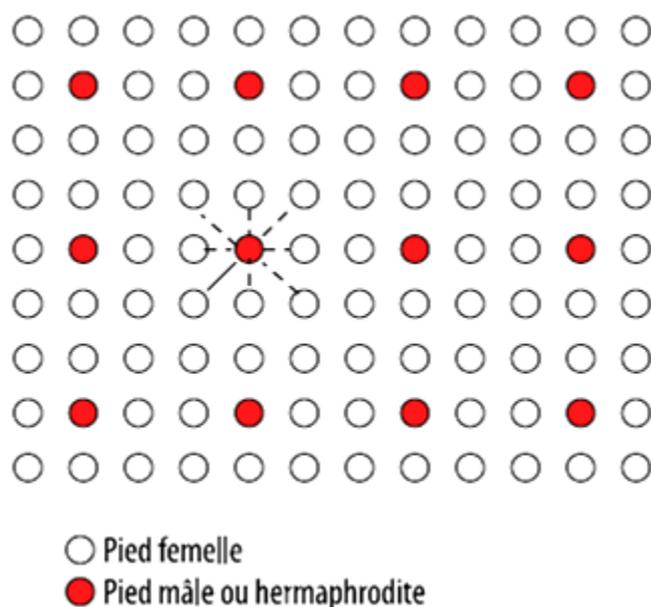


Figure 12 : Dispositif de plantation du caroubier avec 11% de pieds pollinisateurs
(Mahdad M-Y,2013)

Il existe une autre méthode de pollinisation qui consiste à greffer des rameaux de fleurs mâles (pratiquée anciennement) ou hermaphrodites (la plus habituelle) sur les 25 ou 50 % des arbres femelles du verger (Melgarejo et Salazar, 2003).

Les vergers de caroubier sont connus pour leur entrée tardive en production. Les plantations installées dans les zones marginales commencent à porter des fruits après 6 à 8 ans, alors que dans de meilleures conditions, la culture commence à donner des fruits dès la 3 ou 4^{ème} année (Batlle et Tous, 1997).

Un arbre adulte bien développé pourrait produire environ 100 à 200 kg/an. Certains grands arbres isolés peuvent produire 250 à 300 kg lors d'années exceptionnelles (**Batlle et Tous, 1997**).

MALADIES DU CAROUBIER

Bien que le caroubier soit une espèce résistante aux maladies, il peut cependant dans certaines conditions faire l'objet d'attaques par le sphaerella du caroubier (*Sphaerella cuprea*) qui macule de noir, parfois abondamment, les folioles. **Alorda M. and Medrano H. 1996**
De même, le tronc peut être attaqué par la petite cochenille blanche (*Aspidiotus hederae* *vallot*). Cette dernière constitue généralement pour le caroubier une menace plus apparente que réelle car souvent, une coccinelle (*Chilocorus bipustulatus* *L*), se charge de réduire l'invasion avant qu'elle n'ait atteint de trop grandes proportions (**Delassus & Lepigre 1932**).



Figure 13 : Rameau de caroubier contaminé par *Aspidiotus hederae* ; on aperçoit sur le bas des chrysalides groupées de *Chilocorus bipustulatus* (**Delassus & Lepigre 1932**)

En Espagne l'insecte polyphage le plus redoutable est *Zeuzera pyrina* *L* (**figure 14**), en effet, sa larve attaque le bois du tronc et des branches et cause ainsi des dégâts importants. Un coléoptère, *Cerambyx velutinus*, peut également creuser des trous dans le tronc (**Batlle et Tous, 1997**).



Figure 14 : Larve de *Zeuzera pyrina* L

Les gousses peuvent être infestées par un petit polyphage : la pyrale du caroubier (*Myelois ceratoniae* Z.). Elle pond des oeufs sur les fleurs ou les gousses récemment formées, les larves pénètrent par la suite, dans les gousses et les ruinent (**Batlle et Tous, 1997**). Stockées dans des conditions humides elles peuvent être également attaquées par la mite du caroubier (*Ectomyelois ceratoniae*), et par les larves d'un moucheron, *Asphondylia gennadii*.

La déformation de jeunes gousses peut être provoquée par le champignon *Oidium ceratoniae* C. Ce dernier peut également causer des dégâts sur les feuilles (rouille surtout en atmosphère humide) (**Delassus & Lepigre 1932**).

D'autres parasites qui endommagent considérablement de temps en temps des Vergers de caroube sont de petits rongeurs comme des Gophers (*Pitymys* spp.) et les Gopher de rats (*Rattus* spp) peuvent sévèrement endommager le système de racine de jeunes arbres. Ils sont les parasites importants, ils grimpent dans les arbres, se cachent parmi les branches, ronger l'écorce des branches jusqu'à la mort (**Batlle et Tous, 1997**).



Figure 15 : le rongeur et leurs dégâts.

RENDEMENTS

Le rendement du Caroubier est périodique et généralement il porte des fruits tous les deux ans. Cependant dans les plantations bien conduites de Chypre, de la Sicile, de la Sardaigne et des Etats-Unis, avec des soins culturaux appropriés, on a réussi à obtenir un rendement régulier chaque année (**Evreinoff V. A 1947**).

Le rendement varie énormément avec l'âge de l'arbre. Les jeunes arbres de 5-6 ans donnent à peine 4-5 kg. C'est vers sa 20e année qu'il commence à produire beaucoup et donne jusqu'à 40 kg. Par pied. Un arbre en pleine production donne 300 kg. Les Caroubiers de l'île de Chypre en pleine production vers 70 ans donnent 4-5 q. de fruits par pied.(**Evreinoff V. A 1947**).

En Californie le rendement des arbres d'une trentaine d'années varie de 75 à 200 kg., mais ce rendement est régulier .

Le Caroubier a une vie très longue, des arbres de 200 ans en pleine production sont un fait courant.

D'après **Tamaro (Trattato Frutticoltura)** le rendement du Caroubier est maximum quand L'arbre a atteint 100 ans. Vers sa 80e année il atteint sa pleine production.

Selon le même Auteur cette production du Caroubier se présente comme suit :

Production				
Faible en régression	Moyenne en régression	Stable	maximum en régression	Forte en régression
1-19 Années	20-39 Années	40-70 Années	71-100 années	101-150 années

Tableau 02 : la production de caroubier d'après **Tamaro(tarttato frutticoltura)**.

Dans les plantations italiennes la récolte est très variable et varie de quelques kg. à 1 500 kg. Par pied (**Evreinoff V. A 1947**).

LA RECOLTE DE CAROUBIER :

Les gousses vertes sont formées en septembre octobre .mais il faut attendre leur maturité en juillet –aout de l'année suivante pour les récolter (**Battle I. and Tous J. 1997**).

La récolte se fait d'une manière manuelle avec une quantité moyenne de 300 à 800 kg par arbre. Les gousses exigent davantage de séchage et sont stockées sous abri dans des endroits secs et aérés pour ramener l'humidité à environ 8% (**Makris et Kefalas 2004**).

Pour séparer les deux composants principaux pulpe et graines, les caroubes sont écrasées mécaniquement, puis sont débarrassées des graines. Ce premier broyage grossier peut être suivi de la torréfaction et du meulage fin des morceaux de pulpe pour obtenir une poudre qui est commercialisée sous le nom de farine ou poudre de caroube (**Battle I. and Tous J. 1997**).

IMPORTANCE ECONOMIQUE DE CAROUBIER

Le caroubier est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants puisque toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines) sont utiles et ont des Valeurs dans plusieurs domaines (**Aafi, 1996**). Ainsi, il pourrait constituer des plantations de choix dans les programmes réguliers de reboisement pour assurer un développement durable des zones rurales et à l'économie de montagne (**Rejeb, 1995;Battle et Tous, 1997**). En fait, la culture du Caroubier et l'industrialisation de ses produits ont connu un développement remarquable en raison des multiples utilisations de ses graines en industrie agro-alimentaire (Amélioration de la texture des aliments), diététiques, pharmaceutique, cosmétique et en d'autres applications (**Correia & Martins-Loucao, 1995, 2005**). La gomme de caroube obtenue à partir des graines de gousses est d'une grande importance dans l'industrie

alimentaire (**Gonçalves et al, 2005**). Selon des études récentes, la caroube est une source de bon marché d'hydrates de carbone actuellement explorées comme matériaux pour la production de bioéthanol, avec plusieurs avantages par rapport à d'autres cultures agricoles riches en sucre (**Vourdoubas et al., 2002 ; Sanchez et al., 2010 ; Turhan et al., 2010**). Par ailleurs, ses gousses utilisées en industrie alimentaire et pharmacologique sont plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière (**Limtong et al., 2007 ; Haankuku et al., 2015, NAS, 1979; Batlle, 1997; Markis et Kefalas, 2004**). Le bois du caroube est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon. L'écorce et les racines sont employées dans le tannage (**Curtis A., Race D. & Booth B.1998**).

UTILISATION DU CAROUBIER

Le caroube est cultivé depuis longtemps pour divers usages. Ses fruits sont comestibles et sucrés. On tire de la caroube deux principaux produits. La farine, obtenue en séchant (**Barracosa P., Osório J. & Cravador A. 2007**), torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire comme antioxydant grâce à sa composition riche en polyphénols et pour la production industrielle de bioéthanol et d'acide citrique (**Makris et Kefalas 2004**).

- L'arbre

Le caroube est utilisé comme plante ornementale dans les jardins et pour la reforestation des Zones abimées par l'érosion ou la désertification, vu sa faible exigence en culture et sa tolérance vis à-vis des sols pauvres (**Batlle et Tous, 1997**). Actuellement, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants du bassin méditerranéen puisque toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines) sont utilisables. Si le bois peut être utilisé directement comme combustible, il est également très utilisé pour la fabrication de charbon de bois.

- Le fruit

La caroube, très riche en éléments nutritifs, a longtemps été utilisée comme un aliment pour le Bétail et la consommation humaine. La gousse est constituée par une pulpe enveloppant les graines.

La farine de caroube, qui peut être produite soit à partir de la gousse, soit à partir des graines seules, utilisée dans le secteur de l'agro-alimentaire pour la préparation de biscuits, de jus (Lizardo et al., 2002).

et aussi substituant du cacao car elle est plus calorique et ne contient ni caféine, ni théobromine (Von Haselberg C. 1996).

Pour ces applications, c'est toutefois la farine de graine de caroube qui est la plus employée. Vu son importance dans la croissance et la santé en post-sevrage, la farine de caroube a également été incorporée dans l'alimentation des porcelets (Lizardo et al., 2002).



Figure 16 : la farine et la gomme de caroube.

a- La pulpe

La pulpe, très riche en sucre est souvent utilisée pour préparer des jus sucrés concentrés ou des sirops, par exemple le pekmez en Turquie, et la mélasse de caroube ou Dibs el Kharroub au Liban sur laquelle nous reviendrons par la suite. Étant riche en antioxydants (composés phénoliques), en sucres, protéines, fibres, potassium et calcium (Avalon et al., (1997)



Figure 17: Farine de pulpe.

CULTURE DU CAROUBIER

Voici dans le tableaux suivant les compositions de 100 g de farine (Bengoechea C. Romero A. Villanueva A. Moreno G., Alaiz M., Millan F., Guerrero A. & Puppo M.C. 2008).

100 grammes de fraine		Vitamines		Eléments minéraux	
Matières grasses	31 g	Vitamine A	2 IU	Calcium	303 mg
Carbohydrates	56 g	Vitamine C	0.5 mg	Fer	1.29 mg
Protéines	8 g	Vitamine E	1.18 mg	Magnésium	36 mg
Vitamine K	7.7 µg	Phosphore	126 mg		
Thiamine	0.1 mg	Potassium	633 mg		
Riboflavine	0.178 mg	Sodium	107 mg		
Niacine	1.04 mg	Zinc	3.53 mg		
Vitamine B6	0.13 mg	Cuivre	0.183 mg		
Vitamine B12	1 µg	Manganèse	0.14 mg		
Acide Pantothénique	0.75 µg	Sélénium	5.2 µg		

Tableau 03 : composition de 100g de farine.

b- Graine

Les graines de caroube sont très appréciées et recherchées pour leurs qualités et multiples usages industriels et La gomme reste le produit le plus important (Tous et al., 1996). (Elle est extraite à partir des graines de caroube). Ces graines sont constituées de trois différentes parties : une enveloppe (cuticule marron, 30-33%) (Ndir et al., 2000), un endosperme (blanc et translucide, 42-46%) et un embryon ou un germe (23-25%) (Avalon et al., Bengoechea C. Romero A. Villanueva A. Moreno G., Alaiz M., Millan F., Guerrero A. & Puppo M.C. 2008 997).

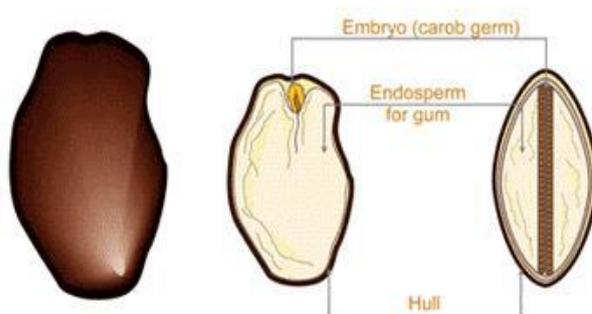


Figure 18 : Composants de la graine du caroubier (Mahdad M-Y, 2013).

La graine pour sa part est destinée à la transformation en gomme alimentaire (sauces, fromages, nappages, glaces...), en gomme technique (aliments pour chiens et chats), en

CULTURE DU CAROUBIER

produits pharmaceutiques (principalement contre les diarrhées) (**Custodio et al., 2011**), et à l'industrie du papier et de textile (**Tous et al., 1996**). La gomme de caroube est le hydrocolloïde préféré pour les desserts glacés, le fromage fondu et les produits laitiers fermentés. Il existe aussi des cultivars dont la différence est liée à la qualité de la gomme, en particulier concernant la viscosité, la résistance au gel et au contenu des galactomannanes. Cette gomme est employée dans une large gamme de produits de l'industrie alimentaire, dont les plus importantes sont la crème glacée, les aliments pour bébés et les aliments pour animaux de compagnie (**Correia & Martins-Loucao, 1995, 2005**).

100 kg de graines donnent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche.

Applications	Dérivés	Produits	Références
	Endosperme		
Alimentaire	Gomme de graines de caroube purifiée (GGC) (ou poudre d'endosperme purifié)	E410 : Additif alimentaire en industrie agroalimentaire (agent gélifiant, Liant, agent d'adhésion..)	<i>Battle et Tous, 1997 ; Gonçalves et al, 2005</i>
Industrielle	GGC de moindre pureté	Pharmaceutiques (pommade, anticoagulant..) Cosmétiques (Mousses, gels...) Textiles (Epaississant de couleurs Papier (produits de flottaison, épaississant) Chimiques (couleurs, pesticides) Des explosifs (agent absorbant de l'humidité)	<i>Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo et al., 2007</i>
	Germe		
Médicinale	Farine de germe	l'alimentation diététique humaine (couper la sensation de faim lors des régimes pour mincir en bonne santé) Ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales pour les personnes coeliaques	<i>Dakia et al., 2007</i> <i>Feillet et Roulland, 1998</i>

Tableau 04 : Les produits dérivés de la graine de caroube et leurs applications.

CULTURE DU CAROUBIER

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



Figure 19 : Gomme de la graine



Figure 20 : Produits de confiseries fabriqués à partir de caroube (chocolat, biscuits, confiture, mélasse, glasse, huile...etc) .

UTILISATION DE CAROUBIER

Utilisation thérapeutique

La pulpe est reconnue en thérapeutique pour ses effet hypocholestérolémiant, antiprolifératif et anti diarrhéique et pour son action sur les troubles digestifs. La plupart de ses actions pharmacologiques ont été attribuées à une activité antioxydant qui élimine les radicaux libres et inhibe la peroxydation lipidique (**Custodio et al., 2011**).

Traitement digestif et intestinal (lutte contre la constipation et les diarrhées) mais aussi pour les urines et les fonctions diurétique (**Biner et al., 2007**).

On connait bien la pulpe et du fruit (utilisé par produire la farine de caroube) et les graines souvent utilisées en phytothérapie et cuisine mais on connait moine bien les feuilles elles utilisant de manier ancestrale au Cap-Vert en tisane ou en dé cation pour leur vertus digestives, leur tanins anti-diarrhéique mais aussi pour soulager les maux de manière générale. (**Custodio et al., 2011**).

Certaines substance contenues dans la feuille ont démontré des propriétés cytoxiques et antimicrobiennes, cela en fait une tisane remarquable contre les gastro-entérites et les indigestions notamment d'origine microbienne.

Miel de caroubier

Le caroubier est une plante mellifère et pastorale ; son miel est de bonne qualité et riche en calcium, phosphore, magnésium, silice et fer se distingue avant tout par ses propriétés organiques qualitatives (**Sbay H. & Abourouh M., 2005**).

Le miel de caroubier a des effets positifs sur les troubles digestifs et aident à soulager les douleurs et à soigner(**Multon., 1984**) :

Les rhumatismes et autres douleurs articulaires

Protection au cours de la gastro-entérite

Anti diarrhéique

Antitussif

CULTURE DU CAROUBIER

Protection des parois intestinales contre des substances irritantes

Les engelures

Irritation intestinale

Acidité gastrique.

les affections et les troubles des voies urinaires (telles que la cystite)

l'anémie

L'asthénie

Les douleurs des règles chez les femmes

Vomissements de la grossesse et de façon générale

Comme bon nombre de miels de qualité, il est aussi recommandé pour le traitement des bronchites et des angines (**Custodio et al., 2011**).

Sa consistance rend possible et même idéale son utilisation en tartine pendant le petit déjeuner, ou en goûter. Sinon, il est conseillé de prendre, le matin, 1 cuillère de miel de bruyère, nature ou dilué dans une boisson.



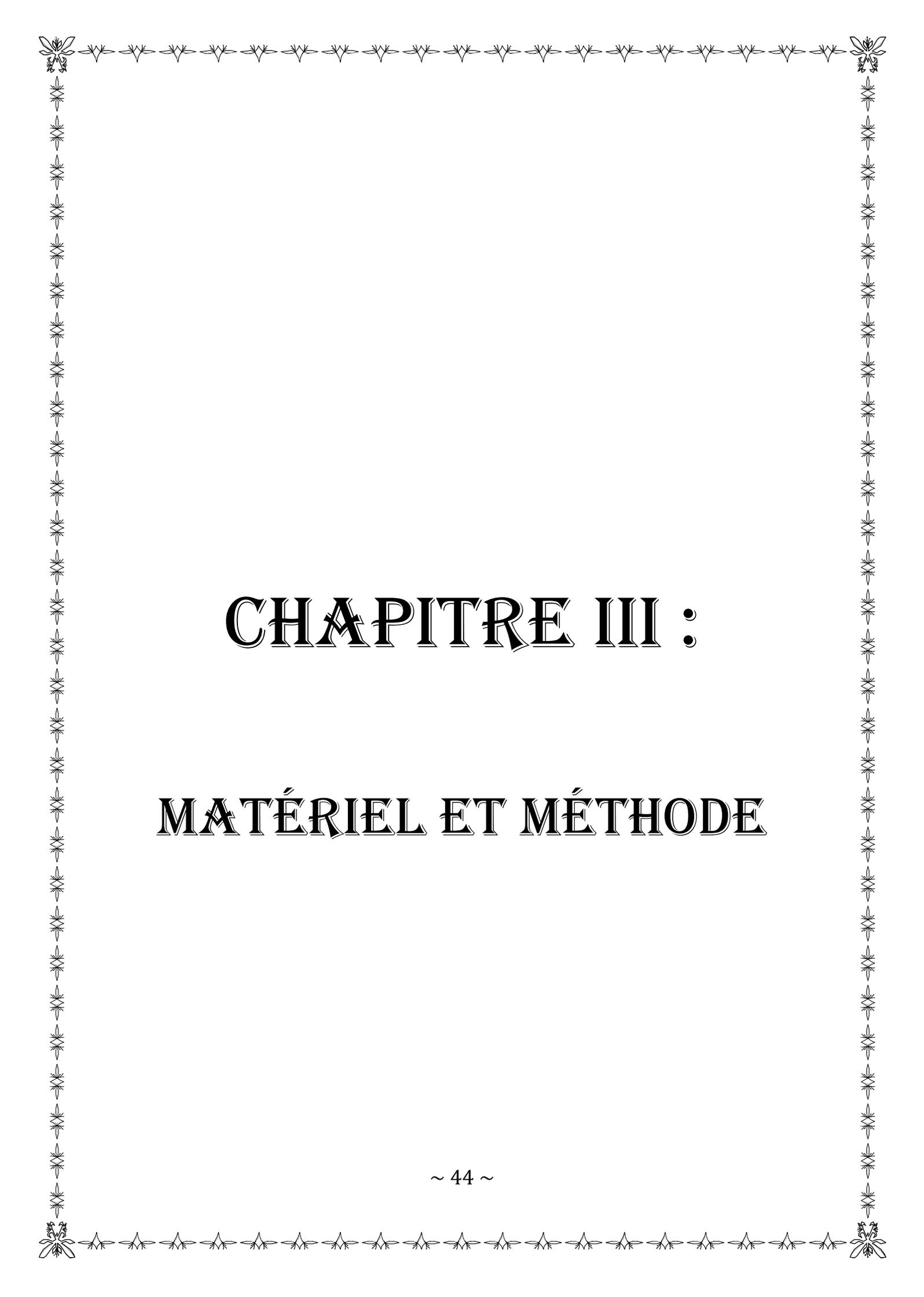
Figure 21 : le miel de caroubie.

Utilisation Cosmétique

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

Utilisation Chimique

Certains travaux ont déjà montré l'application de la farine de caroube (gousses broyées) pour l'extraction du sucre (**Petit & Pinilla, 1995**), la fermentation de l'éthanol (**Roukas, 1993; Roukas, 1996**), et la production d'acide citrique (**Roukas, 1998; Roukas, 1999**). De même, le bois du caroubier est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon et l'écorce. Et les racines sont employées dans le tannage.



CHAPITRE III :

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Objectif

Au vu des difficultés que nous avons rencontrés dans le stage, et du secret absolu de la méthode de l'industrialisation de produit de caroubier, nous avons décidé de rechercher l'ancienne méthode traditionnelle.

L'objectif principal de ce travail est de présenter les produits de caroube de manière simple, facile, frais et de haute qualité. Que tout le monde peut extraire à la maison sans aucune difficulté. et au prix plus bas.

En plus de stimuler la substitution du cacao par la farine de caroube naturel.

Les objectifs secondaires portent sur :

- Transformation des produits de caroube pour diverses utilisations. La caroube (composées de pulpes et de graines) est plu riche en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière.

Essai de formulation de la farine, la gomme, et la mélasse de caroubier

- Essai de formulation d'une recette du chocolat à base de la pulpe de caroube (farine de caroube)

-Essai de développer des produits alimentaire nutritionnelle en ajoutent la poudre de caroube (gâteau, pain, et couscous).

Alors est –ce- que on peut réussir à développer ces produits alimentaires tout en conservant le gout acceptable ou bien sera-t-ils différent ?

- Matériels et méthodes

. Matériels végétale

Le caroube :

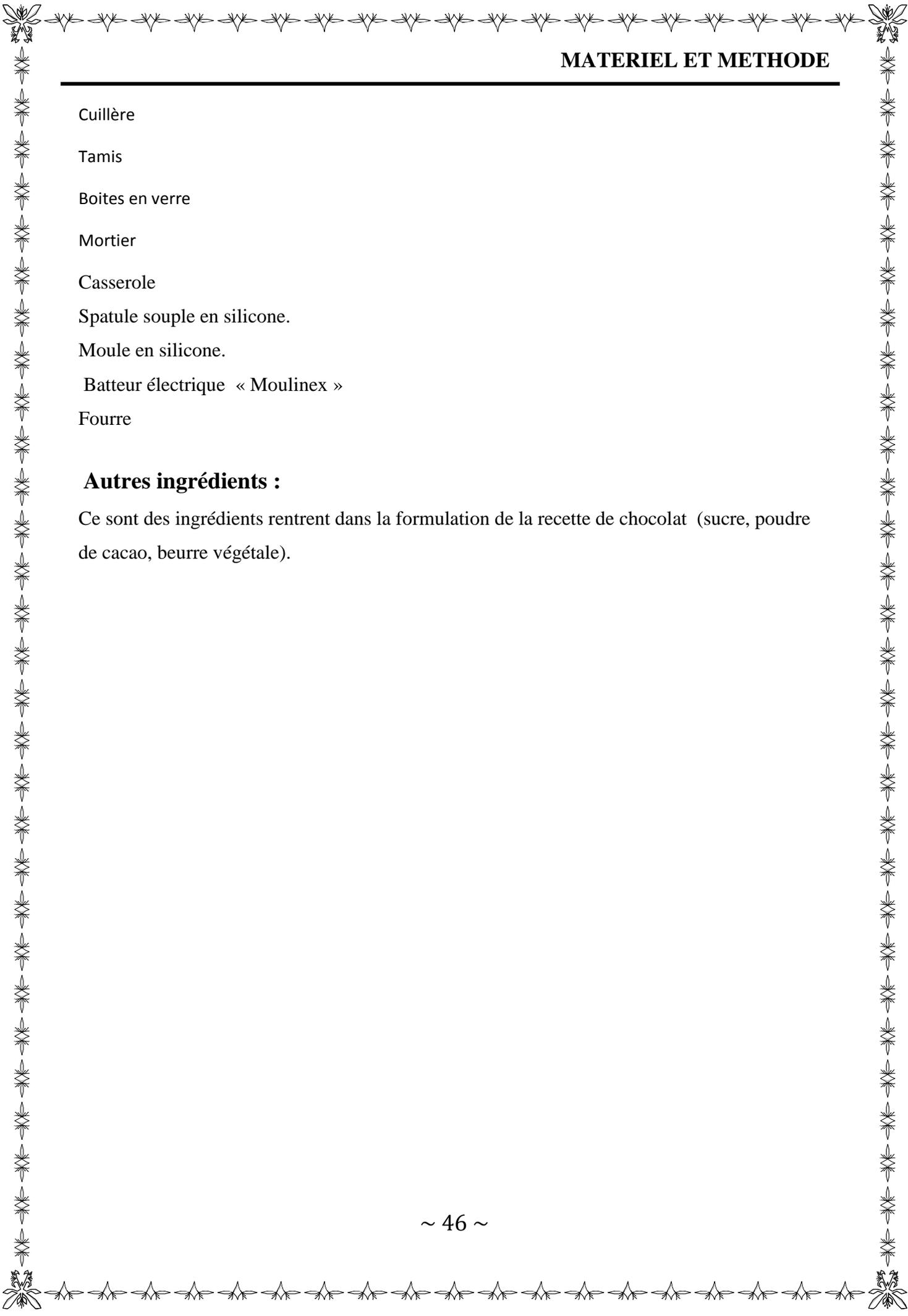
Le caroube utilisées est cultivé dans la région de ghazawat , Zenâta et sabra la wilaya de Tlemcen .

Matérielle utilisé :

Balance

Bol

Moulin



MATERIEL ET METHODE

Cuillère

Tamis

Boites en verre

Mortier

Casserole

Spatule souple en silicone.

Moule en silicone.

Batteur électrique « Moulinex »

Fourre

Autres ingrédients :

Ce sont des ingrédients rentrent dans la formulation de la recette de chocolat (sucre, poudre de cacao, beurre végétale).

PARTIE 01

1- Essai de formulation de farine à partie de la pulpe de caroube

Nettoyage :

- Eliminer les pierres et les particules métalliques.
- Laver les gousses avec de l'eau.
- Sécher à l'aire libre.
- Séparée les graines de la pulpe



Figure 22 : les différentes étapes de nettoyage (Photos originale **Bouzbiba.w2021**)

Concassage :

- Consiste à casser les pulpes à l'aide d'un mortier.



Figure 23 ; étape de concassage (photo originale **Bouzbiba.w2021**)

Torréfaction :

- Ce séchage permet le développement de l'arôme.
- Refroidissement pour stopper la torréfaction.



Figure 24 : les étapes de torréfaction (photos originales **Bouzbiba.W2021**)

Broyage :

- Cette opération a pour but de réduire les pulpes en particules de plus en plus fines.
- Le broyage est réalisé par un moulin.



Figure 25 : étape de broyage (photo originale **Bouzbiba.w2021**).

Tamissage et conditionnement :

- Cette opération a pour but, la séparation de la fraction utilisable de celle non utilisable.
- Le tamisage est réalisé à l'aide des tamis d'ouvertures différents. Dont l'objectif est d'obtenir une farine ayant une granulométrie inférieure à 200 μm .
- La farine obtenue est stockée dans des boites en verre.



Figure 26 : étape de tamisage (photo originale **Bouzbiba.w2021**).

2- Essai de formulation de la gomme à partie des graines de caroube

Nous avons deux méthodes, la première est très simple mais elle prend plus de temps

Et la deuxième prend moins de temps mais un peu compliquée par rapport au premier.

Méthode 01 :

- Laver les graines avec de l'eau.
- Sécher les graines pendant 1 mois a l'aire libre.
- Écraser a l'aide d'un marteau.
- broyer par un moulin.
- Tamiser a l'aide d'un tamise pour but la séparation de la fraction utilisable de celle non utilisable.



Figure 27 : les étapes de la formulation de la gomme de caroubier (photos originale Bouzbiba.w2021)

Méthode 02 :

Nettoyage :

- Séparée les graines de la pulpe
- Laver les graines avec de l'eau.



Figure 28 : les étapes de nettoyage (photos originale Bouzbiba.w2021)

Trempage

Chauffer 800 ml d'eau à 100C° .

Tremper 100 g de graines dans l'eau chauffée pour faire gonfler l'endosperme et faciliter sa séparation manuelle du germe.



Figure 29 : étapes de trempage (photo originale Bouzbiba.w2021)

Séchage et broyage

Attendre 60 min puis laisser refroidir les graines avant de commencer le décortiquage.

Séparer les parties de la graine et récupérer la partie au milieu translucide de la graine

Sécher l'additif dans le four puis broyer le Et voila vous avez l'additif brut prêt !!!



Figure 30 : les étapes de séchage et broyage (photo original **Bouzbiba.w2021**).

3- Essai de formulation de la mélasse de caroube

Nettoyage :

Eliminer les pierres et les particules métalliques.

Laver les gousses avec de l'eau.

Sécher à l'aire libre.

Séparée les graines de la pulpe.

- Trempage :

Nous coupons la caroube en petits morceaux puis les faisons tremper dans l'eau pendant au moins une heure.



Figure 31 : les étapes de trempage (photo originale **Bouzbiba.w2021**)

- Ébullition :

Faire bouillir dans une casserole pendant demi-heure et laisse refroidir toute la nuit



Figure 32 : les étapes de l'ébullition (photos originale **Bouzbiba.w2021**)

Filtration :

Nous filtrons le jus obtenu à l'aide d'une passoire et un tissu

Nous laissons bouillir dans une casserole à feu doux jusqu'à ce qu'il devienne un sirop



Figure 33 : les étapes de filtration (photos originale **Bouzbiba.w2021**)



Figure 34 : les résultats d'essai de formulation des produits de caroube : farine ,gomme et mélasse

(Photos originale **Bouzbiba.w2021**)

4 -Essai de formulation d'une recette de chocolat à base de la farine de caroube

On commençant à préparer tous les ingrédients pour réaliser cette recette de chocolat :

Peser sur une balance la farine de caroubier, poudre de cacao, et la poudre de lait ; puis mélanger les ingrédients secs dans un récéption avec une spatule.

Ajouter du beurre fondu dans un bain marie au mélange.

Malaxé le tous avec un bras mixeur, jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène.

Réaliser un moulage dans des moules en silicone (bien essuyer que le moule et propre et sec).

Les soumettre par la suite à un refroidissement de 4° à 6°C.

Après 2h, les chocolats devenu solide à température ambiante.

Démouler et conserver les chocolats à froid.

La préparation de produit fabriqué est réalisée manuellement, En utilisant la farine de caroube par des différentes doses 15 %, 25 %, 50%.

Les ingrédients	Témoin	1A (15%)	1B(25%)	1C(50%)
Poudre de cacao(g)	30.2	25.67	22.65	15.1
Poudre de caroube (g)	/	4.53	7.55	15.1
Poudre da lait(g)	20.4	20.4	20.4	20.4
Sucre (g)	9.7	8.9	8.2	6.6
Beure(g)	38	38	38	38
Vanille (g)	2	2	2	2

Tableau 05 : Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le chocolat.

MATERIEL ET METHODE

L'analyse de dégustateurs est faite par 20 personnes (Homme et Femme) constituent les membres de nos familles, les paramètres choisis pour l'évaluation de notre produit portent sur : la couleur, l'odeur et le goût avec une échelle de 1 à 9.

Cette 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.

Devant chaque dégustateur il y a 03 produits de chocolat, Ils doivent individuellement évaluer chaque chocolat selon les caractères prédéfinis dans la fiche (**figure 35**).



Figure35: Présentation des chocolats pour dégustation et notation lors du test consommateur.

Les résultats obtenus de la texture des chocolats

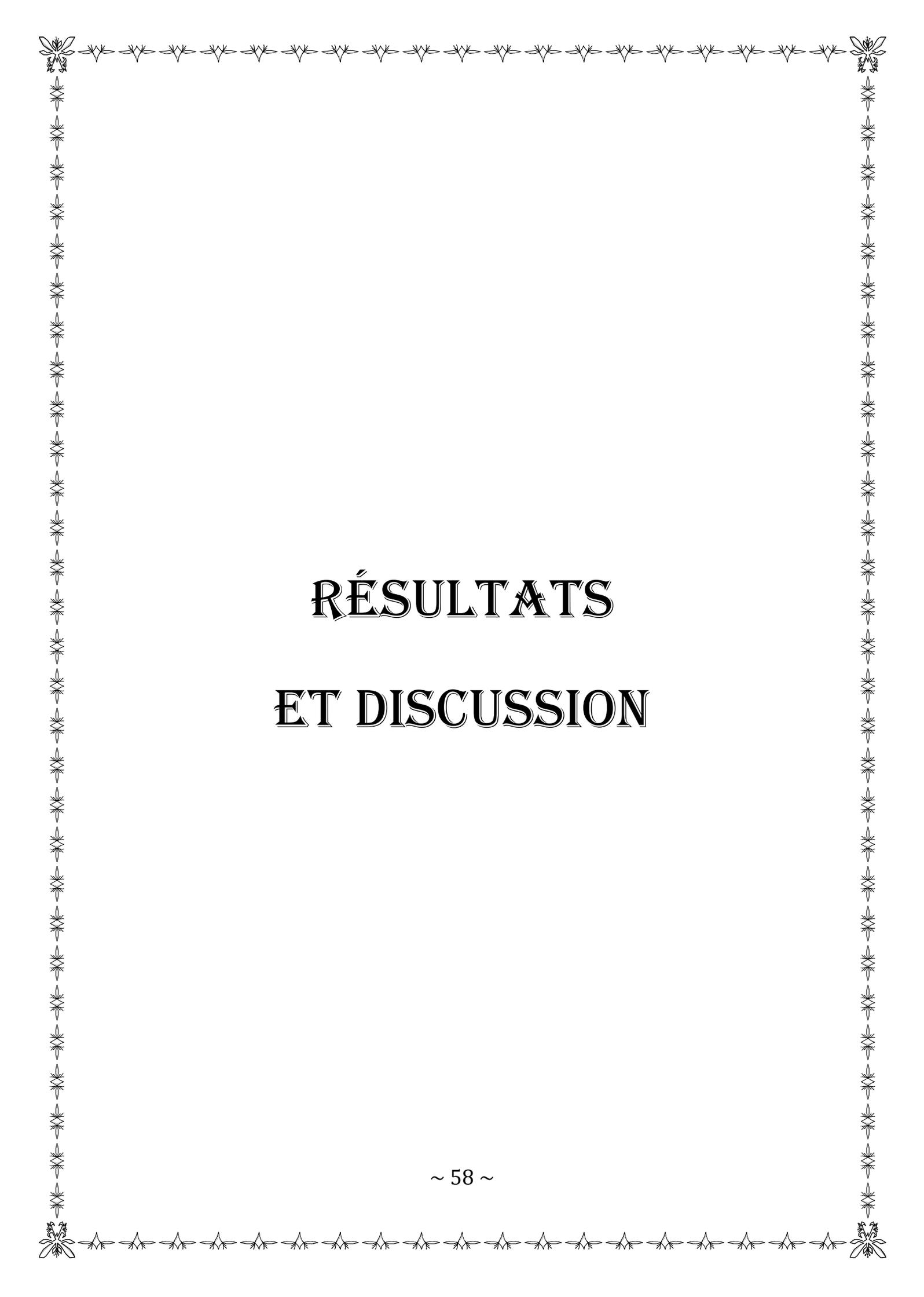
Voici ci-dessous un tableau qui résumant les résultats des dégustateurs.

Les enchantions	Critères d'appréciation	Échelle de 1 à 4	Échelle 4à9
1 ^{er} essai (15%)	La couleur	1 p (5%)	19 p (95%)
	L'odeur	3 p (15%)	17 p (85%)
	Le gout	4 p (20%)	16 p (80%)
2 ^{emme} essai (25%)	La couleur	8 p (40%)	12 p (60%)
	L'odeur	9 p (45%)	11 p (55%)
	Le gout	9 p (35%)	11 p (65%)
3 ^{emme} essai(50%)	La couleur	14 p (70%)	6 p (30%)
	L'odeur	16 p (80%)	4 p (20%)
	Le gout	18 p (90%)	2 p (10%)

Échelle 1 à 4: Extrêmement désagréable à assez désagréable

Échelle 4 à 9: Assez agréable à extrêmement agréable

Tableau 06: Niveau d'acceptabilité des produits élaborés par les dégustateurs.



RÉSULTATS

ET DISCUSSION

Les résultats obtenus de la couleur des chocolats

La couleur est le premier paramètre observé par le dégustateur, pour apprécier la qualité du produit.

Les résultats obtenus de la couleur des chocolats sont présentés sur suivante :

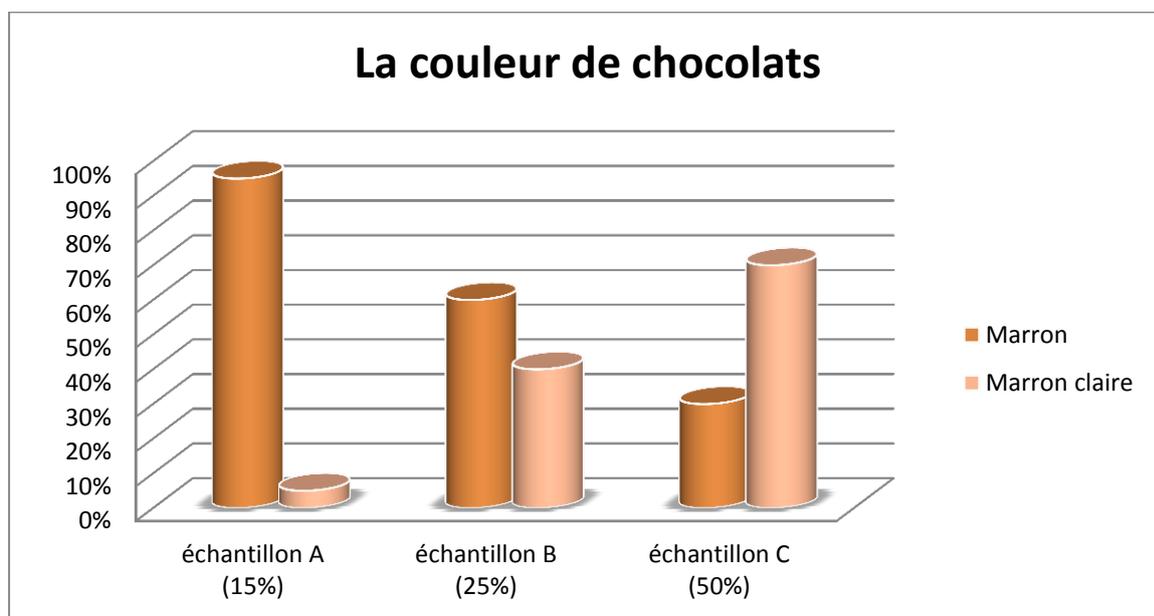


Figure 36 : Résultats de l'évaluation de la couleur des chocolats.

A partir de la **figure 36** qui représente les résultats des dégustateurs, nous remarquons que les chocolats incorporées de la Farine de caroube à des doses de 15 % (**Echantillon A**) est la plus accepté par les dégustateurs avec un pourcentage de 95 %, cela est certainement dû au pourcentage faible de la farine de la caroube.

Par contre, **les échantillons B et C** de (25 % et de 50 %), la majorité des dégustateurs s'accordent sur la couleur « marron claire » avec un pourcentage de (40% à 70%),

Cela est dû au pourcentage élevé de la farine de la caroube.

Les résultats obtenus de l'odeur des chocolats

Les résultats obtenus l'odeur des chocolats sont présentés figure suivant :

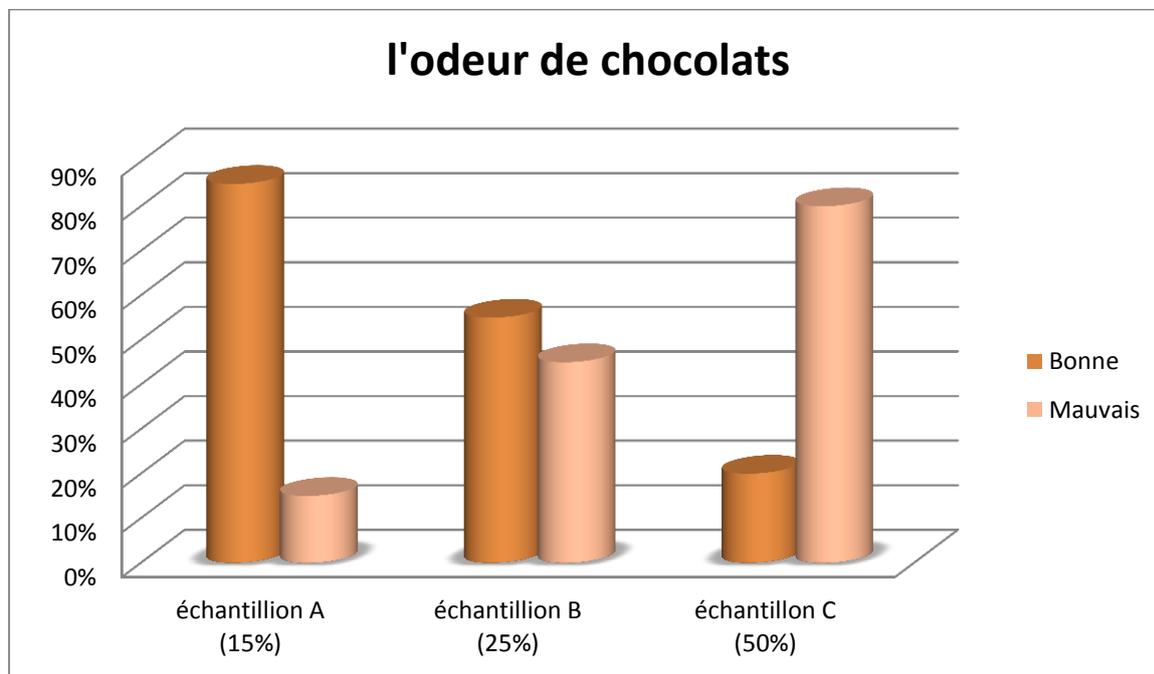


Figure 37 : Les résultats d'évaluation d'odeur des chocolats.

Les résultats obtenus par l'évaluation des dégustateurs, désignent que l'odeur est très agréable pour **l'échantillon A** (15 %), par la majorité des dégustateurs avec un pourcentage varie de (85%). Contrairement à les chocolats incorporés de (25 % 50 %) ont obtenus des notes faibles indiquant une mauvaise acceptabilité.

Selon **Avalon et al., (1997)** la torréfaction de pulpe de caroube permet au glucose, fructose, et aux acides aminés présentent, sous l'action de forte chaleur et selon la réaction de Maillard elle se produit lors de la cuisson et lui donne une forte odeur et apporte des composés aromatiques.

Les résultats obtenus du gout des chocolats

Les résultats obtenus du gout des chocolats sont présentés sur la figure suivante :

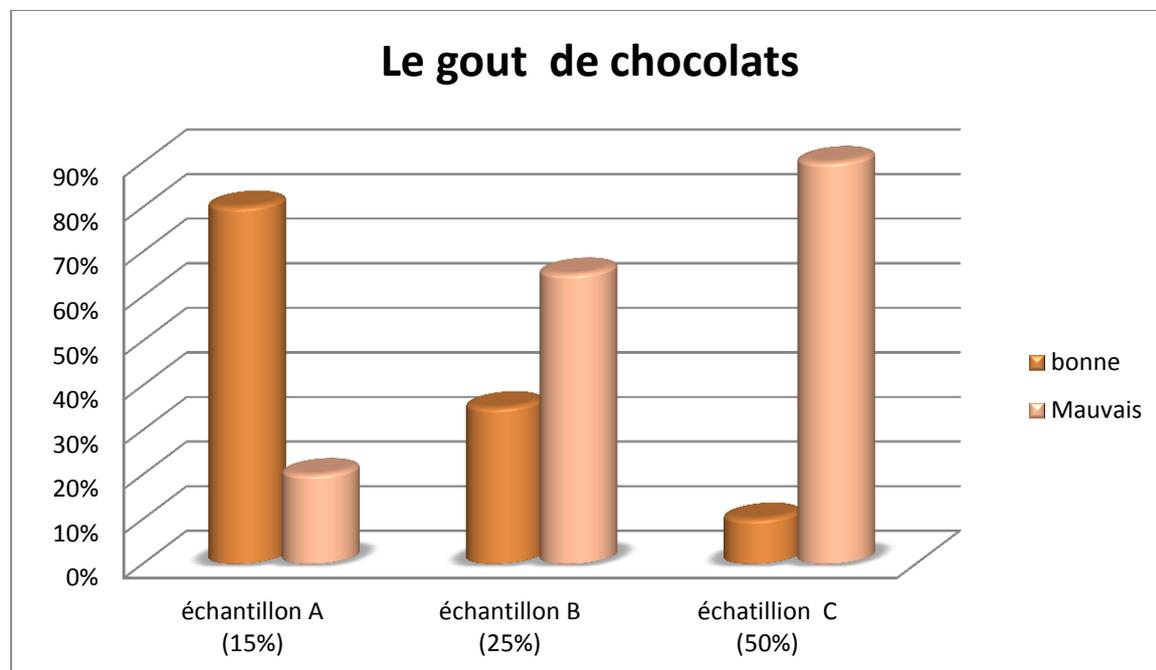
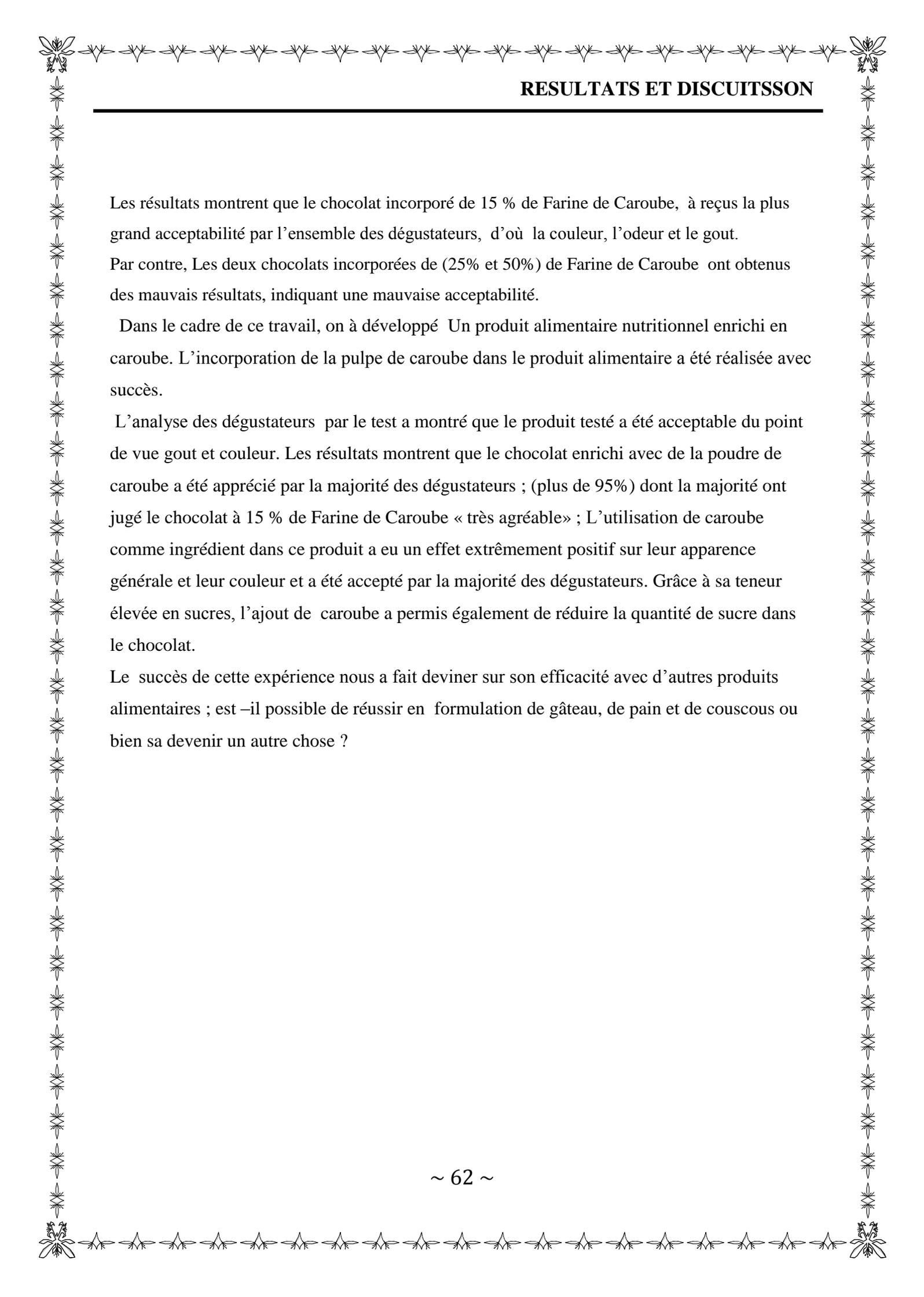


Figure 38 : Les résultats d'évaluation du gout des chocolats.

A partir des résultats d'évaluation des dégustateurs obtenus, on remarque que le chocolat incorporées de 15 %, présentés le pourcentage le plus élevé de gout qui est de l'ordre de (80%), par contre les deux échantillons B et C d'une forte doses de la farine de caroube (25 % et 50 %), ont obtenus des notes faibles indiquant une mauvais acceptabilité avec un pourcentage varie entre (35 % à 10 %).

Les résultats de gout signifie que **l'échantillon A** est plus sucrés avec une légère acidité du de la farine de caroube, lors de la dégustation le chocolat laisser en bouche un gout franc.



RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats montrent que le chocolat incorporé de 15 % de Farine de Caroube, a reçu la plus grande acceptabilité par l'ensemble des dégustateurs, d'où la couleur, l'odeur et le goût.

Par contre, Les deux chocolats incorporées de (25% et 50%) de Farine de Caroube ont obtenus des mauvais résultats, indiquant une mauvaise acceptabilité.

Dans le cadre de ce travail, on a développé Un produit alimentaire nutritionnel enrichi en caroube. L'incorporation de la pulpe de caroube dans le produit alimentaire a été réalisée avec succès.

L'analyse des dégustateurs par le test a montré que le produit testé a été acceptable du point de vue goût et couleur. Les résultats montrent que le chocolat enrichi avec de la poudre de caroube a été apprécié par la majorité des dégustateurs ; (plus de 95%) dont la majorité ont jugé le chocolat à 15 % de Farine de Caroube « très agréable» ; L'utilisation de caroube comme ingrédient dans ce produit a eu un effet extrêmement positif sur leur apparence générale et leur couleur et a été accepté par la majorité des dégustateurs. Grâce à sa teneur élevée en sucres, l'ajout de caroube a permis également de réduire la quantité de sucre dans le chocolat.

Le succès de cette expérience nous a fait deviner sur son efficacité avec d'autres produits alimentaires ; est-il possible de réussir en formulation de gâteau, de pain et de couscous ou bien sa devenir un autre chose ?

Partie02 :

Dans cette partie, nous avons essayer de développer trois produits alimentaires nutritionnels (le gâteau, le pain, et le couscous) en ajoutant la poudre de caroube, et en utilisant la méthode traditionnelle.

Cette partie a été utilisé par certaines idées de l'article « **Utilisation alimentaire de la pulpe de caroube: Formulation et test consommateur** » G. SALIH1, A. JILAL 2020

1- Essai de Formulation du gâteau

Tous les ingrédients (**Tableau 07**), ont été pesés puis mélangés à la beure végétale dans un bol, en utilisant un batteur électrique de type Moulinex. Le mélange bien homogénéisé est placé dans un moule à silicone puis cuit au four à 180°C pendant 20 minutes. Trois formules (1A, 1B, 1C,) ont été testées Un gâteau 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.

Ingrédients	Témoine	1A	1B	1C
Farine pâtissière (g)	500	475	450	425
Poudre de caroube (g)	/	25(5%)	50(10%)	75(15%)
Sel (g)	Pincée	Pincée	Pincée	Pincée
Vanille (g)	5	5	5	5
Levure (g)	5	5	5	5
Huile végétale (cl)	20	20	20	20
Sucre (g)	150	150	100	70
Poudre cacao	50	40	35	10
Beur végétale (g)	125	125	125	125

Tableau07: Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le gâteau.

2- Essai de Formulation du pain traditionnel

La panification a été réalisée en mode «artisanal». Trois formules (2A, 2B, 3C) ont été testées. Un pain 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 08**).

Les ingrédients	Témoin	2A	2B	2C
Farine boulangerie(g)	300	285	270	264
Farine de caroube	/	15 (5%)	30 (10%)	36 (12 %)
Eau (cl)	180	180	180	180
Leveur(g)	1.5	1.5	1.5	1.5
Sel(g)	1.2	1,2	1,2	1,2

Tableau 08: Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le pain traditionnel.

3- Essai de Formulation du couscous

La production de couscous de caroube est basée sur la réalisation des petite boules à base de la farine de caroube en mélangeant avec la farine d'orge et le semoule, les ingrédients présentés dans le (**Tableau 09**).

Les ingrédients	Témoin (couscous traditionnel)	3A	3B	3C
Semoule (g)	500	400	350	300
farine d'orge(g)	100	100	100	100
Poudre de caroube(g)	--	100(20%)	150(30%)	200(40%)
Eau (cl)	120	120	120	120

Tableau 09: Formulations utilisées pour déterminer la combinaison optimale d'ingrédients pour le couscous.

Panel interne des jurys

Le panel interne de juges a été composé de cinq personnes de notre famille. Ce panel, a examiné et discuté les résultats de chaque essai. Ces discussions ont été nécessaires et ont permis de fournir des informations et des orientations précieuses pour la poursuite du développement des produits jusqu'à atteindre une formulation finale pour les produits élaborés.

Formulations retenues pour les trois produits

En se basant sur l'évaluation Du panel, les formulations retenues sont regroupées dans le (tableau 10).

Les ingrédients	Formulations								
	Gâteau			Pain			Couscous		
		1B			2B		3c		
Semoule (g)		400			270		300		
Poudre e caroube(g)		100 (10%)			30 (10%)		200 (40%)		
Eau (cl)					180		120		
Leveur (g)		5			1.5				
Sel (g)		pincée			1,2				
Farine d'orge(g)							100		
Farine pâtissier(g)		400							
Beure (g)		125							
Sucre(g)		100							
Huile végétale (cl)		20							
Vanille(g)		5							
Poudre cacao(g)		15							

Tableau 10: Formulations retenues après évaluation par le panel de panel.

RÉSULTATS
ET DISCUSSION

Test consommateur des produits élaborés

Un test de notation a été utilisé en demandant au consommateur de noter les produits dégustés selon une échelle hédonique à neuf points, méthode universelle adoptée dans plusieurs travaux (Everitt, 2009; Argaiiz *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2005; Yeh *et al.*, 1998; Yao *et al.*, 2003).

Cette 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.

Tous les échantillons à déguster se remettent à la température ambiante. Le pain à déguster a été découpés en tranche d'épaisseur égale. Le nombre de participants à ce test était de 20 personnes (Hommes et femmes). Chaque participant reçoit deux assiettes (**figure39**) contenant les produits à déguster, on a accompagné le pain et le gâteau avec verre de lait et, et le couscous avec le lait et le mélasse de caroube ; Et une fiche à remplir.



Figure 39 Présentation des produits pour dégustation et notation lors du test consommateur

RESULTATS ET DISCUSSION

Voici ci-dessous un tableau qui résumant les résultats des dégustateurs.

Produits dégusté	Critères d'appréciation	Échelle de 1 à 4	Échelle 5	Échelle 6 à 9
Gâteau	Aspect général	3 15%	0 0%	17 85%
	Goût	3 15%	2 10%	15 75%
pain	Aspect général	2 10%	3 15%	15 75%
	Goût	0 0%	0 0%	20 100%
couscous	Aspect général	3 15%	3 15%	14 70%
	Goût	7 35%	2 10%	11 55%

Échelle 1 à 4: Extrêmement désagréable à assez désagréable

Échelle 5: Ni agréable Ni désagréable

Échelle 6 à 9: Assez agréable à extrêmement agréable

Tableau 11: Niveau d'acceptabilité des produits élaborés par le panel des dégustateurs.

Les résultats obtenus de l'aspect général

Les résultats obtenus de l'aspect général des produits alimentaires réalisé sont présentés sur la figure suivante :

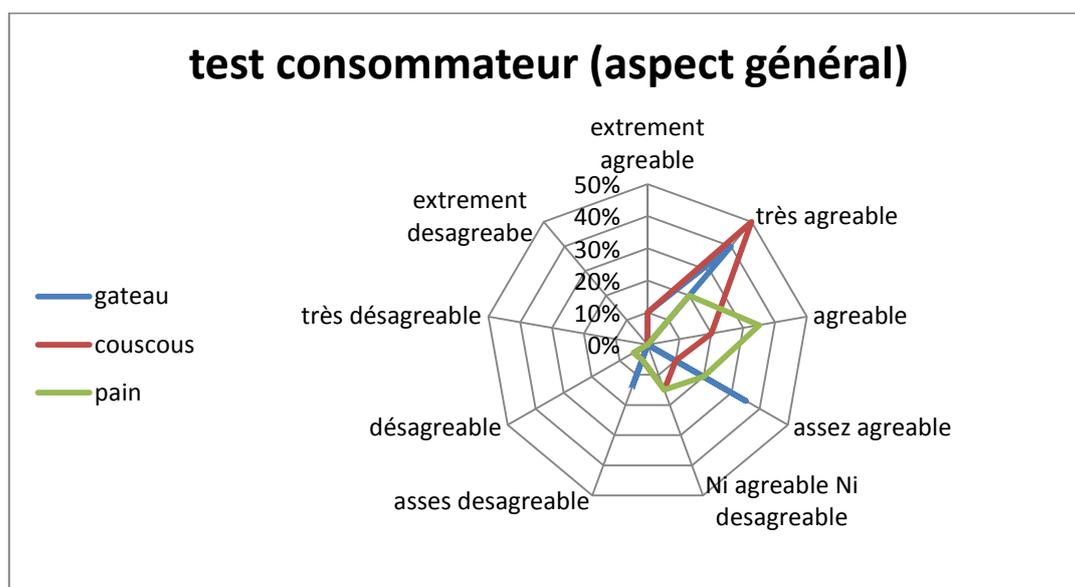


Figure 40: Répartition des réponses des dégustateurs sur l'échelle hédonique pour les trois produits testés pour l'aspect général.

D'après les résultats d'évaluation des dégustateurs obtenus, nous remarquons que tous les produits (le gâteau, le pain et le couscous) enrichis avec la poudre de caroube ont été appréciés par la majorité des dégustateurs.

Les résultats obtenus montrent que le gâteau a reçu la plus grande acceptabilité avec un pourcentage de (85%), Suivi par le pain et le couscous qui a reçu une valeur acceptable par l'ensemble des dégustateurs avec un pourcentage de (70% à 75%). dont la majorité ont jugé le pain et le couscous de «agréable» et le gâteau de «très agréable».

L'incorporation de la farine de caroube dans les trois produits a eu un effet extrêmement positif sur leur apparence générale ; le travail a été réalisé avec succès.

Les résultats obtenus du gout

Les résultats obtenus du gout des produits alimentaires sont présentés sur la figure suivante :

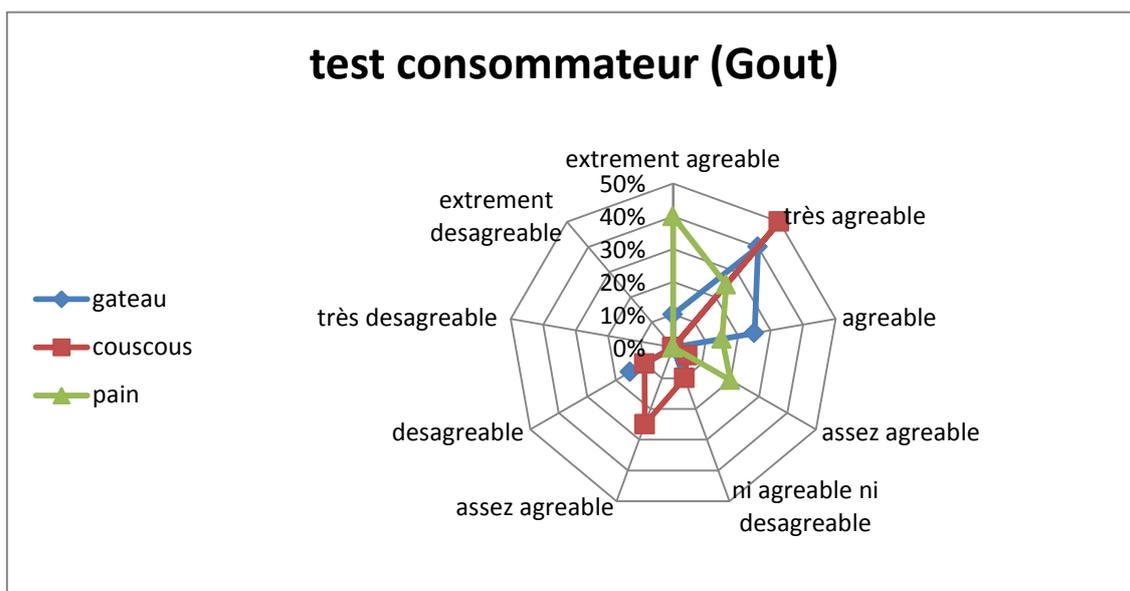
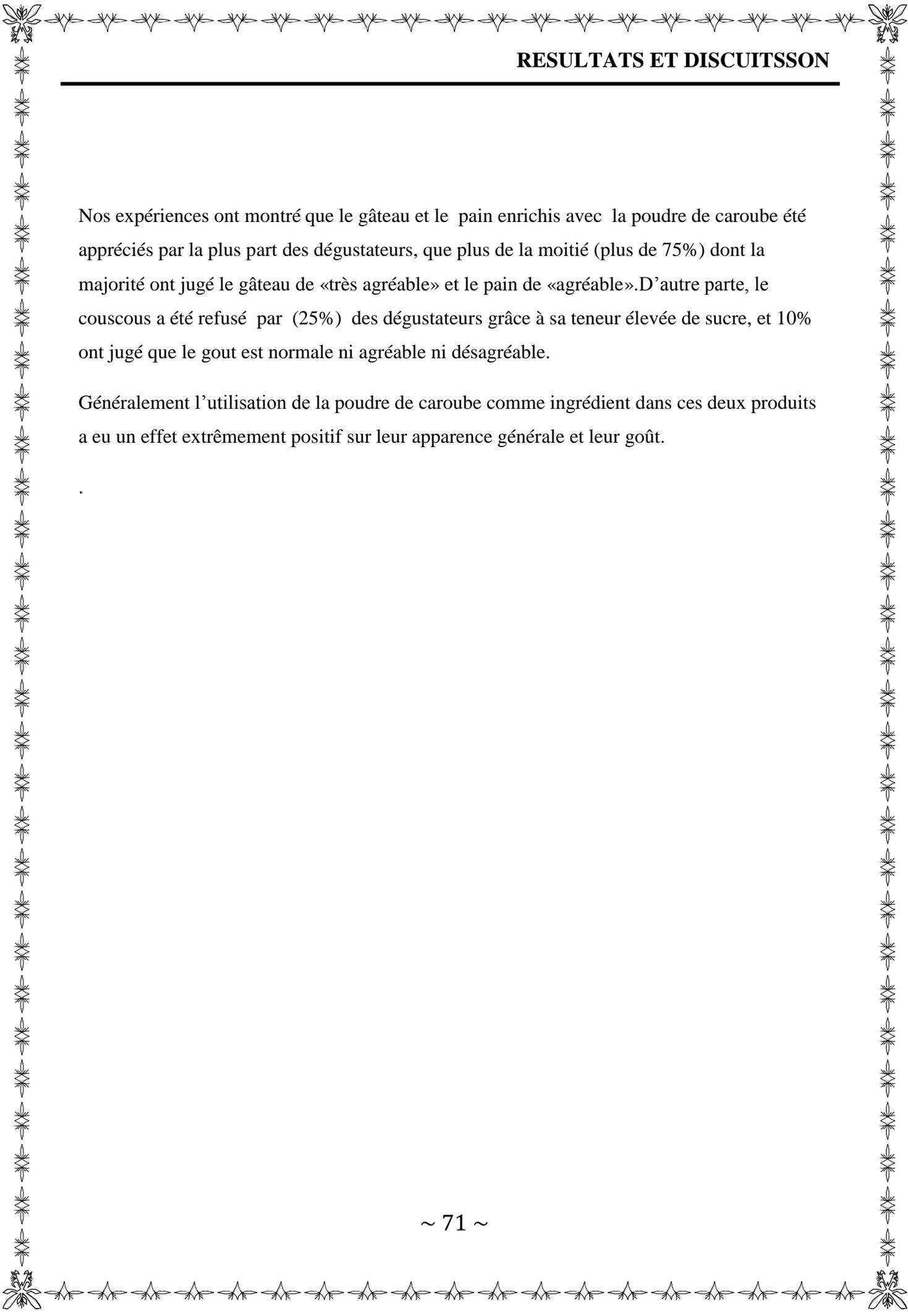


Figure 41: Répartition des réponses des dégustateurs sur l'échelle hédonique pour les trois produits testés.

A partir des résultats d'évaluation des dégustateurs obtenus, on remarque que le gâteau et le pain enrichis avec la poudre de caroube, présentés le pourcentage le plus élevé de gout qui est de l'ordre de (75 % à 100%).

Par contre le couscous a obtenu des notes faibles par rapport à le gâteau et le pain ; ce produit par la moitié des dégustateurs (55%) et refusé par (25%) .



RESULTATS ET DISCUITSSON

Nos expériences ont montré que le gâteau et le pain enrichis avec la poudre de caroube été appréciés par la plus part des dégustateurs, que plus de la moitié (plus de 75%) dont la majorité ont jugé le gâteau de «très agréable» et le pain de «agréable».D'autre parte, le couscous a été refusé par (25%) des dégustateurs grâce à sa teneur élevée de sucre, et 10% ont jugé que le gout est normale ni agréable ni désagréable.

Généralement l'utilisation de la poudre de caroube comme ingrédient dans ces deux produits a eu un effet extrêmement positif sur leur apparence générale et leur goût.

Conclusion :

La caroube est un fruit à utilisation polyvalente qui suscite de plus en plus d'intérêt pour des nombreuses applications alimentaires et non alimentaires. En raison du développement de l'industrie alimentaire et l'augmentation de la demande pour les produits à base de caroube , on a assisté ces dernières années à la plantation des arbres de caroubiers dans différentes région du Tlemcen .

En outre, les caroubiers nécessitent un entretien minimal, car ils sont résistants à la sécheresse et poussent bien dans les régions tempérées chaudes et dans les sols calcaires.

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages. Ses fruits sont comestibles et sucrés.

On tire de la caroube deux principaux produits. La farine, obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire ; Et La gomme extraite de l'endosperme, blanc et translucide, de la graine.

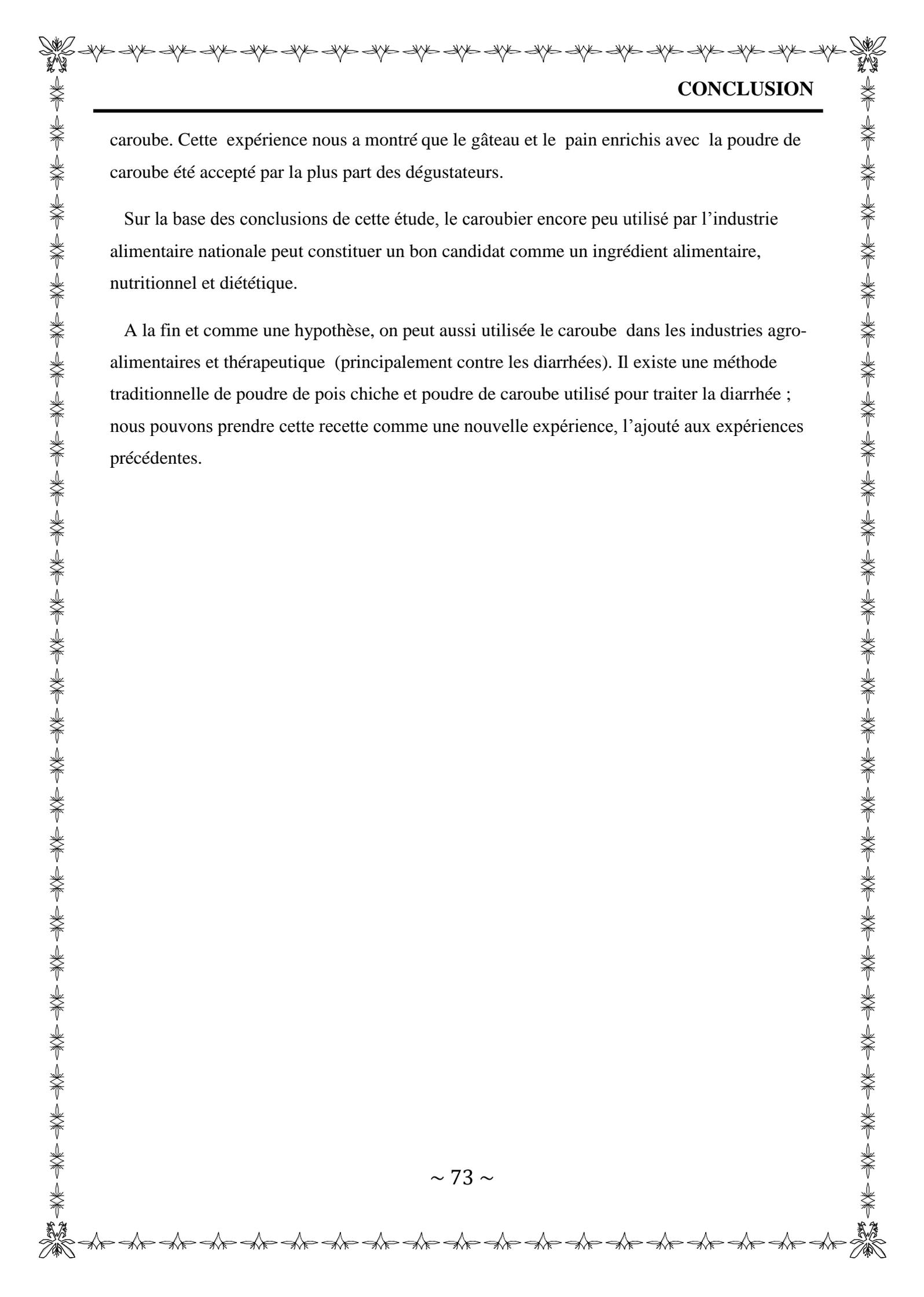
Notre travail est basé sur l'industrialisation des produits de caroube, nous avons fait plusieurs expériences en utilisant l'ancienne méthode traditionnelle pour le bute de présenter les produits de caroube de manière simple, facile, frais et de haute qualité. Que tout le monde peut extraire à la maison sans aucune difficulté. et au prix plus bas.

Au début nous avons fait l'essai de trois formulations des produits de caroube :

- Essai de formulation de la farine a base de la pulpe de caroube.
- Essai de formulation de la gomme a base des graines de caroube.
- Essai de formulation de la mélasse de caroube.

Ensuite nous avons préparé des chocolats incorporé à la farine de caroube par des différentes doses 15 %, 25 %, 50%. L'utilisation de caroube comme ingrédient dans l'échantillon A (15%) a eu un effet extrêmement positif sur leur apparence générale et leur couleur et a été accepté par la majorité des dégustateurs Grâce à sa teneur élevée en sucres.

A la fin et après le grand succès de l'expérience de chocolat nous avons fait une autre expérience avec trois produits alimentaire (gâteau, pain et couscous) incorporé a la farine de



CONCLUSION

caroube. Cette expérience nous a montré que le gâteau et le pain enrichis avec la poudre de caroube été accepté par la plus part des dégustateurs.

Sur la base des conclusions de cette étude, le caroubier encore peu utilisé par l'industrie alimentaire nationale peut constituer un bon candidat comme un ingrédient alimentaire, nutritionnel et diététique.

A la fin et comme une hypothèse, on peut aussi utilisée le caroube dans les industries agro-alimentaires et thérapeutique (principalement contre les diarrhées). Il existe une méthode traditionnelle de poudre de pois chiche et poudre de caroube utilisé pour traiter la diarrhée ; nous pouvons prendre cette recette comme une nouvelle expérience, l'ajouté aux expériences précédentes.

LES REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- **A**

Aafi A., 1996. Le caroubier: Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. Centre national de la recherche forestière. Maroc, pp 1-7.

Arista M. & Talavera S., 1990. Numeros cromosomicos para la flora Española. 620-629. Lagascalia. 16: 323-328.

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

Aime.,1991. Etude écologique de la transition entre les bioclimats subhumides et arides dans l'étage thermo méditerranées du tell Oranais (Algérie-occidentale).thèse doct Fac.Sci.et tech .St-Jérôme,Marseille, pp :185-194.

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

Alorda M. and Medrano H. 1996 : Micropropagation of *Ceratoniasiliqua L.*: A method to clone mature carob trees selected from the field. In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon : Portugal.

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

A.S.P.E.W.I.T., 2008. « Atlas de l'environnement de la wilaya de Tlemcen ». 228 p. + annexe.

Avallone R., Plessi M., Baraldi M., et Monzani A., 1997. Determination of chemical composition of carob (*Ceratoniasiliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. Journal of food composition and analysis. N° 10, p.166-172.

- **B**

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Battle I. et Tous, J., 1997. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops (carob tree, *Ceratonia siliqua* L.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy.

Baum N., 1989. Arbres et arbustes de l'Égypte ancienne, pp. 354.

Belaizi M., Bolen M.R. & Boxus P. 1994 : Régénération in vitro et acclimatation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) in; Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris 0 1994, pp. 227-232.

Bendahmane I., 2010. « Propositions d'aménagement des espaces verts du Second Pôle Universitaire de la ville de Tlemcen ». Th. Ing., Agrn., 48 p.

Benest M., 1985. « Evolution de la plate forme de l'Ouest Algérien et du Nord- Est Marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie, milieu de dépôt et dynamique sédimentaire », Th.Doct.Lyon (1984).Docum.Lab.Géol., 485p.

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

Bengoechea C. Romero A. Villanueva A. Moreno G., Alaiz M., Millan F., Guerrero A. & Puppo M.C. 2008 : Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins Food chemistry. 2008 Mar. 15, v. 107, issue 2. pp. 675-683.

Berrougui H., 2007. Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales. Maghreb Canada Express 5, 20.

Bolonos, M. (1955). Rapport sur le caroubier. Instituto forestal de Investigaciones y experiencias Madrid (Espagne), 9p.

Boublenza. I., 2012 . Contribution à l'étude de multiplication du caroubier : *Ceratonia siliqua*. (Mémoire de magister ingénieur d'état) ; Université ABOU-BEKR Belkaïd. Tlemcen.

Bures P., Pavliček T., Horová L. and Nevo E., 2004. « Microgeographic genome size differentiation of the carob tree, *Ceratonia siliqua*, at 'Evolution Canyon' ». Israel. *An. Bot.* 93: 529-535.

- C

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Calixto, F.S., Canellas, J., 1982. Components of nutritional interest in carob pods *Ceratoniasiliqua*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33, 1319–1323.

Cornad.,1943. « Usual formulas of continentaly and their limits of validity».Frans. Ann. Geog-Union, XXVII, 4pp: 663-664.

Correia, P. J., & Martins-Loucao, M. A.,1995. Seasonal variations of leaf water potential and growth in ferrigated carob-trees (*Ceratoniasiliqua* L.). *Plant and Soil*, 172, 199–206.

Correia, P. J., & Martins-Loucao, M. A.,2005. The use of macronutrients and water in marginal mediterranean areas: the case of carob-tree. *Field Crops Research*, 91, 1–6.

Curtis A., Race D. & Booth B.1998 : Carob Agroforestry in the Low Rainfall Murray Valley ; A market & economic assessment ; A report for the Rural Industries Research and Development Corporation RIRDC Publication No 98/8.

Custodio L., Carneiro M.F. et Romano A., 2004. Microsporogenesis and anther culture in carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.).*ScientiaHorticultirae*, 104 (1): 65-77.

Custódio L., A.L. Escapa, E. Fernandes, A. Fajardo, A. Rosa, F. Albericio, N. Neng, J.M.F. Nogueira, A. Romano.,2011. Phytochemical profile antioxidant cytotoxic activities of the carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.) germ flour extracts, *Plant Foods Human Nutrition* 66 78–84.

- D

Dakia P et al., 2003. Extraction et caractérisation de la gomme de caroube (*Ceratoniasiliqua*L.). Mémoire : Faculté 106 Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2014 18(1), 97-107 universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).

Dakia, P. A., Wathelet, B. & Paquot, M.,2007. Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratoniasiliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102, 1368-1374.

Dakia, P. A., Blecker, C., Roberta, 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, 807-818.

Dakia P.A.,2011. Carob (*Ceratoniasiliqua*L.) Seeds, Endosperm and Germ Composition, and Application to Health (Chapitre 35), in: *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. Université d'Abobo-Adjame (UAA), Abidjan, Cote d'Ivoire. Elsevier.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Delassus & Lepigre.,1931. Les lutes biologiques appliqués à l'arboriculture e Algerie in Comptes Rendus des journées de l'arbre fruitier. pp. 448-468.

Diamantoglou and Mitrakos K.,1981. Leaf longivity in Mediterranean evergreen sclerophylls. In Components of Productivity of Mediterranean Climate Region. Basic and AppleidAspects(N.S.Margaris and H.A. Mooney, eds), pp: 17-19. Junk Publishers, The Hague ISBN. 90: 6193-9445.

- E

Emberger L., 1930. « La végétation de la région méditerranéenne ». Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Géol. Bot. 42pp: 341-404.

Estrada C., Vázquez M., Melis B., Vadell J., 2006. Fruticultura de secano. El Algarrobo. In: Labrador. J, Porcuna. J.L & Bello. A (Cords), Manual de agricultura y ganadería ecológica. Eumedia. España, pp. 186-195.

Evreinoff V. A., Le Caroubier ou Ceratonia siliqua L In: Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 27^e année, bulletin n°299-300, Septembre-octobre 1947. pp. 389-401.

- F

FAO., 2019. Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'ouest : Etat des lieux et perspectives pour l'élevage. E-ISBN 978-92-5-208114-2 (PDF).

Feillet, P., & Roulland, T. M.,1998. Caroubin: A gluten-like protein isolate from carob bean germ. Cereal Chemistry, 75, 488–492.

Folch i Guillen R., 1981. La vegetació dels Països Catalans. Ed. Ketres, Barcelona.

- G

Gaouar Naila.,2011. Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie.

Gardia P., 1975. « Géodynamique da la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie Occidentale, relations structurale et paléogéographique entre le rie extérieur, le tell et l'avant pays atlassique ».

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Gharnit et al., 2006. Importance socio-économique du caroubier (*Ceratoniasiliqua* L.) dans la Province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc). Rev. Tela Botanica Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France BDNFF, VOL.4.02 N°33.

Gharnit N., Mtili N., Ennabili A. T. and Ennabili A.,2001. Social characterization and exploitation of carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.) from Mokrisset and Bab Taza (NW of Morocco). Sci. Lett. 3 n°2.

Gharnit N., 2003. « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratoniasiliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

Goldblatt, 1981; Bureš et al., 2004. Cytology and phylogeny of the leguminosea, In :Polhill R. Met Raven P.H, Advances Systematic.vol.2.Royal Boltanic Gardens ,Kew England pp.237-464.

Gonçalves, S., Correia, P.J., Martins-Loução, M.A. and Romano, A., 2005. A new medium formulation for in vitro rooting of carob tree based on leaf macronutrients concentrations, *Biologia Plantarum* 49 (2), 277-280.

Goycoola F.M., Morris E.R. & Gidley M.J.,1995. Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of “hyperentanglement” in solution. *Carbohydr. Polym.*, 27, 69-71.

- H

Haddarah, A. (2013). L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise (Thèse de l'Université de Lorraine, Nancy, France).

Halitim K., 1988. Sols des regions arides. OPU, Alger. 384p. Identification and quantification of polyphenols in carob fruits (*Ceratoniasiliqua* L.) and derived products by HPLC-UVESI/MSn, *J Agric Food Chem.*, Vol.52, N°12, pp.3784-91.

Hansel W.,2008. 350 plantes médicinales. Ed. Delachaux et Niestlé.

Hariri et al ., 2009 .Mise en oeuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux a base des extraits de caroube, rev .microbille .Ind.San et environn. P: 37-55.

Hassan sbay,2008 Le caroubier au Maroc « Un arbre d'avenir »

Hillcoat D., Lewis G. & Verdcourt B., 1980. A new species of *Ceratoniasiliqua* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew bull.* 35: 261-271.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- K

Karababa E. et Cokuner Y.,2013. Physical properties of carob bean (*Ceratonia siliqua L.*): An industrial gum yielding crop. *Industrial Crops and Products*. 42, pp: 440-446.

Konate, I.,2007. Diversité phénotypique et moléculaire du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) et des bactéries endophytes qui lui sont associées (Thèse de l'Université Mohammed V, Rabat, Maroc).

- L

Lavallée P., 1962. « Le caroubier, son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie ». Alger, 47p.

Limtong, S., Sringiew, C., & Yongmanitchai, W. (2007). Production of fuel ethanol at high temperature from sugar cane juice by a newly isolated *Kluyveromyces marxianus*. *Bioresource Technology*, 98(17), 3367-3374.

Liphschitz N., 1987. *Ceratonia siliqua L.* in Israel: An ancient element or a newcomer?. *Israel J. Bot.* 36: 191-197.

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

- M

Mahdad M-Y.,2013. Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) dans le Nord-ouest de l'Algérie. Thèse de Magister. Université de Tlemcen, Algérie.1-98.

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

MAPA,(1994), Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentación. Anuario de Estadística Agraria. Ed. Secretaría General Técnica, Madrid, Spain.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Melgarejo p. & Salazar D.M., 2003. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.

Mitrakos K., 1981. Temperature germination responses in three mediterranean evergreen sclerophylls. In: Margaris N.S. & Mooney H.A., (Eds). Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions - Basic and Applied Aspects. Dr.W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London. pp. 277-279.

Multon J.L.,1984. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires.Paris: Lavoisier.

- N

Nabli A.,1989. Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne, 1. Éléments de botanique et de phyto-écologie, MAB-FST-Laboratoire de botanique fondamentale et appliquée, pp. 247.

NAS., 1979. Tropical Legumes: Resources for the Future. National Academy of Sciences.

Ndir, B., Lognay, G., Wathelet, B., Cornelius, C., Marlier, M., & Thonart, P. (2000). Composition chimique du nétéu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 4(2),101-105.

Nedjraoui D., 2001. Profil fourrager. Algérie. Food and Agriculture Organization (FAO).

Nedjraoui D. & Bédrani S., 2008. La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. Volume 8 Numéro 1.

- O

Orphanos P.I. & Papaconstantinou J., 1969. The carob varieties of Cyprus. Tech. Bull.5. Cyprus Agricultural Research Institute. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Nicosia.

- P

Petit, D., & Pinilla, J. M.,1995. Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *LWT Food Science and Technology*, 28(1), 145-152.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Q

Quezel et santa.,1962-1963.Nouvelle Flore de Algérie et des régions désertiques méridionales, Paris, C.N.R.S. Vol(2).1170p.

Quezel et santa.,1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Tome 1). Edition du centre national de la recherche scientifique, 557 p.

- R

Ramon-Laca L. & Mabberley D.J., 2004. The ecological status of the carob-tree (*Ceratonia siliqua*, Leguminosae) in the Mediterranean. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 114. pp. 431-436.

Rebour H.,1968. Fruits Méditerranéen, la maison rustique Paris, pp.330.

Rejeb M. N., 1995. « Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration, in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : pp. 79-85.

Roukas T.,1993. Ethanol production from carob pods by *Saccharomyces cerevisiae*, *Food Biotechnology* 7,159–176.

Roukas T.,1996.Continuous ethanol production from nonsterilized carob pod extract by immobilized *Saccharomyces cerevisiae* on mineral kissiris using a two-reactor system, *Applied Biochemistry and Biotechnology* 59, 299–307.

Roukas T.,1998. Citric acid production from carob pod extract by cell recycle of *Aspergillus niger*, *Food Biotechnology* 12, 91–104.

Roukas T.,1999. Citric acid production from carob pod by solid-state fermentation, *Enzyme and Microbial Technology* 24, 54–59.

- S

Sánchez S., L.J. Lozano, C. Godínez, D. Juan, A. Pérez and F.J. Hernández., 2010, Carob pod as a feedstock for the production of bioethanol in Mediterranean areas *Applied Energy* Vol. 87, N°11, pp. 3417-3424.

Saouli A., 2019. Caractérisation morpho métrique et géométrique d'abeilles Domestique au niveau de la wilaya de Tlemcen, de Master. Université de Tlemcen, Algérie.

Sauvage., 1961. « Recherches géobotaniques sur le chêne liège au Maroc ». Th. Doc. Etat, Montpellier, Trav.Inst. Sci. Chérifien, Série Botanique, PP. 21-462.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Sandolo, C., Coviello, T., Matricardi, P., Alliaque, F., 2007. Characterization of polysaccharide hydrogels for modified drug delivery. *Eur. Biophys. J.* 36 (7), 693- 700.

Sbay H. & Abourouh M., 2005 . Apport des especes à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier; Atelier FAO- Plan Bleu sur le developpement durable, Rabat, 9p.

Sbay H. et M. Abourouh., 2006. Apport des espèces à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier, Centre de Recherche Forestière Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Rabat, pp.1-9

Sebastien K.T et Mc Comb J.A., 1986. «A micropogation system for carob (*Cratonia siliqua L.*) scientia horticulturae», 28 : pp. 127-131 Elsevier science Publishers B.V., Amesterdam.

- T

Tamaro D.,1925 Trattato di frutticoltura. Milano .

Tous J., Romero A., Plana J. and Batlle I.,1996. Current situation of carob plant material. In Proceedings of the III International Carob Symposium. Cabanas-Tavira. Portugal (in press).

Tucker ., 1992. the developmental basis for sexual expression in *Ceratoniasiliqua* (Leguminosae: Ceasalpinoideae: Cassieae). *Am. J. Bot.* 79(3) : 367-327.

Turhan, I., Bialka, K.L., Demirci, A., Karhan, M., 2010. Ethanol production from carob extract by using *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresource Technology* 101, 5290–5296.

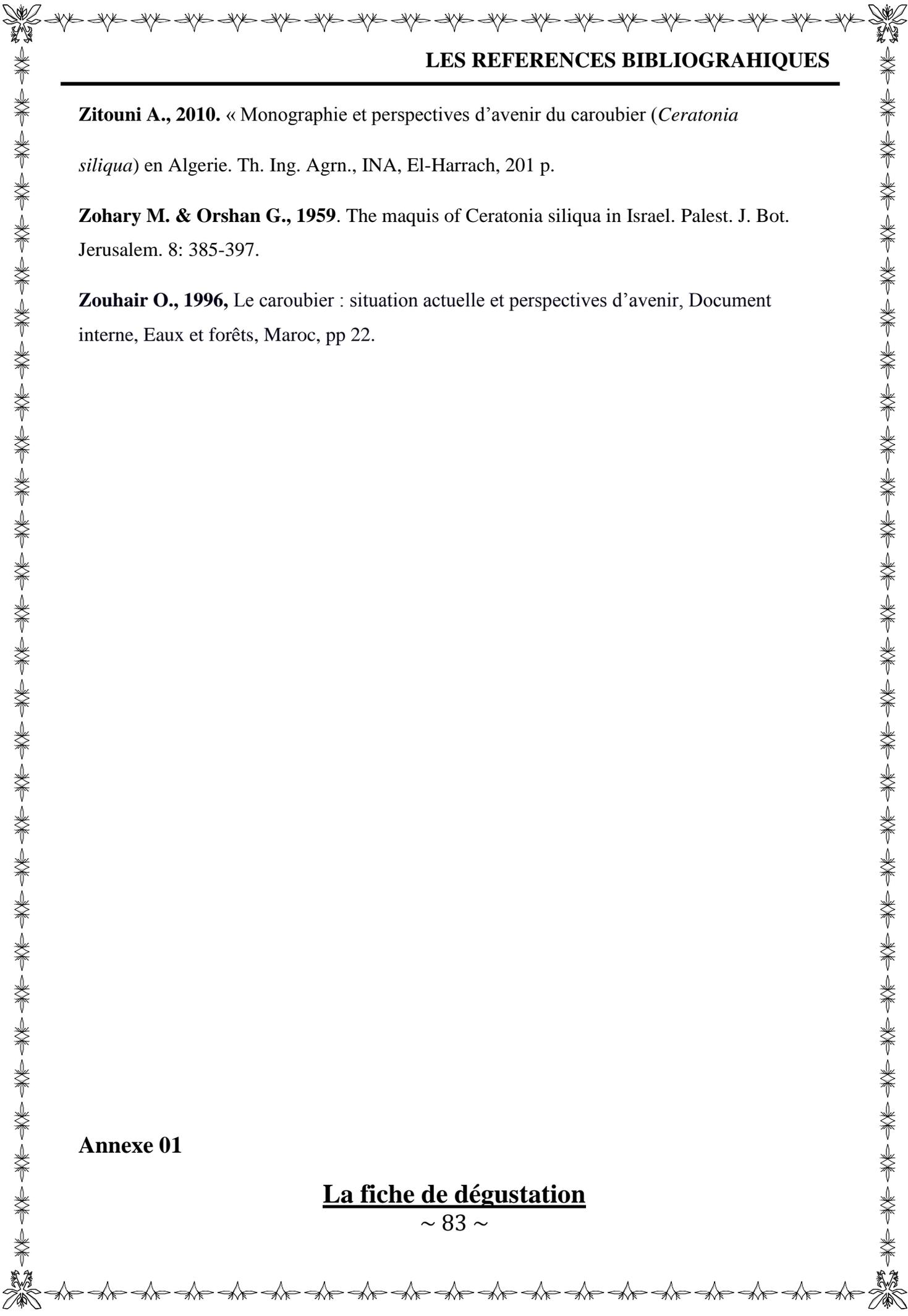
- V

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

Von Haselberg C., 1996. Factors influencing flower and fruit development in carob (*Ceratonia siliqua L.*). In: Proc. Third International Carob Symposium (Tavira, Portugal), University of Lisbon: Portugal.

Vourdoubas, J., Makris, P., Kefalas, J., Kaliakatsos, G., 2002. In: Proceedings of the 12th National Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy. Industry and Climate Protection, Amsterdam, pp. 489–493.

- Z



LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

Zohary M. & Orshan G., 1959. The maquis of *Ceratonia siliqua* in Israel. Palest. J. Bot. Jerusalem. 8: 385-397.

Zouhair O., 1996, Le caroubier : situation actuelle et perspectives d'avenir, Document interne, Eaux et forêts, Maroc, pp 22.

Annexe 01

La fiche de dégustation

~ 83 ~

Evaluation d'une recette du chocolat à la caroube

Date :

Sexe :

Age :

03 échantillons de chocolat codés A, B,C , sont présentés, il vous est demandé de les goûter et d'évaluer les caractéristiques suivantes : Odeur, Gout, Couleur, attribuer une note sur une échelle de 1 à 9 pour chaque échantillon :

Echelle :

9 = extrêmement agréable;

4 = assez désagréable ;

8 = très agréable;

3 = désagréable;

7 = agréable;

2 = très désagréable,

6 = assez agréable,

1 = extrêmement désagréable.

5 = Ni agréable ni désagréable.

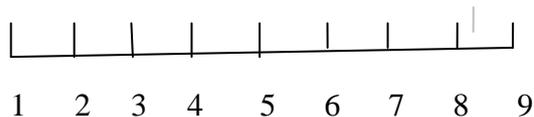
A- Couleur :

1. Marron (6 à 9)

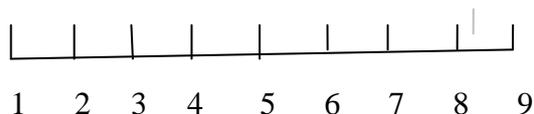
2. Marron clair (1 à 4)



Echantillon A



Echantillon B

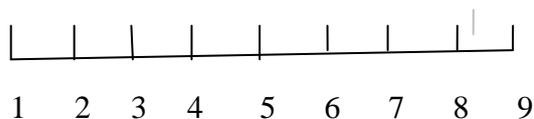


Echantillon C

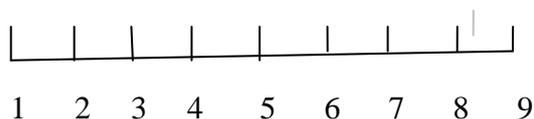
B - Odeur :

1. Bonne (6 à 9)

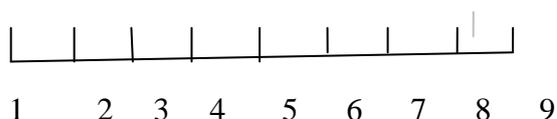
2. Mauvais (1 à 4)



Echantillon A



Echantillon B

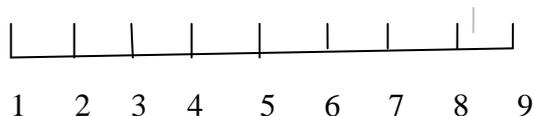


Echantillon C

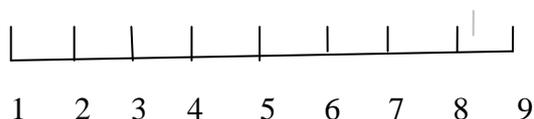
C- Gout

2. Bonne (6 à 9)

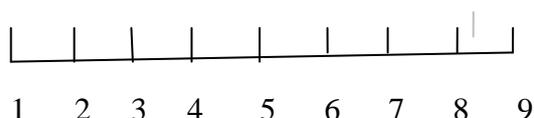
3. Mauvais (1 à 4)



Echantillon A



Echantillon B



Echantillon C

NB :

- Patientez quelques instants avant de poursuivre avec l'autre échantillon.
- Rincez la bouche avec de l'eau après chaque dégustation.

Merci pour votre coopération 😊

Annexe 02

La fiche de dégustation**Evaluation d'une recette du chocolat à la caroube**

Date :

Sexe :

Age :

03 produits alimentaires gâteau ; pain ; couscous, sont présentés, il vous est demandé de les goûter et d'évaluer les caractéristiques suivantes : aspect général, Gout, attribuer une note sur une échelle de 1 à 9 pour chaque échantillon :

Echelle :

9 = extrêmement agréable;

4 = assez désagréable ;

8 = très agréable;

3 = désagréable;

7 = agréable;

2 = très désagréable,

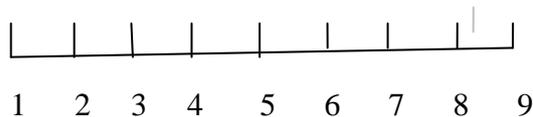
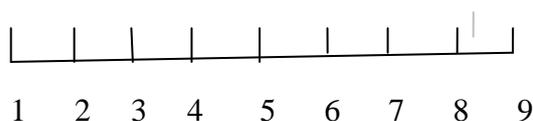
6 = assez agréable,

1 = extrêmement désagréable.

5 = Ni agréable ni désagréable.

B- Aspect général :

- **Échelle 1 à 4:** Extrêmement désagréable à assez désagréable
- **Échelle 5:** Ni agréable Ni désagréable
- **Échelle 6 à 9:** Assez agréable à extrêmement agréable

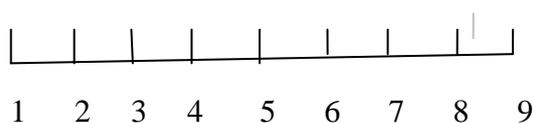
**Gâteau****Pain****Couscous**

B – Gout :

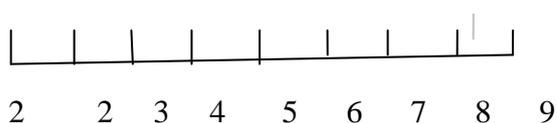
- **Échelle 1 à 4:** Extrêmement désagréable à assez désagréable
- **Échelle 5:** Ni agréable Ni désagréable
- **Échelle 6 à 9:** Assez agréable à extrêmement



Gâteau



Pain



Couscous

NB :

- Patientez quelques instants avant de poursuivre avec l'autre échantillon.
- Rincez la bouche avec de l'eau après chaque dégustation.

Merci pour votre coopération 😊