

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des sciences alimentaires
Spécialité qualité des produits et sécurité alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Elaboration d'un biscuit sec à
Partir de la poudre des gousses du
caroubier**

Présenté par :

SALMI AMEL & TEBBANE SARA

Soutenu le : **12 septembre 2022**

Devant le jury composé de :

Mme BOULEKBACHE LILA

Mme BRAHMI NABILA

Melle ISSAADI OUARDA

Professeur

MCA

MCB

President

Encadreur

Examineur

Promotion 2021/2022

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères et les plus profonds tous d'abord au bon dieu le tout puissant de nous avoir accordé santé, courage, volonté et surtout patience pour accomplir ce modeste travail.

*Nous présentant nos sincères remerciements à notre promotrice Mme **BRAHMI Nabila** de nous avoir encadrée et dirigée durant la réalisation de ce travail avec une grande rigueur scientifique ; merci madame pour tout le savoir que vous nous avez transmis, pour les commentaires qui ont enrichis ce travail.*

*Nos remerciements sont destinés à Mme **Kherfella Souraya** la responsable de laboratoire de contrôle de qualité et de conformité **SNC PREVOLAB** et à l'ensemble du personnel de nous avoir accueilli au laboratoire, permis d'effectuer les différents tests et analyses et avoir mis à notre disposition le matériel et les moyens nécessaires à la réalisation de ce travail. Un grand merci pour votre sympathie et votre accueil.*

*Nous tenons d'autre part à remercier les membres du jury ; la présidente Mme **BOULEKBACHE LILA** et l'examinatrice Mlle **ISSADI OUARDA** pour bien vouloir nous accorder de leur temps précieux, pour commenter, discuter et juger notre travail.*

Ces remerciements ne seraient pas complets sans remercier tous les membres de nos familles et nos amis pour leur soutien, encouragement et pour l'énergie positive qu'ils transmettent toujours.

En fin, nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les enseignants de la spécialité qualité des produits et sécurité alimentaires, pour tout le savoir qu'ils nous ont donné.

SARA et AMEL

Dédicaces

Avant tout, merci à Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la santé et m'accorder son soutien durant les périodes les plus difficiles.

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et de gratitude

A mes parents

Aucun mot ne serait exprimé mon amour, mon affection et ma grande considération pour vous, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation, instruction et être.

A mon cher frère BOUALEM et ma chère sœur MELISSA.

A toute ma chère famille.

A mon binôme SALMI AMEL, avec qui j'ai partagé les meilleurs moments malgré toutes les difficultés et les souffrances qu'on a passées.

A toutes mes copines, avec lesquelles j'ai passé des moments inoubliables et qui m'ont toujours encouragé durant la période de mémoire

A tous (tes) mes amis (es) de la promotion qualité des produits et sécurité alimentaires 2021/2022.

Ainsi à tous ceux ou celles qui m'ont apporté leur soutien, réconfort moral et à leur contribution dans l'élaboration de ce mémoire.

**** MERCI POUR TOUT ****

SARA

*****Dédicaces*****

Je dédie ce modeste travail :

Spécialement À mon cher mari SMAIL qui m'a tant soutenu aidé et encouragé

Mes parents

Mes frères et sœurs

Mes chères amies

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION.....1

*****Partie I : Synthèse Bibliographique*****

Chapitre I : Généralités sur le caroubier

I. Présentation de caroubier.....	3
I.1. Taxonomie.....	3
I.2 .Description botanique.....	3
I.2.1.Feuille.....	4
I.2.2.Fruits.....	4
I.2.3.Fleur.....	4
I.2.2.Répartition géographique.....	5
I.2.1.En Algérie.....	5
I.3.Production mondiale de la caroube.....	5
I.4. Description et composition du fruit du caroubier.....	6
I.5. Intérêts et utilisation de caroubier.....	7

Chapitre II : l'oxydation

II.1. Les antioxydants.....	8
II.2. Le système de défense antioxydant.....	8
II.2.1. Systèmes antioxydants enzymatiques.....	9
II.2.1.1.Super oxyde dismutase (SOD).....	9
II.2.1.2 Catalase.....	9
II.2.1.3.Glutathion peroxydas	9
II.2.2. Système antioxydant non enzymatiques.....	9
II.2.2.1.Vitamine E.....	10
II.2.2.2. Vitamine C (Acide ascorbique).....	10
II.2.2.3. Glutathion (GSH).....	10
II.2.2.4. Flavonoïdes.....	10

Chapitre III : les composés phénoliques

III-1. Définition.....	11
III.2. Les principales classes des composés phénoliques.....	11

III.2.1. Acide phénolique.....	12
III.2.2. flavonoïdes.....	12
III.2.3. tanins.....	13
III.2.4. anthocyanes.....	13
III.2.5. Coumarines.....	13
III.2.6. quinones.....	13
III.3. Rôle des poly phénols.....	14

Chapitre IV : généralités sur les biscuits

IV.1 .Historique des biscuits.....	15
IV.2. Définition des biscuits.....	15
IV.3. classification des biscuits.....	15
IV.4. Matière première utilisées dans la fabrication du biscuit.....	16
IV.4.1. la farine	16
IV.4.2. Matière grasse.....	16
IV.4.3. Le sucre.....	16
IV.4.4 .L'eau.....	17
IV.4.5. Lait.....	17
IV.4.6. Œufs.....	17
IV.4.7. levures chimiques	17
IV.4.8.Le sel.....	17
IV.5. Technologie de fabrication des biscuits.....	18
IV.5.1.Réception des matières premières.....	18
IV.5.2.Préparation et mélange des matières premières.....	18
IV.5.3 Malaxage.....	18
IV.5.4.Le pétrissage.....	18
IV.5.5. façonnage et découpage de la pâte.....	18
IV.5.6. cuisson.....	18
IV.5.7. refroidissement.....	19
IV.5.8. conditionnement.....	19

*****Partie II expérimentale*****

Chapitre I : MATERIEL ET METHODES

I. Objectif du travail.....	20
II Matériel végétal.....	20
II.1 Caractéristiques des échantillons	20
III. Préparation de la farine	20

III.1. Triage.....	20
III.2. Séchage.....	20
III.3. Concassage	20
III.4. Broyage.....	21
III.5. Tamisage et conditionnement	21
IV. Formulation du biscuit.....	21
IV.1.Etapes d'élaboration du biscuit.....	22
IV.1. 1.Crémage.....	23
IV.1.2.Pétrissage.....	24
IV.1.3. Mise en forme.....	24
IV.1.4. Cuisson.....	24
V. Analyses physico-chimiques Pour les poudres d'enrichissement et les biscuits.....	25
V.1. Détermination d'humidité.....	25
V.2. Préparation des extraits.....	26
V. 3. Dosage des poly phénols totaux.....	26
V.4. Dosage des Flavonoïdes.....	27
V.5. Dosage des Flavonols.....	28
V.6. Dosage des tannins.....	28
V.7. extraction des protéines.....	30
V.7.1. dosage des protéines : Méthode de biuret.....	30
V.8.Pouvoir réducteur.....	31
V. 9. Activité anti-radicalaire (DPPH).....	32
V. 10. Évaluation de l'activité antioxydante par le test ABTS.....	33
V. 11.Teneur en matière grasse.....	35
VI. Analyses sensorielles.....	37

Chapitre II : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques.....	38
I.1 Résultats des analyses physico-chimiques des poudres de caroube.....	38
I.1.1 Teneur en matière sèche.....	38
I.1.2 teneur en humidité.....	39
I.1.3 teneur en polyphénols.....	39
I.1.4 teneur en flavonoïdes.....	40
I.1.5 Dosage des flavonols.....	41
I.1.6 dosage des tanins.....	42

I.1.7 Dosage des protéines.....	42
I.1.8 l'activité antioxydante (DPPH).....	43
I.1.9 Test ABTS.....	45
I.1.10 Pouvoir réducteur.....	46
I.1.11 Teneur en matière grasse.....	46
I.II Résultats des analyses physico-chimiques des biscuits.....	47
I.II.1 teneur en matière sèche.....	47
I.II.2 Teneur en humidité.....	48
I.II.3 Teneur en polyphénols.....	49
I.II.4 teneur en flavonoïdes.....	49
I.II.5 Dosage des flavonols.....	50
I.II.6 dosage des tanins.....	51
I.II.7 Dosage des protéines.....	52
I.II.8 l'activité antioxydante (DPPH).....	53
I.II.9 test ABTS.....	53
I.II.10 le pouvoir réducteur.....	54
I.II.11 Teneur en matière grasse.....	55
II. Résultats et interprétation de l'analyse sensorielle.....	56
II.1.Caractérisation des produits.....	56
II.2.Pouvoir discriminant par descripteur.....	56
II.3.Préférence MAPPING (cartographie des préférences).....	57
II.4. Analyse en composante principale (ACP).....	58
II.5.Classification ascendante Hiérarchique (CAH).....	59
II.6. Moyennes ajustées par produits.....	60
II.7.Coefficient des modèles.....	61
II.8.Synthèse de Mapping des préférences.....	63
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	68
RESUME	

Liste des abréviations

ABTS : acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)

ACP : Analyse en composante principale.

CAH : Classification ascendante Hiérarchique.

DPPH : 2,2 Diphényle-1-Picryl-Hydrazyle.

Etc: et cetera.

GPx: glutathion peroxydase.

GSH : glutathion réduit.

H : Heure.

HCL : Acide Chlohydrique.

JC : Jésus christ.

LDL: Inter mediate Density Lipoprotein

MG : matière grasse.

Min : minutes.

mM : milli molaire.

MS : matière sèche.

N : Normalité.

nm : Nanomètre.

PH : Potentiel Hydrogène.

PT : Polyphénols totaux.

Q : quintal.

SOD: Super oxyde dismutase

TCA : trichloroacetic acid (acide trichloroacétique).

UV : ultra-violet.

µl : Microlitre.

Liste des figures

Figure 01 : L'arbre du caroubier.....	4
Figure 02 : feuillage, inflorescences et fructification du caroubier.....	5
Figure 03 : Présentation de la gousse de la caroube, pulpe et graine.....	6
Figure 04 : Systèmes de défense antioxydant contre les espèces réactives de l'oxygène.....	8
Figure 05 : Structure de l'acide caféique.....	12
Figure 06 : Structure chimique de base des flavonoïdes.....	12
Figure 07 : Structure d'une molécule de quinone	14
Figure 08 : Photographie des différents échantillons étudiés.....	20
Figure 09 : dénoyautage des gousses.....	21
Figure 10 : la poudre de caroube.....	21
Figure 11 : Diagramme d'élaboration de biscuits à base de farine de caroube.....	23
Figure 12 : protocole de détermination d'humidité.....	25
Figure 13 : protocole de dosage des poly phénols totaux.....	27
Figure 14 : protocole de dosage des flavonoïdes.....	28
Figure 15 : protocole de dosage des flavonols.....	28
Figure 16 : dosage des tannins des différents extraits.....	29
Figure 17 : protocole de dosage des tanins.....	29
Figure 18 : protocole d'extraction des protéines.....	30
Figure 19 : protocole de dosage des protéines.....	31
Figure 20 : protocole de détermination du pouvoir réducteur.....	31
Figure 21 : Réduction du radical DPPH°.....	32
Figure 22 : protocole de détermination d'activité anti-radicalaire (DPPH).....	32
Figure 23 : protocole de détermination de l'activité antioxydante (ABTS).....	34
Figure 24 : protocole de détermination de la matière grasse.....	35
Figure 25 : Salle de dégustation.....	37
Figure 26 : Teneur en matière sèche des différentes poudres de la caroube.....	38
Figure 27 : teneur en humidité des différentes poudres de la caroube.....	39
Figure 28 : teneur en polyphénols des différentes poudres de la caroube.....	39

Figure 29 : teneur en flavonoïdes des différentes poudres de la caroube.....	40
Figure 30 : Teneur en flavonols des différentes poudres de la caroube.....	42
Figure 31 : teneur en tanins des différentes poudres de la caroube.....	42
Figure 32: teneur en protéines des différentes poudres de la caroube.....	43
Figure 33: pourcentage de l'activité anti oxydante par le test au DPPH des différentes poudres.....	44
Figure 34: Pourcentage de l'activité anti radicalaire par le test ABTS des différentes poudres.....	45
Figure 35 : Pouvoir réducteur des différentes poudres étudiées.....	46
Figure 36 : Teneur en matière grasse des différentes poudres.....	46
Figure 37: teneur en matière sèche des différents biscuits.....	47
Figure 38 : teneur en humidité des différents biscuits.....	48
Figure 39: teneur en poly phénols des différents biscuits.....	49
Figure 40: Teneur en flavonoïdes des différents biscuits étudiés.....	50
Figure 41 : teneur en flavonols des différents biscuits étudiés.....	50
Figure 42 : Teneur en tanins des différents biscuits étudiés.....	51
Figure 43 : Teneur en protéines des différents biscuits.....	52
Figure 44: pourcentage de l'activité anti oxydante par le test au DPPH des différents biscuits.....	53
Figure 45: pourcentage de l'activité anti radicalaire par le test ABTS des différents biscuits.....	53
Figure 46 : Pouvoir réducteur des différents biscuits étudiés.....	54
Figure 47 : teneur en matière grasse des différents biscuits.....	55
Figure 48: Pouvoir discriminant par le descripteur.....	57
Figure 49: Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b).....	58
Figure 50: Dendrogramme des consommateurs naïfs (a), les différentes classes de consommateurs naïfs (b).....	59
Figure 51: profil des différentes classes créées.....	60
Figure 52 : Coefficients des modèles des quatre échantillons des biscuits.....	61
Figure 53: profil des différentes classes créées.....	64

Liste des tableaux

Tableau I : Classification du genre Ceratonia.....	3
Tableau II : Production mondiale de Caroubes (tonnes).....	6
Tableau III : Quelques classes des polyphénols en fonction du nombre d'atomes de carbone dans la molécule.....	11
Tableau IV : les modifications physico-chimiques durant la cuisson des biscuits.....	19
Tableau V : Ingrédients des 5 types de biscuits.....	22
Tableau VI : la numérotation des échantillons.....	47
Tableau VII : Moyenne ajustée par produits pour les jurys experts.....	60
Tableau VIII : Objets classés par ordre croissant de préférence	63
Tableau IX : pourcentage de juges satisfait pour chaque biscuit.....	63

Introduction

En Algérie, l'industrie des biscuits occupe une place importante dans le domaine agroalimentaire. La fabrication des biscuits se base sur l'emploi des farines de blé, cependant, il existe d'autres types de farines comme : la farine de maïs, riz, dattes, caroube. Les biscuits sont des produits de boulangerie les plus populaires consommés par les enfants et les adultes, ceci est principalement lié à leur qualité gustatives, leur disponibilité dans différentes variétés, leur coût accessible, ainsi que leur longue durée de conservation (**Ait Chitt et al, 2007**).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua 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 (**Avallone et al., 1997 ; Biner et al, 2007**).

Le caroubier possède un intérêt socio-économique et écologique considérable, tous les constituants de graine de caroubier jouent un rôle industriel et médical important, la grande valeur de la caroube est connue grâce aux gousses et aux graines, sa pulpe est un substitut naturel de cacao utilisé pour la préparation de chocolat et aussi utilisé traditionnellement comme médicament contre les diarrhées et certaines maladies gastriques ainsi que pour la production de farine pour la préparation des gâteaux et l'alimentation animale. La gomme est utilisée dans plusieurs produits quelque soit dans l'agroalimentaire comme un agent stabilisant ou bien dans le domaine médical et pharmaceutique. (**Berrougui., (2007)**).

Actuellement, la caroube est considérée 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 (**Custódio, 2011**). La graine de la caroube est la fraction la plus exploitée. Elle est utilisée, à grande échelle, dans les industries agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique et textile. Cependant, la pulpe de la caroube reste peu valorisée malgré sa richesse en nutriments et en particulier les polyphénols. Récemment, l'attention a été attirée sur l'effet de la pulpe de la caroube en raison de sa teneur polyphénolique et ses fibres alimentaires, qui sont à l'origine des différents bienfaits pour la santé humaine (**Dupas, 2009 ; Gabriela, 2011 ; Nkhili, 2009**).

Notre travail consiste à transformer les gousses de la caroube en farine, puis la formulation de biscuit type «Cookies » par l'incorporation de la farine de caroube (industriel et naturel) avec des concentrations différentes et enfin Les analyses physico-chimiques des matières

premières (poudre) et les produits finis (biscuits), ainsi que l'étude organoleptique et sensorielle. Pour améliorer la qualité nutritionnelle du biscuit par l'addition de la poudre de caroube.

La première partie de notre travail est consacrée à la description des données bibliographiques relatives à la caroube et à la technologie biscuitière. La seconde partie se focalise sur la méthodologie du travail adoptée, la troisième partie traite l'interprétation des résultats obtenus. Enfin, la dernière partie est consacrée à la conclusion et aux perspectives.

I. Présentation de caroubier

I.1. Taxonomie

Le mot «caroubier» vient de l'arabe el kharroube. Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua* 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, (**Berrougui ; 2007 ; Battle et Tous, 1997**). Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des légumineuses, ordre des Rosales, sous famille des Caesalpinioideae. (**tableau I**) (**Quezel et Santa, 1962**).

Tableau I : Classification du genre *Ceratonia* (**Quezel et santa. 1962 ; Sbay, 2008**).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliosida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Legumineuses
Sous-famille	Caesalpinioideae
Sous tribu	Ceratoninae
Genre	<i>Ceratonia</i>

Le caroubier possède plusieurs noms variables selon le Pays. Il se nomme, Kharroub en arabe, algarrobo en espagnol, carroubo en italien, caroubier en français, etc... Le caroubier résiste à la sécheresse et est sensible au froid (**Biner et al. 2007**).

I.2 .Description botanique

Le caroubier est un arbre de croissance lente, toujours vert (**figure n°1**), peut atteindre 8 à 17 m de hauteur, 85 cm de diamètre et vivre jusqu'à 500 ans, Son écorce est brune, rugueuse. Ses feuilles sont persistantes et coriaces de couleur vert sombre, grandes de 10 à 20 cm (**Sbay, 2008**) Son bois de couleur rougeâtre est très dur (**Ait Chitt et al, 2007**).



Figure 01 : L'arbre du caroubier

I.2.1.Feuille

Les feuilles, grandes de 12 à 13cm, alternes, persistantes, sont composées paripennées et comptent de trois à cinq paires de folioles. De forme ovale, celles-ci sont coriaces, vert sombre luisant au-dessus, tirant sur le rouge sur leur face inférieure. (**Gharnit, 2003**).

I.2.2.Fruits

Les gousses ou caroubes, dont le développement est très long (10 à 11 mois), sont indéhiscentes, de 10 à 30 cm de longueur sur 1,5 à 3 cm de largeur, pendantes. D'abord vertes en novembre-décembre, elles deviennent brun foncé en juillet de l'année suivante lorsqu'elles sont à maturité (**Batlle et Tous, 1997**). Chaque caroube pèse une quinzaine de grammes, contient de la pulpe charnue et 10 à 15 graines dures, d'un beau brun foncé, brillant et de poids régulier (**Melgarejo et Salazar, 2003 ; Chitt et al, 2007**).

Les différents constituants de la graine sont : les téguments (30 à 33 %), l'endosperme (42 à 46 %) et l'embryon (23 à 25%) (**Sbay h., 2008 ; Ait Chitt et al., 2007 ; Albanell, 1990**).

I.2.3.Fleur

Les fleurs, très petites, mâles ou femelles, rarement hermaphrodites, constituées d'un calice pourpre sans corolle, sont réunies en grappes axillaires cylindriques. Elles apparaissent d'août à octobre. L'inflorescence femelle consiste en un pistil cylindrique de 6 à 12 mm de long, sur lequel sont disposées en spirale 17 à 20 fleurs brunâtres, unisexuées. L'ovaire est composé de deux carpelles de 5 à 7 mm de long contenant plusieurs ovules. L'inflorescence mâle, consiste en un disque nectarifère volumineux entouré de 5 étamines (**Sbay h, 2008 ; Albanell, 1990**)



Feuilles

fleurs

Gousses vertes

Gousses mûr

Figure 2: feuillage, inflorescences et fructification du caroubier (Jardiland conservancy, 2001)

Le caroubier a des racines forte qui pénètre dans le sol pour attendre une profondeur de 18 m ou même plus, et se caractérise par des branches solides et robustes (Ait Chitt et al, 2007 ; Melgarejo et Salazar, 2003).

I.2.2.Répartition géographique

I.2.1.En Algérie

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

La superficie cultivée totale du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAOSTAT). En 2009, cette superficie était de 927 ha dont 645 ha, soit 69,58 % de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaïa. La production nationale de la caroube est estimée à 33841 Qx et se concentre principalement dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18.417 Qx, ce qui représente 54,42 % de la production nationale, suivie par la wilaya de Blida (23,79%) et Tipaza (16,55%).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 % (Mahdad, 2012).

I.5.Production mondiale de la caroube

En 2006, la production mondiale est estimée à 186 279 tonnes, produites dans environ 103 931 ha, soit 1,8 tonnes/ha. L'Espagne est le premier producteur avec 70 000 tonnes alors que l'Algérie est à la 8^{ème} place avec 3000 tonnes (tableau II) (Sbay h., 2008).

Tableau II : Production mondiale de Caroubes (tonnes) (FAOSTAT 2008 modifié).

Pays	Production mondiale de caroubes (tonnes)	%
Espagne	70000	37
Italie	26110	14
Maroc	26000	14
Portugal	20000	10,7
Grèce	14815	8
Turquie	12388	6,7
Chypre	5650	3
Algérie	3000	1,6
Liban	2500	1,3
Tunisie	1000	0,5
Autres pays	4800	2,6
Total	186279	100

I.6. Description et composition du fruit du caroubier

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse mûre du caroubier (**Figure 03**) et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total (**Gabriela Bernardo-Gila, 2011**)



Figure 3 : Présentation de la gousse de la caroube, pulpe et graine (**Mulet et al, 2015**).

Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend en général, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (**Orphanos et Papaconstantinou, 1969**; **Calixto et Cañellas, 1982**; **Albanell et al, 1991**). Selon les travaux d'**Avallone et al, (1997)** ;

Bengoechea et al, (2008), la gousse de caroube est riche en hydrates de carbone et en fibres, elle contient une faible quantité de protéines et des teneurs négligeables en lipides ; quant à la teneur de la caroube en minéraux elle est appréciable. La composition chimique de la graine a été évaluée par **Bouzouita et al, (2007)**, qui a démontré que la graine était pauvre en minéraux en fibres et en protéines, par contre elle contient une quantité appréciable de lipides.

I.7. Intérêts et utilisation de caroubier

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages. Ses fruits sont comestibles et sucrés. La caroube a deux principaux produits :

La farine : Obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est utilisée en agroalimentaire comme antioxydant grâce à sa composition riche en poly phénols. En effet, la caroube contient 2 à 20% de composés phénoliques (**Owen et al, 2003 ; Makris et Kefalas., 2004**).

La gomme : Extraite de l'endosperme blanc et translucide de la graine, est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire, pharmaceutique (principalement contre les diarrhées), textile est cosmétique (**Ait Chitt et al, 2007**).

II.1. Les antioxydants

Un antioxydant est défini comme étant toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats (Halliwell, 1999 ; Berger, 2006). Ils ont pour rôle d'empêcher la formation de radicaux libres, de permettre leur élimination ou bien de réparer les dégâts causés par les radicaux libres. Il existe différentes sortes d'antioxydants : des enzymes, des facteurs de transcription, des composés de bas poids moléculaire piégeant les radicaux libres.

II.2. Le système de défense antioxydant

L'organisme se protège en permanence contre la formation et l'agression de ces oxydants grâce à divers mécanismes de défense tant enzymatiques que non enzymatiques. Les espèces antioxydantes peuvent se définir comme des substances qui sont capables de neutraliser les formes actives de l'oxygène et qui permettent de maintenir, au niveau de la cellule et de l'organisme, des niveaux non cytotoxiques de radicaux libres. Entre autres, elle diminue ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques (Halliwell et Gutteridge, 2007).

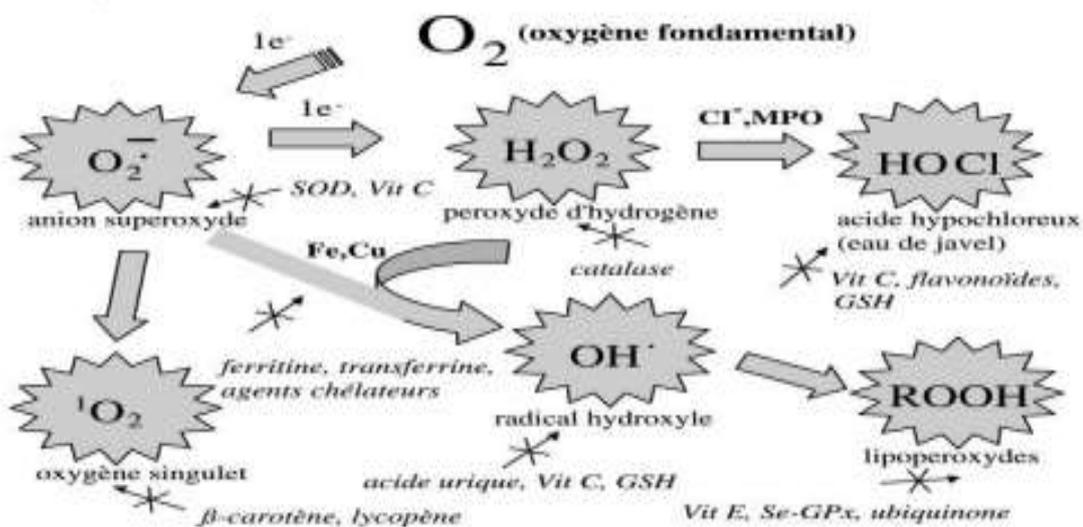


Figure 4 : Systèmes de défense antioxydant contre les espèces réactives de l'oxygène (Pincemail et al, 1999).

La nature du système antioxydant varie en fonction des tissus et des types cellulaires et selon qu'il s'agisse de milieu intracellulaire ou extracellulaire (Chaudière et Ferrari-iliou, 1999). Dans l'organisme, on distingue des systèmes antioxydants enzymatiques et des systèmes non enzymatiques.

II.2.1. Systèmes antioxydants enzymatiques

Les enzymes constituent la première ligne de défense contre les radicaux libres qui repose principalement sur 3 enzymes (**Lehucher-Michel et al. 2010**).

II.2.1.1. Super oxyde dismutase (SOD)

Superoxyde dismutase est l'enzyme antioxydante la plus importante dans la défense contre le stress oxydatif (**Anderson et al, 1997**), qui est capable d'éliminer l'anion superoxyde en produisant une molécule d'oxygène et une molécule de peroxyde d'hydrogène (**Gaté et al., 1999 ; Ratnam et al., 2006 ; Parrilla-Taylor et Zenteno-Savin, 2011**).



Chez l'homme, les plus hauts niveaux de SOD se trouvent dans le foie, la glande surrénale, les reins et la rate (**Scheibmeir et al, 2005**). Elle catalyse la dismutation de l'anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$) en O_2 et peroxyde d'hydrogène (**Droillard et Paulin, 1990; Valko et al. 2006**).

II.2.1.2 Catalase

La catalase est présente dans de nombreux tissus et particulièrement abondante dans le foie et les globules rouges. Elle catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire (**Valko et al, 2006**).



II.2.1.3. Glutathion peroxydas :

Elle est l'un des principaux systèmes de protection capables de réduire le peroxyde d'hydrogène et les peroxydes organiques (ROOH) toxiques formés par l'oxydation des acides gras ou du cholestérol (**Ganther, 1999; Favier, 2003**), elle utilise le glutathion réduit comme cofacteur (**Vitoux et al., 1996**).

II.2.2. Système antioxydant non enzymatiques

Les antioxydants non-enzymatiques sont des molécules qui possèdent des capacités de piéger les radicaux libres et les désactiver.

II.2.2.1. Vitamine E

Elle est considérée comme le principal antioxydant attaché à la membrane utilisé par la cellule pour inhiber la peroxydation lipidique (Proyor, 2000). L' α -tocophérol est le principal Antioxydant contenu dans les LDL (López et al, 2005).

II.2.2.2. Vitamine C (Acide ascorbique)

C'est un antioxydant puissant hydrosoluble, capable de piéger à des concentrations très faibles les espèces réactives de l'oxygène (Carr et Frei, 1999). Elle est un réducteur susceptible de limiter la peroxydation lipidique et intervient dans la régénération des autres antioxydants tels que les α -tocophérol (Greff, 2011).

II.2.2.3. Glutathion (GSH)

Le glutathion joue un rôle majeur dans la protection des lipides, des protéines et des acides nucléiques contre l'oxydation (Stamler et Slivka, 1996). En situation de stress oxydant, son rôle protecteur et détoxifiant résulte principalement de sa fonction de coenzyme des GPx (Gérard-Monnier et Chaudière, 1996).

II.2.2.4. Flavonoïdes

Ils peuvent agir de différents façons dans les processus de régulation du stress oxydant par capture directe des espèces réactives de l'oxygène, par chélation de métaux de transition comme le fer, le cuivre ou par inhibition de l'activité de certains enzymes responsables de la production des espèces réactives de l'oxygène comme la xanthine oxydase (Lahouel et al., 2006).

III-1. Définition

Les composés phénoliques ou les polyphénols (PP) sont des produits du métabolisme Secondaire des plantes, largement distribués possédant plusieurs groupements phénoliques, Avec ou non d'autres fonctions (**Bahorun, 1997**), allant de molécules phénoliques simples de bas poids moléculaire à des composés hautement polymérisés (tannins) (**Akowauhet all., 2014**)

III.2. Les principales classes des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont classés selon le nombre d'atome de carbone dans le squelette de base, (**Bruneton, 1999 ; Pascual-Reguera., 1999**).

Tableau III : Quelques classes des polyphénols en fonction du nombre d'atomes de carbone dans la molécule (**Macheix et al, 2005**).

Nombre d'atome de carbone	Squelette de base	Classe
6	C6	Phénols simples Bensoquinones
7	C6-C1	Acides phénoliques
8	C6-C2	Acétophenones Acides phénylacétique
9	C6-C3	Acides hydroxycinnamique, Phénylropens, coumarines Isocoumarines
10	C6-C4	Naphtoquinones
13	C6-C1-C6	Xanthones
14	C6-C2-C6	Stilbens Anthrachinones
15	C6-C3-C6	Flavoïnoïdes Isoflavoïnoïdes
18	(C6-C3) ₂	Lignanes
30	(C6-C3-C6) ₂	Biflavoïnoïdes
N	(C6-C3) (C6) (C6-C3-C6)	Lignines Caticholmelagnines Tanins condensés

III.2.1. Acide phénolique

Les acides phénoliques sont présents en abondance dans les aliments et divisés en deux classes : les dérivés de l'acide benzoïque et les dérivés de l'acide cinnamique (**Thompson et Mottola., 1984**). Les acides hydroxy cinnamiques sont plus fréquents que les acides hydroxy benzoïques et comprennent essentiellement l'acide p-coumarique, caféique, férulique et sinapique (**Pandey et Rizvi, 2009**).

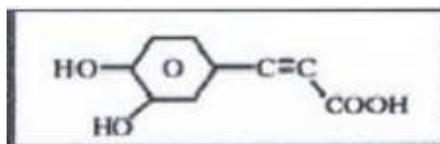


Figure 5: Structure de l'acide caféique (**Cowan, 1999**)

III.2.2. flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure C6-C3-C6 (**Souza., 2004**). Ils interviennent dans la pigmentation des fleurs et dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (**Korkina et Afanas'ev., 1997**). Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits et légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin, etc. .).

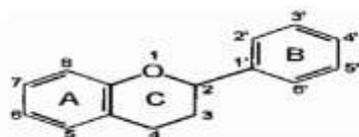


Figure 6: Structure chimique de base des flavonoïdes (**Dacosta., 2003**).

- **flavonols**

Se distinguent par la présence d'un groupement OH en position C3 et d'une double liaison en C2-C3. Ils peuvent exister soit sous forme d'aglycones, soit sous forme d'hétérosides. Les sucres les plus souvent impliqués sont des aldoses: D-glucose et L-rhamnose (**Korkina et Afanas'ev, 1997**). Leurs principaux représentants sont la quercétine, le kaempférol et la rutine (**Simić et al, 2007**).

III.2.3. tanins

Ils sont d'origine végétale et non azotée qu'on trouve dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbres, les fruits (raisin, datte, café, cacao...) et les feuilles de thé. Ce sont des composés poly phénoliques, solubles dans l'eau, l'alcool, l'acétone et sont peu soluble dans l'éther, de masse molaire entre 500-2000D, de structures variées ayant en commun la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines. (**Vermerris et al, 2006**).

Les tannins sont des macromolécules qui se divisent selon leur structure en deux groupes distincts. Les tanins hydrolysables, sont des phénols liés à un résidu sucré par un lien ester et les tanins condensés qui sont des polymères dérivés de résidus flavonols (**Mueller Harvey et Mc Allan., 1992; Bruneton., 1999; Hagerman., 2002**).

III.2.4. anthocyanes

Ces molécules faisant partie de la famille des flavonoïdes et capables d'absorber la lumière visible, ce sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange. Leur présence dans les plantes est donc détectable à l'œil nu. A l'origine de la couleur des fleurs, des fruits et des baies rouges ou bleues, elles sont généralement localisées dans les vacuoles des cellules épidermiques, qui sont de véritables poches remplies d'eau. On trouve également les anthocyanes dans les racines, tiges, feuilles et graines. En automne, les couleurs caractéristiques des feuilles des arbres sont dus aux anthocyanes et aux carotènes qui ne sont plus masqués par la chlorophylle (**Bessas et al, 2007**).

III.2.5. Coumarines

Les coumarines constituent une classe importante de produits naturels et donnent une odeur caractéristique semblable à celle du foin fraîchement fauché. A l'exception des algues, ces composés sont les constituants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien. Les familles les plus riches en coumarines sont : les Légumineuses, Rutacées, Apiécées et Thymeleacées. Elles se trouvent dans toutes les parties de la plante et notamment dans les Fruits et les huiles essentielles des graines (**Deina et al, 2003 ; Booth et al, 2004**).

III.2.6. quinones

Les quinones sont des noyaux aromatiques avec deux substitutions cétones. Ce sont des substances colorées et brillantes, rouges, jaunes ou oranges et possédant deux fonctions cétones. Les quinones inactivent les protéines et altèrent leur fonction (**Arif et al, 2009**).

On trouve les quinones dans les végétaux, les champignons et les bactéries. Les organismes animaux contiennent également des quinones, comme par exemple la vitamine K qui est impliquée dans la coagulation du sang. Les quinones sont utilisées dans les colorants, les médicaments et dans les fongicides (**Kansole, 2009**).

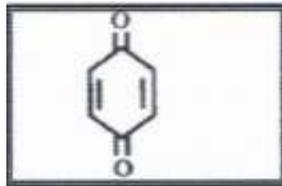


Figure 7: Structure d'une molécule de quinone (**Cowan, 1999**).

III.3. Rôle des polyphénols

Dans les plantes Les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, impliqués dans de nombreuses facettes de leurs systèmes biologiques : pigmentation, mécanismes de croissance et de reproduction et protection contre les prédateurs (**Dupas, 2009**). Les composés phénoliques jouent un rôle important dans la qualité organoleptique des fruits et légumes, utilisés frais ou après transformation industrielle (**Nkhili, 2009**).

IV.1 .Historique des biscuits

Les origines des biscuits et gâteaux remontent à une dizaine de milliers d'années lorsque la bouillie de céréales devient galette, premier aliment susceptible d'être conservé. Au début c'était des produits consommés par les Pharaons égyptiens, les grecs et les romains. En effet, la biscuiterie est d'origine égyptienne, environ 2500 ans avant JC.

L'étymologie du mot biscuit est donnée par Jean de Joinville, un chroniqueur français, qui a parlé de ces petits pains cuits deux fois. C'est un terme venant du latin « panis biscotus » qui signifie « pain cuit deux fois » (**Kabore, 2012**).

IV.2. Définition des biscuits

L'origine du mot biscuit est "Bis-Cuit", qui signifie subir une double cuisson. En effet, ce procédé exige que les pâtons soient d'abord cuits comme le pain, puis placés dans les compartiments au-dessus du four pour réduire leur teneur en humidité (**Serrem., 2010; Zhou., 2014**).

C'est un aliment à base de farine alimentaire, des matières grasses, matière sucrantes et d'autres ingrédients tels que le lait, sel, agent aromatisant et les agents d'aération. La composition des biscuits varie énormément selon leur type (**Armand et Germain, 1992 ; Cheblaoui et Yahiatene, 2016**).

IV.3. classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (**Kiger et Kiger., 1967; Mohtedji-Lambalais., 1989;feillet., 2000**). On distingue :

- Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs.
- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, et d'articles moelleux tels que génoises. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses.
- Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes. (**Soulef, 2010 ; Kiger et Kiger., 1967; Mohtedji-Lambalais, 1989; Manoharr et Rao., 2002**)

IV.4. Matière première utilisées dans la fabrication du biscuit

Les trois ingrédients de base pour la fabrication des biscuits sont: la farine, la matière grasse et le sucre, les différentes combinaisons de ses ingrédients donnent naissance à un large éventail de produits avec de formes et de textures diverses (**Gallagher, 2008**).

IV.4.1. farine

En biscuiterie, la farine de blé reste la matière première principale de ce secteur. La valeur biscuitière d'une farine se juge d'après son aptitude à donner une pâte machinale, qui résiste à un certain degré de brisure et pouvoir s'étendre en couche minces sans se casser ou craqueler, en donnant un produit fini de qualité. Certains facteurs intrinsèques à la farine comme les protéines ont une influence quantitativement et qualitativement importante sur la qualité technologique est essentiellement fonction de la nature du produit fini (**Benkadri, 2010**).

IV.4.2. Matière grasse

En biscuiterie, les matières grasses utilisées sont généralement d'origine végétale (**Mohtedji-Lambalais, 1989;feillet., 2000**). C'est le deuxième ingrédient le plus important utilisé dans la fabrication des biscuits .Celles-ci permettent d'accomplir un nombre considérable de fonctions telles que :

- Plasticité.
- Contribution structurale.
- Incorporation et stabilisation d'air
- Transfert de chaleur.
- Qualités organoleptiques et nutritionnelles.

IV.4.3. sucre

Le sucre est le troisième élément important dans la fabrication des biscuits.il représente de 15 à 25% dans la formule d'un biscuit sec, et plus de 25% en pâtisserie industrielle. Le saccharose, ajouté à l'état cristallin, est le plus employé. En plus de son pouvoir sucrant.

Il contribue à la formation des arômes, de la texture, de la coloration et à la conservation des biscuits. Il a également une fonction plastique (**Feuillet., 2000**).

IV.4.4 .Eau

L'eau est un facteur essentiel dans les comportements rhéologiques des pâtes, il sert à hydrater la farine, rassembler, coller, gonfler toutes les particules d'amidon de la farine et à favoriser les réactions entre la farine et les autres ingrédients de la pâte. L'eau est nécessaire pour la solubilisation des ingrédients, pour l'hydratation des protéines et pour le développement d'un réseau de gluten (**Sofia ,2016**).

IV.4.5. Lait

Dans certaines recettes de biscuit, l'eau peut être remplacé par le lait, Il mouille et améliore la structure et la texture de la pâte, stimule la saveur acquise aux biscuits, il participe aussi à la coloration de la croûte par la réaction de Maillard grâce à sa forte teneur en lactose (**Mezian., 2011**).

Généralement en industries on utilise le lait en poudre. C'est un produit hautement nutritif équilibré. Il contient des matières albuminoïdes (caséine), des matières grasses, des substances sucrées (lactose) et des substances minérales (**Coutouly et al, 1998**).

IV.4.6. Œufs

Les œufs apportent de la légèreté et du moussant aux biscuits, comme pour les madeleines, les génoises, ils permettent aussi de donner une couleur doré aux biscuits (**Coutouly et al., 1998**).les œufs peuvent également assurer des fonctions d'aération et de coagulation lors de la préparation de biscuit (**Hui et al., 2006**).

IV.4.7. levures chimiques

Le bicarbonate d'ammonium (NH_4HCO_3) et le bicarbonate de sodium (NaHCO_3) utilisés sont des produits chimiques à usage alimentaire. Ils nous ont été fournis par la biscuiterie (**Benkadri., 2010**).

IV.4.8.Sel

C'est le chlorure de sodium (NaCl) indique à celui utilisé en cuisson, il est soluble dans presque tous les liquides, son rôle est :

- ✓ D'accélérer le ramollissement de la croûte.
- ✓ Joue un rôle important dans la conservation des ingrédients et protège l'aliment

(**Kiger I et Kiger J-g ., 1967**).

IV.5. Technologie de fabrication des biscuits

La technologie de biscuit englobe 8 étapes :

IV.5.1. Réception des matières premières

La réception de la matière première est aujourd'hui l'une des fonctions capitales d'une bonne fabrication. En effet le service commercial doit choisir les qualités meilleures pour l'usage. Après contrôlées pour vérifier leur conformité à ce qui demandé et quant à leur bon état de conservation. Les matières premières doivent être stockées convenablement jusqu'au moment d'utilisation (**Haoua et Tingali, 2007**).

IV.5.2. Préparation et mélange des matières premières

En principe, un mélange doit permettre d'obtenir, à partir des composants connus, un produit dont la composition et les caractéristiques en tous points concordent avec la formule prévue (**Armand et Germain, 1992**).

IV.5.3 Malaxage

Le premier but du malaxage de la pâte est amener en dispersion homogène les différents ingrédients et minimiser le développement du gluten de la farine, et d'obtenir une pâte dont la consistance permet la production de biscuit de dimensions (diamètre et épaisseur) et de symétrie (forme) uniformes (**Armand et Germain, 1992**).

IV.5.4. Pétrissage

Après avoir terminé le pommadage, on introduit dans le pétrin, la totalité de farine, ensuite, on procède au pétrissage de la pâte (durée de 4 à 5 min), pour l'obtention d'une pâte homogène à la fois assez souple (**Armand et Germain, 1992**).

IV.5.5. façonnage et découpage de la pâte

Le laminage est la première opération de mise en forme de la pâte pétrie. Il consiste à façonner la pâte (formation d'un ruban d'épaisseur déterminée) en la faisant passer entre un train de laminoirs (**Fellueit P., 2000**).

IV.5.6. cuisson

La cuisson est un processus durant lequel se déroulent de multiples réactions biochimiques et physico-chimiques complexes : dénaturation des protéines, gélatinisation partielle de l'amidon, expansion de la pâte par réduction et dilatation thermique de gaz, évaporation de l'eau, et formation de la couleur (réaction de Maillard) (**Armand et Germain, 1992**).

Tableau IV : les modifications physico-chimiques durant la cuisson des biscuits (**Ben Mbarek S .2015**).

Température (°C)	Modifications physico-chimiques
32 à 38° C	- Formation d'une pellicule à la surface du biscuit.
32 à 99° C	- Dégagement du gaz carbonique et expansion du pâton. - Gélatinisation partielle de l'amidon. - Dénaturation réversible des protéines.
99à 121° C	- Dénaturation irréversible des protéines.
149 à 205° C	- Caramélisation des sucres.
188 à 205° C	- Dextrinisation ou formation d'une surface luisante.

IV.5.7. refroidissement

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre, pendant quelque minute, des ventilateurs sont utilisés pour éliminer l'humidité (**Cheblaoui et Yahiatene, 2016**).

IV.5.8. conditionnement

Les biscuits ont besoin d'un emballage pour les protéger de l'oxygène, des odeurs et de la lumière. Il existe différents types d'emballage qui sont utilisée pour la conservation des biscuits comme : le carton, aluminium et plastique, sous forme de barquettes ; cylindrique et rectangulaire (**Dugour d, 2009**).

Chapitre I : MATERIEL ET METHODES

I. Objectif du travail

Notre travail a pour but de préparer des biscuits à base de farine de caroube, le choix de matières premières revient d'une part, à la richesse nutritionnelle des caroubes et d'autre part, à l'essai d'intégration d'autres farines que le blé dans nos habitudes alimentaires.

Afin de caractériser la qualité du nouveau biscuit, nous avons pris comme témoin un biscuit de même type à base de farine de blé. Pour faire une série d'analyses physico-chimiques, et organoleptique sur la matière première (farine de caroube) et le produit fini (biscuits).

II Matériel végétal

II.1 Caractéristiques des échantillons

Les différents échantillons utilisés dans la présente étude sont comme suit :

-Les gousses matures de couleur marron récoltées en mois de juillet 2021 à Akbou willaya de Bejaïa. (Échantillon A) Figure 8.

-La poudre industrielle. (Échantillon B) Figure 8.



Figure 8 : Les différents échantillons étudiés.

Échantillon A : gousses matures B : poudre industrielle.

III. Préparation de la farine :

Les différentes opérations de préparation de farine de caroube sont :

III.1. Triage des gousses : Effectué manuellement pour éliminer les matières étrangères.

III.2. Séchage : Les gousses ont été essuyées à l'aide d'une compresse stérile et séchées à l'ambre pendant 3 semaines.

III.3. Concassage : Les gousses du caroubier sont dénoyautées manuellement.



Figure 9: gosses dénoyautés.

III.4. Broyage : Cette opération a pour but de réduire les gosses en particules de plus en plus fines. Le broyage est réalisé à l'aide d'un broyeur électrique.

III.5. Tamisage et conditionnement :

- Cette opération à pour but la séparation de la fraction utilisable de celle non utilisable.
- Le tamisage est réalisé à l'aide d'un tamis traditionnel.
- La farine obtenue est stockée dans des bocaux en verre et stockées à 4°C.



Figure 10: poudre de caroube.

IV. Formulation du biscuit

Dans cette partie on a utilisé deux variétés de poudre de caroube pour l'enrichissement des biscuits. 5 types de biscuits ont été produits mais avec des concentrations différentes de farine de blé et de caroube. Les ingrédients sont comme suit :

Tableau V : Ingrédients des 5 types de biscuits.

Ingrédients	Type du biscuit				
	Témoin	Poudre industrielle		Poudre naturel	
Margarine	125g	125g	125g	125g	125g
Sucre	120g	120g	120g	120g	120g
Vanille	10g	10g	10g	10g	10g
Œuf	1	1	1	1	1
Sel	Une pincée	Une pincée	Une pincée	Une pincée	Une pincée
Farine	290g	250g	230g	250g	230g
La levure chimique	5g	5g	5g	5g	5g
La poudre de la caroube	0g	40g	60g	40g	60g

IV.1. Etapes d'élaboration du biscuit :

La préparation est réalisée manuellement selon les étapes suivantes (**Figure 11**)

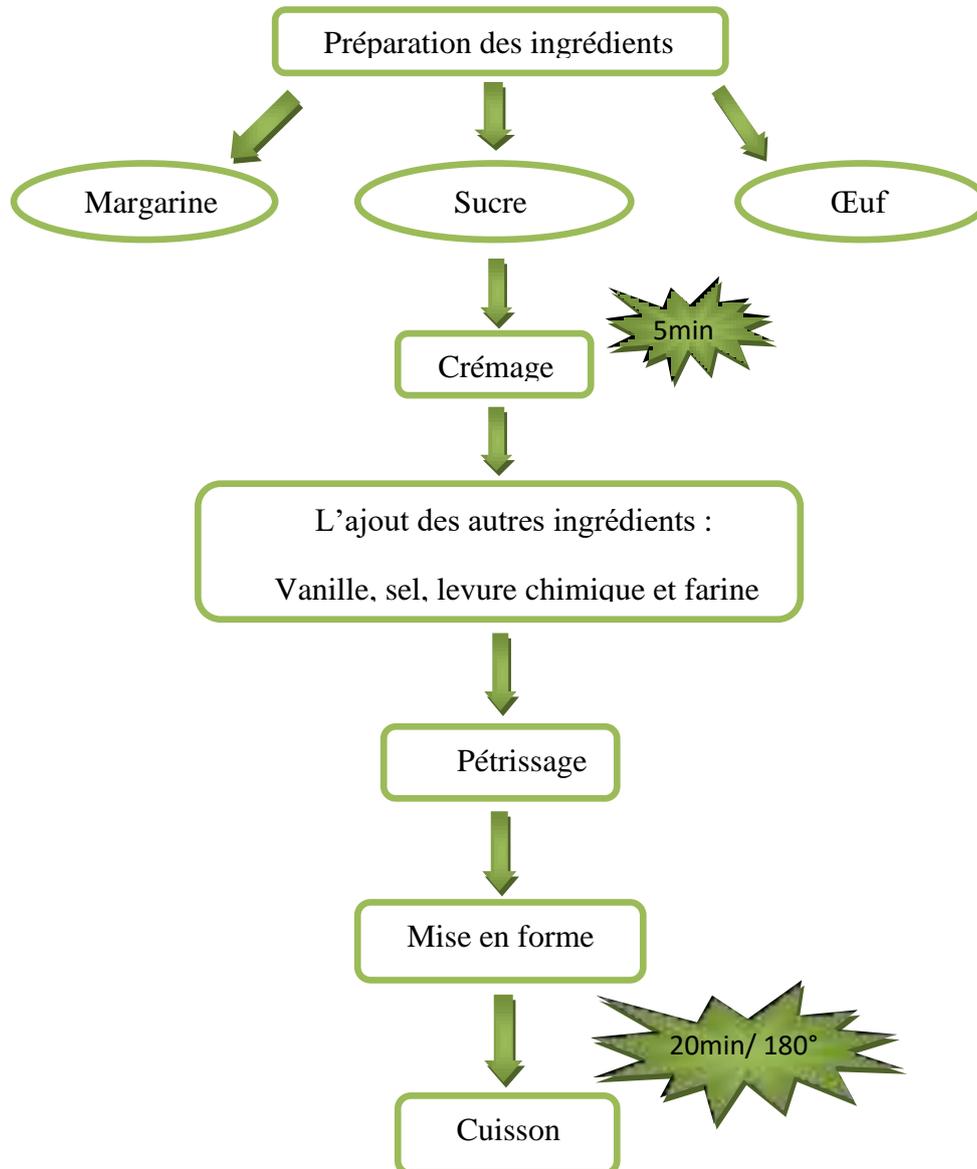


Figure 11 : Diagramme d'élaboration de biscuits à base de farine de caroube

IV.1. 1.Crémage :

- Cette étape consiste à fouetter le sucre et la margarine à l'aide d'un batteur électrique jusqu'à l'obtention d'une texture de pommade.
- Ajouter l'œuf puis mélanger de nouveau.

IV.1.2. Pétrissage :

- Ajouter les autres ingrédients : vanille, sel, levure chimique et farine.
- Mélanger bien jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.

IV.1.3. Mise en forme :

- Étaler la pâte et découper.

IV.1.4. Cuisson :

- Enfourner les biscuits pendant environ 20 min à 180°C.

V. Analyses physico-chimiques Pour les poudres d'enrichissement et les biscuits :

V.1. Détermination d'humidité :

➤ **Principe :**



La teneur en eau des produits broyés est déterminée par séchage dans une étuve réglée à 103°C pendant deux heures sur 5 gramme de produit (**Norme ISO721-1979**).

Mode opératoire :

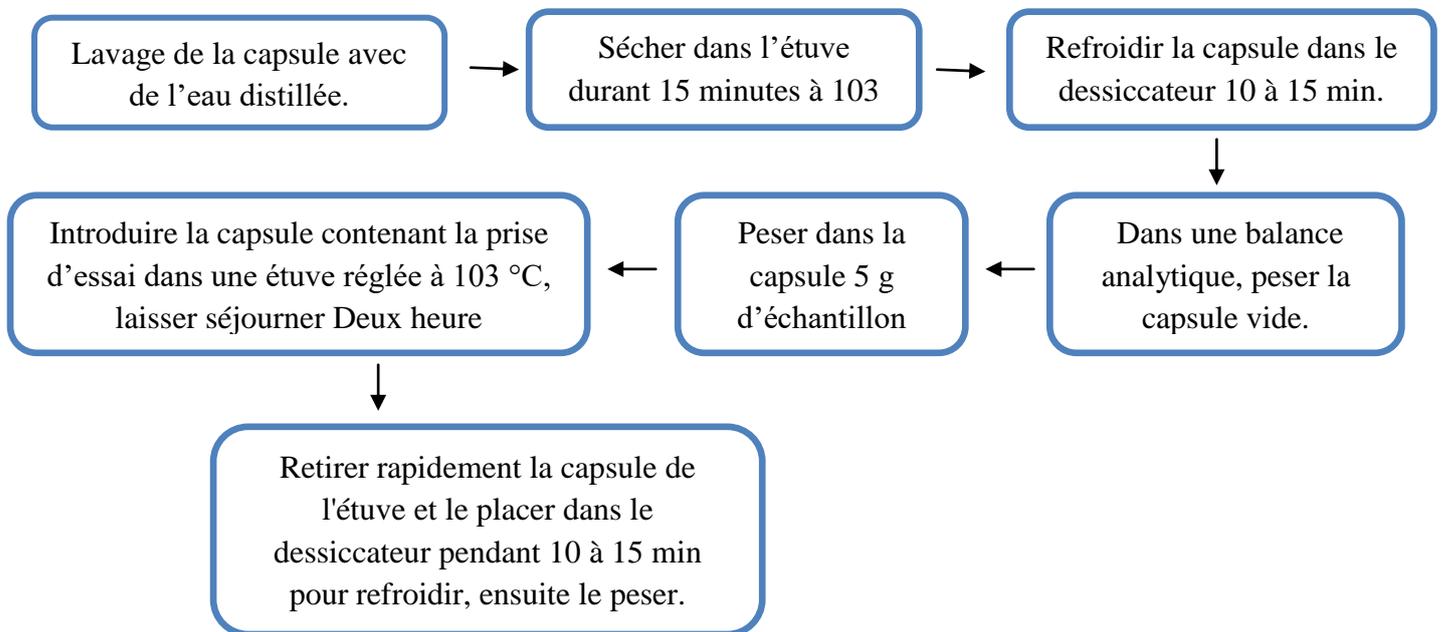


Figure 12 : protocole de détermination d'humidité

Expression des résultats :

La teneur en matière sèche (MS) est calculée selon la formule suivante :

$$MS (\%) = \frac{M1 - M2}{P} * 100$$

Où :

MS (%) : matière sèche

M1 (g) : masse de la capsule + l'échantillon après séchage.

M2 (g) : masse de capsule vide.

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

La teneur en eau est calculée selon la relation suivante :

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

V.2. Préparation des extraits :

➤ Protocole :

- broyer et peser 2g de chaque échantillon (les cinq biscuits plus les deux poudres) et ajouter 10 ml de méthanol à 80%.
- placer sous agitation mécanique pendant 1h à température ambiante.
- Filtrer à l'aide d'un papier filtre et récupérer le résidu puis ajouter 10ml de méthanol à 80 % et laisser agiter pendant 30 min à température ambiante dans les mêmes conditions. Cette étape est refaite deux fois avec renouvellement du solvant.
- A la fin de l'extraction, on regroupe les sept filtrats et conserver dans le réfrigérateur.

V. 3. Dosage des poly phénols totaux

➤ Principe :

Le réactif de Folin, constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite est proportionnelle à la teneur en phénols totaux et possède une absorption maximale aux environs de 750 -765 nm (**Bonnaillie et al, 2012**).

➤ Protocole :

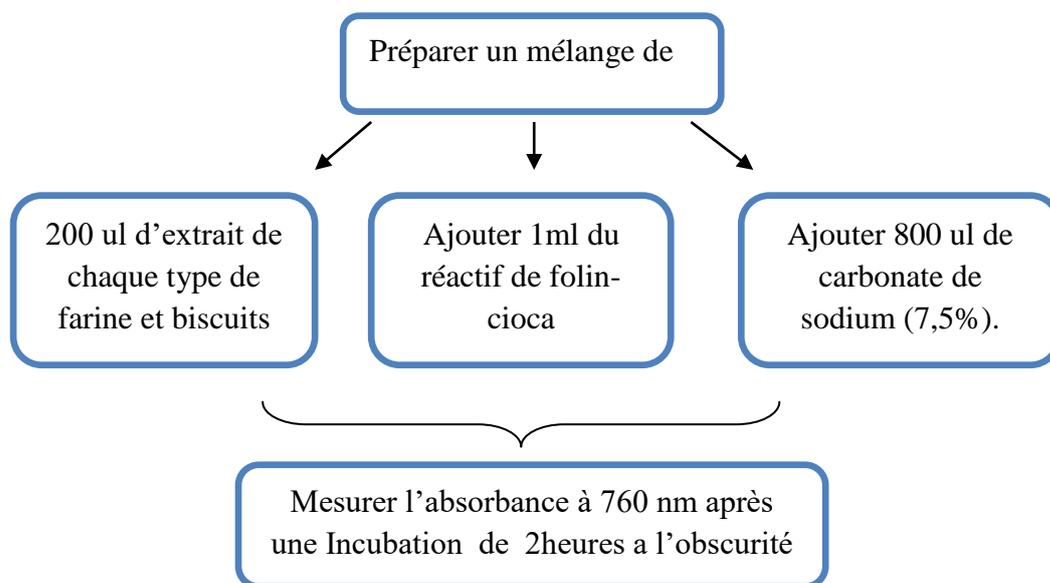


Figure 13 : protocole de dosage des poly phénols totaux.

Les concentrations des polyphénols sont déduites à partir des gammes d'étalonnages exprimées en mg/ml (**Annexe 01**).

V.4. Dosage des Flavonoïdes:

➤ Principe :

L'estimation de la teneur en flavonoïdes totaux contenus dans les extraits Ethanolique de la poudre de caroube est réalisée par la méthode décrite dans la littérature (**Bahorun t., Gressier b., et al, 1996**). Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium. Ils forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons. (**Ribereau-Gayon, 1968, fadlinizal et al, 2010**).

➤ Protocole

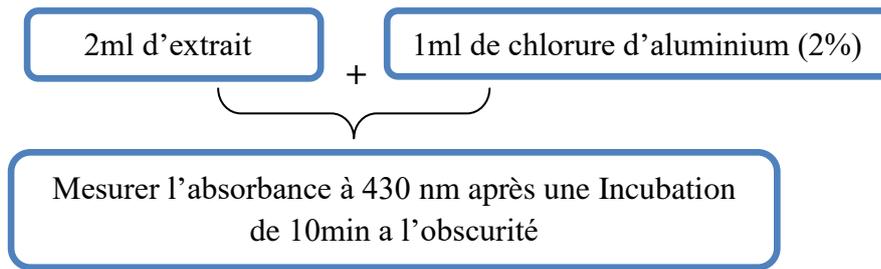


Figure 14 : protocole de dosage des flavonoïdes.

La teneur en flavonoïdes est exprimée en mg équivalent quercétine par g MS, et déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage (**Annexe 01**)

V.5. Dosage des Flavonols :

➤ Principe :

La méthode du trichlorure d'aluminium $ALCL_3$ (**kosalec et al, 2004**) est utilisée pour quantifier les flavonols dans les extraits des différents échantillons.

➤ Protocole

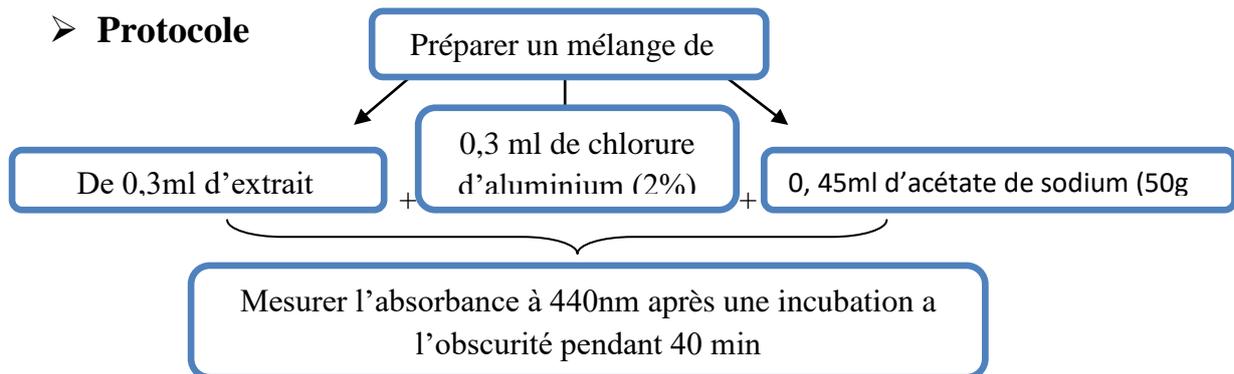


Figure 15 : protocole de dosage des flavonols.

Une courbe d'étalonnage est préparée avec la quercétine, les résultats sont exprimés en mg / g MS (**Annexe 01**)

V.6. Dosage des tanins :

➤ Principe :

La méthode de dosage des tanins est celle proposée par **Ribéreau-Gayon (1968)** adaptée au matériel végétal. Elle utilise la propriété des tanins à se transformer en anthocyanes par chauffage en milieu acide.



Figure 16: dosage des tanins des différents extraits.

➤ **Protocole :**

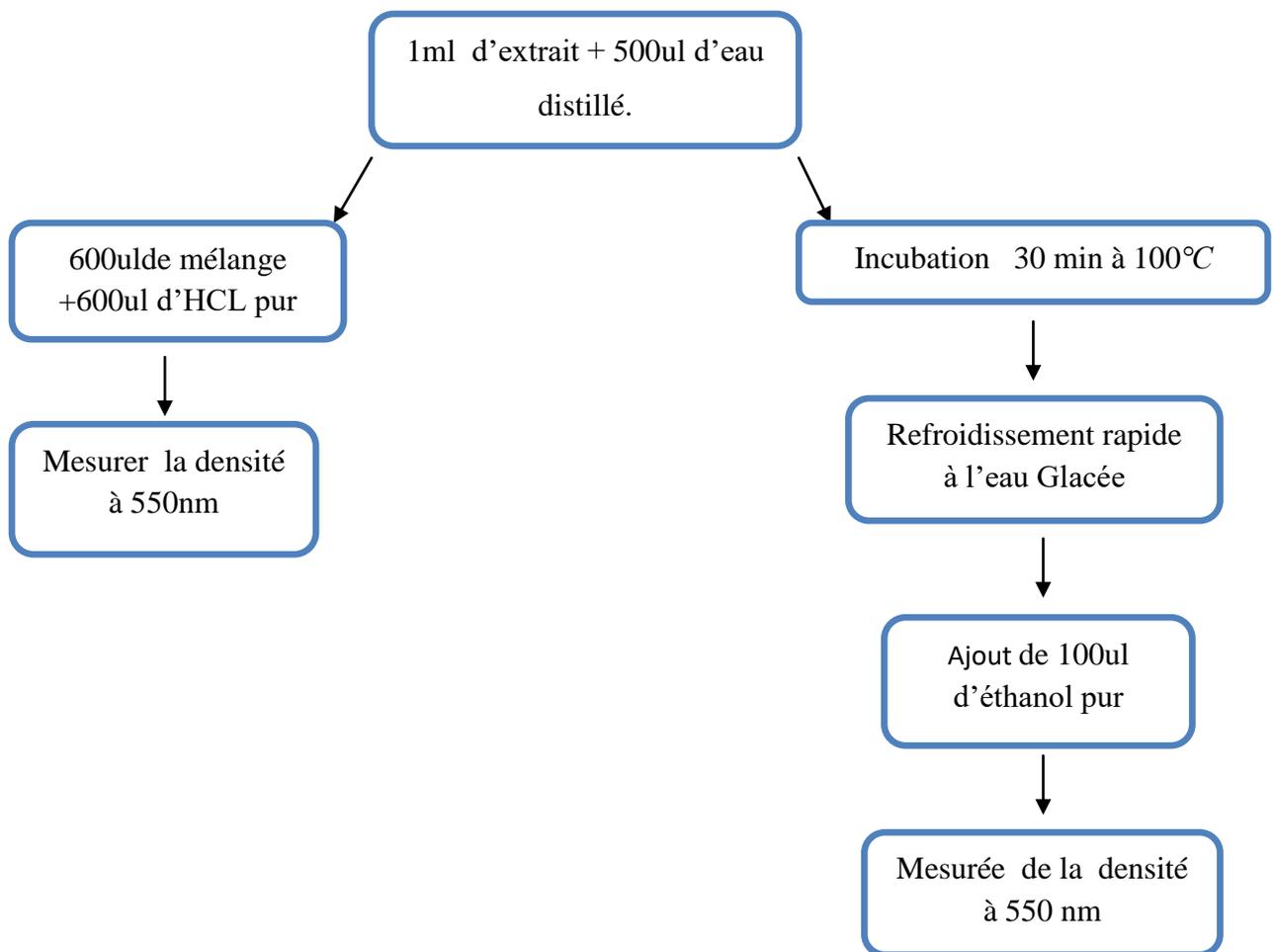


Figure 17 : protocole de dosage des tanins

Expression des résultats :

$$[\text{Tannins}] = (\Delta\text{DO1} + \Delta\text{DO2}) \cdot 19,33 \cdot V \cdot \text{dilution/masse matériel végétal en g}$$

Où :

- ΔDO1 : Densité optique 1.
- ΔDO2 : densité optique 2.
- V : volume d'extraction.

V.7. extraction des protéines :

➤ Protocole :

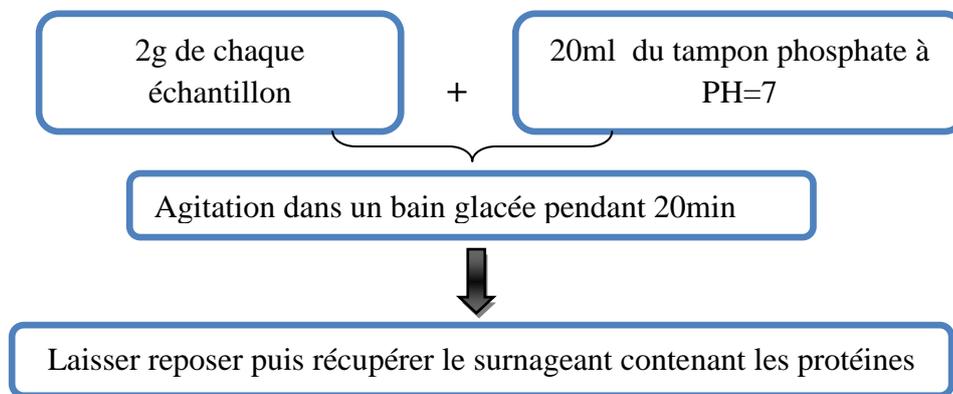


Figure 18 : protocole d'extraction des protéines

V.7.1. dosage des protéines : Méthode de biuret

➤ Principe :

La méthode de biuret est une méthode colorimétrique décrite par Gornall et al. Les liaisons peptidiques des protéines réagissent avec Cu^{2+} en solution alcaline pour former un complexe coloré dont l'absorbance est mesurée à 540 nm. La méthode est réalisée grâce au réactif de Gornall qui contient du sulfate de cuivre, de l'hydroxyde de sodium, de l'iodure de potassium, du tartrate de sodium ou de potassium qui complexe les ions cuivriques et maintient leur solubilité en solution alcaline. (Gornall et al., 1949)

➤ Protocole :

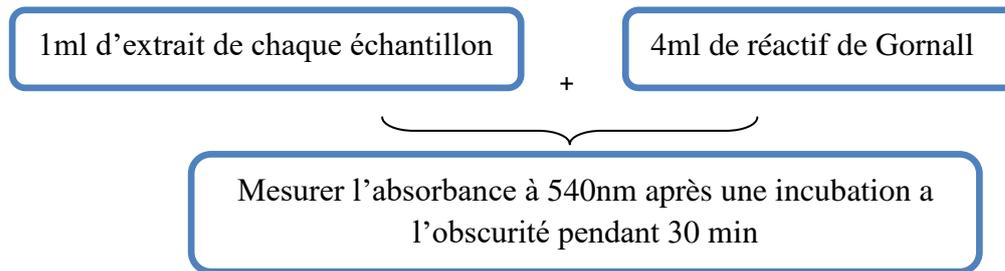


Figure 19: protocole de dosage des protéines

La gamme d'étalonnage est expliquée dans (**Annexe 01**)

V.8.Pouvoir réducteur

➤ Principe :

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans l'extrait à réduire le fer ferrique Fe^{3+} du complexe ferricyanure en fer ferreux Fe^{2+} . La forme réduite donne une couleur verte proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (Odabasoglu et al, 2004).

➤ Protocole :

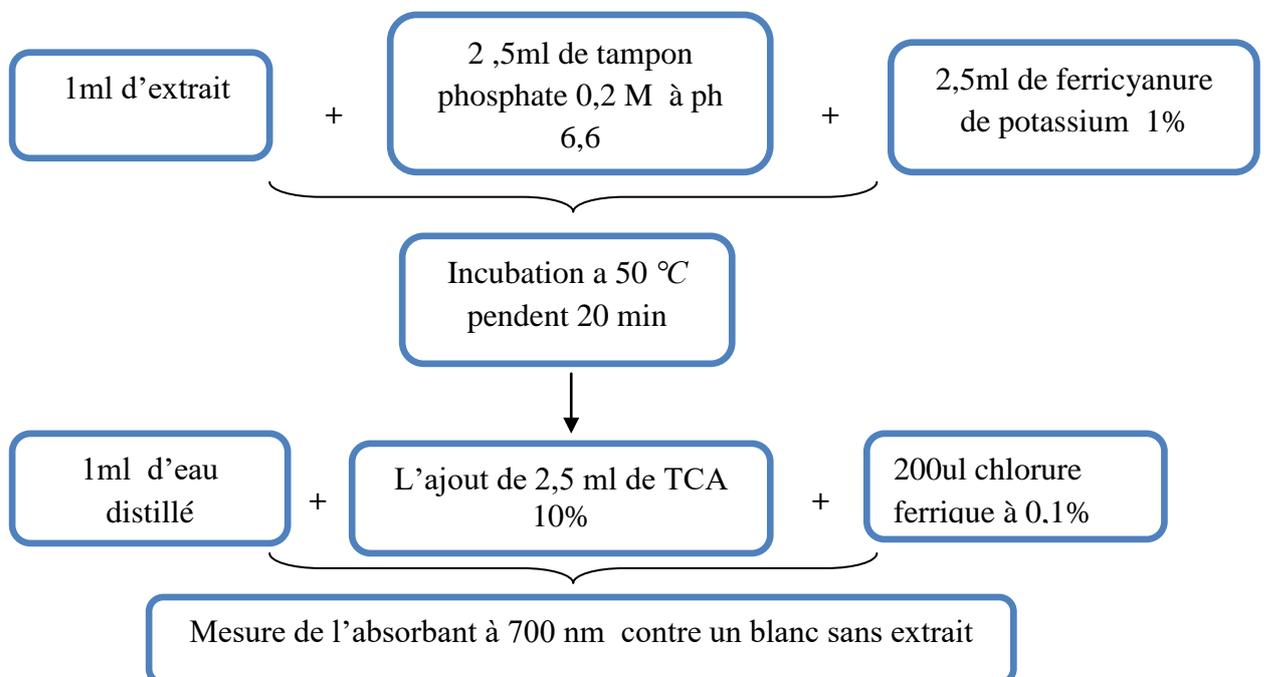


Figure 20 : protocole de détermination du pouvoir réducteur.

Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent acide gallique par 1g de matière sèche à partir d'une droite d'étalonnage (Annexe 01)

V.9. Activité anti-radicalaire (DPPH)

➤ Principe :

Le DPPH (2,2 diphenyl-1-picryl hydrazyl) est un radical stable qui possède un électron célibataire sur l'atome d'azote, caractérisé par une couleur violette et un pic d'absorption spectral maximal à 517nm. En présence d'antioxydant l'électron célibataire devient apparié, ce qui conduit à la décoloration de DPPH du violet (forme radicalaire DPPH[•]) au jaune (forme réduite DPPH-H). Cette décoloration représente donc la capacité d'échantillon de piéger ce radical (Ramadan, 2010)

On mesure à l'aide d'un spectromètre UV à 517 nm, la diminution de coloration de la solution qui est proportionnelle à la quantité d'antioxydant.

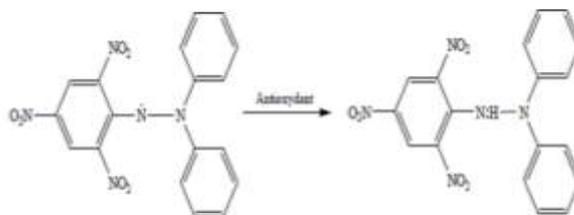


Figure 21 : Réduction du radical DPPH[•] (Molyneux, 2004).

➤ Protocole :

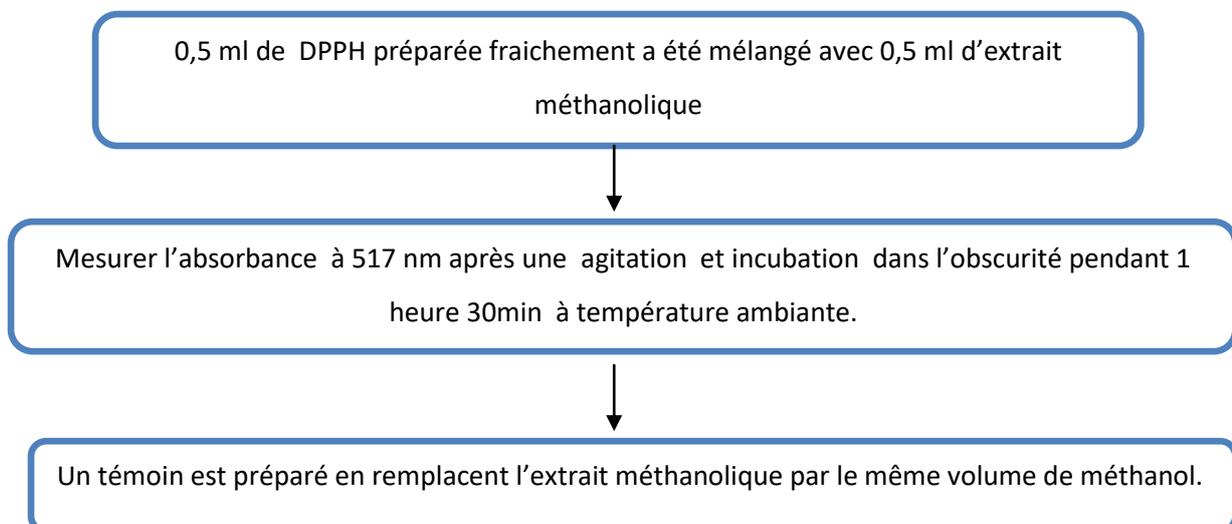


Figure 22 : protocole de détermination d'activité anti-radicalaire (DPPH)

Expression des résultats :

Le pourcentage d'inhibition des radicaux dus à la propriété antioxydant des extraits a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(Ac - Ae) / Ac] * 100$$

Où :

- **Ac** (absorbance de control)
- **Ae** (absorbance de l'échantillon) .sont les absorbances du control et de l'extrait après 1 heure 30min d'incubation.

V. 9. Évaluation de l'activité antioxydante par le test ABTS :

➤ Principe

C'est l'une des méthodes les plus utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante (**Milardovic et al, 2007**). Ce test est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS de coloration bleu-vert en le transformant en ABTS incolore par piégeage d'un proton par l'antioxydant (**Damintoti et al, 2005; Osman et al., 2006**). L'un des radicaux les plus utilisés pour l'évaluation de l'efficacité antioxydante des composés et des mélanges complexes des cations, est le radical dérivé de 2,2- azinobis-3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique (ABTS) (**Osman et al, 2006**).

La décroissance de l'absorbance causée par l'antioxydant reflète la capacité de capture du radical libre. La réaction entre les antioxydants et ABTS⁺ est estimée selon la réaction suivante :



➤ Protocole :

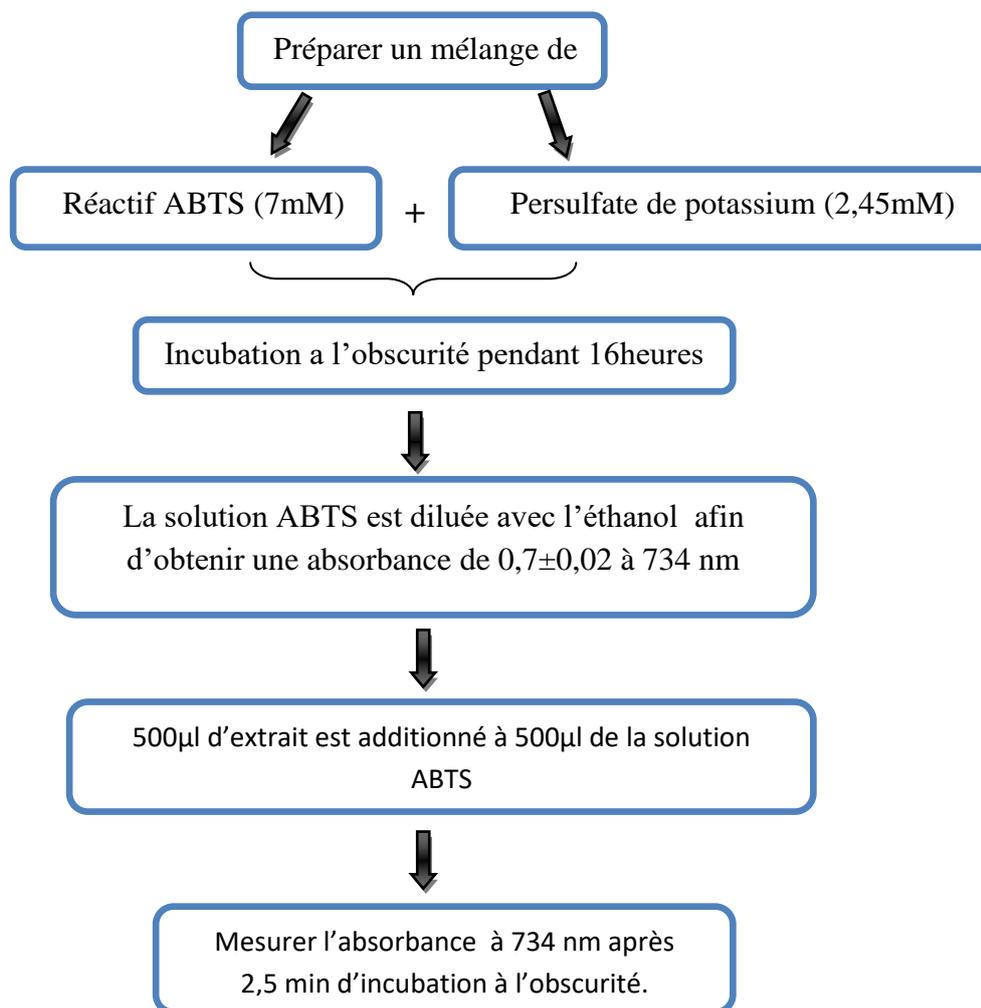


Figure 23 : protocole de détermination de l'activité antioxydante (ABTS)

Expression des résultats :

$$\text{Activité anti radicalaire(\%)} = (A0-A1)/A0.100$$

Où :

- A0 : Absorbance du control.
- A1 : Absorbance de l'échantillon.

V. 9. Teneur en matière grasse :

➤ Principe :

Les lipides sont solubles à chaud ou à froid dans les solvants organiques tels que l'éther de pétrole, l'hexane, l'acétone, l'éthanol, etc.

La détermination des matières grasses est faite selon la méthode d'extraction par le SOXHLET en utilisant l'hexane comme solvant.

L'échantillon sec est extrait à l'aide de l'hexane avec un appareil de type Soxhlet, le solvant est évaporé, l'échantillon est séché et pesé. (AFNOR, 1991).

➤ Protocole :

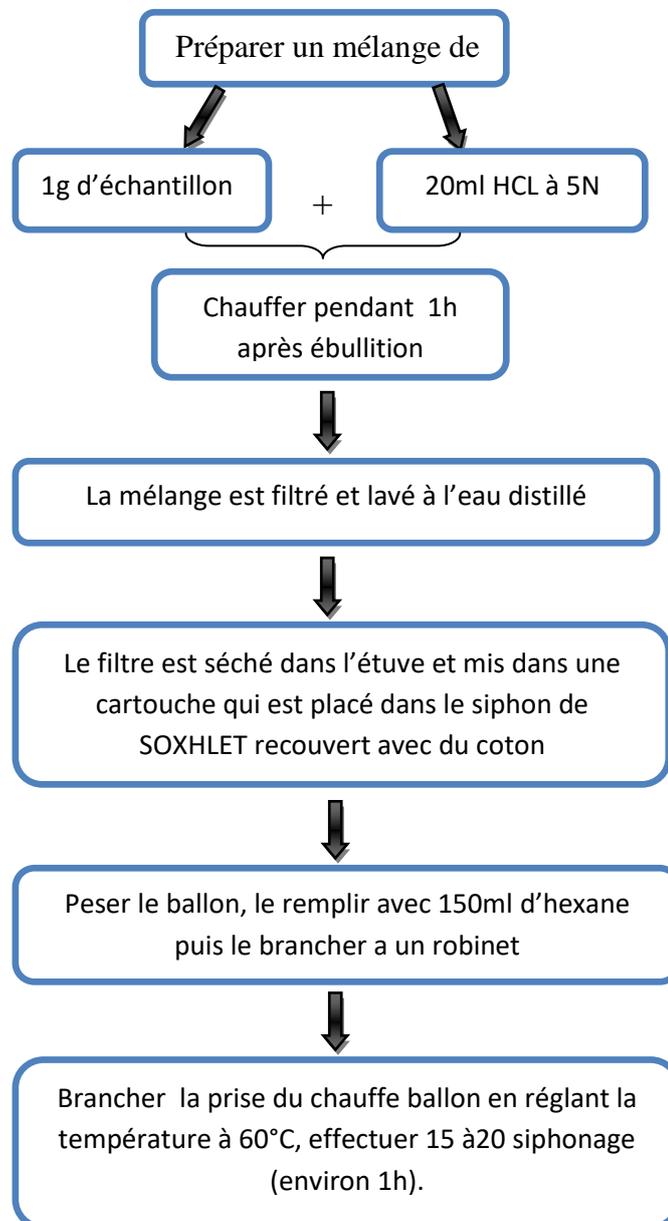


Figure 24 : protocole de détermination de la matière grasse

Expression des résultats :

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$\text{MG}\% = (\text{P1} - \text{P2}) / \text{ME} * 100$$

Où :

P1 : Poids du ballon après évaporation.

P2 : Poids du ballon vide.

ME : Masse de la prise d'essai.

MG : Taux de la matière grasse.

VI. Analyses sensorielles :

Cette partie du contrôle de la qualité des 5 biscuits préparés à partir des différentes poudres et concentration de la caroube plus celle de témoin (afin de comparer les résultats) a été effectuée au niveau de l'université de Bejaïa, au laboratoire d'analyse sensorielle par les jurys experts (figure n° 13).

A cet effet un questionnaire a été préparé pour les sujets experts pour une évaluation sensorielle. Les tests ont concerné les paramètres suivants (Annexe II) :

- La couleur
- L'odeur
- le goût
- la texture
- la consistante



Figure 25 : Salle de dégustation.

I. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques :

I.1 Résultats des analyses physico-chimiques des poudres de caroube :

I.1.1 Teneur en matière sèche :

Les résultats de la teneur en matière sèche des différentes poudres de la caroube exprimées en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 26 :

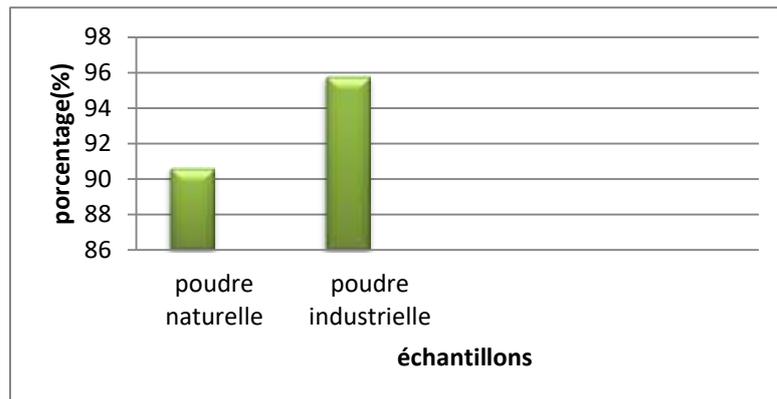


Figure 26 : Teneur en matière sèche des différentes poudres de la caroube.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différentes poudres. On enregistre un taux en matière sèche de 90,58% pour la poudre naturelle cette dernière est inférieur a celle de la poudre industrielle 95,79%. (Figure 26)

D'après les résultats obtenus, il est probable que cette différence de matière sèche est liée aux circonstances d'exécution de nos analyses tardives après la récolte au fur et à mesure de la prolongation du temps qui induit une augmentation de la matière sèche.

Par comparaison, des résultats obtenus de la part de **Yousif et al., 2000** sont plus approximative à nos résultats. Tandis que celle de **Kamal. Youssef et al., 2013** sont inférieures.il semble que cette différence est due aux facteurs pédoclimatiques, aux conditions environnementales aux cultivars de variété du caroubier et beaucoup plus a la durée de maturation et les préalables de l'analyse (intervalle de temps entre la récolte et la réalisation desanalyses).(Albanelletal.,1991;Avalloneetal.,1997)

I.1.2 teneur en humidité:

Les résultats des teneurs en humidité des différentes poudres de la caroube exprimées en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 27 :

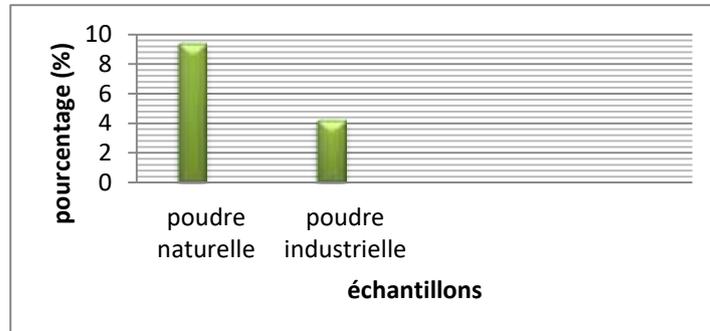


Figure 27 : teneur en humidité des différentes poudres de la caroube.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différentes poudres. On enregistre un taux d'humidité important 9,42% pour la poudre naturelle ce dernier est supérieur à celle de la poudre industrielle 4,21%. (Figure 27).

Ces valeurs sont conformes aux normes (entre 4% et 15,6%) (Avallone et al., 1997).

Cette variabilité de la teneur en eau est due aux conditions environnementales (pluie et humidité), à la durée de maturation, au moment de la récolte et la durée de stockage, au fur et à mesure de la prolongation du temps qui induit une perte en termes d'humidité et une augmentation de la matière sèche. À déduire que la quantification de la matière sèche dépend de la proportion du fruit en teneur d'eau. (Albanell et al., 1991; Avallone et al., 1997).

I.1.3 teneur en polyphénols :

Les résultats de la teneur en polyphénols des différentes poudres de la caroube exprimées en mg EAG/g MS sont présentés sur la figure 28 :

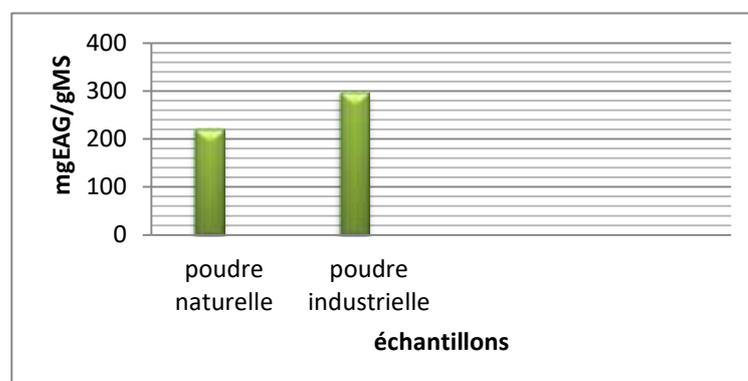


Figure28 : teneur en polyphénols des différentes poudres de la caroube.

Les résultats illustrés sur la Figure 28 montrent que le taux de polyphénols chez la poudre industrielle est de 297,357mg EAG/gMS est légèrement plus élevé par rapport a la poudre naturelle qui est de 219,82mgEAG/gMS.

Avallone et al., (1997) ont démontré que la teneur en poly phénols totaux des différentes régions de sicile (en Italie) varie entre 15,8mg/g et 24,4mg/g.

Par ailleurs, **hussein et al., (2011)** ont démontré que la caroube d’Egypte contient une teneur en poly phénols totaux largement supérieur (99,30mg/g) a celle de notre variété.

La différence observée peut s’expliquer par la provenance géographique, la variété et surtout le degré de maturité, ce qui a été prouvé par les travaux de **Abi Azar, 2007** qui ont montrés que les gousses de caroube mures ont beaucoup plus de poly phénols totaux que les gosses moins mures.

D’après les travaux de **kamal et al (2013)**,les phénols de la caroube sont constitués de 11 composants parmi l’acide chlorogénique et l’acide caféique qui sont tous deux des antioxydants qui inhibent la formation de composés N-nitrosés mutagènes et cancérogènes in vitro **Kamal .Youssef et al., 2013 ;Kumazawa et al 2002**.De plus, certains acides phénoliques contribuent à la lutte contre divers types de cancer, notamment les cancers du sein, du poumon et de l’estomac. (**Kumazawa et al 2002**).

I.1.4 teneur en flavonoïdes :

Les résultats des teneurs en flavonoïdes des différentes poudres de la caroube exprimées en mg EQ/g MS sont présentés sur la figure 29 :

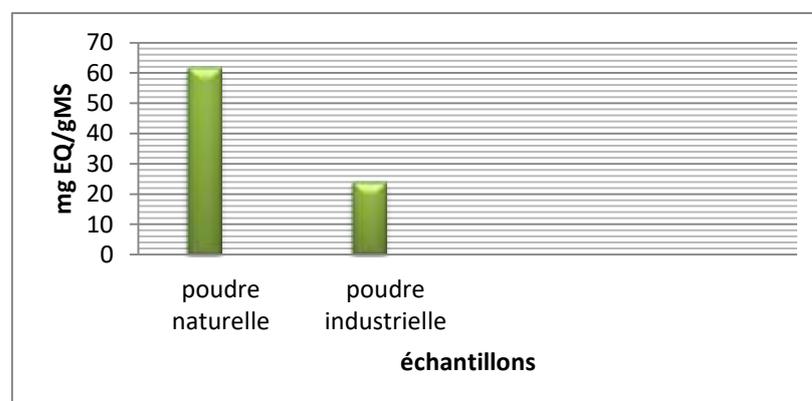


Figure 29 : teneur en flavonoïdes des différentes poudres de la caroube.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différentes poudres. On enregistre une teneur en flavonoïdes importante 61,86 mg EQ/g MS pour la poudre naturelle et une teneur de 24,03 mg EQ/g MS pour la poudre industrielle. Figure 29

Sebai et al. (2013) qui ont travaillé sur la pulpe de Tunisie et **AYAZ et al. (2007)** sur la caroube de Turquie ont rapporté des taux de flavonoïdes nettement inférieurs à ceux obtenus dans notre étude et qui sont respectivement de 2,49 mg/g et 0,41 mg /g. La différence en teneurs de flavonoïdes observées peut être due aux conditions environnementales de chaque localité, de la variété et le degré de maturité.

I.1.5 Dosage des flavonols :

Les résultats des teneurs en flavonols des différentes poudres de la caroube exprimées en mg EQ/gMS sont présentés sur la figure 30 :

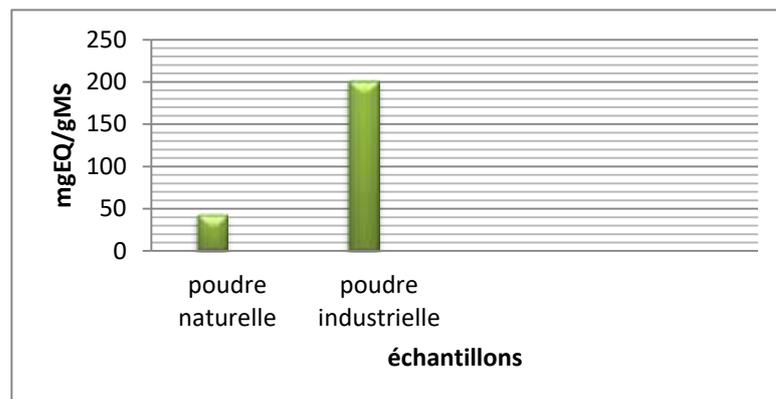


Figure 30 : Teneur en flavonols des différentes poudres de la caroube.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différentes poudres. On enregistre une teneur en flavonols importante 201,20 mgEQ/gMS pour la poudre industrielle et une teneur de 42,81 mg EQ/g MS pour la poudre naturelle. (Figure 30).

Cette différence en teneurs de flavonols peut être due aux conditions environnementales de chaque localité, de la variété et le degré de maturité.

I.1.6 dosage des tanins :

Les teneurs en tanins obtenues exprimées en mg EAT/gMS sont présentés sur la figure 31 :

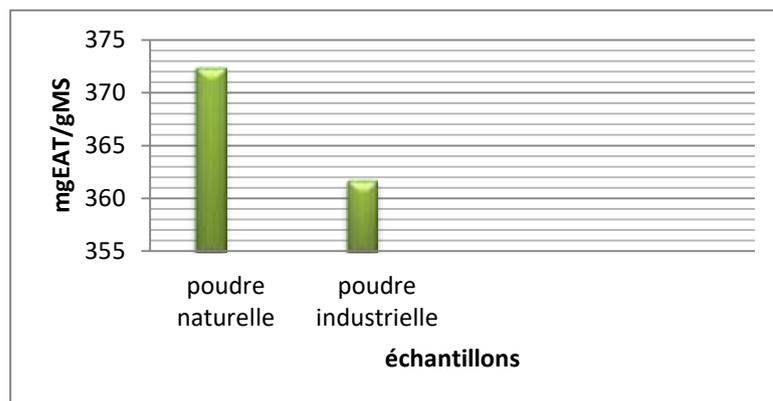


Figure 31 : teneur en tanins des différentes poudres de la caroube.

Les résultats illustrés sur la Figure 31 montrent que le taux en tanins chez la poudre naturelle 372,40mg EAT/gMS est légèrement plus élevée par rapport à la poudre industrielle qui est de 361,67mg EAT/gMS. On peut dire que les valeurs sont proches, il ya une différence peu significative entre les deux types de poudres.

Les tanins condensés de la caroube ont suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs notamment **Priolo et al., (2002)** ; **Silanikove et al., (2006)** qui rapportent que les tanins condensés contenus dans la caroube exercent un effet négatif sur le bétail qui se traduit par la diminution de la digestibilité des protéines alimentaires à cause de leur interaction , cela explique l'effet hypocholestérolémiant des tanins condensés.

les travaux de **Zulim Botega et al., (2009)** mettent en évidence un effet bénéfique des tanins condensés de la caroube qui est utilisé comme additif dans l'huile de tournesol afin de prolonger la vie de l'huile de friture et diminuer la toxicité potentielle de l'huile chauffée, ce qui confère aux tanins condensés de la caroube la propriété d'être bénéfiques sur le plan santé comme sur le plan économique.

I.1.7 Dosage des protéines:

Les résultats des teneurs en protéines des différentes poudres de la caroube exprimées en mg/g sont présentés sur la figure 32 :

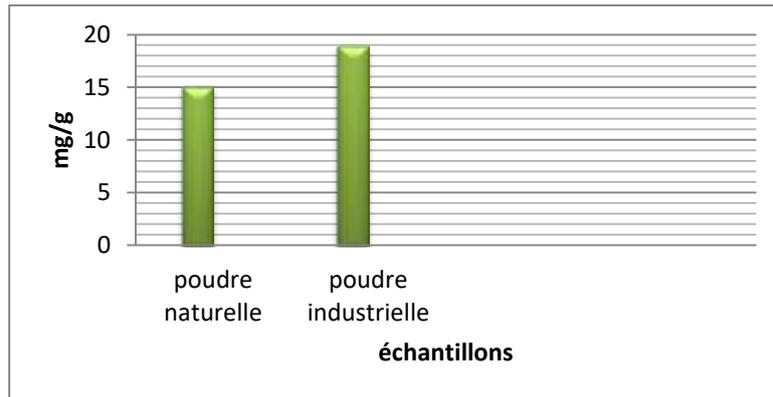


Figure 32: teneur en protéines des différentes poudres de la caroube.

Les résultats illustrés sur la Figure 32 montrent que le taux en protéines chez la poudre naturelle 15,13mg/g est légèrement inférieur à celui de la poudre industrielle qui est de 18,95mg/g.

La teneur en protéines est l'un des critères utilisés pour évaluer la valeur nutritive d'un aliment. La teneur en protéines dépend sans aucun doute des conditions pédoclimatiques ainsi que du stade de développement de la plante.

Les résultats concernant le taux de protéines sont compatibles avec ceux de la littérature (Albanell et al., 1991 ; Yousif et Alghzawi, 2000 ; Ayaz et al., 2007). De nombreuses études ont démontré que la composition en acides aminés varie d'un fruit à l'autre suivant l'espèce, l'origine géographique, le stade de maturation et la méthode de culture.

Beaucoup de travaux ont été réalisés afin de déterminer la composition en acides aminés de la caroube, il a été démontré que la pulpe de caroube contenait 18 acides aminés représentés en majorité par l'acide aspartique suivi de l'alanine, l'acide glutamique, la leucine, la valine et l'arginine ; la cystéine et le tryptophane sont les acides aminés qui ont montré la plus faible concentration (Bengoechea et al., 2008 ; Ayaz et al., 2007).

I.1.8 l'activité antioxydante (DPPH):

Les résultats du pouvoir anti radicalaire contre radical DPPH des différentes poudres de la caroube exprimées en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 33 :

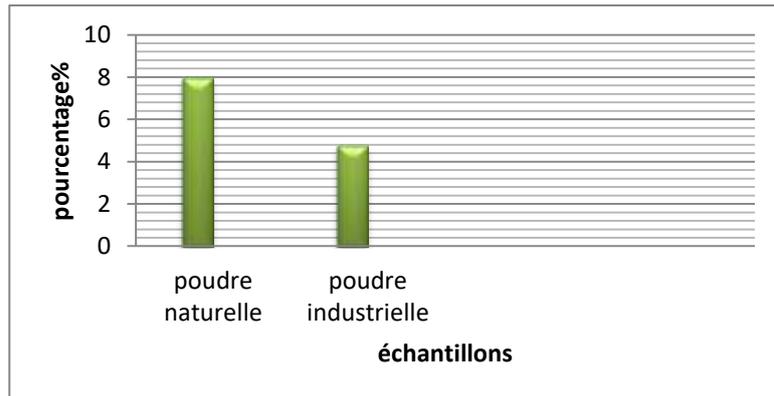


Figure 33: pourcentage de l'activité anti oxydante par le test au DPPH des différentes poudres.

Nous constatons que la poudre naturelle présente une activité anti radicalaire de 7,96%) elle est relativement supérieure à celle de la poudre industrielle 4,78%. (Figure 33).

Une étude faite par **Hussein et al., (2011)** sur la caroube d'Egypte démontre des résultats supérieur par rapport au présent travail avec un pourcentage d'activité antioxydante de l'ordre de 58,29%. En outre **Kumazawa et al. (2002)** ont indiqué que l'activité antioxydante des extraits phénoliques de la caroube de Grèce est de 13%.le pourcentage rapporté est nettement supérieur au résultat du présent travail.

Plusieurs facteurs influencent sur le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de réaction (temps, rapport Antioxydant/DPPH, type de solvants, pH) et le profil phénolique en particulier (**Popovici et al., 2010**).

I.1.9 Test ABTS :

Les résultats du pouvoir anti radicalaire a l'égard du radical ABTS des différentes poudres de la caroube exprimées en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 34 :

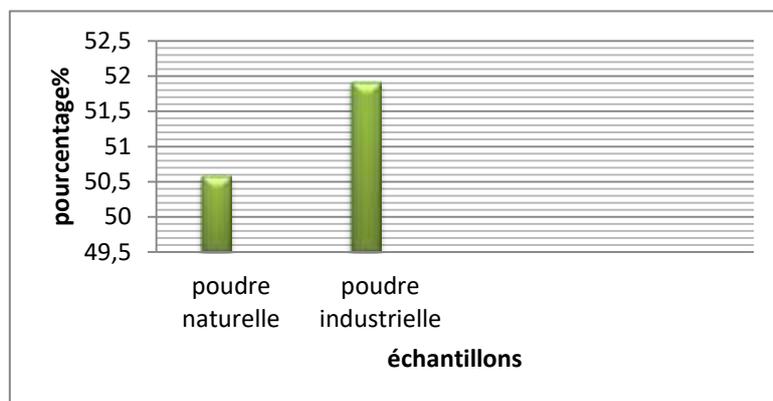


Figure 34: Pourcentage de l'activité anti radicalaire par le test ABTS des différentes poudres.

Les résultats illustrés sur la Figure 34 montrent que l'activité anti radicalaire par le test ABTS chez la poudre industrielle 51,92% est légèrement plus élevée par rapport à la poudre naturelle qui est de 50,58%. On peut dire que les valeurs sont proches, il ya une différence très peu significative entre les deux types de poudres.

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'activité antioxydante tels que le matériel végétal (fruit entier, uniquement la pelure, variété), les conditions d'environnement, le mode de conservation des substrats d'extraction, aussi que de nombreux paramètres liés au solvant et à la méthode d'extraction (température, durée et nombre de répétitions d'extraction, etc.) (Levizou et al ., 2004 ; Pinelo et al., 2005).

I.1.10 Pouvoir réducteur :

Les résultats du pouvoir réducteur obtenus exprimés en (mg/gMS) sont illustrés sur la figure suivante 35

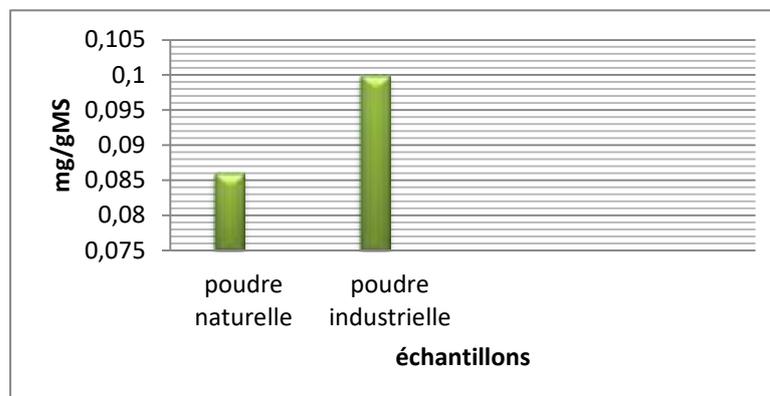


Figure 35 : Pouvoir réducteur des différentes poudres étudiées.

L'analyse statistique a révélé une différence significative du pouvoir réducteur entre les différentes poudres. On enregistre une teneur de 0,086m mg/gMS pour la poudre naturelle cette dernière est inférieure à celle de la poudre industrielle 0,100mg/gMS. (Figure 35).

En se référant à la littérature, on trouve que la valeur obtenue dans le cas de notre étude est faible par rapport à celle citée par **Benchikh et al, (2016)** (22,73mg/g). cela peut être dû à la nature de la caroube

Le pouvoir réducteur du fer peut servir comme un indicateur efficace du potentiel antioxydant des extraits de la caroube. Nous rappelons que ce test évalue la capacité des extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}).

I.1.11 Teneur en matière grasse:

Les teneurs en matière grasse obtenues sont illustrées sur la figure 36 :

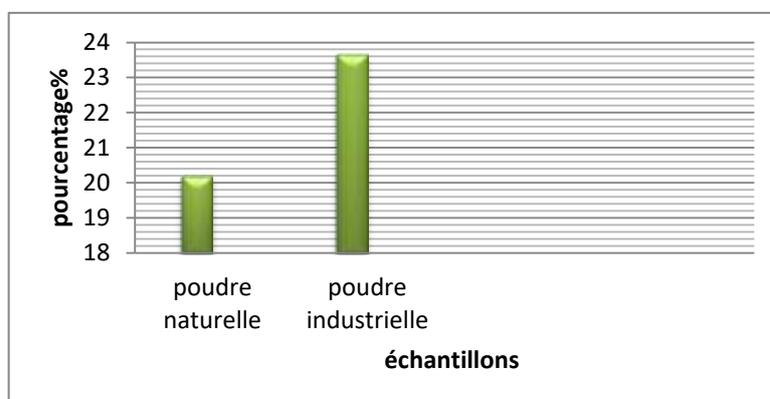


Figure 36 : Teneur en matière grasse des différentes poudres.

Les résultats obtenus montrent que la poudre industrielle de la caroube contient 23,65% de matière grasse alors que la poudre naturelle est de 20,19%. (Figure 36)

Avallone et al. (1997) ont montré que la pulpe de Rosilini contient 0,6% de lipides, tandis que **Hussein et al. (2011)** ont trouvé 5,48% de matière grasse. Dans une étude de **Dakia et al. (2007)**, la pulpe de caroube contient 6,6% de matière grasse, qui est représentée en majeure partie par l'acide oléique 34,4% et l'acide linoléique 44,5%. L'acide palmitique 16,2% et l'acide stéarique 3,4% sont les principaux acides gras saturés.

Ces derniers résultats démontrent que la pulpe de caroube contient plus d'acides gras insaturés que d'acides gras saturés ce qui confère à la caroube la propriété de diminuer le risque de maladies cardiovasculaires. On a marqué une teneur très élevée en termes de matière grasse comparé aux autres études. De multiples paramètres influencent sur le taux de matière grasse comme la granulométrie, l'humidité, la nature du solvant et la méthode d'extraction utilisée.

I.II Résultats des analyses physico-chimiques des biscuits:

Tableau VI : la numérotation des échantillons

Numéro	1	2	3	4	5
Echantillon	Témoin	Biscuit naturel 40g	Biscuit naturel 60g	Biscuit industrielle 40g	Biscuit industrielle 60g

I.II.1 teneur en matière sèche :

Les résultats des teneurs en matière sèche des différents biscuits exprimées en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 37 :

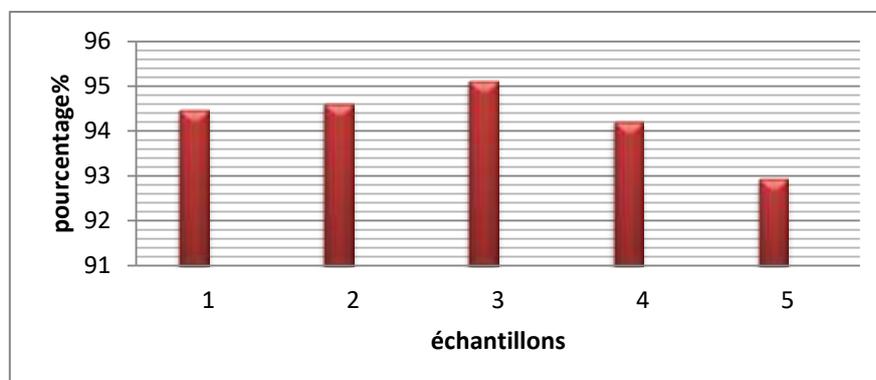


Figure 37: teneur en matière sèche des différents biscuits.

Les résultats illustrés sur la figure 37 montrent que le biscuit naturel 60g présentait le rapport de propagation le plus élevé avec 95,12% en comparaison aux autres biscuits ; 94,61% pour le biscuit préparé a base de 40g de la poudre naturelle ; 94,46% pour le biscuit témoin ; 94,21% pour le biscuit industriel 40g, et en dernier ; le biscuit préparé a base de 60g de la poudre industrielle avec 92,63%.

Donc l'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différents biscuits. Cette différence est due a la cuisson qui a augmenter la matière sèche chez les biscuits a base de la poudre de caroube naturelle, contrairement aux biscuits a la poudre industrielle qui ont une teneur en matière sèche inférieur a celle de la poudre industrielle cela peut être causé a aux conditions de cuisson, la nature de la poudre.

I.II.2 Teneur en humidité:

Les résultats des teneurs en humidité des différents biscuits exprimées en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 38 :

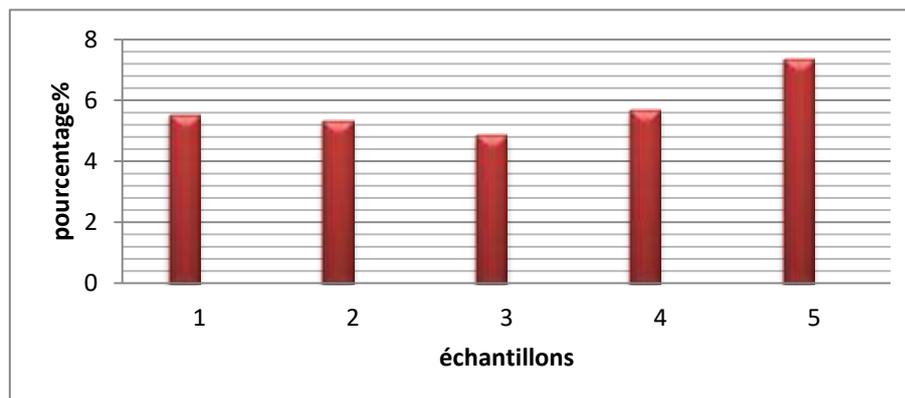


Figure 38 : teneur en humidité des différents biscuits.

Les résultats illustrés sur la Figure 38 montrent que la teneur en humidité du biscuit préparé à base de 60g de la poudre industrielle est supérieure par rapport aux autres biscuits qui est de 7,37%, les teneurs en humidité sont très rapprochées pour le reste des biscuits, biscuit a base de 60g de la poudre naturelle , puis celui à base de 40g, ensuite le biscuit témoin et en dernier le biscuit a base de 40g de la poudre industrielle avec des proportions 4,87% ; 5,34% ;5,54% ;5,78% respectivement.

Au fur et à mesure de la prolongation du temps qui induit une perte en termes d'humidité et une augmentation de la matière sèche. À déduire que la quantification de la matière sèche dépend de la proportion du fruit en teneur d'eau. (Albanell et al., 1991; Avallone et al., 1997).

I.II.3 Teneur en polyphénols :

Les résultats des teneurs en polyphénols des différents biscuits exprimées en mg/g sont présentés sur la figure 39 :

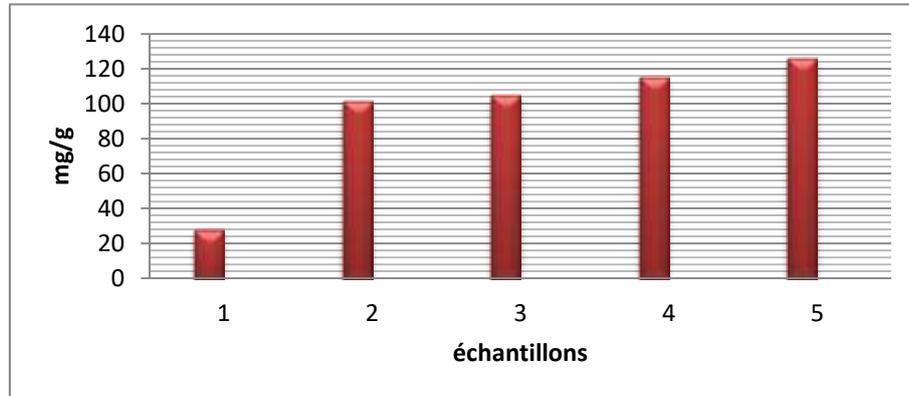


Figure 39: teneur en poly phénols des différents biscuits.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différents biscuits, La teneur en poly phénols du biscuit témoin est inférieure par rapport aux autres biscuits enrichis qui est de 27,686mg/g (Figure 39).

Une étude comparative avec les deux échantillons de poudres de la caroube nous montre que la teneur en poly phénols des biscuits enrichis est inférieure à celle de la matière première; une valeur de 101,806mg/g est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre naturelle, et 104,804mg/g pour le biscuit enrichi avec 60g de la même poudre, alors que la teneur en poly phénols de la poudre naturelle est de 219,82mg/g.

Une valeur de 115,557mg/g est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre industrielle, et 125,981mg/g pour le biscuit à 60g de la poudre industrielle, alors que la teneur en poly phénols de cette dernière est de 297,357mg/g.

Ceci peut être expliqué par l'effet de la température de cuisson du biscuit qui a dégradé les poly phénols.

I.II.4 teneur en flavonoïdes :

Les résultats des teneurs en flavonoïdes des différents biscuits exprimés en mg EQ/g MS sont présentés sur la figure 40 :

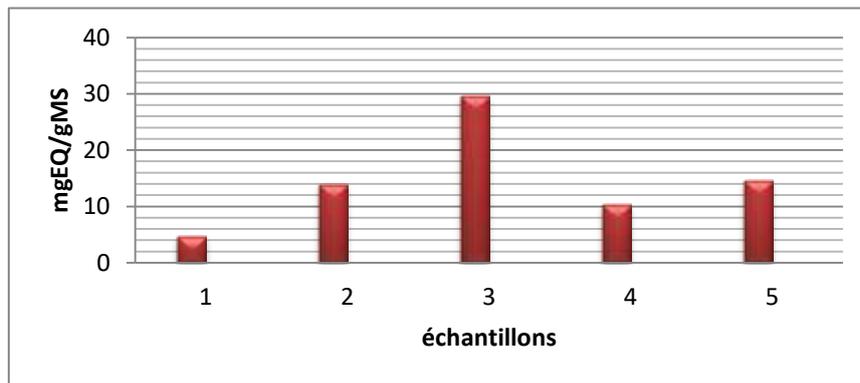


Figure 40: Teneur en flavonoïdes des différents biscuits étudiés.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différents biscuits. D'après les résultats obtenus sur la Figure 40, on enregistre une teneur en flavonoïdes du biscuit témoin inférieure par rapport aux autres biscuits enrichi avec une valeur de 4,815mg EQ/g MS.

Une étude comparative avec les deux échantillons de poudres de la caroube nous montre que la teneur en flavonoïdes des biscuits enrichis est inférieure à celle de la matière première; une valeur de 14,018815mg EQ/g MS est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre naturelle, et 29,741815mg EQ/g MS pour le biscuit enrichi avec 60g de la même poudre, alors que la teneur en flavonoïdes de la poudre naturelle est de 61,86815mg EQ/g MS.

Une valeur de 10,505815mg EQ/g MS est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre industrielle, et 14,698815mg EQ/g MS pour le biscuit a 60g de la poudre industrielle, alors que la teneur en flavonoïdes de cette dernière est de 24,03815mg EQ/g MS.

Ceci peut être expliqué par l'effet de la température de cuisson du biscuit qui a dégradé les flavonoïdes.

I.II.5 Dosage des flavonols :

Les résultats des teneurs en flavonols des différents biscuits exprimées en mg EQ/g MS sont présentés sur la figure 41 :

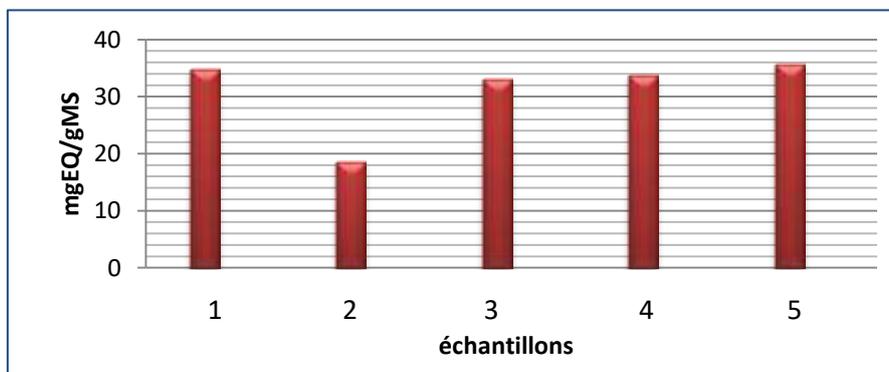


Figure 41 : teneur en flavonols des différents biscuits étudiés.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différents biscuits (Figure 41). On enregistre une faible teneur en flavonols pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre naturelle avec une valeur de 18,691mg EQ/gMS, pour le reste des biscuits, on enregistre une teneur de 33,172mgEQ/gMS en flavonols pour le biscuit enrichi avec 60g de la poudre naturelle, suivi par le biscuit a base de 40g de la poudre industrielle , ensuite le témoin et en dernier le biscuit a base de 60g de la poudre industrielle avec des valeurs de 33,849 mg EQ/g MS; 34,908 mg EQ/g MS; 35 ,694 mg EQ/g MS respectivement.

Après une étude comparative avec les différents types de poudres de la caroube et des biscuits, on observe que les concentrations en flavonols des deux poudres sont supérieurs a celle des biscuits enrichis, la teneur en flavonols de la poudre naturelle est de 42,811 mg EQ/g MS, et 201,20 mg EQ/g MS pour la poudre industrielle.

Ceci peut être expliqué par l'effet de la température de cuisson du biscuit qui a dégradé les flavonols.

I.II.6 dosage des tanins :

Les teneurs en tanins obtenues des différents biscuits exprimées en mg AT/gMS sont présentés sur la figure 42 :

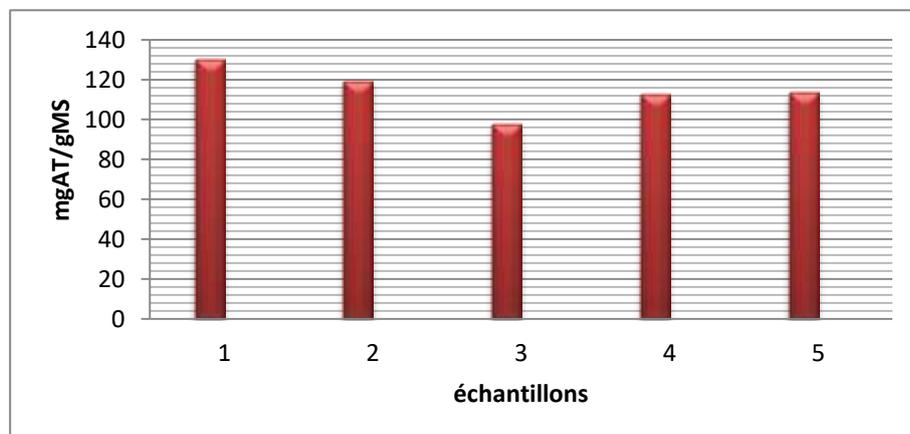


Figure 42: Teneur en tanins des différents biscuits étudiés.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différents biscuits. D'après les résultats obtenus dans la Figure 42, on enregistre une teneur en tanins du biscuit témoin supérieur par rapport aux autres biscuits enrichi avec une valeur de 130,07 mg AT/gMS.

Une étude comparative avec les deux échantillons de poudres de la caroube nous montre que la teneur en tanins des biscuits enrichis est inférieure à celle de la matière première; une valeur de 97,73 mg AT/gMS est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre

naturelle, et 119,46 mg AT/gMS pour le biscuit enrichi avec 60g de la même poudre, alors que la teneur en tanins de la poudre naturelle est de 372,40 mg AT/gMS.

Une valeur de 113,03 mg AT/gMS est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre industrielle, et 113,85 mg AT/gMS pour le biscuit a 60g de la poudre industrielle, alors que la teneur en tanins de cette dernière est de 361,67 mg AT/gMS.

Ceci peut être expliqué par l'effet de la température de cuisson du biscuit qui a dégradé les tanins.

I.II.7 Dosage des protéines:

Les résultats des teneurs en protéines des différents biscuits exprimées en mg/g sont présentés sur la figure 43 :

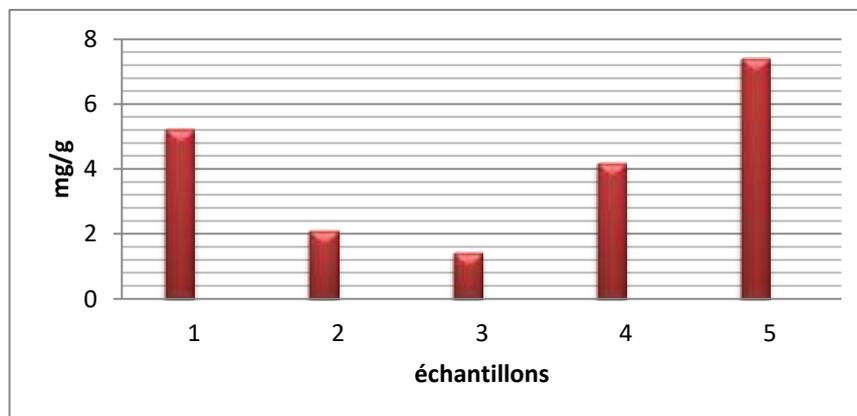


Figure 43 : Teneur en protéines des différents biscuits.

La teneur en protéines brutes est l'un des critères utilisés pour évaluer la valeur nutritive d'un aliment.

Le produit élaboré « biscuit » présente une diminution de la teneur en protéines comparé avec les poudres. Le biscuit témoin présente une teneur de 5,24 mg/g, les biscuits enrichis avec la poudre industrielle 40g et 60g présentes des valeurs de 4,19mg/g ; 7,43 mg/g respectivement en fin les biscuits enrichis avec la poudre naturelle 40g et 60 avec des valeurs de 2,12mg/g ; 1,44mg/g respectivement. (Figure 43).

Cette diminution est justifiée par la dénaturation (Gélatinisation) des protéines au cours de la cuisson sous l'effet d'une haute température 180°C puisque à partir de 40 °C, les protéines commencent à se dénaturer. Les protéines jouent un rôle important dans la réaction de brunissement non enzymatique. Cela peut être la raison de la diminution de la teneur en protéines au cours de la Cuisson (AIT Ameur , 2006).

I.II.8 l'activité antioxydante (DPPH):

Les résultats du pouvoir anti radicalaire contre radical DPPH des différents échantillons de biscuits exprimés en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 44 :

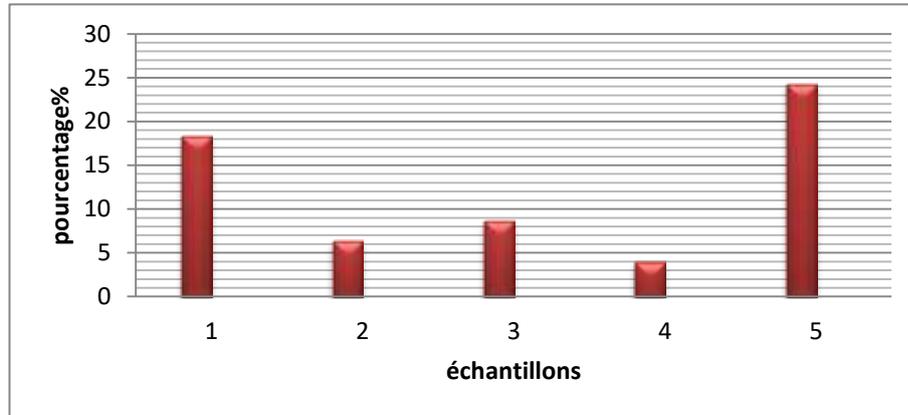


Figure 44: pourcentage de l'activité anti oxydante par le test au DPPH des différents biscuits.

L'évaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques est d'intérêt crucial (**Ramful et al., 2011**). L'activité anti-radicalaire des biscuits sont classés comme suit : Le biscuit enrichi avec la poudre industrielle 60g est de 24,30%, Le témoin 8, 32%, le biscuit enrichi avec la poudre naturelle 60 g, 12,76%, le biscuit enrichi avec la poudre naturelle (40 g) 6, 37% le biscuit enrichi avec la poudre industrielle (40g) est de 3,98%.

I.II.9 test ABTS :

Les résultats du pouvoir anti radicalaire a l'égard du radical ABTS des différents biscuits exprimés en pourcentage (%) sont présentés sur la figure 45 :

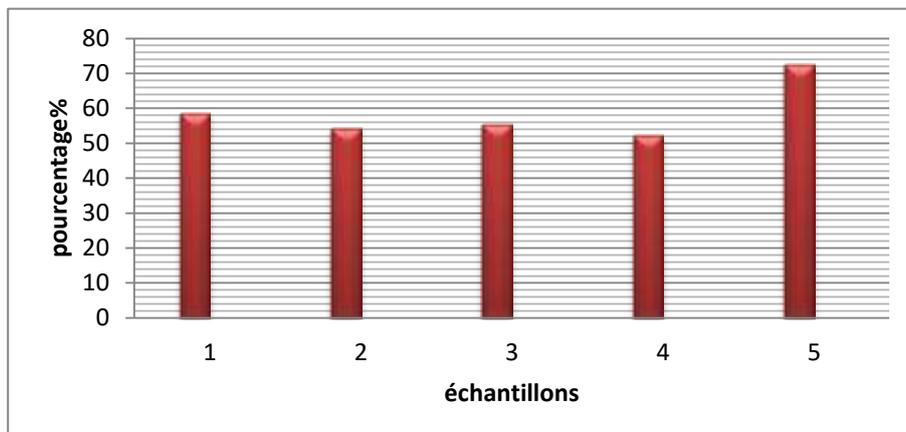


Figure 45: pourcentage de l'activité anti radicalaire par le test ABTS des différents biscuits.

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les différents biscuits. D'après les résultats obtenus dans la Figure n°33, on enregistre un pourcentage de l'activité anti radicalaire par le test ABTS du biscuit préparé à base de 60g de la poudre industrielle supérieur par rapport aux autres biscuits enrichi avec une valeur de 72,69%.

Une étude comparative avec les deux échantillons de poudres de la caroube nous montre que le pourcentage de l'activité anti radicalaire par le test ABTS des biscuits enrichis sont supérieurs à celui de la matière première; une valeur de 54,23% est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre naturelle, et 55,38% pour le biscuit enrichi avec 60g de la même poudre, alors que la poudre naturelle est de 50,58%.

Une valeur de 52,30% est enregistrée pour le biscuit enrichi avec 40g de la poudre industrielle, et 72,69% pour le biscuit à 60g de la poudre industrielle, alors que la poudre industrielle est de 51,92%.

Donc plus la quantité de la poudre de la caroube augmente de 40g à 60g plus le pourcentage de l'activité anti radicalaire par le test ABTS augmente aussi.

I.II.10 pouvoir réducteur :

Les résultats du pouvoir réducteur des différents biscuits obtenus sont illustrés sur la figure 46 :

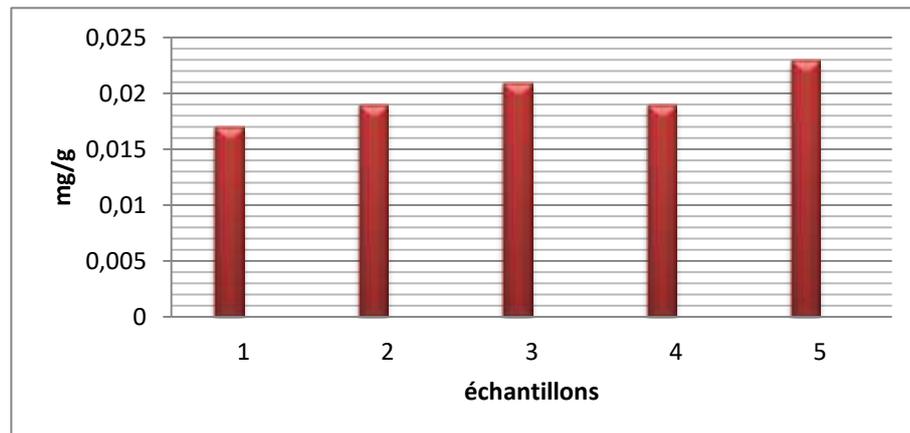


Figure 46 : Pouvoir réducteur des différents biscuits étudiés.

Le pouvoir réducteur est la capacité qu'un extrait a de donner un électron et de réduire le Fer. De nombreux auteurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme un indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (Tepe et al., 2005).

Les biscuits élaborés présentent un faible pouvoir réducteur, avec une teneur plus élevée par rapport aux autres de 0,023 mg/g pour le biscuit enrichi avec la poudre industrielle 60 g suivit de 0,021 mg/g pour le biscuit enrichi avec la poudre naturelle 60 g, 0,019mg/g pour le biscuit enrichit avec la poudre naturelle et industrielle 40 g et enfin le témoin avec une teneur la plus faible de 0,017mg/g.

Donc plus la quantité de la poudre de la caroube augmente de 40g à 60g plus la teneur du pouvoir réducteur augmente aussi.

I.II.11 Teneur en matière grasse:

Les teneurs en matière grasse obtenues sont illustrées sur la figure 47 :

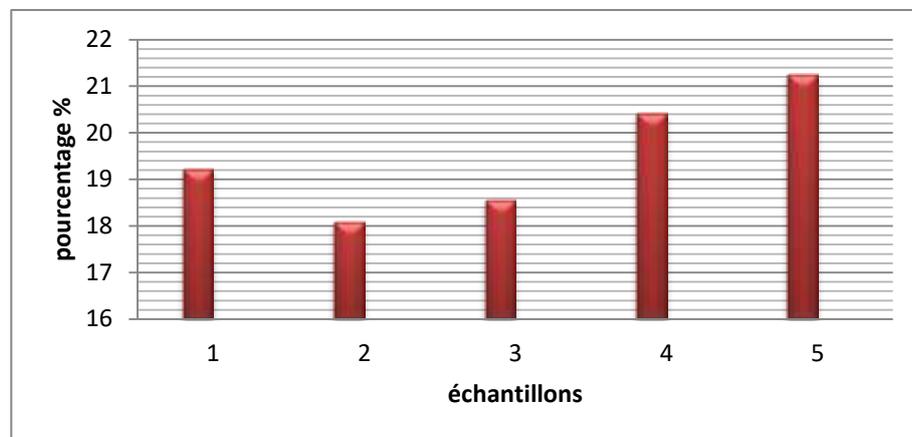


Figure 47 : teneur en matière grasse des différents biscuits.

La teneur en matière grasse du biscuit montre une augmentation significative qui passe de 18,10% pour le biscuit enrichi avec la poudre naturelle 40g, et 18,55% pour le biscuit enrichi avec la même poudre 60g ; 19,23% pour le biscuit témoin, 20,43 % pour le biscuit enrichi avec la poudre industrielle 40g et 21,25% pour le biscuit enrichi avec la même poudre 60g (Figure 47).

Une étude comparative avec les deux échantillons de poudres de la caroube nous montre que la teneur en matière grasse des biscuits enrichis est inférieure à celle de la matière première qui est de 20,19% pour la poudre naturelle et 23,65% pour la poudre industrielle.

Ceci est dû à l'ajout de la matière grasse végétale (margarine) au cours de sa préparation. L'ajout de la matière grasse dans la recette de préparation contribue à l'amélioration de la qualité gustative des biscuits. Les résultats montrent que le taux de matière grasse des différents biscuits est dans les normes recommandées (Max=27%).

Cette forte teneur en matières grasses confère aux biscuits un fort potentiel calorifique et contribue à l'amélioration de sa qualité nutritionnelle (**Saadoudi, 2019**).

II. Résultats et interprétation de l'analyse sensorielle :

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale des biscuits. L'analyse sensorielle des biscuits est faite par 8 experts, leur moyenne d'âge est de (30-45) ans, ont dégustés tous nos biscuits, avec une fiche de dégustation comportant les qualités identifiables suivantes : l'odeur, la couleur, la texture, le gout sucré, consistance et la croustillance.

Après avoir réalisé la dégustations sensorielle, et avoir saisi sur le logiciel les données des jurys experts, la procédure de génération d'un plan d'expérience a été lancée.

II.1.Caractérisation des produits

La caractérisation de produits a pour but de permettre aux utilisateurs de XLSTAT de disposer d'un moyen rapide et rigoureux pour identifier quels sont les descripteurs discriminants d'une série de produits évalués lors d'une étude sensorielle et quelles sont les caractéristiques importantes des différents produits. Selon **Husson et al. (2009)**, ce test permet de caractériser rapidement les produits selon les normes suivant la préférence du jury expert. Les calculs réalisés s'appuient principalement sur l'ANOVA (analyse de variance) pour la modélisation.

II.2.Pouvoir discriminant par descripteur :

Ce teste montre les descripteurs ordonnés avec les descripteurs discriminants les plus forts et les plus faibles. La figure 48 ci-dessous montre la capacité de distinction des descripteurs du panel d'experts.

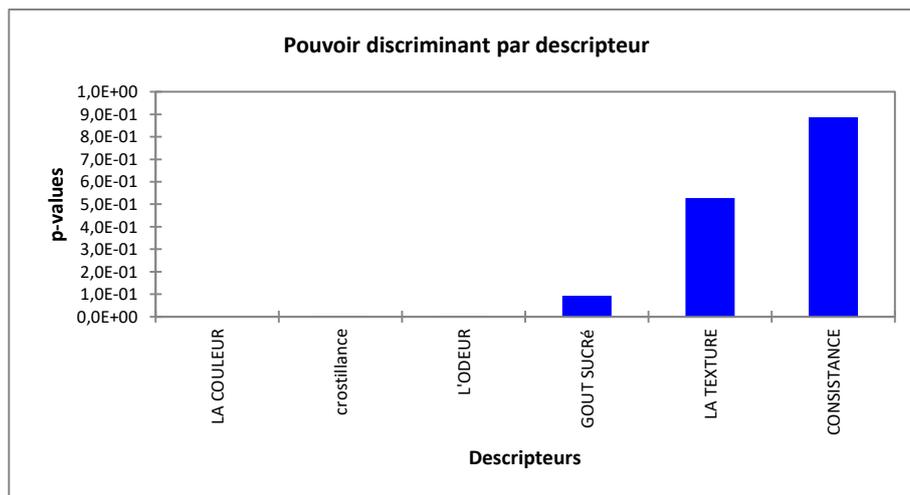


Figure 48: Pouvoir discriminant par le descripteur.

La figure 48 présente les descripteurs du plus discriminants au moins discriminants sur les 5 échantillons de biscuits. Il permet de visualiser que : la couleur, crostillance et l'odeur sont les descripteurs les plus discriminants.

Cela prouve que les experts ont constaté des divergences de ces descripteurs pour les 5 échantillons préparés selon des différentes poudres de la caroube, ce qui signifie la réussite du procédé de la fabrication adopté.

Les descripteurs, texture, consistance, n'ont pas été discriminants, ce qui explique que les experts n'ont pas pu déceler les différences entre les 5 échantillons.

Le descripteur gout sucrée, est le moins discriminant. Cela prouve que les experts ont constaté de faibles divergences de ce descripteur pour les 5 échantillons du biscuit.

II.3.Préférence MAPPING (cartographie des préférences)

Relier les préférences des consommateurs aux caractéristiques physico-chimiques et/ou sensorielles d'un produit Objectif de la cartographie des préférences et Visualiser ces relations sur une carte facilement lisible.

Le Preference Mapping (Prefmap) ou cartographie des préférences a pour but de construire des cartes de préférence. Une carte de préférence représente une aide à la décision importante dans toutes les études mettant en relation une configuration d'objets issue d'une analyse préalable (ACP...) et un tableau de données complémentaires décrivant ces objets (attributs ou données de préférence).

Il existe deux types de **cartographies des préférences** (ou Preference Mapping) :

- Cartographie interne : différences entre produits fondées sur les préférences des consommateurs puis mise en relation avec les caractéristiques sensorielles
Cartographie des préférences Deux types de cartographie 7 et/ou physico-chimiques des produits.
- Cartographie externe : différences entre produits fondées sur leur caractéristique sensorielle et/ou physico-chimique puis mise en relation avec les préférences des consommateurs.

Pour effectuer une cartographie de préférence externe, on n'a eu besoin de deux types de données :

- Les notes d'acceptabilité attribuées par les consommateurs pour chaque échantillon pour réaliser une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).
- Les notes moyennes données par les experts pour chaque attribut étudié pour effectuer une Analyse en Composante Principale (ACP).

II.4. Analyse en composante principale (ACP)

Rattaché à la famille de la statistique multi variée, l'analyse en composantes principales (ACP) permet de transformer des variables corrélées en variables décorrélées baptisée "composantes principales". Plus précisément, cette méthode vise à réduire le nombre de variables appliquées à des individus, pour simplifier les observations tout en conservant un maximum d'informations. Seules une, deux ou trois variables dites "composantes principales" sont conservées. (jolliffe., 2002).

Le cadre ci-dessous présente les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

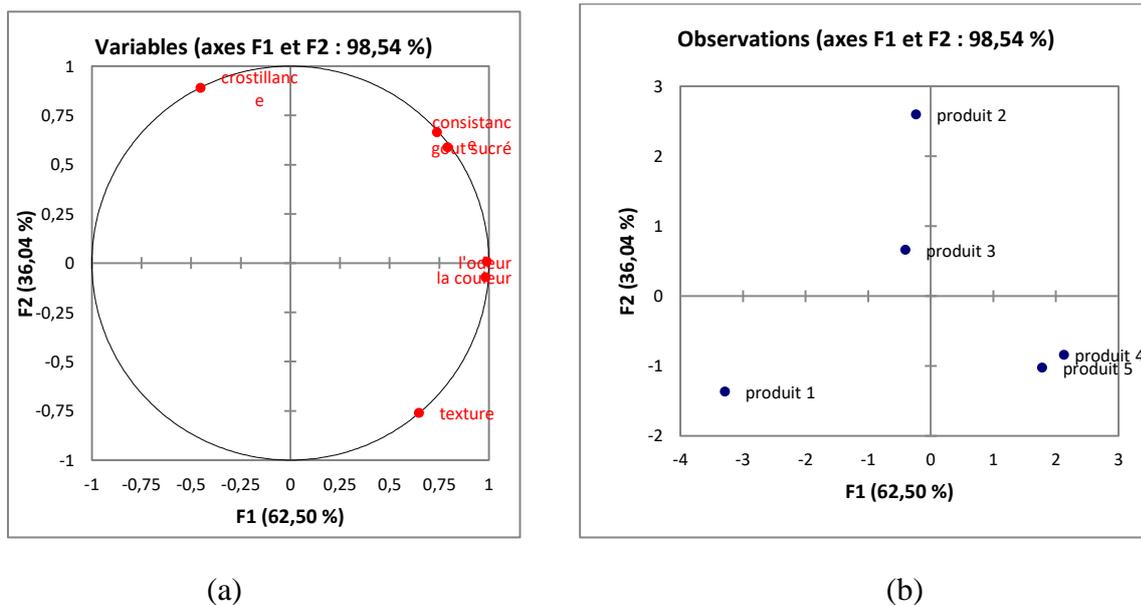


Figure 49: Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b).

La figure 49 montre que les descripteurs sont tous présentés dans le cercle et que le niveau de variabilité est de 98,54%. Cela permet de constater que les cinq échantillons des biscuits sont perçus par les experts.

II.5. Classification ascendante Hiérarchique (CAH)

Il existe de nombreuses techniques statistiques visant à partitionner une population en différentes classes ou sous-groupes. La classification ascendante hiérarchique (CAH) est l'une d'entre elles. On cherche à ce que les individus regroupés au sein d'une même classe (homogénéité intra-classe) soient le plus semblables possibles tandis que les classes soient le plus dissemblables (hétérogénéité interclasse).

Les dendrogrammes suivants permettent de représenter les différentes classes créées par les consommateurs naïfs.

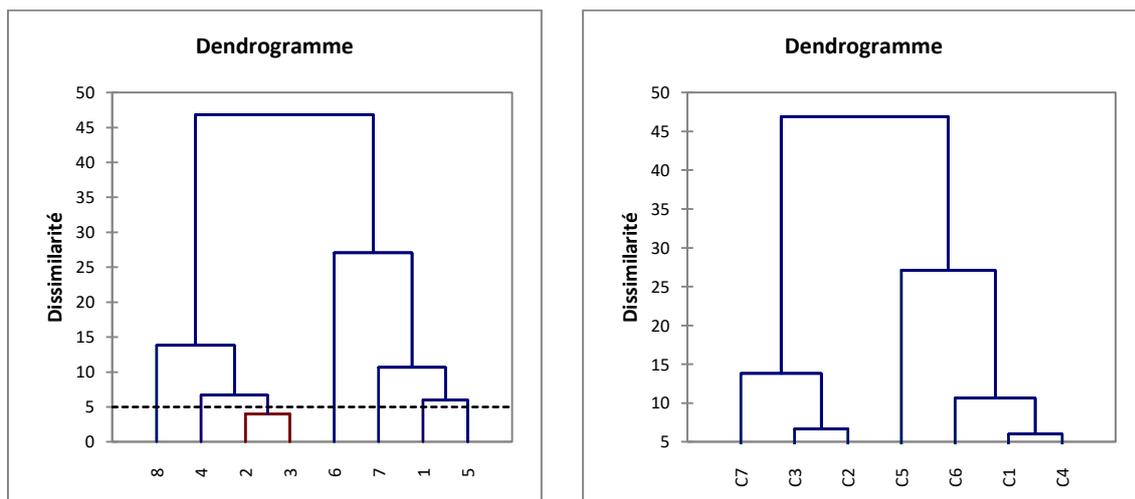


Figure 50: Dendrogramme des consommateurs naïfs (a), les différentes classes de consommateurs naïfs (b).

Le graphe suivant (figure 51) permet de représenter le profil des différentes classes créées :

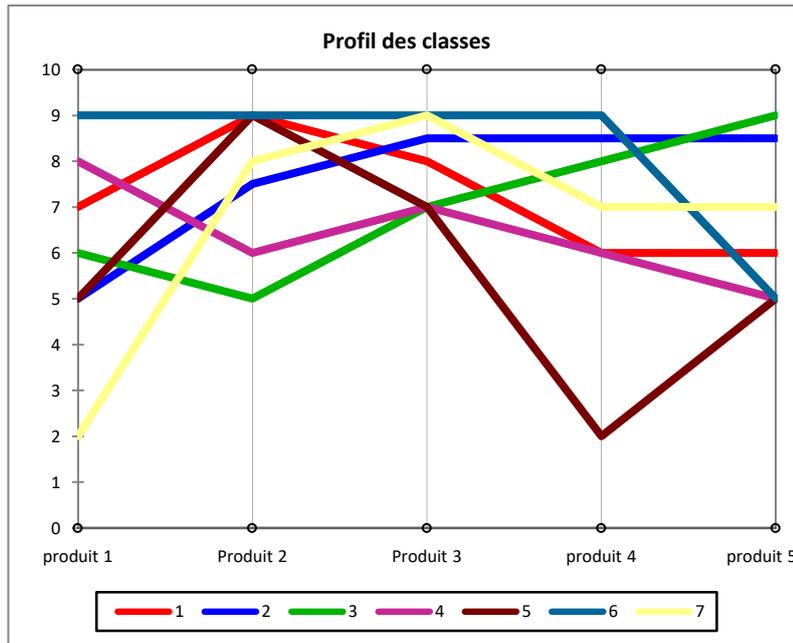


Figure 51: profil des différentes classes créées.

Les figures 50 et 51 permettent de visualiser et de comparer graphiquement les moyennes des classes générées par la CAH. Une fois que les étapes précédentes sont effectuées, le PREFMAP peut être réalisé.

II.6. Moyennes ajustées par produits

Le tableau VI permet de faire ressortir les moyennes quand les différents échantillons sont croisés. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés comme suit :

- Les cellules en bleu sont les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale
- Les cellules en rouge sont les moyennes qui sont significativement plus petites que la moyenne globale.
- Les cellules en blanc sont les moyennes qui ne sont pas significatives.

Tableau VII : Moyenne ajustée par produits pour les jurys experts.

	L'ODEUR	LA COULEUR	LA TEXTURE	GOUT Sucré	CONSISTANCE	croustillance
Echant 5	3,875	4,125	3,375	3,000	3,250	2,875
Echant 4	3,750	3,875	3,375	3,125	3,250	2,875
Echant 2	2,875	2,750	2,875	3,250	3,375	4,250
Echant 3	2,750	2,750	3,000	2,875	3,250	3,750
Echant 1	1,875	1,500	3,000	2,375	2,875	3,375

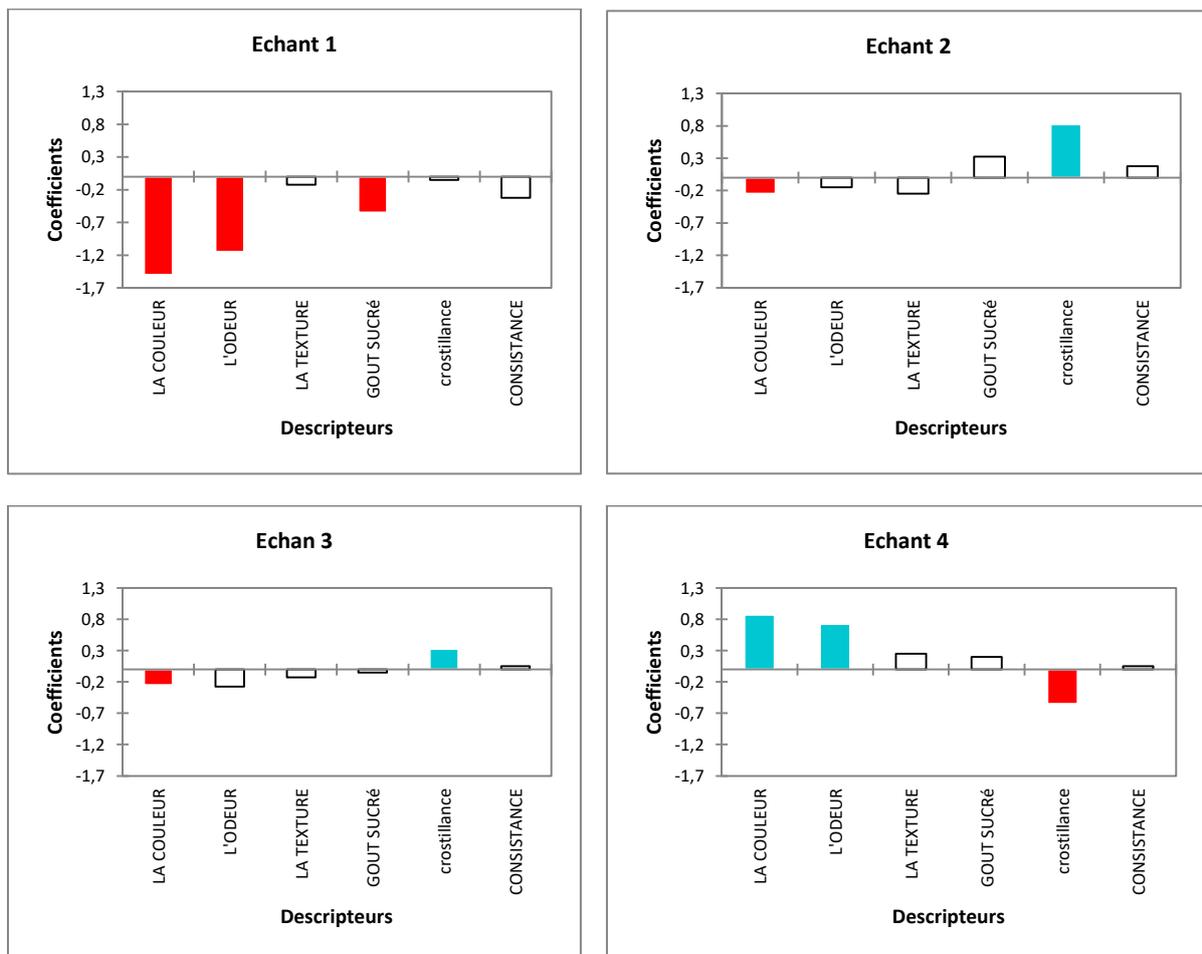
Cela implique que :

- Le biscuit 1 : est caractérisé par une odeur et couleur et gout sucré faible.
- Le biscuit 2 : est caractérisé par une couleur faible et une croustillance fortement intense.
- Le biscuit 3 : est caractérisé par une couleur faible et une croustillance fortement intense.
- Le biscuit 4 : est caractérisé par une odeur et couleur fortement intense et une croustillance faible.
- Le biscuit 5 : est caractérisé par une odeur et couleur fortement intense et une croustillance faible.

II.7.Coefficient des modèles :

L'objectif de Coefficient des modèles est définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

Les résultats des coefficients des modèles sont présentés sur la figure 52 :



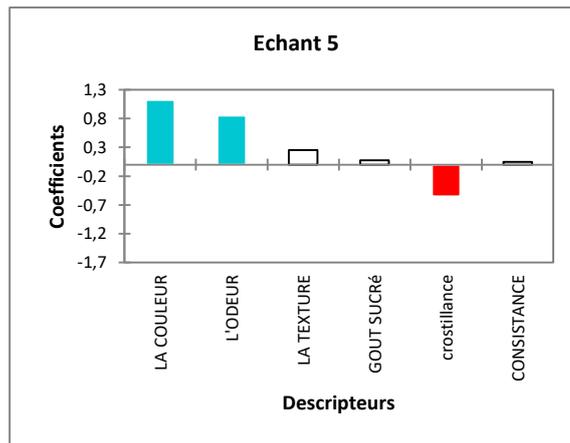


Figure 52 : Coefficients des modèles des quatre échantillons des biscuits.

Les graphes présentés sur la figure 52 permettent de désigner l'appréciation ou non appréciation des descripteurs des 05 biscuits 1, 2, 3,4 et 5 par les jurys experts. Les résultats sont notés comme suit :

- **Bleu** : les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positifs.
 - **Rouge** : les coefficients dont les caractéristiques sont significativement négatifs.
 - **Blanc** : les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs.
- **L'échantillon 1** : les caractères couleur, odeur et le gout sucré sont en rouge par contre la texture, la croustillance et la consistance du biscuit, sont en blanc. Cela montre que le biscuit 1 est caractérisé par une couleur et odeur et un gout sucré très faible.
- **L'échantillon 2** : les caractères odeur, texture, le gout sucré et la consistance sont en blanc, avec une couleur rouge et une croustillance bleu ce qui implique que le biscuit 2 est caractérisés par une croustillance fortement intense.
- **L'échantillon3** : les caractères odeur, texture, gout sucré, et la consistance sont en blanc mais la couleur en rouge ce qui démontre que le biscuit 3 a une croustillance intense.
- **L'échantillon 4** : les caractères odeur, couleur, sont en bleu et la croustillance rouge avec une texture, goût sucré et consistance blanc, ce qui signifie que la couleur et l'odeur du biscuit 4 est fortement intense.
- **L'échantillon 5** : les caractères odeur, couleur, sont en bleu et la croustillance rouge avec une texture, goût sucré et consistance blanc, ce qui signifie que la couleur et l'odeur du biscuit 4 est fortement intense.

II.8.Synthèse de Mapping des préférences :

Les classifications des objets par ordre croissant de la préférence est résumé dans le tableau suivant :

Tableau VIII : Objets classés par ordre croissant de préférence

Cl1	Cl2	Cl3	Cl4	Cl5	Cl6	Cl7
Produit 5	Produit 1	Produit 2	Produit 4	Produit 5	Produit 4	Produit 1
Produit 4	Produit 3	Produit 1	Produit 5	Produit 4	Produit 5	Produit 3
Produit 1	Produit 2	Produit 3	Produit 2	Produit 1	Produit 3	Produit 5
Produit 3	Produit 5	Produit 5	Produit 3	Produit 3	Produit 1	Produit 4
Produit 2	Produit 4	Produit 4	Produit 1	Produit 2	Produit 2	Produit 2

Le **Tableau VIII** correspond à la classification des objets par ordre croissant de la préférence des échantillons pour chaque juge. La dernière correspond aux objets les plus préférés des juges.

- Le produit le plus préféré selon la classe 1 est le produit 2
- Le produit le plus préféré selon la classe 2 est le produit 4
- Le produit le plus préféré selon la classe 3 est le produit 4
- Le produit le plus préféré selon la classe 4 est le produit 1
- Le produit le plus préféré selon la classe 5 est le produit 2
- Le produit le plus préféré selon la classe 6 est le produit 2
- Le produit le plus préféré selon la classe 7 est le produit 2

Le pourcentage de satisfaction des juges pour chaque objet est résumé dans le tableau suivant :

Tableau IX: pourcentage de juges satisfait pour chaque biscuit.

Objet	%
Produit 1	29%
Produit 2	71%
Produit 3	71%
Produit 4	43%
Produit 5	43%

Le tableau montre que le biscuit 2 et 3 possèdent le même pourcentage de satisfaction le plus élevé de 71%, les biscuits 4, et 5 ont le même pourcentage de satisfaction 43% alors que le

biscuit 1 a un pourcentage différent de 29% Cela montre que les juges n'apprécient pas au même niveau les 5 biscuits avec les différentes poudres de la caroube.

La figure suivante définit la courbe des niveaux et la carte de préférence :

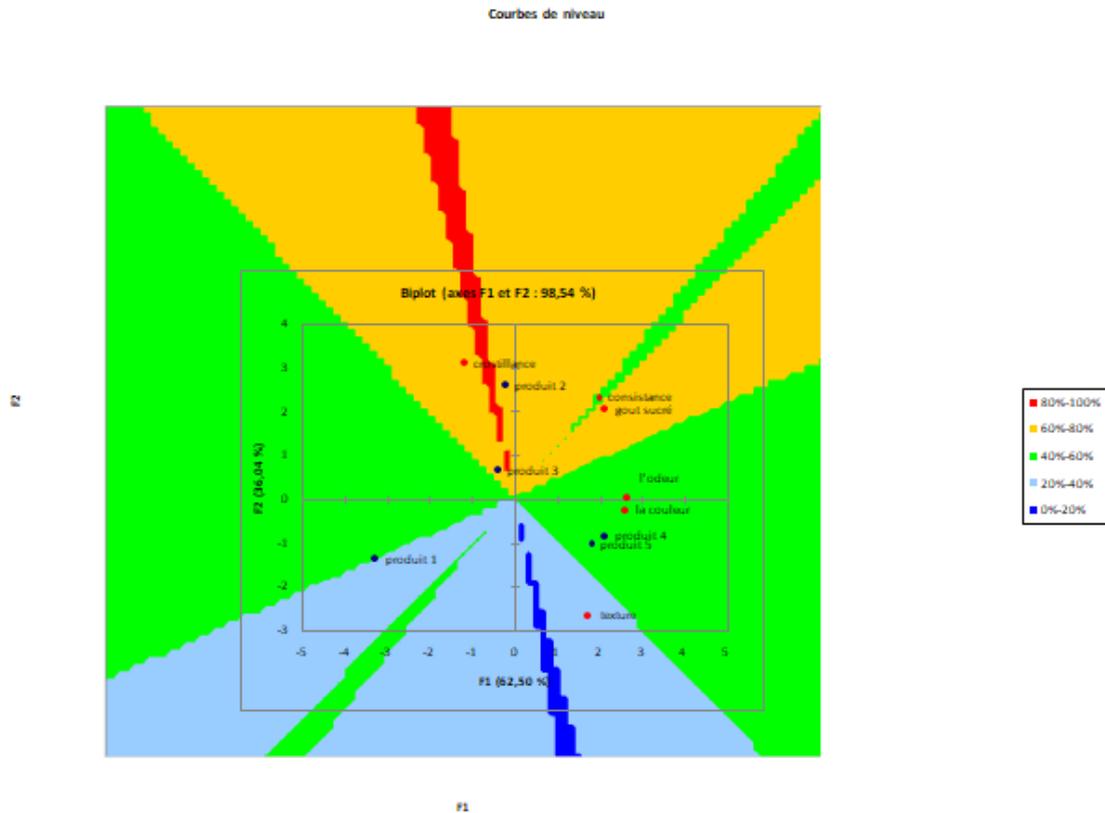


Figure 53: profil des différentes classes créées.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que les biscuits 2 et 3 sont appréciés avec un pourcentage de 60% à 80%, alors que les biscuits 1, 4 et 5 sont moins appréciés avec un pourcentage de 40% à 60%, cela dû aux différents critères appréciés pour chaque biscuit, cela dû aux différents critères appréciés pour chaque biscuit :

- Le biscuit 1 : est caractérisé par une odeur et couleur faible et une croustillance forte.
- Le biscuit 2 : est caractérisé par une odeur et couleur faible et une croustillance forte.
- Le biscuit 3 : est caractérisé par une couleur forte et croustillance faible.
- Le biscuit 4 : est caractérisé par une couleur forte et croustillance faible.
- Le biscuit 5 : est caractérisé par une odeur, couleur et goût sucré fortement intense.

Conclusion

Le choix de matières premières revient d'une part, à la richesse nutritionnelle des caroubes et d'autre part, à l'essai d'intégration d'autres farines que le blé dans nos habitudes alimentaires.

L'objectif du présent travail est la caractérisation phénolique de deux poudres de caroube (naturelle et industrielle) et l'étude de la possibilité d'incorporation de ces deux poudres dans la formulation d'un biscuit type «Cookies » diététique riche en éléments nutritive essentiels pour la consommation quotidienne et leurs effets sur la qualité nutritionnelle et organoleptique.

Les principaux résultats physico-chimiques de la matière première obtenus ont montré que ces deux poudres sont riches en composés phénoliques, en particulier en polyphénols totaux (219,82mg/g pour la poudre naturelle et 297,357mg/g pour la poudre industrielle) et qu'ils sont dotés d'une forte activité antioxydante ; 7,96mg/g pour la poudre naturelle et 4,78mg/g pour la poudre industrielle. Ces résultats font de ces poudres de caroube un bon agent antioxydant riche en polyphénols.

La poudre industrielle présente une teneur en matière grasse de l'ordre de 23,65 % MS, une teneur en protéine de 18,95 mg/g et une teneur en tanins de 361,67 mg AT/gMS. Alors que la poudre naturelle donne une teneur moins élevée en protéine 15,13mg/g, et en teneur de matière grasse d'ordre 20,19 % MS et 372,40 mg AT/gMS de tanins.

Ces résultats montrent que la poudre naturelle est plus riche en flavonoïdes 61.86 mg EQ/g MS et la poudre industrielle a une teneur plus élevée en flavonols 201,20 mg EQ/g MS avec un pouvoir réducteur faible (0,100mg/gMS poudre industrielle, 0,086 mg/gMS poudre naturelle) par contre le pourcentage d'ABTS des deux poudres est proche, 50,58% pour la poudre naturelle et 51,92% pour la poudre industrielle, la matière sèche est un peu élevée chez la poudre industrielle 95,79% par rapport à la poudre naturelle90,58%.

Le profil sensoriel montre que les biscuits élaborés présentent une bonne qualité organoleptique, dont les biscuits 2 et 3 ont marqués le pourcentage de satisfaction le plus élevé : 71% avec des caractéristiques très appréciables, suivi des biscuits 4 et 5 avec un pourcentage de 43%, et en dernier le biscuit 1 (témoin) avec le plus faible pourcentage 29%.

D'après ces résultats on déduit donc que les biscuits à base de la poudre naturelle sont les plus appréciés par rapport aux autres biscuits.

A partir de la présente étude, plusieurs perspectives sont à envisager :

- La détermination des autres caractéristiques physico-chimiques (teneur en cendre, teneur en sucres totaux, et teneur en acide ascorbique).
- L'élargissement de la gamme d'utilisation des polyphénols de caroube dans d'autres formulations alimentaires en industrie agro-alimentaire
- L'élaboration des produits diététiques à base de la caroube (chocolat, yaourt, ...).
- Remplacer la totalité de sucre utilisé dans la fabrication du biscuit par le sucre bio de la caroube
- L'industrialisation des biscuits à base de la caroube.

Références Bibliographiques

A

- ❖ **Abi Azar R. (2007)**. Milk protein complexation by green carob pods extract. Technological properties of obtained coagulums. Thèse de doctorat : AgroParisTech, 197 p.
- ❖ **AFNOR, 1991**. Recueil de normes- contrôle de la qualité des produits alimentaires céréales et produits céréaliers. AFNOR/DGCCRF. 3ème édition. Paris, 360 p.
- ❖ **AIT AMEUR L. 2006**. Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard: Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse Doctorat en Chimie analytique. Institut National Agronomique, Paris, Grignon, 207 p.
- ❖ **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.
- ❖ **Albanell E., 1990**. Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L.) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.
- ❖ **Albanell E., Caja G. & Plaixats J., (1991)**. Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. Options Méditerranéennes. 16 : 135-136.
- ❖ **Andersen, PM., Nilsson, P., Keränen, ML.,Forsgren, L., Hägglund, J., Karlsborg, M.,Marklund, SL (1997)**. Hétérogénéité phénotypique chez les patients atteints d'une maladie du motoneurone avec des mutations CuZn-superoxydedismutase en Scandinavie. Cerveau : un journal de neurologie, 120 (10), 1723-1737.
- ❖ **Arif T, Bhosale J D, Kumar N, Mandal T K, Bendre R S, Lavekar S, Dabur R. Natural products antifungal agents derived from plants. J Asian Nat Prod Res. 2009 ; 11, 7 : 626 – 638.**
- ❖ **Armand B et Germain M ., 1992** : « le blé : éléments fondamentaux et transformation » Ed saint Foy .PP : 439-440.
- ❖ **Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A., (1997)**, Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal of food composition and analysis, Vol.10, pp.166–172.
- ❖ **Ayaz F.K., Torun H., Ayaz S., Correia P. J., Alaiz M., Sanz C., Grúz J. et Strnad M. (2007)**. Determination of chemical composition of Anatolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.): sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compounds. Journal of Food Quality, 30, 1040-1055.

B

- ❖ **Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M. , autres ., Vasseur J. , Cazin M. , Cazin J.C et Pincas M. ,1996** : « Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations ». *Arzneimittelforschung*, 46 (11), PP :1086-1089.

- ❖ **Battle I. and Tous J., 1997** : « Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops ». 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy.
- ❖ **Battle, I., Tous, J. (1997)**. Carob tree *Ceratonia siliqua* L., Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17, Gatersleben: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Rome: International Plant Genetic Resources Institute, pp. 92.
- ❖ **Ben Mbarek S et Deboub I., 2015** : « Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations ». 45p.
- ❖ **Benchikh Y., Paris C., Louaileche H., Charbonne C., Ghoul M., Chebil L. (2016)**. Comparative characterization of green and ripe carob (*Ceratonia siliqua* L.): physicochemical attributes and phenolic profile. *SDRP Journal of Food Science and Technology*. 1 :7.
- ❖ **Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Millan, F., Guerrero, A., and Puppo, M. C. (2008)**. Composition and structure of carob (*Ceratonia Siliqua* L.) germ proteins. *Food chem.*. 107, 675–683.
- ❖ **Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Millan, F., Guerrero, A., and Puppo, M. C. (2008)**. Composition and structure of carob (*Ceratonia Siliqua* L.) germ proteins. *Food chem.*. 107, 675–683.
- ❖ **BENKADRI S., 2010**- Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants cœliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten. Mémoire de Magistère en Science alimentaire, Institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agroalimentaires, Université MENTOURI, Constantine, 125p.
- ❖ **Benmahiou B., Kaïd-Harche M. et Daguin F. (2011)**. Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, 8p.
- ❖ **Berger, SE (2006)**. Développement moteur. Dans D. Kuhn, RS Siegler, W. Damon et RM Lerner (Eds.), *Manuel de psychologie de l'enfant : Cognition, perception et langage* (pp. 161–213).
- ❖ **Berrougui, H. (2007)**. Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales. *Maghreb Canada Express* 5, 20.
- ❖ **Bessas, A; Benmoussa, L; Kerarma, M (2007)**. Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud Algérien. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie.
- ❖ **Biner B., Gubbuk H., Karhan M et Aksu M. et Pekmezci M, 2007**, Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, *Food Chemistry*, N°100 . PP : 1453-1455.
- ❖ **Boizot N. et Charpentier J-P. (2006)**. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier Technique*, INRA. pp. 79-82.
- ❖ **Bonnaillie C., Salacs M., Vassiliova E. et Saykova I. (2012)**. Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea* L.). *Revue de génie industriel*, 7, 35-45.

- ❖ **Bouzouita I ; Samir Elloumi (2007)** "IGARC : Integrated Generic Association Rules based Classifier". In: In the proceedings of the 18th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2007) held 3-7 September 2007, in Regensburg, Germany.
- ❖ **Bruneton, J. (1999)**. Pharmacognosie phytochimie plantes médicinales. Édition Technique et Documentations. PP : 227-445.

C

- ❖ **Calixto F.S. et Canellas J. (1982)**. Components of nutritional interest in carob pods *Ceratonia siliqua*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 33, 1319–1323.
- ❖ **Carr A., Frei B. 1999**. Does vitamin C act as pro-oxidant under physiological conditions *FASEB J* 13(9):1007-1024.
- ❖ **Chaudière, J., Ferrari-Iliou, R. (1999)**. Intracellular Antioxidants From Chemical to Biochemical Mechanisms. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 949-962.
- ❖ **Cheblaoui Y et Yahiaten N., 2016** : « Contribution à la diversification de l'alimentation pour l'enfant cœliaque : fabrication de farine- Biscuit sans gluten ». PP :15-16.
- ❖ **Coutouly G et Marcussen L., 1998** : « Biscuits et biotechnologies » Ed Initiative for biotechnology. 29p.
- ❖ **Cowan MM. Plant products as antimicrobial agents. Clin. Microb. Rev. 1999** ; 12 (4); pp 564 – 582.

D

- ❖ **Dacosta, E. (2003)**. Les phytonutriments bioactifs. Yves Dacosta (Ed). Paris.
- ❖ **Dakia P.A; Wathel et B et Paquot M.(2007)** : « Isolation and chemical evaluation of, carob (*Ceratonia siliqua* L.) » . seed germ food Chemistry, Vol. 102, N°4, PP : 1368-1374.
- ❖ **Damintoti, K., DH Mamoudou, S., Jacques., AS Traoré.(2005)**. Activités antioxydantes et antibactériennes des polyphénols des plantes thnomédicinales du Burkina Faso. *Afr. J. Biotechnol.*, 4 : 823-828.
- ❖ **Dugour D., 2009** : « Préventions des emballages l'engagement des fabricants des biscuits et gâteaux ». Le syndicat des biscuits et gâteaux de France, 8p.
- ❖ **Dupas C. (2009)**. Influence des protéines lactières sur le pouvoir antioxydant et la biodisponibilité des polyphénols du café. Thèse de doctorat : Ecole doctorale ABIES, 262p.

F

- ❖ **Fadlinizal, AGM., Prasad, KN., Weng, KK., Ismail, A. (2010).** Flavonoid, hesperidin, total phenolic contents and antioxidant activities from Citrus species. *Afr. J. Biotechnol.* 9(3): 326-330.
- ❖ **Fadlinizal, AGM., Prasad, KN., Weng, KK., Ismail, A. (2010).** Flavonoid, hesperidin, total phenolic contents and antioxidant activities from Citrus species. *Afr. J. Biotechnol.* 9(3): 326-330.
- ❖ **Favier A. 2003.** Le Stress Oxydant. Intérêt Conceptuel Et Expérimental Dans La Compréhension Des Mécanismes Des Maladies Et Potentiel Thérapeutique. *L'actualité Chimique*-Novembre-Décembre. P: 108-115.
- ❖ **Feuillet P. ,2000 :** « La grain de blé composition et utilisation, Edition INRA. Paris, 308p.

G

- ❖ **Gabriela Bernardo-Gila M., Roque R., Roseiro L. B., Duarte L. C., Girio F. et Esteves P. (2011).** Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua L.*), *Journal of Supercritical Fluid*, 59: 36– 42.
- ❖ **GALLAGHER E., 2008.** Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In *Gluten Free Cereal Products And Beverages*, ARDENT E.K. & FABIO DAL BELLO. First Edition, Academic Press, Elsevier, 321-341p.
- ❖ **Ganther H. E. 1999.** Selenium metabolism, selenoproteins and mechanisms of cancer prevention: complexities with thioredoxin reductase. *Carcinogenesis* 20 (19): 1657- 1666 E F.
- ❖ **Gaté, L., Paul, J., Nguyen .Ba.G, K.D. Tew., H, Tapiero. (1999).** Oxidative stress induced in pathologies the role of antioxidants. *Biomed Pharmacother* .53, P.169-80.
- ❖ **Gérard-Monnier D., Chaudière J. 1996.** Métabolisme et fonction antioxydante du glutathion. *Path Biol* 44:77-85.
- ❖ **Gharnit N., 2003 :** Caractérisations et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) originaire de la province de chefchaou en (Nord-ouest du Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.
- ❖ **Gornall, A. G., Bardawill, C. J., David, M. M. (1949).** Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of biological chemistry*, 177(2), 751-766.
- ❖ **Gornall, A. G., Bardawill, C. J., David, M. M. (1949).** Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of biological chemistry*, 177(2), 751-766.
- ❖ **Greff M. 2011.** *Post'U FMC-HGE*, Springer Edition. 39.

H

- ❖ **Hagerman., A.E., (2002).** Tannin Chemistry (www.users.muohio.edu/hagermae). Institute of Animal Nutrition, University of Hohenheim (Germany).
- ❖ **Halliwell, B. (1999).** Mécanismes de défense antioxydants : du début à la fin (du début). Recherche sur les radicaux libres, 31 (4), 261-272.
- ❖ **Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. (2007).** Free Radicals in Biology and Medicine. 4 th ed. OxforduniversityPress, pp: 20-31.
- ❖ **Haoua R et TINGALI R., 2007 :** « Essai d'incorporation de lactosérum en poudre dans la fabrication du biscuit type "Petit BIMO" » ,35 p.
- ❖ **Hui, Y.H., Corke, H., De Leyn, I., Nip, W.K., Cross, N.(2006).** Bakery Products Science and Technology. 1ère édition. Blackwell Publishing Professional, 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014, USA, 575 p.
- ❖ **Hussein, A.M.S., Shedeed,N.A., Abdel-Kalek, H.H., Shams El-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.
- ❖ **Husson, F., Lê,S., Pagès, J. (2009).**SensoMineR dans Evaluation sensorielle - manuel méthodologique. 3ème édition, Lavoisier, SSHA, pp 463-470.

J

- **Jolliffe,I. (2002).** Principal component analysis. Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science.

K

- ❖ **Kabore N., 2012 :** « Optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chaire orange » P10.
- ❖ **Kansole, M.M.R.** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucasmartinicansis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundiaoppositavahl* et *Orthosiphonpallidusroyle* ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso. 2009 in freshplums. J. Agric. Food Chem., 2003, Vol. 51(22); pp 6509-6515.
- ❖ **Kiger L et Kiger J-G., 1967 :** « Technique modernes des biscuiteries, pâtisserie boulangerie industrielle et artisanales et des produits de régime ». Tome 2. Ed DUNOD, Paris. PP : 134-138.
- ❖ **Korkina,L.G., Afanas'ev, I.B. (1997).** Antioxidant and chelating properties of flavonoids. Adv. Pharmacol. 38: 151–163.
- ❖ **Kosalec, I., Bakmaz, M., Pepeljnjak, S., Vladimir-Knez'evic', S. (2004).**Quantitative analysis of the flavonoids in raw propolis from northern Croatia. Acta Pharm. 54, 65–72.

- ❖ **Kosalec, I., Bakmaz, M., Pepeljnjak, S., Vladimir-Knez'evic', S. (2004).** Quantitative analysis of the flavonoids in raw propolis from northern Croatia. *Acta Pharm.* 54, 65–72.
- ❖ **Kumazawa S., Taniguchi, M., Suzuki, Y., Shimura, M., Kwon, M. and Nakayama, T. (2002).** Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *J. Agric. Food Chem.* 50 (2). PP 373 – 377.

L

- ❖ **Lahouel M., Amedah S., Zellaoui A., Touil A., Rhouati S., Benayache F., Lghouchi E., Bousseboua H. 2006.** The interaction of plant flavonoides with rat liver mitochondria. *therapie* 61(4):347-355.
- ❖ **Lehucher-Michel, M.P., Lesgards, J.F., Delubac, O., Stocker, P., Durand, P., Prost, M. (Madi A., 2010).** Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes.
- ❖ **LevizouEDriliias, P., Kyparissis, A. (2004).** Exceptional photosynthetic performance of *Capparis spinosa* L. under adverse conditions of Mediterranean summer. *Photosynthetica* 42:229–235.
- ❖ **LevizouEDriliias, P., Kyparissis, A. (2004).** Exceptional photosynthetic performance of *Capparis spinosa* L. under adverse conditions of Mediterranean summer. *Photosynthetica* 42:229–235.
- ❖ **López G. V., Batthyány C., Blanco F., Botti H., Trostchansky A., Migliaro, E., Rubbo H. 2005.** Design, synthesis, and biological characterization of potential antiatherogenic nitric oxide releasing tocopherol analogs. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 13(20): 5787–5796.

M

- ❖ **M. Kamal E. Youssef, Moshera M. El-Manfaloty, Hend M. Ali, (2013),** Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.), *Food and Public Health* 2013, 3(6): 304-308.
- ❖ **Macheix JJ, Fleuriet A, Jay-Allemand C (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, p. 4-5.
- ❖ **Mahdad Mustafa Yacine.(2012).** Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*ceratonia siliqua* L.) dans le Nord-ouest de l'Algérie, université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.
- ❖ **Makris, D.P., Kefalas, P., (2004).** Carob Pod as a source of polyphenolic Antioxidants. *Food Technol. Biotechnol.* 42 (2):105–108.
- ❖ **Manoharr, S.R., Rao, H.P. (2002).** Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *Food Research International*, 35 : 807-813.

- ❖ **Marie-Jo Droillard, André Paulin Plant Physiology, Volume 94, Issue 3, November 1990, Pages 1187–1192, <https://doi.org/10.1104/pp.94.3.1187>**
- ❖ **Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003.** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, PP : 19-162.
- ❖ **Mezian, S.(2011).** Influence du procédé de congélation sur les levures et les propriétés techno-fonctionnelles des pâtes sucrées (type Kougelhopf). Thèse de doctorat en Procédés Biotechnologiques et Alimentaires. École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Université de Nancy, 123p.
- ❖ **Milardovic, S., Kereković, I.,Rumenjak, V. (2007).** Méthode bi ampérométrique par injection de flux pour la détermination de la capacité antioxydante totale des boissons alcoolisées à l'aide d'ABTS+ produit de manière bienzymatique. Chimie alimentaire, 105 (4), 1688-1694.
- ❖ **Mohtadji-lamballais,C. (1989).**Les aliments. Editions Maloine. Paris. 203 p.
- ❖ **Molyneux P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Journal of Science and Technology. 26 (2) : 211-219.
- ❖ **Mueller-Harvey, I. y A.B. Mc Allan. (1992).** Tannins. Their biochemistry and nutritional properties. En Mueller-Harvey I. (Ed.) Advances in plant cell biochemistry and biotechnology. Morrison, Londres. pp. 151-159.
- ❖ **Mulet A., Fernandez-Salguero J., García-Perez J.V. et Bon J. (2015).** Mechanistic modeling to address process analysis: Kibbles of carob (*Ceratonia siliqua*, L.) pod extraction. Journal of Food Engineering, 176: 71-76.

N

- ❖ **Nkhili E. (2009).** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de doctorat : université d'Avignon. 387p.

O

- ❖ **Odabasoglu F., Aslan A. , Cakir A., Suleyman H., Karagoz Y., Halici M. et Bayir y. (2004).** Comparison of Antioxidant Activity and Phenolic Content of Three Lichen Species. Phytotherapy Research, 18 : 938–941.
- ❖ **Orphanos P. I. and Papaconstantinou J. (1969),** The carob varieties of Cyprus, Tech. Bull. 5. Cyprus Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and Natural Resource, Nicosia.
- ❖ **Osman, A. M., K. K. Y. Wong, S. J. Hill et A. Fernyhough. (2006).** "Isolation and the characterization of the degradation products of the mediator ABTS-derived radicals formed upon reaction with polyphenols." Biochemical and Biophysical Research Communications 340(2): 597-603.

- ❖ **Owen R.W., Haubner R., Hull W.E., Erben G., Spiegelhalder B., Bartsch H. et Haber B. (2003).** Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre, *Food and Chemical Toxicology*, 41: 1727–1738.

P

- ❖ **Pandey KB et Rizvi SI 2009.** Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Vol. 2 (5) ; pp 270 – 278.
- ❖ **Parrilla-Taylor, D.P., Zenteno-Savín, T.(2011).** Antioxidant enzyme activities in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in response to environmental hypoxia and reoxygenation. *Aquac.* 318, 379–383. Paschke, K., Cumillaf, J.P., Loyola, S., Gebaue.
- ❖ **Pascual-Reguera, M.I., Ortega Carmona, I., Molina Diaz A.(1997).** Spectrophotometric determination of iron with ferrozine by flow-injection analysis. *Talanta*. 44(10): 1793-1801.
- ❖ **Pincemail, J., Meurisse, M., Limet, R., & Defraigne, J. O. (1999).** Espèces oxygénées activées, antioxydants et cancer. *Vaisseaux, Coeur, Poumons*, 4(4), 6-11.
- ❖ **Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., Nunez, MJ.(2005).** Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 2111-2117.
- ❖ **Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., Nunez, MJ.(2005).** Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 2111-2117.
- ❖ **Popovici, C., Saykova, I., & Tylkowskib. (2010).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel*, (4), 1– 8.
- ❖ **Priolo A, Ben Salem H, Atti N, Nefzaoui A. 2002.** Polyethylene glycol in concentrate or feedblock to deactivate condensed tannins in *Acacia Cyanophylla* Lindl. *Foliage 2*. Effects on meat quality of Barbarine lambs. *Anim Sci* 75:137–140.
- ❖ **Pryor W. A. 2000.** Vitamine E and heart disease basic science to chemical intervention trials. *free Rad .Biol. Med* 28:141-164.

Q

- ❖ **Quezel, P., Santa, S. (1962/63).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méditerranéennes. Tome 1. Edit CNRS. Paris.

R

- ❖ **Ramadan, M. F., 2010:** «Rapid antiradical method for screening deep fried oils». *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 5(1) .PP : 47-50.

- ❖ **Ramful D., Tarnus E., Aruoma OI. et Bourdon T. (2011).** polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food research international*, 44 (7) : 2088-2099.
- ❖ **Ratnam,D-V., Ankola, D-D., Bhardwaj, V., Sahana, D-K., Ravi-kumar, M-NV.(2006).**role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective.*Journal of Controlled Release*. 113:189-207.
- ❖ **Ribéreau-Gayon ,1986 :** « les composés phénoliques des végétaux » .Ed. Dunod, Paris ,254 .
- ❖ **Ribereau-Gayon, P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris, France.
- ❖ **Ribereau-Gayon, P. (1968).**Notion générale sur les composés phénoliques.in :’’les composés phénoliques des végétaux’’ .ed .Dunod.1-40.

S

- ❖ **SAADOUDI M., 2019.** Caractérisation biochimique, conservation et essais d’élaboration des produits alimentaires à base de fruit du Lotus L. Thèse du doctorat, option Qualité et Sécurité Alimentaire, Université BATNA 1-Hadj Lakhdar, 87p.
- ❖ **Sbay H ., 2008 :** « Le caroubier au Maroc un arbre d’avenir ». Centre de recherche forestière charia Omar Ibn Khattab, BP.763, Agdal, Rabat, Maroc. PP : 44. PP : 07-31.
- ❖ **Scheibmeir HD, Christensen K, Whitaker SH, Jegaethesan J, Clancy R, Pierce JD (2005).** A review of free radicals and antioxidants for critical care nurses. *Intensive Crit Care Nurs*; 21(1): 24-8.
- ❖ **Sebai H., Souli A., Chehimi L., Rtibi K., Amri M., El-Benna J. et Sakly M. (2013).**In vitro and in vivo antioxidant properties of Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.).*Journal of Medicinal Plants Research*. 7(2) : 85-90.
- ❖ **Serrem, C.A.(2010).** Development of soy fortified sorghum and bread wheat biscuits, as a supplementary food to combat protein energy malnutrition in young children. These de doctorat en Sciences des Aliments. Université de Pretoria, Afrique de Sude, 193 p.
- ❖ **Silanikove, N.; Landau, S.; Or, D.; Kababya, D.; Bruckental, I.; Nitsan, Z., (2006).** Analytical approach and effects of condensed tannins in carob pods (*Ceratonia siliqua*) on feed intake, digestive and metabolic responses of kids. *Livest. Sci.*, 99 (1): 29-38.
- ❖ **Simić, A., Manojlović, D., Šegan,D., Todorović, M.(2007).** Electrochemical behavior and antioxidant and prooxidant activity of natural phenolics. *Molecules*. 12(10): 2327-2340.
- ❖ **Sofia ES., 2016 :** « Processus de fabrication des biscuits et gaufrettes ». P : 9.
- ❖ **Sofia ES., 2016 :** « Processus de fabrication des biscuits et gaufrettes ». P : 9.
- ❖ **Soulef BK., 2010 :** « Contribution à la diversification de l’alimentation pour enfants cœliaque : fabrication de farines- biscuits sans gluten ».PP : 15-16.
- ❖ **Souza, RF., (2004).** Propriétés antioxydantes des complexes de flavonoïdes avec des ions métalliques. *Rapport Redox*, 9 (2), 97-104.

- ❖ **Stamler J. S., et Slivka A. 1996.** Biologicalchemistry of thiols in the vasculature and in vascular-relateddisease. *NutrRev* 54:1-30.

T

- ❖ **Tepe, B., M. Sokmen, A., Akpulat, D., Daferera, M. Polissiou, A., Sokmen. (2005)** Antioxidative activity of the essential oils of *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* and *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *roslans*. *J. Food Eng.*, 66, 447-454.
- ❖ **Thompsen, J. C., Mottola, H. A. (1984).** Kinetics of the complexation of iron (II) with ferrozine. *AnalyticalChemistry*. 56(4): 755-757.

V

- ❖ **Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic. M., Mazur, M. (2006).** Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*. 160: 1-40.
- ❖ **Vermerris et al (2006).** W. Phenolic compound biochemistry, Springer, Dordrecht. ISBN-10 1- 4020-5163-8 (HB).
- ❖ **Yousif, A.K., Alghzawi, H.M. (2000).** Processing and characterization of carob powder. *Food chemistry*, Vol. 69, N°3, pp.283-287.

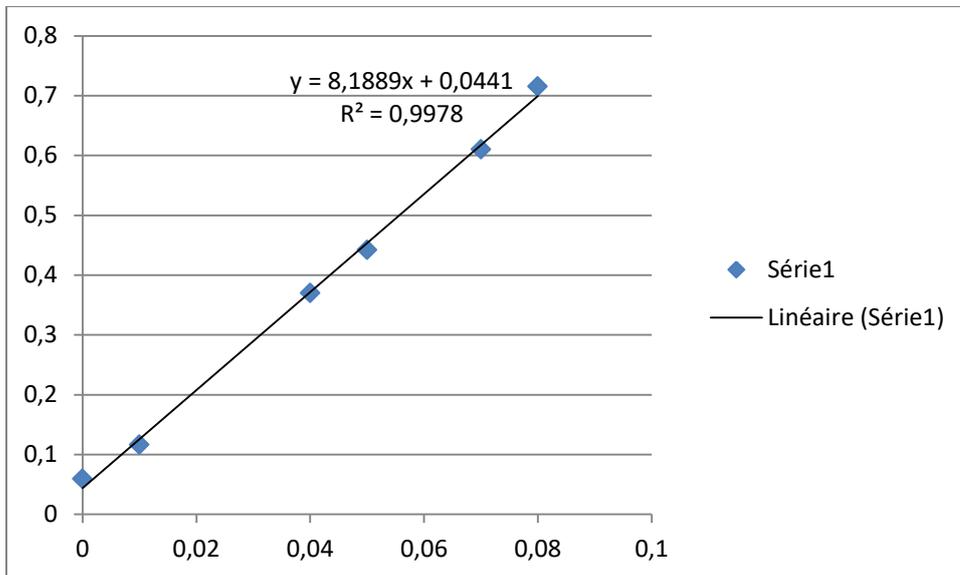
Y

- ❖ **Youssef, MKE., El-Manfaloty, MM., Ali, HM.(2013).** Évaluation de la composition chimique immédiate, de l'état nutritionnel, de la composition en acides gras et des composés phénoliques de la caroube (*Ceratoniasiliqua* L.). *Alimentation et santé publique*, 3 (6), 304-308.

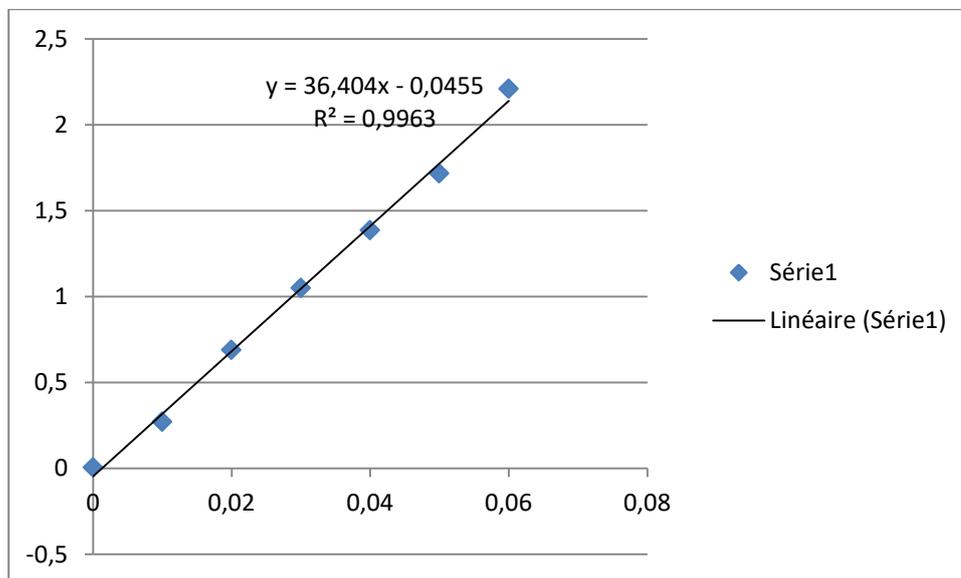
Z

- ❖ **Zhou, W., 2014.** Bakery Products Science and Technology. 2ème edition. Wileyblackwell, 776p.
- ❖ **Zulim Botega D., S. Bastida, S. Marmesat, L. Pérez-Olleros, B. Ruiz-Roso, F. Sanchez-Muniz, (2009),** Carob Fruit Polyphenols Reduce Tocopherol Loss, -J. Triacylglycerol Polymerization and Oxidation in Heated Sunflower Oil, *J Am Oil ChemSoc* N°86, pp.419-425.

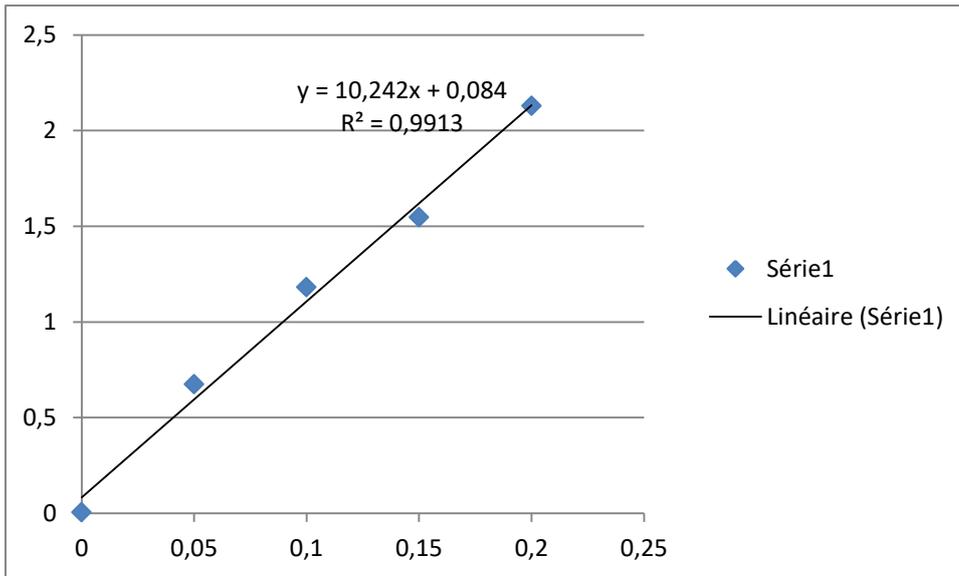
Annexe I



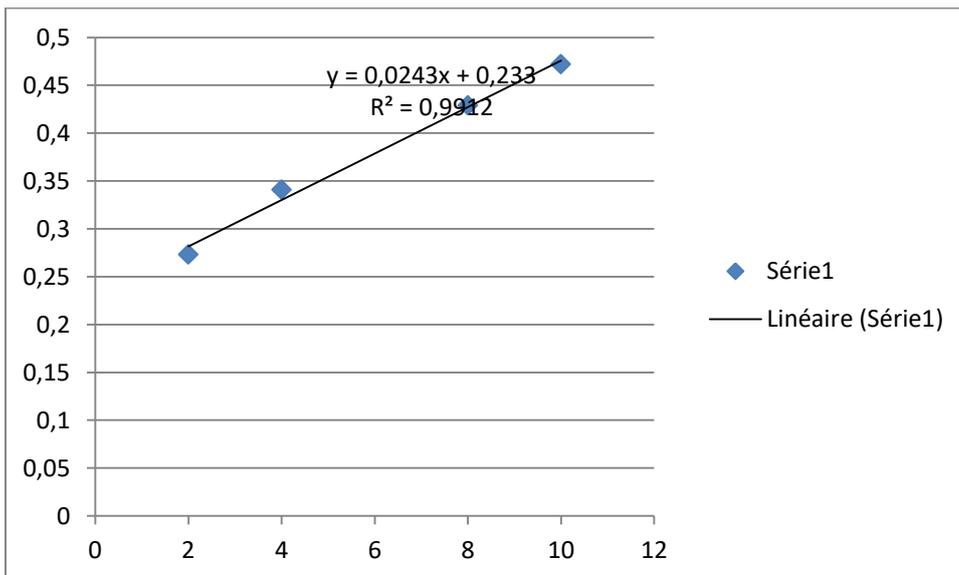
Courbe d'étalonnage des poly phénols totaux.



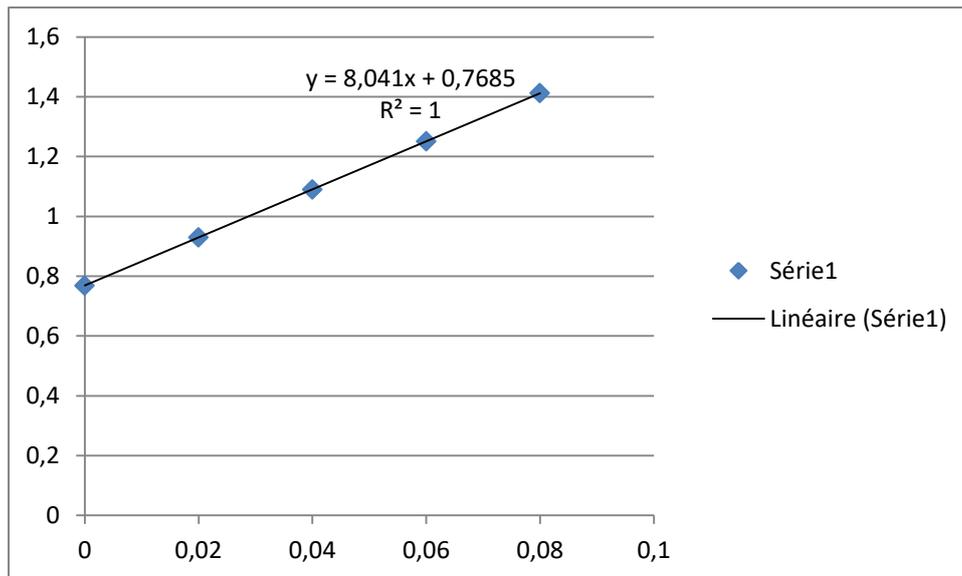
Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.



Courbe d'étalonnage des flavonols.



Courbe d'étalonnage des protéines.



Courbe d'étalonnage réducteur.

Annexe II

Questionnaire pour analyse sensorielle des biscuits (panel expert)

Nom :.....

Age :.....

Profession :..... Sexe :.....

Dans le cadre d'une analyse sensorielle des biscuits, 5 échantillons vous sont présentés codés 1, 2, 3, 4 et 5 il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement (de gauche à droite), puis répondre aux questions qui suivent en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée.

NB : après la dégustation de chaque échantillon, rincer la bouche avec de l'eau.

1-teste visuel

A. La couleur du biscuit est :

- (1) Très claire
- (2) Claire
- (3) Peu foncée
- (4) Très foncée

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

B. L'odeur du biscuit est :

- (1) Absente
- (2) Faible
- (3) Moyenne
- (4) Forte
- (5) Très forte

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

C. La texture du biscuit est :

- (1) Très dure
- (2) Dure
- (3) Moyenne (ni dure ni tendre)
- (4) Molle
- (5) Très molle

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

2- sensation en bouche :

A. Le gout sucré du biscuit est-il :

- (1) Absent
- (2) Faible
- (3) Moyen
- (4) Fort
- (5) Très fort

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

B. La texture du biscuit est :

- (1) Très pâteuse
- (2) Pâteuse
- (3) Peu croustillante
- (4) Croustillante
- (5) Très croustillante

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

C. La Consistance du biscuit :

- (1) Fortement légère
- (2) Légère
- (3) Peu légère
- (4) Consistante
- (5) Très consistance

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

3. Attribuer à chaque échantillon une note de préférence entre 1 à 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 a celui le plus préféré.

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

4. Quels sont les paramètres qui ont motivé votre préférence ?

- (1) La couleur du biscuit
- (2) le gout du biscuit
- (3) la texture du biscuit
- (4) la consistante du biscuit
- (5) la friabilité du biscuit
- (6) autre (mentionnez)

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5

Résumé :

La caroube est considérée comme une source potentielle en antioxydants naturels. Notre travail s'est effectué dans l'objectif est la formulation d'un biscuit à base de caroube (*Ceratonia siliqua* L) .Il a porté sur Cinq essai de fabrication de biscuit type « Cookies ». Nous avons effectuées des analyses physico-chimiques pour les matières premières et biscuits, et un test organoleptique pour les biscuits. Les analyses physicochimiques effectuées montrent que les matières premières sont de bonne qualité. En effet le test organoleptique réalisé a montré que nos biscuits sont bien appréciés par les dégustateurs surtout les biscuits a base de la poudre de caroube naturelle. Ces résultats restent préliminaires méritent d'être suivis par d'autre travaux portant sur la caractérisation de la poudre de caroube afin de créer une formule qui répond aux exigences des consommateurs et qui intéresse économiquement l'entreprise productrice.

Mots clés : Caroube, polyphénols, antioxydants, biscuits, analyses physico chimiques, analyses organoleptique.

Abstract:

Carob is considered a potential source of natural antioxidants.our work was carried out with the objective of evaluationg the contribution to the formulation of cookie based on carob (*ceratonia siliqua* L).it focused on five manufacturing test of the « Cookies. We carried out physico-chemical analyzes for the raw materials and biscuits, and an organoleptic test for the biscuits.

The physicochemical analyzes carried out show that the raw materials are of good quality.indeed, theorganoleptic test carried out showed that our biscuits are well appreciated by tasters,especialy biscuits made from natural carob powder.

These results remain preliminary and deserve to be followed by other work on the characterization of carob powder in order to create a formula that meets consumer requirements and that is of economic interest to the producing company.

Keywords: carob, polyphenols, ontioxidants, cookies, physico-chemical analyzes, organoleptic test.