

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Science Biologique et des Science Agronomique

Département d'Agronomie

Mémoire de fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Science Alimentaire

Option : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Etude physico chimique de la gousse de
caroube (*Ceratoniasiliqua*) et essai de
production de chocolat

Réalisé par :

M^{lle} OULD SADELLAH Nawal

M^{lle} REHAB Fazia

Soutenu devant le jury composé de :

Président : Mr AMROUCHE Tahar

Professeur

Promoteur : Mr AMIR Youcef

Professeur

Examineur : Mr BENGANA Mohamed

Maitre de conférences B.

Promotion 2020 /2021

Remerciements

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

*Nos reconnaissances vont tout d'abord au **Professeur AMIR Youcef** qui nous a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour son encadrement rigoureux et méthodique et les compétences dont elle nous fait bénéficier au long de toutes nos études. Nous lui adressons également nos gratitude pour son aide précieuse et d'avoir été là pour nous, par ses conseils fructueux, son soutien continu et ses encouragements permanents. Merci de nous avoir guidés avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit.*

*Nous exprimons nos estimations et nos remerciements aux membres de jury **Mr AMROUCHE Tahar** et **Mr BENGANAMohamed** qui ont pris sur leur temps et ont bien voulu accepté de juger ce modeste travail*

*Un grand merci à l'ensemble de laboratoire de technologie alimentaire spécialement l'ingénieur de laboratoire **Mme IAZZOUEN Khadija** pour leur entière disponibilité, coopération ainsi pour l'ambiance et les bonnes conditions*

*Un spécial remerciement pour **Mr HOUALI** pour son aide et encouragements*

Finalement, nous remercions tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.

Dédicaces

À l'aide de DIEU, le Tout-Puissant Je dédie ce travail à mes très chers parents : < Meziane > et < Fatiha > Je les remercie pour leurs sacrifices, leurs patiences, leur soutien, l'aide et les encouragements qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude sans eux je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

A mes chère frères "Redouane et Rayane" à ma petite sœur "Lina"

A la mémoire de mes grandes mères "LAGAB Yamina" et "LAGAB Messad "et mon grand-père "OULD SADELLAH Mouloud "

A mon grand-père "ADJAL Hmed"

A mes copines Lydia Melissa Hanane qui m'ont aidé à compléter ce modeste travail

Je remercie énormément le groupe SOUMMAM en générale et le directeur de centre de collecte de lait Ikedjaioune Mourad

A ma chère binôme Fazia et sa famille.

A ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Nawal

Dédicaces

A l'aide de dieu, le tout- puissant

Je dédie ce travail à mes très chères parentes « ali » « ouiza » pour lesquels aucun mot ne saurait exprimer mes profonds sentiments ont leur égard.

Je les remercie pour leurs sacrifices, leur patience, leur soutien, leurs encouragements qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude.

A mes frères : Madjid, Amar, Mohamed, Mourad, Yanis

A mes sœurs : Kahina, Farida et son mari

Pour leurs conseils, leur soutien, leur orientations

A mon oncle « Mouloud » et ma tante maternelle « Nadia »

A mes copines : Fatima, Katia, Linda

A ma chère binôme Nawal et Sa famille

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à ce travail.

Fazia

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie 01 : Synthèse bibliographique

Chapitre 01 : présentation du caroubier

1-1- la Famille des fabacées.....	2
1-2- Présentation du caroubier	3
1-2-1- Genre <i>Ceratonia</i>	4
1-2-2- Taxonomie et systématique	4
1-2-3- Description et intérêt d'utilisation du caroubier.....	5
1-2-4- Composition chimique de la caroube	7
1-2-5- Les variétés de caroube	8
1-2-6- Origine du caroubier.....	9
1-2-7- Distribution géographique du caroubier.....	10
1-2-8- Production de la caroube	12
1-2-9- Intérêt et utilisation du caroubier.....	15
1-2-9-1- Domaine alimentaire.....	16
1-2-9-2- Domaine médical	17
1-2-9-3- Cosmétique	17

Chapitre 02 : Les Composées phénoliques et Activité antioxydante

2-1- Les Poly phénols.....	18
2-1-1- Biosynthèse et classification des composées phénoliques	18
2-1-2- 1- les Flavonoïdes.....	19
2-1-3- 2- les Tanins	19
2-1-4- 2-1-2- Activité antioxydante.....	20

Partie 02 : Partie Pratique

Chapitre 01 : Matériels et méthodes

1-1- Préparation du matériel végétal	21
1-1-1- Etude des paramètres physique de la caroube	21
1-1-2- Etude des paramètres chimique de pulpe de caroube	22
1-1-2-1- Dosage des composées phénoliques	22
1-1-2-2- Dosage des tanins	24
1-1-2-3- pouvoir réducteur de fer	25
1-1-2-4- Analyses qualitatifs	26
- Poly phénols	26
- Flavonoïdes	26
- Tanins	28

Chapitre 02 : Résultats et discussion

2-1- Etude morphologique	29
2-2- Analyse quantitative	31
2-2-1- Dosage des poly phénols	31
2-2-1-1- Détermination de la teneur en extraits de poly phénols totaux	31
2-2-1-2- Détermination de la teneur en tanins hydrolysables	35
2-3- Pouvoir réducteur du fer ferrique en fer ferreux.....	39

Chapitre 03 : Essai de production de chocolat à base de poudre de caroube

3-1- Formulation d'un substitut de chocolat à base de poudre de caroube	40
3-1-1- Composition et préparation	40
3-1-2- Diagramme de fabrication	41
3-1-3- Test sensoriel.....	42

A- Principe du test hédonique	42
B- Présentation d'une échelle sémantique	43
3-1-4- Prix d'une tablette de chocolat de caroube	45
Conclusion et perspective	46

Références bibliographiques

Annexe

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 1	Les gousses de quelques légumineuses	3
Figure 2	Le caroubier (<i>Ceratonia siliqua</i>)	4
Figure 3	Les feuilles du caroubier	6
Figure 4	Les fleurs du caroubier	6
Figure 5	Fruit du caroubier, gousses verte à gauche mure à droite	7
Figure 6	Graines du caroubier	7
Figure 7	Centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde	11
Figure 8	Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques	12
Figure 9	Evolution de la production de fruits en Algérie entre 2016 et 2017 parmi eux le caroubier	15
Figure 10	Le caroubier (<i>Ceratonia siliqua</i>)	16
Figure 11	Structure de base des flavonoïdes	19
Figure 12	Structure de base des tanins	19
Figure 13	Séparation des composants du caroubier	21
Figure 14	Les échantillons pendant la mise en obscurité	23
Figure 15	Les échantillons justes après l'addition de folin	23
Figure 16	Préparation de la concentration	24
Figure 17	L'extrait tannique	24
Figure 18	Recherche des poly phénols, flavonoides dans deux variétés de caroube	25
Figure 19	Test qualitatifs des poly phénols deux variétés	26
Figure 20	Les résultats du test qualitatifs des flavonoides	26
Figure 21	La recherche des tanins condensé et hydrolysables dans la caroube	27
Figure 22	Filtrat avant l'ajout d'acétate de sodium	28
Figure 23	Filtrat après l'ajout de l'acétate de sodium	28
Figure 24	Droite d'étalonnage d'acide gallique	32
Figure 25	Droite d'étalonnage des poly phénol de la variété 1	32
Figure 26	Droite d'étalonnage des poly phénols des variétés 2	33
Figure 27	Teneur en poly phénols en mg/g	34

Figure 28	Droite de la gamme étalon catéchine mg/ml	35
Figure 29	Teneur en tanin hydrolysable de deux variétés de caroube	36
Figure 30	Droite d'étalonnage des tanins de la variété 1	37
Figure 31	Droite d'étalonnage des tanins de la variété 2	38
Figure 32	Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique	38
Figure 33	Droite d'étalonnage du pouvoir réducteur de poudre de caroube	39
Figure 34	Quelques illustrations e de la préparation de chocolat	40
Figure 35	Diagramme de fabrication de chocolat à base de caroube	41

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Composition chimique du caroubier	8
Tableau 2	Les différentes variétés du caroubier	9
Tableau 3	Estimation de la surface cultivée, la production et le rendement de la caroube dans le monde, année de FAOSTAT	13
Tableau 4	Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie année 2009	14
Tableau 5	Caractéristiques physiques de quelques échantillons de la caroube variété 1	29
Tableau 6	Caractéristique physique de quelques échantillons de la caroube variétés 2	29
Tableau 7	Représentation de différentes moyennes des deux variétés (gousses entières)	30
Tableau 8	Caractéristique morphologiques des graines de caroube des deux variétés	30
Tableau 9	Teneur en poly phénols totaux dans l'extrait de pulpe de caroube	33
Tableau 10	Teneur en tanins hydrolysable de deux variétés de caroube	36
Tableau 11	Résultats du pouvoir réducteur de poudre de caroube	39
Tableau 12	Analyse sensorielle du chocolat	43

Liste des abréviations

FRAP: Ferrique Reducing, Antioxydant Power

FAO: Food Agriculture Organization

FeCl₃: chlorure ferrique

K₃Fe : Ferricyanure de potassium

TCA: trichloracétique

HCL: Acide chlorhydrique

UV: ultra-violet

IC: Concentration correspondante à 50% d'inhibition de l'échantillon à analyser

Fe³⁺: Fer Ferrique

Fe²⁺: fer ferreux

TPT : taux des poly phénols totaux



Introduction

Le marché mondial ou national des denrées alimentaires oblige toujours les industries agroalimentaires à formuler constamment de nouveaux produits. Pour le bon fonctionnement de la loi du marché offre/demande ainsi, le mode de vie des consommateurs cherchent toujours des aliments bio nécessite de remplacer les antioxydants synthétiques par les antioxydants naturels et l'utilisation de nouveaux ingrédients tels que les poly- phénols.

Actuellement , le caroubier est considéré comme une plante d'investigation de nouveaux antioxydants naturels (polyphénols) contenus dans les feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines. Son activité antioxydante est attribuée à la présence de composés phénoliques (**Custodio, 2011**) et grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques ; cet arbre s'installe favorablement dans les zones arides et semi arides.

Le caroubier possède une importance socioéconomique considérable ; ses gousses, plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière et aussi les graines et la pulpe font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisé dans les industries agro-alimentaire, (**Biner et al., 2007**).

La pulpe en particulier est reconnue comme source d'ingrédients bioactifs tels que les composés phénoliques dont certains présentent des activités antioxydantes (**Makris et Kefalas, 2004 ; Bernaldo-Gil et al., 2011 ; Sebaiet al., 2013**) et des propriétés thérapeutiques (**Ahmed, 2010**) et antiprolifératives (**Corsiet al., 2002**). Il est considéré comme substitut naturel de cacao utilisé pour la préparation de chocolat qui a la saveur et l'apparence semblable du chocolat. Contrairement à son homologue le cacao, il ne contient ni théobromine, ni caféine, c'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao. Le caroubier occupe aussi une place dans le domaine de la cosmétique et même pharmaceutique grâce à son effet anti diarrhéique (**Hariri et al., 2009**).

La production mondiale annuelle, essentiellement méditerranéenne, est estimée à 310000 tonnes, dont une bonne partie est fournie par l'Espagne suivie de l'Italie, du Portugal, du Maroc et de l'Algérie (**FAOSTAT, 2010**).

En Algérie, le caroubier est très négligé et n'a pas eu la place qu'il mérite malgré sa valeur économique non négligeable et en dépit de récolte et de transformation qui ne sont pas coûteuses. Mais, au cours de ces dernières années, l'Algérie a commencé à marquer sa présence dans le marché de la caroube par l'installation au niveau de Mascara d'une unité qui

assure la récolte, le broyage, et l'exportation de la farine de caroubes vers près de 20 pays à travers le monde. A Tizi-Ouzou, malgré la présence des caroubiers, ces derniers ne sont pas protégés et leur exploitation est anarchique.

Ce mémoire portant sur l'étude de la composition physicochimique de la caroubes avec essais d'exploitation provenant de deux régions à savoir Boghni et Freha de la wilaya de Tizi- Ouzou comporte deux grands chapitres :

La première partie ou synthèse bibliographique comporte elle-même deux chapitres ; le premier portera sur les généralités et l'étude botanique, l'état de l'art en ce qui concerne *Ceratonia siliqua*, le deuxième chapitre présentera les différents métabolites secondaires des gousses (ou pulpe) et son activité antioxydante étudiée.

Une seconde partie du travail englobant trois chapitres se résume en : le premier chapitre exposera les matériels et les différentes méthodes utilisés afin de finaliser notre recherche ; le second englobe tous les résultats obtenus et leurs discussions afin de les comparer à d'autres travaux cités dans la bibliographie ,le dernier comporte un Essai de production de chocolat à base de caroube.

Ainsi qu'une conclusion générale et des perspectives de recherche à venir.

Synthèse

Bibliographique



Chapitre

I Présentation du

1

1- Généralités sur la famille des fabacées

La famille des Fabacées ou Légumineuses est l'une des plus importantes du règne végétal en général et dans les dicotylédones en particulier (**Ozenda, 1991**), communément appelée fabales comptent 630 genres et 20 000 espèces environ, répandues dans le monde entier (**Judd et al., 2002**) dont en Algérie, on enregistre 53 genres et 339 espèces de fabales (**Quezel et Santa, 1962**).

Les spécialistes s'accordent à classer cette superfamille en trois groupes, certains font de l'ensemble de ces derniers une famille «Leguminosae où Fabales» et la divise en trois sous-familles « Cesalpinioideae, Mimosoideae et Papilionoideae= Faboideae» (**Spichiger et al, 2004; Marouf et Reynaud, 2007**) mais ils sont parfois traités en familles indépendantes (**Judd et al. 2002**)

En général, les Fabacées sont distribuées dans tous les biomes terrestres. Leur répartition est cependant variable selon la sous-famille. Les Fabacées sont cosmopolites et se retrouvent presque dans tous les milieux du globe terrestre et leur centre de diversité est situé en Amérique du centre et du sud. D'autres centres de la diversité sont localisés également en Afrique et en Asie (**Ndayishimiye, 2011**)

La famille ou la superfamille des légumineuses présente des plantes dicotylédones, dialypétales, superovariées, herbacées ou arborescentes, annuelles, bisannuelles ou pérennes dont le fruit est une gousse ou légume (**Marouf et Reynaud, 2007**). Et selon **Judd et al. (2002)**, les espèces des Fabacées sont généralement des herbacées, arbustes, arbres ou plantes grimpantes à lianes volubiles ou à vrilles. Les feuilles sont généralement alternes, composées pennées (ou bipennées) à composés palmés, trifoliolés, ou unifoliées; entières à parfois dentées – serrées à nervation pennée.



Figure 1 : les gousses de quelques légumineuses

2- Présentation du caroubier

2-1- Genre *Ceratoniasiliqua*

Le caroubier (*Ceratoniasiliqua L.*), appartenant à la grande famille des légumineuses, est une essence presque endémique du pourtour méditerranéen, cultivé depuis longtemps pour ses produits dérivés mais aussi pour sa résistance au manque d'eau (**Biner et al., 2007; Avallone et al., 1997**)

Le caroubier est un arbre ou arbuste sclérophylle sempervirent, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (**Boudy, 1950 ; Rejeb et al., 1991 ; Ait Chitt et al., 2007**).

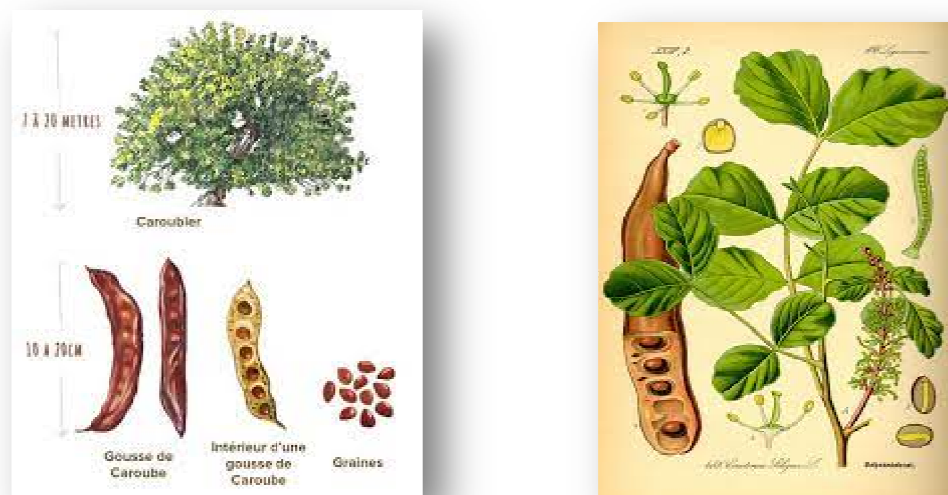


Figure 2 : le caroubier (*Ceratoniasiliqua L.*)

2-2- Taxonomie et systématique

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratoniasiliqua L.* dérive du grec Keras (=corne) et du latin siliqua désignant une silique ou gousse et faisant allusion à la dureté et à la forme du fruit, il est connu aussi sous le nom de pain de St. Jean-Baptiste (**Battle et Tous, 1997**).

Par ailleurs, le nom dialectal kharouv, originaire de l'hébreu, a donné lieu à plusieurs dérivés tels que Kharroub en arabe, algarrobo en espagnol, carroubo en italien, caroubier en

français, etc... En outre, les graines de caroube, vu leur uniformité, sont appelées 'carats' et ont servi pendant longtemps aux joailliers comme unité de poids pour peser les diamants, les perles et d'autres pierres précieuses (1 carat = 205,3mg) (**Rejeb, 1995**).

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des légumineuses (Fabacée), de l'ordre des Rosales. Toute fois, cette position taxonomique reste litigieuse. Il est généralement placé dans la tribu des Cassieae, sous famille des Cesalpinoïdae. Cependant, certains auteurs, ont émis des réserves en ce qui concerne la véracité de ce positionnement. Par ailleurs, des études cytologiques ont révélé que le genre *Ceratonia* qui possède un nombre total du chromosome $2n = 24$ est éloigné des autres membres des Cassieae dont le nombre du chromosome est $2n = 28$ (**Bureš et al., 2004**). En plus, certains auteurs ont désigné *Ceratonia* comme étant l'un des genres les plus archaïques des légumineuses et qui serait complètement isolé des autres genres de sa famille (**Zohary, 1973**)

2-3- Descriptions et intérêt d'utilisation

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, socio-économique, industrielle et ornementale indiscutable. En terme de produits, l'arbre et toutes ses composantes (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racine) sont utiles et particulièrement le fruit.

A- Les feuilles

Ses feuilles ont de 10 à 20 cm de longueur persistantes coriaces alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, de couleur vert luisant sur la face dorsale et une vertepale dans la face ventrale, il perd ces feuilles tous les deux ans au mois de juillet (**Kicher et Ladjoudi2016**)

Dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles (**Priolo et al., 2000**).

Les extraits des feuilles qui contiennent de tanins ont été, en Turquie, sont utilisés dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique (**Baytop, 1984**). Ces extraits foliaires ont été également désignés comme étant porteurs des activités cytotoxiques et antimicrobiennes (**Kivçak et Mart, 2002**).



Figure 3 : Les feuilles du caroubier

B- Les fleurs

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille 6 à 16 mm de longueur, spiralé et réunie en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires (**Kicher et Laddjoudi, 2016**).

Les fleurs du caroubier sont regroupées en grappes latérales, habituellement dressées ou ascendantes, brièvement pédonculées. Initialement, les fleurs sont bisexuelles; il y a suppression d'un axe durant le développement et le fonctionnement des cellules pour aboutir à des fleurs mâles ou femelles (**Ait chitt, Belmir et Lazrak, 2007**)



Figure 4 : Les fleurs du caroubier

C- Les fruits

Les caroubes sont les fruits du caroubier. Elles sont réunies en grappes simples. Elles sont de grande taille avec une longueur de 10 à 30 cm. Une largeur de 1,5 à 3,5 cm et une épaisseur de 1 à 2,5 cm; le poids est de 15 à 40 g. Le fruit est indéhiscent, brun foncé à noir à

maturité, aplati, allongé ou courbé, séparé à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme des 5 à 16 graines brunes, soit 10 à 20 % du poids de la gousse en fonction de cultivar, du climat et de la conduite technique(Ait chit, Belmir et Lazrak, 2007).

La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe, et les graines, sa couleur est d'abord verte, puis elle devient brun foncée à maturité (Kicher et Ladjoudi, 2016).



Figure 5 : fruit du caroubier ; gousse verte à gauche
mure à droite

D- Les graines

Les graines sont ovoïdes, rigides d'une couleur qui dépend de la variété ; elle peuvent être marrons, rougeâtres ou noires dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm en moyenne(Boubelenza, 2012).



Figure 6 : graines du caroubier

2-4- Composition chimique du caroubier

- La pulpe et les graines sont les deux principaux composants de la gousse du caroubier.
- La composition chimique de la pulpe de caroube est souvent influencée par : l'origine, période de récolte, variétés, période de stockage.

Tableau 1 : Composition chimique du caroubier(Dakia, 2007)

La pulpe 90 %	La graine 10 %
Glucide 48 -72 %	L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30 -33% L'endosperme (albumen) 42-46%
Protéine 1- 2%	
Matière grasse 0,5-0,7%	
Cellulose et hémicellulose 18 %	
Minéraux (Ca, Mg, K, P)	
Pectine et fibres 4,2à 9,6%	L'embryon (germe) 23-25%
Cendres 1,5à 2,4%	
Poly phénols 16-20%	

Les composés phénoliques contenant dans la pulpe de caroube qui sont principalement les tanins condensés, les flavonoïdes, tanins hydrolysables et les poly phénols lui confère différents rôles on cite :

- ❖ Facilite la digestion
- ❖ Baisse le taux de cholestérol

D'où la poudre de caroube se situe entre les meilleurs légumes et la source de protéines animale(Dakia, 2007).

2-5- Les variétés de caroube

Tableau 2 : les différentes variétés du caroubier

Variétés	Propriétés
Amele (ancienne variété commerciale de l'Italie) Casuda (cultivar très ancien de l'Espagne)	les gousses de couleur marron clair ; droites ou légèrement incurvés (14-15cm) de long (2-2,5cm) de large ; teneur en sucre de 53,8% bonne saveur
Arbre de la rue Clifford	les gousses de couleur brune la plupart du temps sec (12cm) de long ;(1,5cm) de large le sucre est de 51,7%
Sfax (de Menzel-bouZelfa, Tunisie)	la gousse rouge – brun droite ou légèrement incurvés souvent tordu, (15cm) de long (2cm) de large, le sucre est de 56,5%
Santa Fe-semis (de Santa Fe Springs, en Californie)	La gousse brun clair ; légèrement incurvé souvent tondu (18-20cm) de long (2cm) de large le sucre est de 47,5% ; Excellente saveur
Tantillo (de Sicile, Italie)	La gousse brun foncé la plupart du temps sec (13-15cm) de long (2cm) de largeur
Tylliria (de Chypre)	La gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, (15cm) de long (2-2,5cm) de large le sucre est de 48,8%. Bonne saveur

2-6- Origine du caroubier

Le lieu d'origine du caroubier demeure douteux, mais des études archéobotaniques ont montré que le caroubier était présent à l'Est de la méditerranée (Syrie et Turquie)(**Estrada et al.,2006**).

Le *Ceratonia siliqua* est une espèce thermophile d'où sa large propagation en climat méditerranéen. D'origine arabe, il est domestiqué depuis la période néolithique 4000 ans avant J.C (Jésus christ) et sa culture est extensive date d'au moins 2000 ans avant Jésuschrist,et actuellement le caroubier fait l'objet d'un commerce important et constitue un article d'exportation de certains îles de la méditerranéens orientales notamment de Chypre (**Evreinoff , 2016**).

2-7- Distribution géographique du caroubier

A- International

Le Caroubier est présent dans les 5 Continents (Figure7) , en se situant fondamentalement dans des limites secteurs de culture situés entre les Tropiques Cancer et Capricorne et les 402degés de latitude, Nord et Sud respectivement, avec des exceptions dérivées des conditions.

Aschman (1973) et **Margaris (1980)** ont dit que ses secteurs se caractérisent par des climats méditerranéens qui se composent d'une flore arborescente et arbustive d'aspect très semblable; généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *C. siliqua* est limitée par des stress liés aux froids (**Mitrakos, 1981**). Dans les zones basses méditerranéennes (0-500m, rarement 900m d'altitude), le caroubier constitue une essence dominante et caractéristique du maquis des arbres sclérophylles (**Zohary et Orshan, 1959; Folch et Guillen, 1981**).

Selon **Hillcoat et al., (1980)**, le caroubier s'étend à l'état sauvage en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Palestine, Sud de Jordanie, Egypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranée. Il a été disséminé par les grecs en Grèce et en Italie et par les arabes le long de la côte Nord de l'Afrique, au Sud et à l'Est de l'Espagne. Dès lors, il a été diffusé au Sud du Portugal et au Sud-est de France.

Il fut aussi introduit avec succès par les espagnols et les Anglais dans d'autres pays à climat entre autres méditerranéens notamment aux Etats-Unis (Arizona, Sud de la Californie), au Mexique, en Australie et en Afrique de Sud (**Estrada et al., 2006**).

Melgarejo et Salazar , (2003) considèrent sans aucun doute que la méditerranée est le centre de la diversité du caroubier et que même si cette zone n'est pas le centre d'origine, le plus important aux yeux d'un améliorateur reste bel et bien que c'est dans le bassin méditerranéen, qu'existe une plus grande diversité de l'espèce et pour autant c'est l'aire dans laquelle il est fort possible de trouver de nouveaux matériels génétiques avec une plus grande probabilité de réussite.



Figure 7 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (**Battle et Tous , 1997**)

B- En Algérie

En Algérie le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le Tell (Figure 8)(**Quezel et Santa ,1962**). On le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier dans les étages semi arides chauds ,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 à 20°C et une pluviométrie de 80mm à 600mm/an (**Gaouar, 2011**).

Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (figure). 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 Annaba ,Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend jusqu'à Boussaada, mais n'y porte pas de fruit et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha) (Gaouar ,2011)

En Algérie la distribution du caroubier suivant les critères de production, se trouve dans les Wilaya suivantes : Bejaïa, Blida, Tipaza, Boumerdes, Ain Belfla, Bouira, Tlemcen, Mascara, Tizi-Ouzou (Zitouni, 2010).

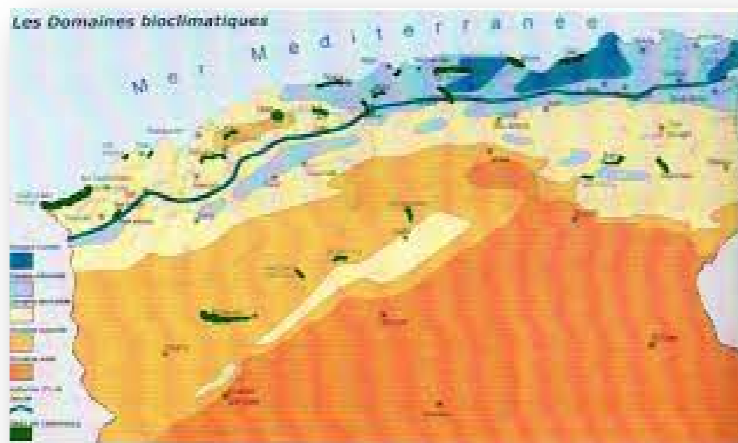


Figure 8 : La distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatique

(A.N.R.H 2004)

2-8- Production du caroubier

A- Mondial

Selon les données du **FAOSTAT (2019)**, la production mondiale de caroube est estimée à 136539 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, Italie, Maroc, Portugal, Grèce, Turquie, suivie de Chypre, Algérie, Liban, et en dernier la Tunisie.

La majorité de la production se concentre principalement au Portugal, premier producteur avec 41 909 T; par ailleurs, les faibles productions ont été enregistrées par le Liban, la Tunisie l' Australie et l' Afrique du Sud (**Benamar, Kaid-harch et Daguin ; 2011**).

Tableau 3 : Estimation de la surface cultivée, la production et le rendement de la caroube dans le monde, année 2011 donnée de FAOSTAT

Pays	Surface cultivée (ha)	Production (tonnes)	Rendement (t /ha)
Espagne	47000	55754	1,19
Maroc	9717	20489	2,11
Italie	9183	44749	4,87
Portugal	8274	31067	3,75
Grèce	5284	20901	3,96
Turquie	2910	13972	4,80
Chypre	1353	10560	7,80
Palestine	1347	210	0,16
Algérie	1000	4000	4,00

A- En Algérie

L'Algérie occupe le huitième rang avec 1,95% de la production mondiale (**Battle et Tous, 1988**). La superficie cultivée totale de caroubier en Algérie a fortement baissé passant de 11000 ha en 1961 en 1000 ha en 2011 (**FAOSTAT**).

En 2009, cette superficie était de 927 ha (dont 645 ha soit 69,58% de la superficie totale se trouve dans la wilaya de Béjaïa, suivie par la wilaya de Blida 23,79% et Tipaza avec 16,55% (FAOSTAT 2013).

La production nationale de la caroube est estimée à 3655 tonnes (FAO, 2014). La superficie cultivée du caroubier dans le Nord-ouest de l'Algérie (comprenant la wilaya de Tlemcen et Mascara) ne représente que 6 ha, soit 0,65% de la superficie nationale, tandis que la production de la caroube est de seulement 0,39%.

Tableau 4 : Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, année 2009

Wilaya	Surface cultivé en Ha	Production (qx)	Rendement
Bejaïa	645	18417	28,6
Tipaza	105	5600	5303
Blida	100	8050	80,5
Boumerdés	32	1080	40
Bouira	22	144	6,9
Mila	10	80	8
Tlemcen	5	100	20
B.b. arrerej	4	20	5
Ain Defla	2	300	150
Mascara	1	30	30
Tizi-Ouzou	1	20	20
Total	927	33841	36,5

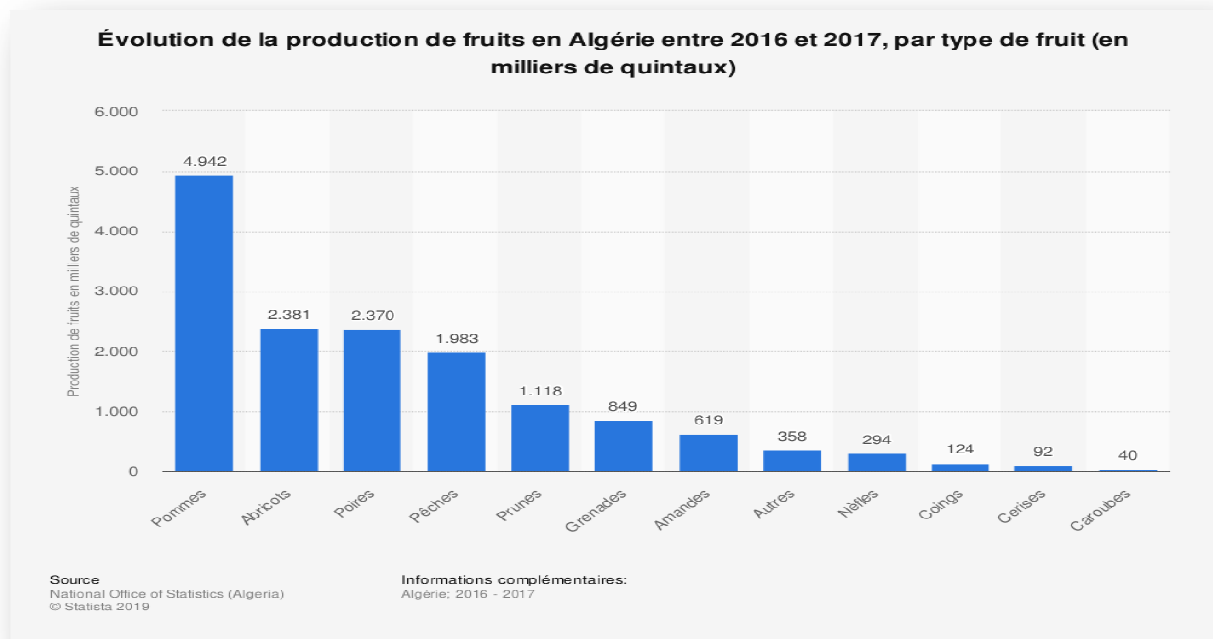


Figure 9 : évolution de la production de fruits en Algérie entre 2016 et 2017 inclus le caroubier

2-9- Intérêt et utilisation du caroubier

Le caroubier est un arbre d'importance écologique et socio-économique, et industrielle indiscutable; cet arbre demeure actuellement l'arbre le plus performant parmi les arbres fruitiers et forestiers. En terme de produit l'arbre et toutes ses composants (feuilles, fleurs, écorce, graines) sont utiles et particulièrement le fruit dans plusieurs domaines pharmaceutique, cosmétique, alimentaire et tannerie (**Boublenza,2012**).



Figure10 : le caroubier (*Ceratoniasiliqua*)

2-9-1- Domain alimentaire

De la caroube on tire dans l'industrie agroalimentaire deux produits utilisés abondamment : la farine et la gomme de caroube.

La farine de gousse de caroube est largement utilisée comme stabilisant, épaississant et substituant de cacao en méditerranée dans les confiseries, les biscuits, crèmes glacées, les bonbons et les boissons (Ayaz et al., 2009; Bineret al., 2007; Durazzo et al., 2014 et Kumuzawa, 2002) en raison de :

- ❖ Sa teneur en acides aminés équilibrés
- ❖ Sa douceur et saveur semblable au chocolat
- ❖ Son bas prix

L'avantage d'utilisation de poudre de caroube par rapport à la poudre de cacao c'est qu'il ne contient ni caféine ni de théobromine (Bengeochea et al., 2008)

La gomme de caroube est aussi utilisée dans plusieurs produits commerciaux comme agents stabilisateurs, épaississants, agglomérants et gélifiants (Battle et al., 1997). Elle est substitut de la pectine de la gélatine dans les fromages, sauce, mayonnaise, nappages

2-8-2- Domaine médical

Le caroubier est un remède naturel et particulièrement conseillé en cas de :

- ❖ Troubles digestifs
- ❖ Reflux gastrique fréquents
- ❖ Irritation du colon
- ❖ Vomissements persistants et acidité gastrique
- ❖ Hémorroïdes, anémie et carences nutritionnelles
- ❖ Problèmes associés au régime et d'obésité (grâce à sa teneur élevée de tannins en créant la sensation de satiété)

Actuellement, la caroube est considérée comme une matière d'investigation de nouveaux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe de la graine et la pulpe du fruit ; cette activité est attribuée grâce à la présence de composés phénoliques et fibres (Custodio et al., 2011).

2-9-3-Cosmétique

La gomme de caroube est utilisée en cosmétique (savons, crèmes, dentifrices) pour sa capacité à former une solution visqueuse à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes, stabilisants (Goycoola et al., 1995).

chapitre II

Composées phénoliques et activité antioxydante

1- Généralités sur les poly phénols

Avec environ 9000 structures chimiques naturelles élucidées à ce jour, les polyphénols constituent une famille importante de métabolites secondaires de faible poids moléculaire du règne végétal (Akowau *et al.*, 2004) ; ils sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la germination des graines ou la maturation des fruits (Lugasietal., 2003).

Ces corps jouent un rôle fondamental car ils sont partiellement responsables des qualités sensorielles et alimentaires des aliments végétaux, et participent fortement aux critères de qualité (couleur, astringence, amertume...) qui orientent le choix de l'homme dans la consommation et l'utilisation des végétaux et des produits qui en dérivent par transformation (Macheix *et al.*, 2005).

1-1- Biosynthèse et classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques regroupent un vaste ensemble de substances chimiques dont plusieurs milliers ont été identifiés chez les végétaux. Bien qu'étant très diversifiés, ils ont toujours en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles, en plus d'autres composantes. Les composés phénoliques sont synthétisés soit par voie du shikimate (phénols, coumarines, tanins et lignanes), soit par celle de l'acétate (les quinones, les orcinols et phoroglucinols). Par ailleurs, la voie des poly acétate intervient pour les végétaux supérieures pour des composés possédant déjà un noyau aromatique obtenu par la voie des shikimates (Macheix *et al.*, 2005). Ils sont caractérisés par la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs groupements hydroxyles libres ou engagés avec d'autres fonctions (éther, ester, hétéroside), avec un ou plusieurs résidu(s) sucré(s) lié(s) ou ils peuvent également être liés avec d'autres composés chimiques tels que des acides carboxyliques, des amines ou des lipides avec d'autres phénols (Ferguson, 2001 ; Martin et Andriantsitohaina, 2002 ; Stoclet *et al.*, 2004).

1-1-1- Les flavonoïdes :

Ils constituent le plus large groupe des phénols dans la plante. Ces pigments sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles aussi sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement UV (Hadi, 2004).

Ils ont un squelette de base de quinze atomes de carbones qui sont arrangés a une configuration C6-C3-C6, constitués de 2 cycles aromatiques A et B relié par une chaîne en C3 qui forme un hétérocycle oxygène C (**Guignard, 1996**).

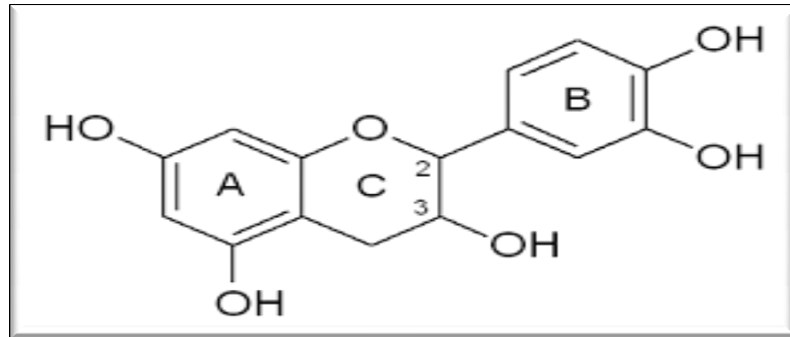


Figure 11: Structure de base des flavonoïdes.

1-1-2- Les tanins :

Les tanins (ou tannins) sont des substances d'origine végétale, ayant la propriété de «tanner» les peaux c'est-à-dire de les rendre dures et imputrescibles, en se fixant sur les protéines, d'où leur utilisation la plus importante dans le nettoyage du cuir et le rendre stable (**Haslam, 1989**).

Les tanins sont caractériser par une saveur astringente et sont trouvé dans toute les parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruites et racines (**Scalbert, 1999**).

Les tanins sont subdivisées en deux classes différentes, largement distribuer chez les végétaux supérieures, qui sont les tannins hydrolysables et les tannins condensées (**Kaberaetal., 2014**).

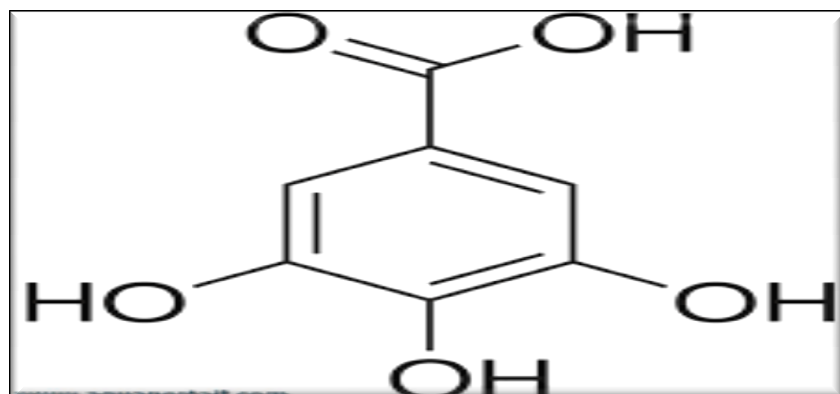


Figure 12 : Structure chimique de base des tanins

Les composés phénoliques sont des produits du métabolisme secondaire le plus large et le plus répandu du règne végétal et font partie intégrante de l'alimentation humaine et animale (Martin et Andriantsitohaina, 2002).

Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes, mais avec une répartition quantitative qui varie entre les différents tissus. Plus de 8000 structures ont été identifiées (Waksmundzka et Sherma, 2011), allant de simples molécules comme les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées comme les tannins (Mumper, 2010).

➤ **Les tanins hydrolysables**

Les tanins hydrolysables sont caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique. Ce sont des esters d'oses et d'acides phénoliques (acides galliques...).

La variation structurelle entre les différentes molécules est causée par la nature du couplage oxydatif entre les unités d'acide gallique ou par l'oxydation des noyaux aromatiques (Mueller Havey, 2011).

➤ **Les tanins condensés**

Contrairement aux tanins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettant de les dégrader (Dixon *et al.*, 2005). Par la formation de complexes avec les protéines, les tanins condensés sont responsables du caractère astringent des fruits et des boissons ainsi que de l'amertume du chocolat.

1-2- Activité antioxydant

✓ **Pouvoir réducteur de fer**

Le pouvoir réducteur du fer est estimé par la méthode d'Oyaizu (1986). Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant. Cette technique a été développée pour mesurer la capacité des extraits à réduire le fer ferrique présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en fer ferreux. En effet, le (Fe^{3+}) participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton qui est révélée par le virage de couleur jaune du fer ferrique Fe^{3+} en couleur bleu vert de fer ferreux Fe^{2+} . Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits.

partie
pratique

chapitre I

Matériels et méthodes

1- Préparation du matériel végétal :

Le fruit *Ceratoniasiliqua* a été récolté d'une manière aléatoire dans deux régions Freha et Boghni dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Les gousses de caroube ont été d'abord séchées au soleil, concassées pour séparer la pulpe et les graines. La pulpe est broyée à l'aide d'un broyeur électrique, tamisé avec des tamis de différents calibres pour obtenir une poudre très fine conservée dans des bocaux en verres et gardée dans un endroit sec.



Figure 13 :Séparations des composants de caroubes.

1-1- Etude des paramètres physiques de caroube

Dix gousses de caroube de chaque variété ont été choisies au hasard pour mesurer les différents paramètres : Longueur, diamètre, poids et indice de taille ainsi que le nombre de grains et le poids de chacune (Opération est effectuée pour les deux variétés)

- ✓ La longueur et le diamètre de chaque gousse a été déterminé en centimètre à l'aide d'une règle graduée (en plastique) ;
- ✓ Le poids a été mesuré à l'aide d'une balance électrique ;
- ✓ Indice de taille est le rapport de la longueur sur la largeur.

1-2- Etude des paramètres chimique de pulpe de caroube

1-2-1-Dosage des composés phénoliques

❖ Extraction des gousses de *Ceratonia siliqua* (pour le dosage des polyphénols) :

Remarque : Toutes les opérations effectuées ci-dessous sont appliquées pour les deux variétés de caroubes.

Afin d'extraire les différents métabolites secondaires contenus dans la pulpe de caroube notamment les composés phénoliques et après l'utilisation des plusieurs protocoles ; nous avons obtenu des résultats avec le Protocole suivant pour les deux variétés de caroube ;

Mode opératoire

- Macération 2g de pulpe de caroube dans 100 ml de l'hexane avec agitation pendant 30 à 40 min pour le dégraisser, versé le solvant et laissé sécher.
- Ensuite on a mis l'échantillon dégraisé dans l'acétone (40ml d'acétone, 40ml d'ED)
- Agiter pendant 1 heure à température ambiante, après filtration on récupérer le surnageant et compléter avec l'ED.
- Préparation de 10 différentes dilutions pour la solution récupérée après extraction.
- Accompagner d'une préparation de la gamme étalon de l'acide gallique avec les concentrations suivantes : 0,10,20,30,40,50,60,70,80,90,100 mg /ml : on utilisant la formule $C_1V_1=C_2V_2$.

➤ Principe (SINGLETON, 1965 et rapporté par DOGYAN, 2005)

La réaction est basée sur la réduction de l'acide phosphomolybdique du réactif Folin (un acide de couleur jaune) par les polyphénols en milieu alcalin (Catalano *et al.*, 1999).

Elle se traduit par le développement d'une coloration bleue foncée due à la formation d'un complexe molybdène tungstène mesuré au spectrophotomètre.

➤ Mode opératoire

- Préparation de 10 tubes à essai dont on pipète 1 ml (échantillon, gamme) ;
- addition de 0,5 ml de Folin Ciocalteu, laissé agir pendant 3 min puis ajouté 1 ml de carbonate de sodium (35%) ;
- Compléter le volume des tubes avec l'ED et laissé à l'obscurité pendant 1 heure enfin lire la densité optique à 650 nm.

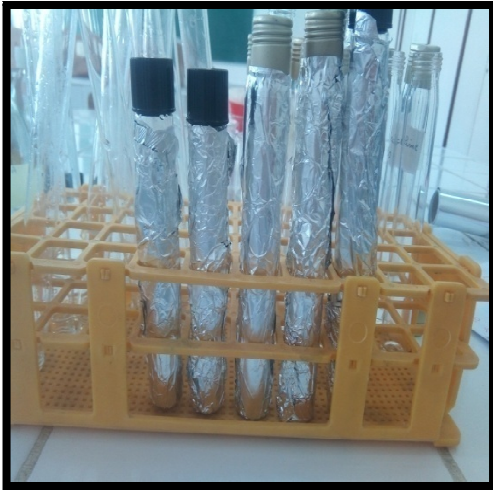


Figure 14 :Les échantillons pendant la mise en obscurité.



Figure 15:Les échantillons justes après l'addition de Folin.

1-2-2-Dosage des tanins

❖ Extraction des tanins (Bruneton,1999)

- 10g de caroube broyée sont mis en présence de 180ml ED et 100 ml d'acétone puis l'ensemble subit la macération à froid à 4 °C pendant 4 jours.
- Filtrer et extraire la solution deux fois avec 50 ml de dichlorométhane afin d'éliminer les pigments et les lipides.

➤ Principe du dosage (Mole et Waterman,1987)

La méthode est basé sur la réaction de l'extrait tannique avec le réactif ferrique qui provoque une coloration violette du complexe d'où la formation des ions Fe^{3+} .

➤ Mode opératoire

- Avant d'entamer le dosage nous préparons la gamme étalon de la catéchine 4mg dans 4ml l'ED avec les concentrations suivantes : 20, 40, 60, 80,100 en utilisant la formule $C1V1=C2V2$.
- Introduire 1 ml de la solution ou d'échantillon dans les 5 tubes à essais.
- rajouter 1 ml de chlorure ferrique à chaque tube et incuber 20 min à T° ambiante, ensuite passer vers une lecture de la densité optique 550 nm après au moins 15 secondes après l'addition du réactif.



Figure 16 :Préparation des concentrations.



Figure 17 :L'extrait tannique.

Remarque : L'ensemble des méthodes dans la partie pratique se sont effectuées sur les deux variétés de caroube.

1-2-3-Pouvoir réducteur de fer

➤ Principe

La méthode est basée sur la réaction de réduction de Fe^{3+} présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en Fe^{2+} , la réaction est révélée par le virement de couleur jaune du fer ferrique (Fe^{3+}) à la coloration bleu vert du fer ferreux Fe^{2+} l'intensité de cette coloration est mesurée par spectrophotométrie à 700 nm.

➤ Méthode de dosage (Khaledkhodjaetal., 2014)

- Un volume de 1ml d'extrait est additionné à 0,5 ml de tampon phosphate (0,2 M, pH=6,6) et 1 ml de ferricyanure de potassium K_3Fe (1%).
- Après incubation à $50^{\circ}C$ pendant 20min, 1ml d'acide trichloracétique (10%) sont ajoutés au mélange suivi d'une centrifugation pendant 15min.
- Ajoutée 1ml d'eau distillée et de 0,5 ml de chlorure ferrique $FeCl_3$ (0,1%).
- Après une incubation à l'obscurité pendant 10 min, l'absorbance est mesurée à 700 nm avec le témoin qui est l'acide gallique.

1-2-4-Analyses qualitatives

Il s'agit d'une étude qualitative visant la recherche des principaux groupements chimiques tels que les poly phénols et les tanins.

Remarque : Les tests qualitatifs effectués ci- dessous concernent les deux variétés étudiées.

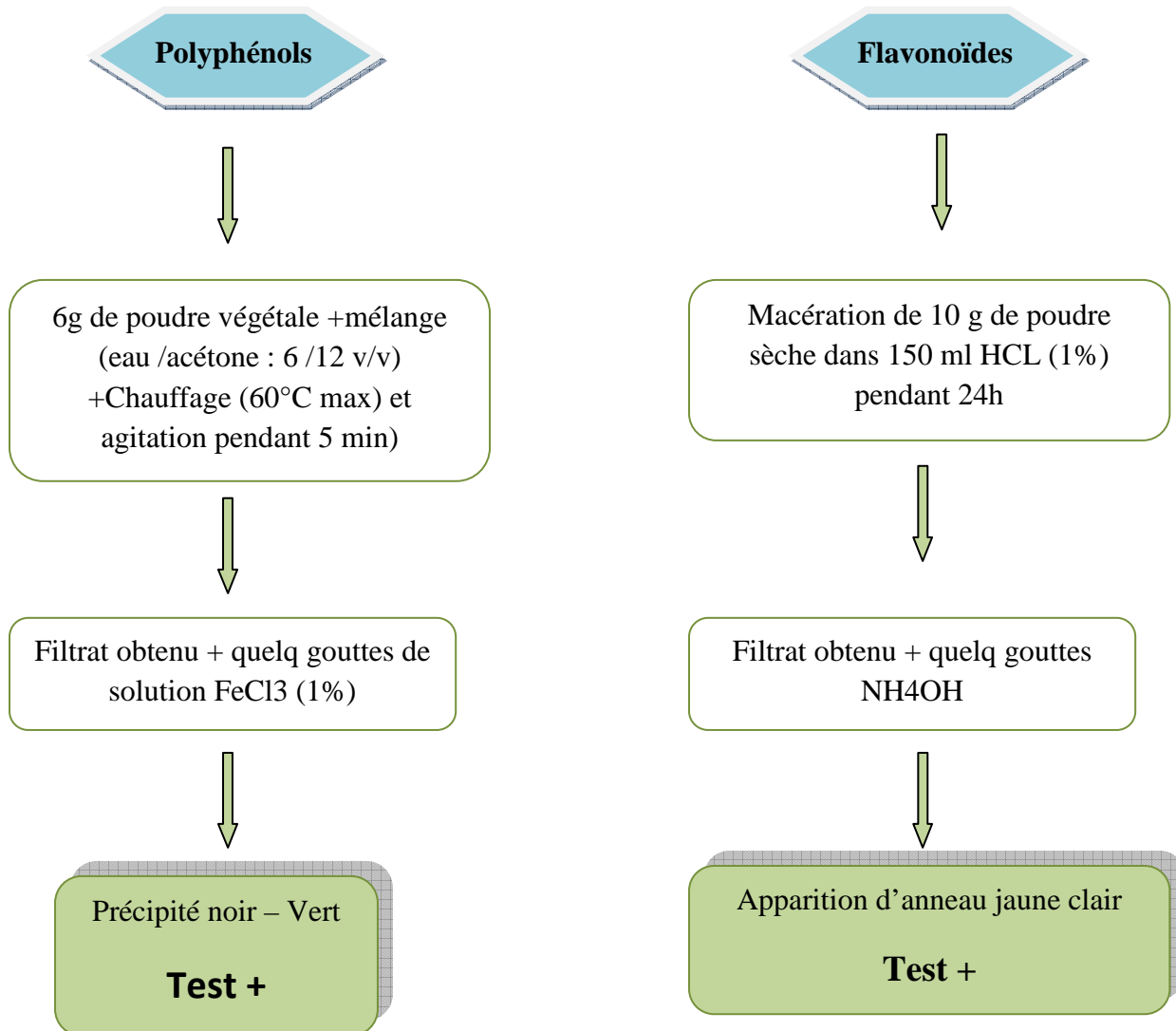


Figure 18 : Recherche des poly phénols, flavoindes dans deux variétés de caroube



Figure 19 : Test qualitatif des poly phénols des deux variétés.



Figure 20 : Les résultats du test qualitatif des flavonoïdes.

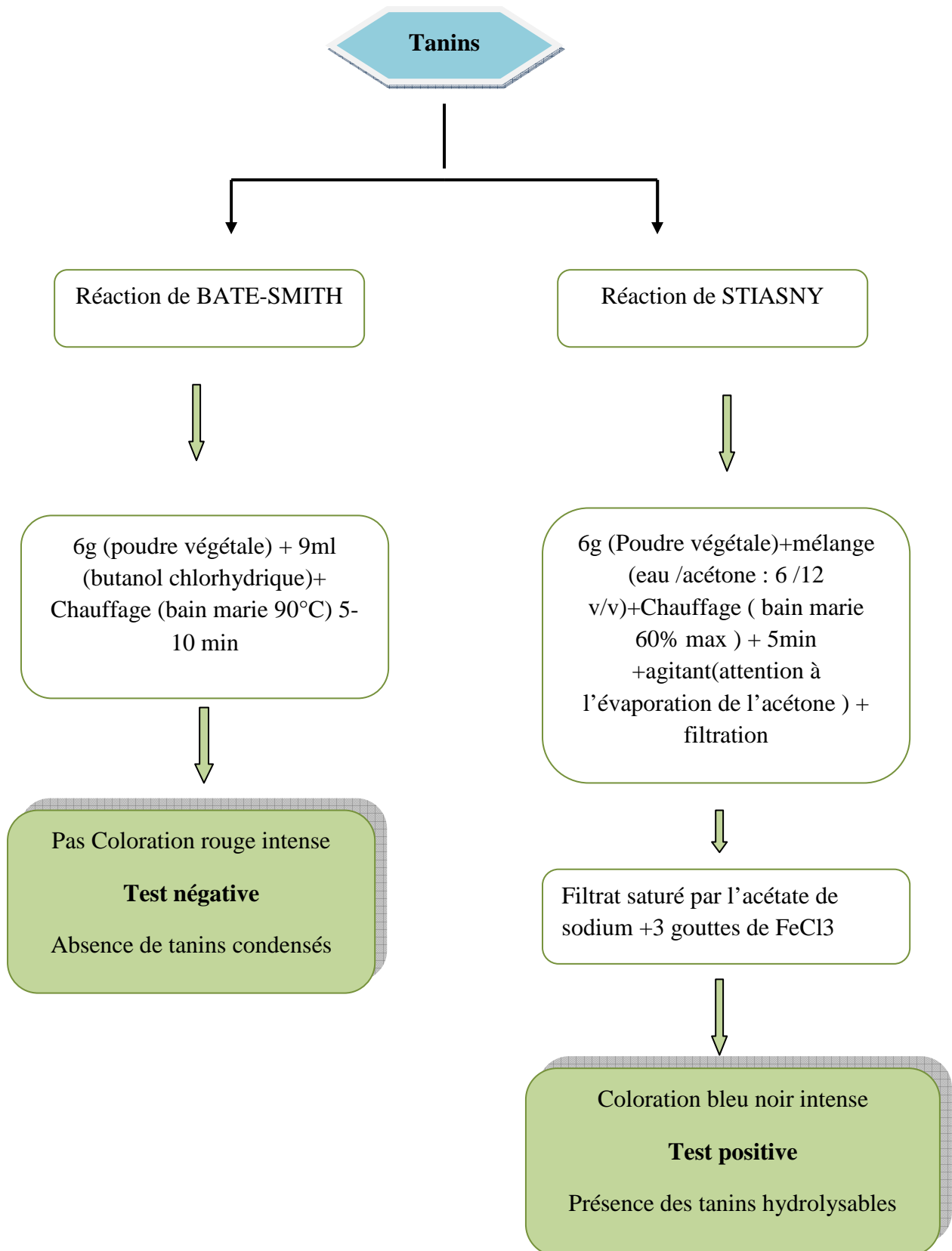


Figure 21 : La recherche des tanins condensés et hydrolysables dans le caroube.



Figure 22 : Filtrat avant l'ajout d'acétate de sodium.

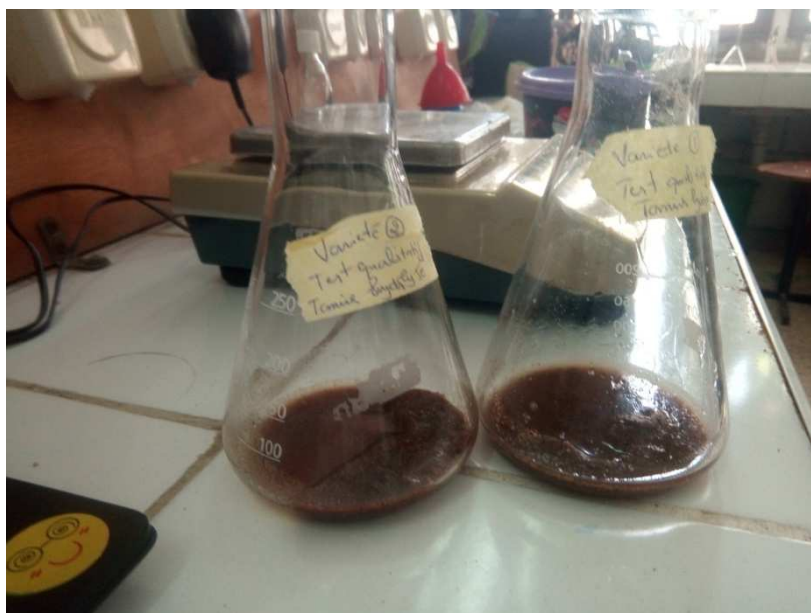


Figure 23 : Filtrat après l'ajout d'acétate de sodium.

chapitre II

*Résultats et
discussions*

1-Etude morphologique

Tableau 5 : Caractéristiques physiques de quelques échantillons de la caroube de la variété 1 (Boghni).

Nombre de gosses / Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longueur (cm)	12	15,5	14	10	11	12,5	11	13	12	14
Diamètre (cm)	1,3	1,2	0,9	1	0,7	1,9	1,2	0,6	0,9	1,1
Poids (g)	21,7	20,9	16,6	18,2	11,4	16	11,3	15,1	23,9	26,7
Indice de taille	9,23	12,91	15,55	10	15,71	6,57	9,16	21,66	13,33	12,72

Tableau 6 : Caractéristiques physique de quelques échantillons de la caroube de la variété 2 (Freha).

Nombre de gousse / Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longueur (cm)	10,8	7,6	9,3	13	11,1	8,5	10,5	12	13	6,8
Diamètre (cm)	1,2	1	1,5	1,3	1,7	2	1,1	1	1,3	1,7
Poids (g)	15,6	13	11	16,3	11,3	12,3	14,5	15	12,8	13,4
Indice de taille	9	7,6	6,2	10	5,52	4,25	9,54	12	10	4

- L’observation à l’œil nu de nos gousses (10 gousses de chaque variété) a permis de déceler une légère différence entre les deux variétés ; illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Représentation des valeurs moyennes des deux variétés (gousses entières)

Moyenne des paramètres Paramètres	Moyenne des paramètres de la variété 1	Moyenne des paramètres de la variété 2
Longueur (cm)	12,5 ±4	10,26 ±6,8
Diamètre (cm)	1,08 ±1,3	1,38 ±0,7
Poids(g)	18,18 ±15,4	13,52 ±5,3
Indice de taille (cm)	11,35 ±12,5	7,81 ± 8

- Les résultats du tableau illustrent une longueur moyenne de la gousse de caroube des deux régions allant de 12,5 cm à 10,26 cm ; un diamètre moyen variant entre 1,08 cm et 1,38 cm ; un poids moyen allant de 18,18g à 13,52g et un indice de taille compris entre 11,35 et 7,81 cm.

Tableau 8 : Caractéristique morphologiques des graines de caroube des deux variétés.

Paramètres physiques	Variétés 1	Variété 2
Poids de la graine	0,23g	0,16g
Poids de la pulpe d’une seule gousse	13,4g	5,3g
Diamètre d’une seule graine	8mm	7mm
Couleur	Marron	Marron
Forme	Corsé	Corsé
Moyenne des graines dans une seule gousse de caroube	8graines	12graines

- Les résultats des paramètres observés dans le tableau engendrent une similitude de forme(corsé) et de couleur(marron) des deux variétés et une légère différence dans le poids d'une seule graine et de son diamètre ; ainsi qu'une différence observé en terme de poids de la pulpe d'une seule gousse et cela revient à la condition climatique de la région.

2- Analyse quantitative

2-1- Dosage des polyphénols

Les métabolites secondaires sont des composés bio synthétisés naturellement par les végétaux pour leur défense contre les agressions extérieures, tel que les poly phénols, les tanins.

2-1-1-Détermination de la teneur des extraits en poly phénols totaux :

La teneur en poly phénol est estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu.

Afin de caractériser l'extrait préparés à partir des pulpes de gousse de *Ceratoniasiliqua* la quantification des poly phénols totaux (TPT) a été calculée en fonction de la courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax + b$) réalisé par la solution étalon de l'acide gallique à différents concentrations et les résultats sont exprimés en milligramme-équivalent d'acide gallique par gramme de chaque extrait, selon l'équation suivante :

$$\text{TPT} = C \times V / M$$

Avec :

C : concentration de l'extrait équivalent à l'acide gallique obtenu à partir de la courbe d'étalonnage (microgramme /ml).

V : volume d'extrait (ml)

M : poids de l'extrait sec /poids de la matière brut (mg)

Résultat de la lecture spectrophotomètre :

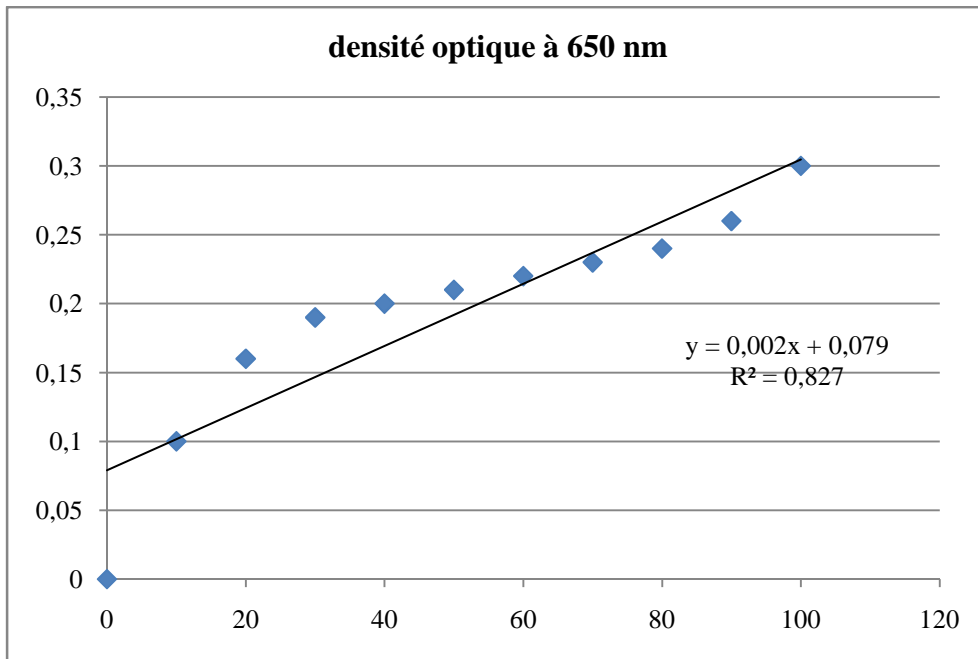


Figure 24 : Droite d'étalonnage de l'acide gallique.

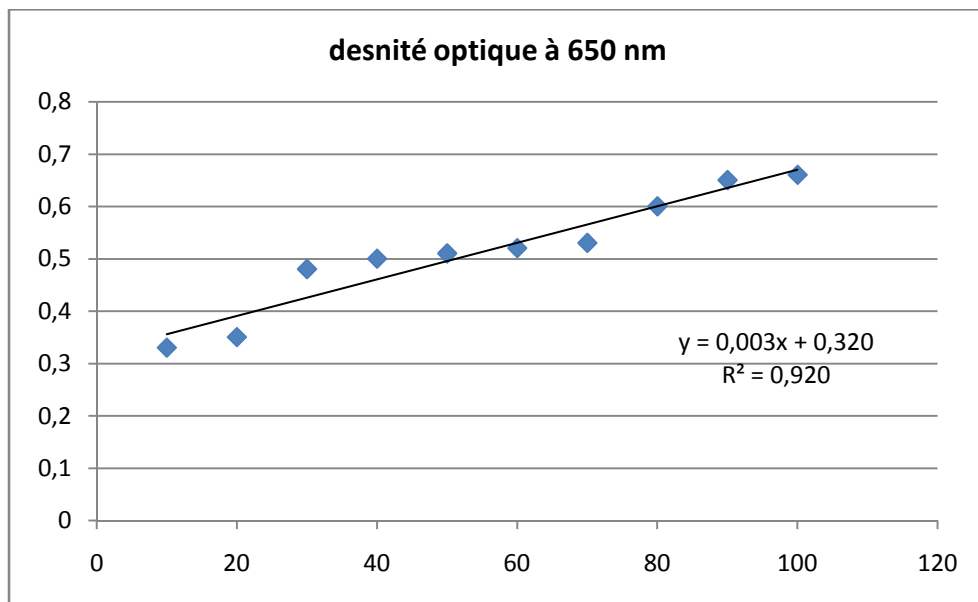


Figure 25 : Droite d'étalonnage des polyphénols de la variété 1.

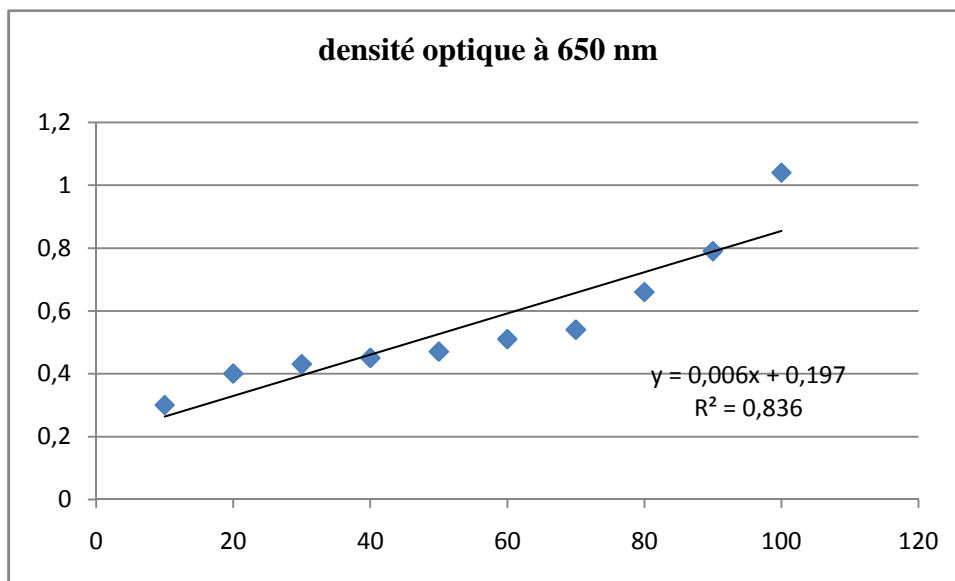


Figure 26 : Droite d'étalonnage des poly phénols de la variété 2.

- Le tableau ci-dessous représente le teneur en poly phénols totaux dans les extraits des deux variétés de pulpe de caroube ;

Tableau 9 : Teneur en poly phénols totaux dans l'extrait de pulpe de caroube des deux variétés.

Echantillon dosé	Variété 1	Variété 2
Teneur en PPT (mg d'acide gallique /g d'extrait)	5,14	4,20

Les résultats illustrés dans le tableau et dans la figure montrent que le taux de poly phénols chez la pulpe de caroube de Boghni (5,14mg /g) est légèrement plus élevée (0,94 mg /g) que celui de la région de Freha qui est de 4,20 mg/g.

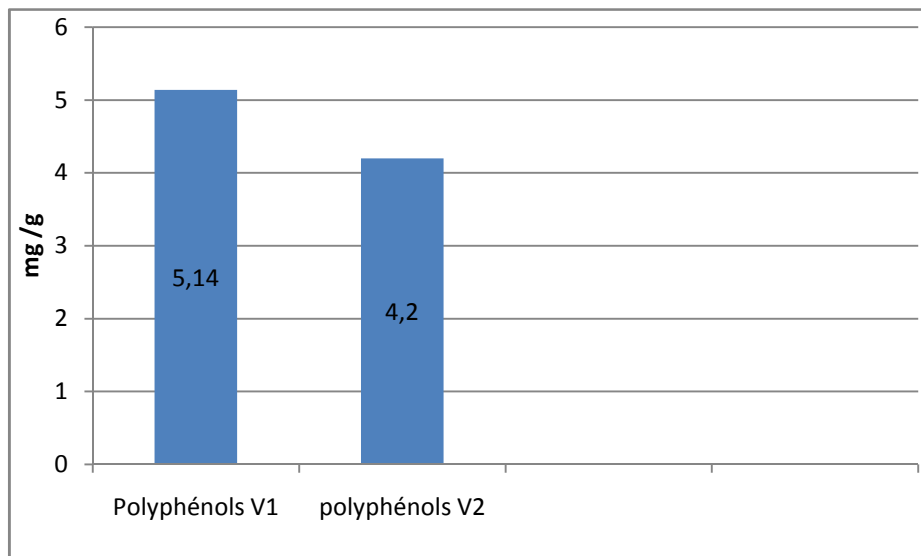


Figure 27 : Teneur en poly phénols en(mg /g) des pulpes de caroube.

Ces données sont conformes aux travaux qui ont montré que la teneur en poly phénols totaux peut atteindre 5, 67mg/100g (**Gaouar, 2011**) et supérieures à ceux trouvées par **Avalloneet al.1997** (1,19mg/g) Et inférieures a ceux trouvées par **Ayazet al.2007** et même ceux trouvées par (**Glewet al.,2003**).

Et en le comparant avec le taux d'autre pays du monde on aura ;

- **Avalloneet al. (1997)** ont démontré que la teneur en polyphénols totaux de différentes régions de Sicile (Italie) varie entre 15,8 et 24,4mg/g.
- Par ailleurs, **Hussein et al.(2011)** ont démontré que la caroube d'Egypte contient une teneur en polyphénols totaux largement supérieure (99,30 mg/g) à celle de notre variété.

Les différences observées pour les résultats des différentes études peuvent s'expliquer par la provenance géographique, le cultivar, la variété et surtout le degré de maturité. Ceci a été confirmé par les travaux de **Joslynet al.(1968)** réalisés sur des gousses de caroube vertes et qui ont montré que ces dernières contenaient 204,3 mg/g de poly phénols totaux.

D'après nos résultats obtenus on peut conclure que la teneur en poly phénols de ces deux variétés est inférieure à la majorité des valeurs trouvées par différentes études.

2-1-2- Détermination de la teneur en tanins hydrolysables

✚ Notre dosage a été effectué que pour les tanins hydrolysables sachant que pendant la réalisation du test qualitatifs des tanins on a illustré un test négatif pour les tanins condensés.

Le dosage des tanins hydrolysables est déterminé par la méthode de **Mole et Waterman** ; dans notre dosage nous avons réalisé une méthode bolométrique basée sur l'utilisation d'un standard qui est la catéchine.

La catéchine est considéré comme un contrôle positif il nous a permis de réaliser une courbe d'étalonnage d'où on a calculé la teneur en tanins hydrolysable des extraits de la gousse de caroube qui est exprimée en mg équivalent de la catéchine par gramme d'extrait ; selon l'équation suivante :

$$T = Do \times \frac{M \times V}{Emol P}$$

Avec :

Do= densité optique

E moles = 2169 de l'acide gallique

M=300

V= Volume de l'extrais utilisé

P=Poids de l'échantillon

T= Teneur des tanins hydrolysables

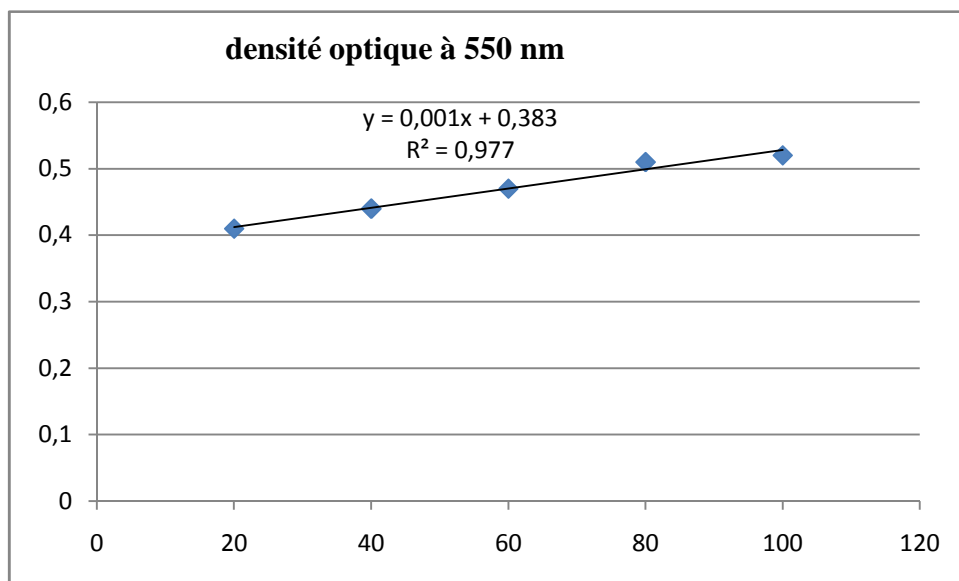


Figure 28 : Droite de la gamme étalon(catéchine mg/ml).

Le résultat de la teneur en tanins hydrolysables des deux extraits de pulpe de caroube est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Teneur en tanins hydrolysables de deux variétés de caroube

Echantillon dosé	Variété 1	Variétés2
Teneur en tanins hydrolysables (mg de catéchine/g de l'extrait)	2,12	1,60

- La teneur en tanins hydrolysables de l'extrait de pulpe de caroube des deux variétés est approchable ; les extraits renferment une teneur faible en tanins hydrolysables.
- Cette teneur en tanins hydrolysables est supérieure aux résultats trouvés par **Avallon *et al.* 1997** qui sont de 0,95mg/g et aussi bien faible à celle trouvés par **Saura Calixto 1988**.

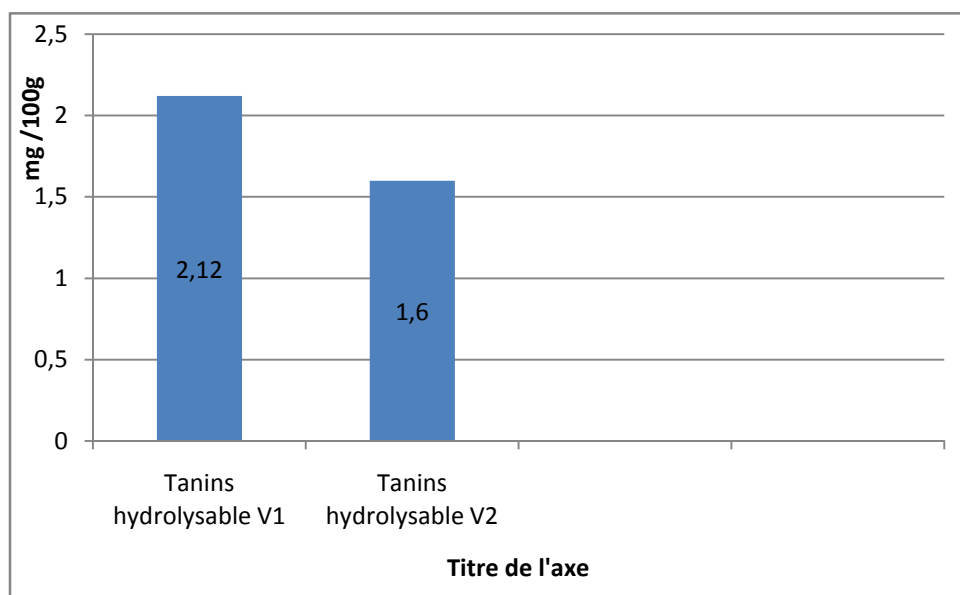


Figure 29 : teneur en tanins hydrolysables en mg /100g des pulpes de caroube.

La teneur en tanins est estimée à environ 2,12mg/g pour la variété 1 et de 1,16mg /g pour la variété 2 ; d'où une semblance remarquable en terme de teneur.

Il ressort de notre dosage que les tanins hydrolysables constituent la majorité des tanins chez la caroube étudiée ; or qu'on a vérifié dans les tests qualitatifs une absence de tanins condensés malgré son effet bénéfique de prolonger la vie d'huile de friture ce qui confère au tanins totaux des propriétés sur le plan santé et économique démontré par (ZulimBotegaet *al.*, 2009).

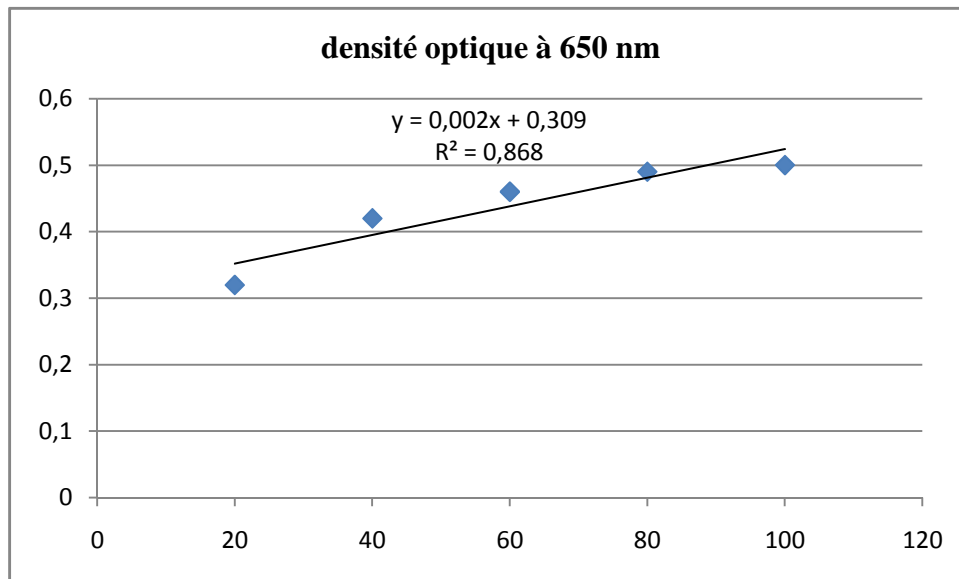


Figure 30 : Droite d'étalonnage des tanins de la variété 1.

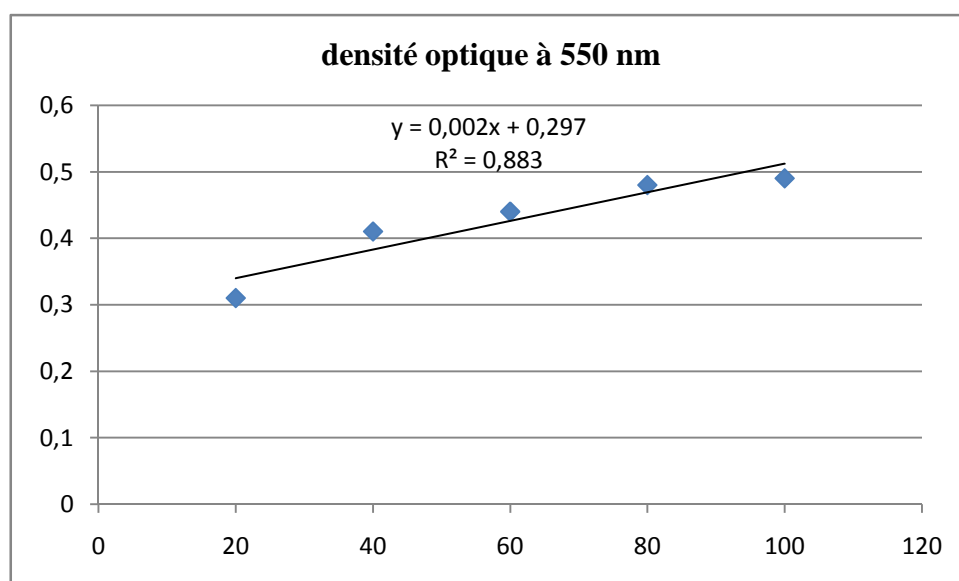


Figure 31 : droite d'étalonnage des tanins de la variété 2.

3- Pouvoir réducteur du fer ferrique en fer ferreux

Le pouvoir réducteur des deux extraits de pulpe de *Ceratoniasiliqua* est mesuré en présence d'un antioxydant standard qui est l'acide ascorbique (Vit C) avec le test FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power).

Dont les résultats spectrophotométrique sont enregistrés ci-dessous :

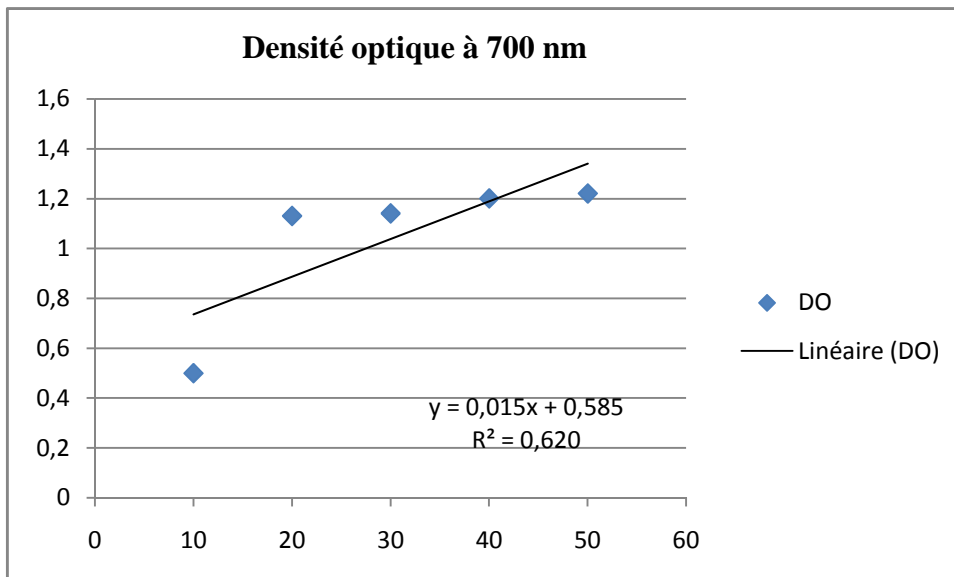


Figure 32 : Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.

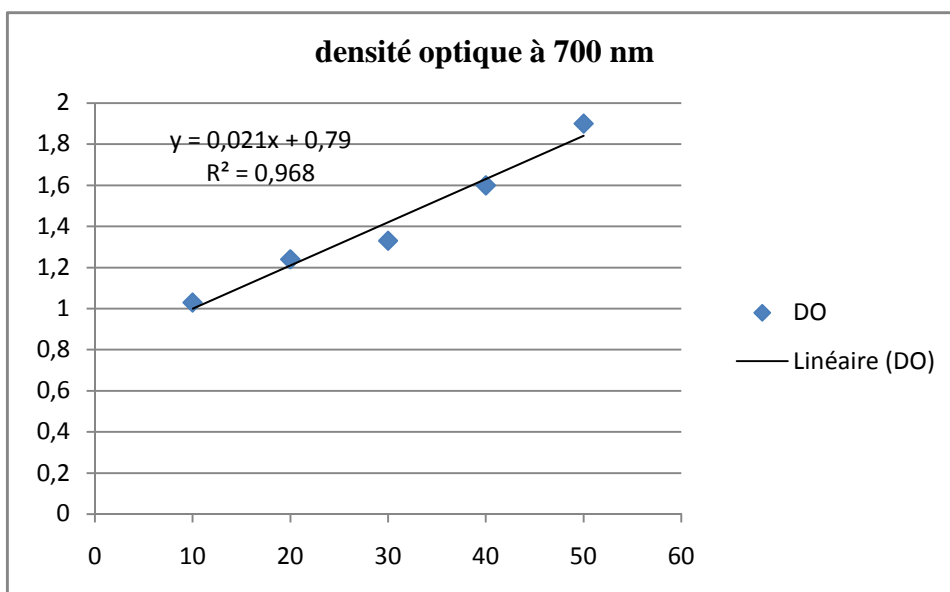


Figure 33 : Droite d'étalonnage du pouvoir réducteur de la variété 2.

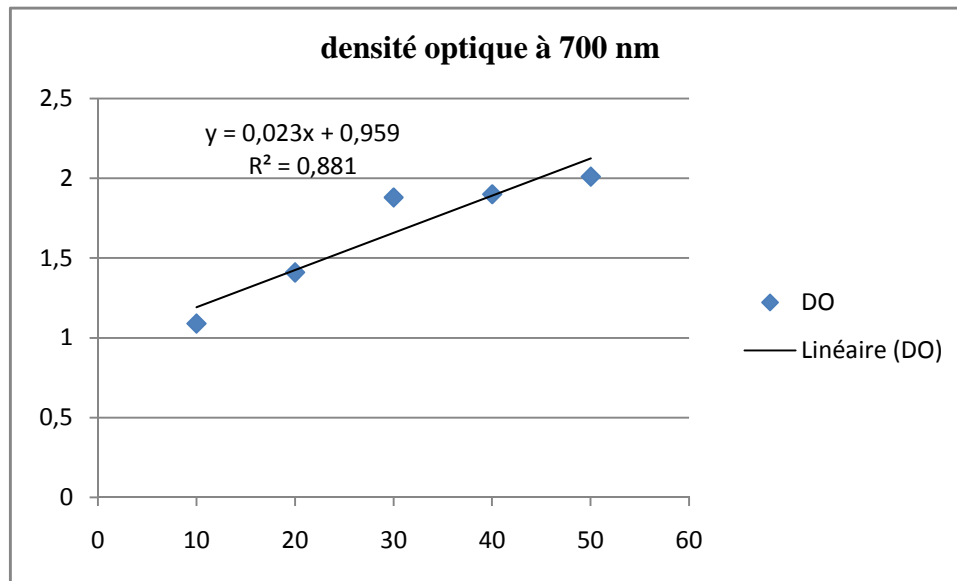


Figure 33 : Droite d'étalonnage du pouvoir réducteur de la variété 1.

L'appréciation du pouvoir réducteur des extraits et du standard est effectuée par le calcul de l'IC 50 (concentration d'inhibition) après les calculs en utilisant la fonction de la courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax + b$) et on est arrivé à ce qui suit :

Tableau 11 : Résultats du pouvoir réducteur de poudre de caroube.

Echantillons dosé	Extrait de la variété 1	Extrait de la variété 2	Témoin positive acide ascorbique
IC 50 mg/ml	45,69	52,85	42,33

- Les résultats obtenus concernant l'IC 50 des pulpes de caroube entre les deux variétés se rapproche à ceux du témoin positif qui est l'acide ascorbique.
- L'IC 50 de la variété 1 est largement inférieure à celle de la variété 2.

chapitre III

***Essai de production de
chocolat à base de
poudre de caroube***

Chapitre III : Essai de production de chocolat à base de poudre de caroube

Le chocolat est un produit de confiserie préparé à partir de cacao. La poudre de caroube tirée des gousses est un édulcorant naturel qui a la saveur et l'apparence semblable du chocolat, contrairement à son homologue le cacao, ne contient ni théobromine, ni caféine, c'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao (Bengoechet *al.*, 2008). Donc l'objectif de notre travail c'est de produire de chocolat à base de caroube afin de valoriser le caroubier en Algérie.

1- Formulation d'un substitut de chocolat à base de poudre de caroube

Notre travail consiste en une formulation de 4 échantillons de chocolat à partir du fruit de caroubier avec diverses compositions et pourcentages.

1-1- Composition et préparation

On a réalisé quatre échantillons :

- Echantillon 1 : Préparation d'une tablette du chocolat noir 100% cacao + la margarine + sucre en poudre ;
- Echantillon 2 : Préparation d'une tablette avec 60% cacao et 40% caroube + la margarine + sucre en poudre ;
- Echantillon 3 : Préparation d'une tablette avec 60% caroube et 40% cacao + la margarine + sucre en poudre ;
- Echantillon 4 : Préparation d'une tablette avec 80% caroube et 20% cacao + la margarine + sucre en poudre.



Figure 34 : Quelques illustrations de la préparation du chocolat.

1-2- Diagramme de fabrication

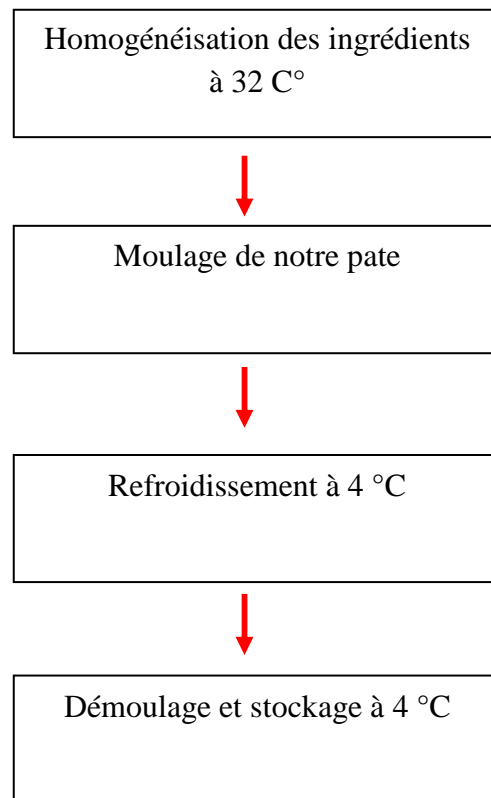


Figure 35 :Diagramme de fabrication de chocolat à base de caroube.

1-3- Tests sensoriels

L'analyse sensorielle, approche relativement récente qui fournit des éléments factuels sur la qualité des produits et leurs appréciations par le consommateur .Il s'agit donc d'utiliser en quelque sorte l'être humain comme instrument de mesure en mettant à profit ses capacités olfactive ,gustative, visuelle, auditive et tactile pour caractériser et évaluer des produits , notamment dans l'agro-alimentaire ou les sens apportent une certaine valeur ajoutée par rapport aux mesures physico-chimique usuelles .

Le teste sensoriel est essentiel lors de la mise au point de nouveaux produits sur le marché afin :

- ✓ de comparer les caractéristiques obtenues à celle des produits concurrents ;
- ✓ bien pour choisir et contrôler les métiers premiers utilisés ;

Chapitre III : Essai de production de chocolat à base de poudre de caroube

- ✓ définir les modalités optimal de stockage ;
- ✓ La stabilité du produit dans le temps de conservation ;

Principe des tests

La mise en œuvre des techniques d'analyses sensorielles repose sur l'organisation de séances de mesure pendant lesquelles des participants sont confrontés à des produits qu'ils doivent décrire, évaluer et analyser objectivement ou subjectivement sur un ensemble de critères dont les testeurs peuvent être des experts dans le domaine ou des sujets publique .

On distingue généralement de trois tests d'analyses ; les tests discriminatifs, les tests descriptifs, tests hédoniques.

Pour notre travail on a opté pour le test hédonique et plus exactement au test d'acceptation qui est une variante de la notion hédonique qui s'attache à la dimension "plaisir" et aux ressentis personnels subjective du testeur contrairement aux autres tests qui sont des approches analytiques visant à une évolution objective du produit testé.

A- Principe du test hédonique (test d'acceptation)

Consiste à évaluer le niveau de satisfaction des consommateurs dont ces derniers doivent donner une note d'appréciation à chaque produit qui est dans notre cas du chocolat à différent pourcentage de poudre de cacao ou de pulpe de caroube sur un certain nombre de critères (aspect,toucher, goût ,couleur ...) et le comparer à son standard personnel qui une tablette de chocolat d'une marque connue "Ambassadeur".

En général, cette approche s'attache aux ressentis individuels plutôt qu'à l'évaluation normalisée de certains critères.

Ensuite, les testeurs sont mis devant des rangs de préférences numérique ou une échelle sémantique (je déteste, je n'aime pas du tout, j'adore,...) ou sur une échelle visuelle représentée par une ligne avec une extrémité gauche " je déteste" et droite " j'adore "sur lesquelles ils doivent positionner une marque un trait ou une croix marquant son appréciation.

Chapitre III : Essai de production de chocolat à base de poudre de caroube

B- Présentation d'une échelle sémantique

La réalisation de tests sensoriels sur les différentes tablettes avec une dégustation permet de conclure à la bonne qualité selon les personnes du jury ; nous avons choisi 5 paramètres qui sont l'aspect, la texture, le goût, la couleur et l'arrière-goût pour évaluer la qualité de notre chocolat à base de caroube selon différents pourcentages.

Comparaison entre le chocolat commercialisé et notre chocolat produit à base de poudre de caroube après l'avoir présenté devant un ensemble d'étudiants comme dégustateurs (10) dont la majorité des notes sont rassemblées dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Analyse sensorielle du chocolat produit.

Critères	Echantillon 1 :60% cacao et 40% caroube	Echantillon 2 :40% cacao et 60% caroube	Echantillon 3 :20 %cacao 80% caroube	Témoin (chocolat Ambassadeur)
Aspect	8	8,5	8,5	8
Goût	7	9	9	10
Texture	8	7	5	6
Couleur	6	8	9	7
Arrière-goût	5	7	7,5	6

Discussion

- **Aspect** : nous remarquons une similitude entre l'échantillon 2 et 3 avec une moyenne de 8,5 qui est largement inférieure à celle de l'échantillon 1.
- **Goût** : une dominance de l'échantillon 2 et 3 avec une moyenne de 9 sur l'échantillon 1 est remarquée.
- **Texture** : l'échantillon 1 supérieur à l'échantillon 2 et 3.
- **Couleur** : l'échantillon 3 a une dominance remarquable par rapport à l'échantillon 1 et 2.

Chapitre III : Essai de production de chocolat à base de poudre de caroube

- **Arrière-goût** : les dix testeurs ont jugé que le 1er échantillon a montré un arrière-gout plus que les deux autres échantillons.

Après le calcul de la moyenne de l'ensemble des paramètres nous avons tiré les résultats ou note globale suivantes ; 6,8 pour l'échantillon 1 ; 7,9 pour l'échantillon 2 et une moyenne de 7,8 pour l'échantillon 3.

1-4- Calcul du prix d'une tablette chocolat de caroube

Une tablette est produite par :

- 12 g de caroube.
- 12g de cacao.
- 12g de sucre glace.
- 12 g de margarine Labelle.

Prix des produits achetés :

- Prix de 500 g de caroube = $250\text{DA}/12=20,83$
- Prix de 500 g de cacao = $300\text{DA}/12=25$
- Prix de 500 g de sucre glace = $110\text{DA}=9,16$
- Prix de 500g de margarine labelle = $180\text{ DA}=15\text{DA}$

A la fin on va faire l'ensemble des prix des ingrédients

$$15+20,83+25+9,16=69,99\text{DA}\rightarrow 70\text{DA}$$

Donc le prix d'une tablette de chocolat à base de caroube est de

70 DA



*conclusion et
perspective*

Le caroubier est décrit comme une plante avec une grande adaptabilité à la région du bassin méditerranéen, ce dernier malgré les différentes études et résultats qui montrent que cette espèce est très intéressante du point de vue écologique (la résistance à la sécheresse....) économique (création d'emplois...) mais son innovation reste marginalisée.

Les gousses du caroubier font l'objet de transaction commerciale à l'échelle régionale et internationale ; ceci a un impact positif sur l'économie des pays producteurs mais surtout comme source de revenus pour les populations rurales.

L'étude réalisée a pour objectif primordial de faire de la caroube un produit noble ; un tel fruit avec des potentiels et des aptitudes à la transformation alimentaire industrielle devait avoir sa place dans le secteur agro-alimentaire et ce qui a attiré l'intérêt de plusieurs chercheurs.

Nous avons entrepris une étude physicochimique sur la pulpe de caroubier des deux régions de la wilaya de Tizi-Ouzou (Freha et Boghni). L'analyse physique de pulpe des deux variétés ont montré une analogie remarquable en terme de forme, couleur, poids...

Ensuite ; une analyse des compositions de ces dernières en métabolites secondaires, nous avons remarqué que la pulpe de caroube de la variété 1 (région de Boghni) contient 5,14 mg/g en poly phénols et 2,12 mg/g en tanins, et la variété 2 (région de Freha) contient 4,20 mg/g en poly phénols et 1,60 mg/g en tanins.

Enfin nous avons pu conclure dans la présente étude l'efficacité du pouvoir réducteur des deux extraits des gousses étudiées. Ceci a été mentionné par des recherches scientifiques avec son effet hypocholestérolémiant et contre les troubles digestifs.

Notre modeste travail vise à tester un substituant de chocolat à base de poudre de caroube qui s'avère une démarche importante en terme d'innovation. Ceci a été montré par l'ensemble des résultats d'analyses sensorielles obtenus pour les trois échantillons.

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

- Essayer de produire de chocolat 100% caroube ;
- Extraction et purification de la gomme de caroube à partir des graines ;
- Etudes génétiques des différentes variétés afin de déterminer la variabilité ;

- Développer des procédés d'extraction et de purification des sucres de la pulpe de caroube.



***Références
bibliographiques***

A

- ✓ **Ahmed M.M. (2010).** Biochemical studies on nephroprotective effect of carob (*Ceratoniasiliqua*L.) growing in Egypt. *Nat. Sci.* 8:41–47.
- ✓ **Ait Chitt M., Belmir H. and Lazrak A., 2007,** Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N° 153: 1-4.
- ✓ **Avallone R., Plessi M., Baraldi M. and Monzani A. (1997),** Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratoniasiliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, *Journal of food composition anal.*, 10:166-172
- ✓ **Ayaz F.A, Torun H., Ayaz S., Correia P.J, Alaiz M., Sanz C., Gruz J., Strnad M., (2007).** Determination of Chemical Composition of Anatolian Carob pod (*Ceratoniasiliqua L.*): Sugars, Amino and organic acids, minerals and phenolic compounds, *Journal of food quality*, vol. 30, N°6, pp. 1040-1055.
- ✓ **Akowauh G.A. ; Zhari.I. ; Norgyati.I. ; Sadikun.A. ; Khamsah.S.M.(2004).** The effects of different extraction solvents of varying polarities on polyphenols of *Orthosiphonstamineus* and evaluation of the free radical –scavenging activity. *Food chemistry* 87 :559-566

B

- ✓ **Bengoechea B., Romero A., Villnueva A., Moreno G., Alaiz M., Millan F., Guerrero A. and Puppo M.C. (2008).** Composition and structure of carob (*Ceratoniasiliqua*) germ proteins *Food chemistry*, vol. 107, N°2, pp. 675-683
- ✓ **Biernacka B., Dziki D., Gawlik-Dziki U., Różyło R., Siastała, M. (2017).** Physical, sensorial, and antioxidant properties of common wheat pasta enriched with carob fiber. *LWT*, 77: 186-192
- ✓ **Brandt L. A. (2002).** Carob fibre offers health benefits. *Prepared foods*, 171: 51.
- ✓ **Biner B. ; Gubbuk H. ; Karhan. M. ; Aksu. M. ; Pekmezci. M. (2007).** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratoniasiliqua*L.) in Turkey, *Food Chemistry* N°100, pp.1453-1455.
- ✓ **Battle I., Tous J., (1997)** Carob tree *Ceratoniasiliqua L.*, Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17, Gatersleben: Institute of Plant Genetic Resources Institute, pp. 92.

- ✓ **Baytop T. (1984)** Therapy with medicinal plant in Turkey (Pastand present)
Publication of The Istanbul University , N° : 3255 , Istanbul .
- ✓ **Benmahioul B.,Kaid-Harche M. et Daguin F. (2011).** Le caroubier, une Espèce méditerranéenne à usage multiples. *Forêt méditerranéennes* p 8
- ✓ **Boudy P., (1950).** Economie forestières Nord-Africain (tome 2) : monographie et traitement des essences forestière. Ed. Larose, Paris, 443-445.

C

- ✓ **Custódio L., A.L. Escapa, E. Fernandes, A. Fajardo, A. Rosa, F. Albericio, N. Neng,J.M. NogueiraF., A. Romano, (2011).** Phytochemical profile antioxidant cytotoxic activitiesof the carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.) germ flour extracts, *Plant Foods Human Nutrition*, 6678–84.

D

- ✓ **Dixon R.A. ; Xie. D.Y. ; Sharma S.B. (2005).** Proanthocyanidins-a final frontier in flavonoid research? *New phytologist*, 165, 9-28.
- ✓ **DakiaP.A ,WatheletB . andPaquotM . (2007).** Isolation andchemical evolution of carob (*Ceratoniasiliqua*) seed germ *Food Chemistry* Vol. 102 , N° 4, pp . 1368-1374.

E

- ✓ **Elaoufi M.(2013).**Polyphénols, activitéantioxydante, LC/MS, statutantioxydant des extraits de caroube.
- ✓ **El Hajaji H. ; Lachkar. N. ; Cherrah. Y. ; Alaoui. K. ; Farah. A. ; Ennabili. B. ; El Bali. B. ; Lachkar. M. (2010).** Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of Three Varieties of Carob Tree Leaves from Morocco. *Rec. Nat. Prod.* 4:4 193-204.
- ✓ **El-sherif G. ; El-sherifM.A. ; Tolba K.H. (2011).** Extraction and Identification of Natural Antioxidants from Liquorices (*Glycyrrhizaglabra*) and Carob (*Ceratoniasiliqua*) and its application in El-Mewled El-Nabawy Sweets (Sesames and Folia). *Nature and Science*, 9(11). 655-688.

Références bibliographiques

- ✓ **Estrada C ., Vazquez M., Melis B and Vadell J ., (2006)** .Fruticultura de secano.El Algarrobo.In: Labrador.J,Porcuna. J.L AND Bello.A(Cords) , Manual de agricultura y ganaderia ecologica. Eumidia .España ,pp. 186-195.

F

- ✓ **FAOSTAT (2010, 2013, 2014,2019)**, Data from the FAOSTAT statistical data base. see WWW.fao.org

G

- ✓ **Gaouar N. (2011)**, Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes; Laboratoire des Produits Naturels du Département des Sciences d'Agronomie et des Forêts; Tlemcen. pp 47- 70.
- ✓ **Guignard J. (1996)**. Biochimie végétale. Ed. Lavoisier, Paris. P 175-192.

H

- ✓ **Haslam E. (1989)**. Plant polyphenols. Vegetable tannins revised. *Cambridge University Press*. Cambridge.
- ✓ **Hadi M. (2004)**. La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère prooxydant ou capteurs de radicaux libres : Etudes et applications thérapeutiques. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur.
- ✓ **Hussein A.M.S. ; Shedeed N.A. ; Abdel-Kalek H.H. ; ShamsEl-Din M.H.A. (2011)**. Antioxidative, Antibacterial and Antifungal Activities of Tea Infusions from Berry Leaves, Carob and Doum. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, Vol. 61, No. 3, pp. 201-209.
- ✓ **Hariri A., N.Ouis,Sahnouni F et D.Bouhadi (2009)**. Mise en œuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux a base des extraits de caroube, rev. Microbiolind. san et environn. pp. 37-55.

I

- ✓ **Iipumbu L., Sigge G.O., Britz T.J. 2008**. Compositional analysis of locally cultivated carob (*Ceratonia Siliqua*) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors. South Africa: Faculty of AgriSciences, department of Food Sciences, Stellenbosch University.

J

- ✓ **Joslyn M.A., Nishira H., Ito S., (1968),** Leucoanthocyanins and related phenolic compounds of carob pods (*Ceratonia siliqua*), J. Sci. Food Agric., N°19, pp.543-550.
- ✓ **Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P. 2002.,** *Systematics and Geography of plants* 72 (1) : 242-247.

K

- ✓ **Kabera J. N., Semana E., Mussa A. R., et He X. (2014).** Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2: 377-392
- ✓ **Kivçak B. and Mert T. (2005)** Antimicrobial and cytotoxic activities of *Ceratonia siliqua* L. Extracts. Turk J. Biol. N°26 , pp.197-200
- ✓ **Kicher H. ; Ladjouzi. A; 2016.** Valorisation des sous-produits de la caroube (*Ceratonia siliqua*) . mémoire de fin d'Etude ; Université A. Mira – Béjaia.
- ✓ **Konate I. (2007).** Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. Thèse de doctorat.

L

- ✓ **Lugasi A. ; Hovari J. ; Sagi K.V. ; Biro L. (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegedienensis*.

M

- ✓ **Macheix J.J. ; Fleuriet A. ; Jaye-Allemand C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'une importance économique. Presses Polytechniques et Universitaires. Romandes. Lausanne
- ✓ **Mueller-Harvey I. (2001).** Analysis of hydrolysable tannins. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 91, 3-20.

Références bibliographiques

- ✓ **Martin S., Andriantsitohaina R. (2002).** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de Cardiologie*, 51 : 304-315
- ✓ **Mumper R. J. (2010).** Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15: 7313-7352.
- ✓ **Makris D.P. Et P. Kefalas (2004).** Carob Pod as a source of polyphenolic antioxidants, *Food Technol. Biothnol.* Vol. 42, N°2, pp. 105-108.

N

- ✓ **Ndayishimiye J. 2011.** Diversité endémisme géographique et conservation des fabaceae. Service d'écologie du paysage, Ecole Inter facultaire de Bio ingénieurs, Bruxelles.

O

- ✓ **Ozenda P. 1991.** Flore et végétation du Sahara. 3eme édition. CNRS. Paris.
- ✓ **Quezel P. et S. Santa (1962),** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques médianales (tome 1), Edition de centre national de la recherche scientifique, pp. 557

R

- ✓ **Rejeb M.N., Laffray D. and Louguet P. (1995)** Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Tunisie, in physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi – arides, Groupe d'étude de l'arbre, Paris, France, pp. 417-426.

S

- ✓ **Saura Calixto F. (1988).** Effect of condensed tannins in the analysis of dietary fiber in carob pods, *J. Food Sci.* N°53, pp.1769-1771.
- ✓ **Scalbert A. (1991).** Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 30: 3875-3883.

W

- ✓ **Waksmundzka-Hajnos M. et Sherma J. (Eds.). (2011).** High performance liquid chromatography in phytochemical analysis. CRC Press p 478.

Z

- ✓ **Zohary M. (1973).** Geobotanical foundations of the Middle East, vol,1 Stuttgart
- ✓ **Zitouni A. (2010).** Monographie et perspective d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algérie. Thèse d'ingénieur en agronomie, INA El Harrach pp. 201.

Préparation des solutions :

- **Trichloracétique :**

TCA : 10g

Eau distillé : 10ml

- **Réactif Foilncioalceu :**

Folin : 10ml

Eau distillé : 10ml

- **Tempon phosphate PH=6,6 : mono potassium +di potassium**

Mono potassium : 1,28g /100ml Eau distillé

Di potassium : 1,58g/100ml Eau distillé

- **Acide gallique :10 fois**

Poudre : 60mg

Eau distillé : 30 ml

- **Ferricyanure de potassium :**

K₃Fe : 1g

Eau distillé : 100ml

- **Acétone**

- **Carbonate de sodium**

- **Vitamine C**

- **Hexane**

- **Acétone**

Catéchine : 10 fois

Poudre : 4mg

Eau distillé : 4ml

➤ **Appareillage :**

- Spectrophotomètre.
- Bain mari
- Balance de précision
- Dessiccateur
- Plaque chauffante
- Broyeur
- Agitateur

➤ **Verrerie :**

- Des béchers
- Pipettes graduées
- Fioles jaugées
- Entonnoirs
- Tubes à essais
- Burettes

Autres materiles : spatule, moules en silicone

➤ **Malteries et appareils**

La balance



Bain mari



Résumé :

Le caroubier une plante originaire des pays de la méditerranée et de valorisation par excellence en vu de l'utilisation optimal de tout ces parties (fleurs, feuille, graine, gousses) dans divers application industriel et surtout en agro-alimentaire. Le caroubier un arbuste cultivé dans plusieurs régions en Algérie mais peu d'étude sont disponible sur les voies de valorisation et sur les propriétés fonctionnelles et structurales de la pulpe.

Nous avons entrepris dans ce mémoire des travaux qui vise à promouvoir et contribuer une meilleure valorisation qui permet a notre caroube une évolution de la valeur nutritive et fonctionnelle ; ainsi qu'on a porté notamment sur la caractérisation morphologique et la détermination des composés secondaires de deux variétés de caroube des deux régions de la wilaya de Tizi Ouzou (FREHA et BOGHNI) dont on a remarquer une analogie entre ces dernières ainsi que l'analyser du pouvoir réducteur de fer de la pulpe de caroube devant un témoin qui est l'acide ascorbique . Ensuite nous avons analysé un ensemble de critères qualitatifs de notre pulpe de caroube. Enfin un essai de fabrication de chocolat a base de poudre de gousse de caroube a été présenté suivie par des analyses sensoriel.

En effet les résultats obtenus à l'issue de cette étude ont démontré clairement la présence de corrélations morphologique, composition chimique des deux variétés analysées et d'un chocolat apprécié.

Mots clés : caroube, antioxydant, valorisation, pouvoir réducteur, chocolat.

Abstract

The carob tree (*Ceratonia siliqua*) is native to its a plant of optimal valorization because of the use of all his parts (flowers ,sheets,seeds,pod) in various industriel application and especially in the food industry.the carob tree is a robust cultivated in several region in Algeria but few studies are available for her valorization and on the functional and structural propertes .

In this thesis , we have undertaken a works that aims the better valorization of our carob and his nutritive and fonctionel evolution ; and we have talked about the characterisation morphology and the dertermination of the secondary compounds of the two varieties of carob from two region of Tizi Ouzou (FREHA and BOGHNI) which an analogy is noticed between the latter as well we have analyzed the iron reducing power of carob pulp front of a control who is Ascorbic acid. Then we analyzed the qualitative criteria of our carob pulp.

Finally we have trying to make chocolate based on carob pods follow-up of the sensory analysis.

Indeed, the resultats finded in this studies have clearly demonstrated the presence of morphology and chemical composition coherence between the two carob varieties

Keyword : Carob,antioxydant ,valorization,reducingpower,chocolate