

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologique
Spécialité : Sciences Alimentaire.
Option : Bioprocédés et Technologie Agro-alimentaire.



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

MASTER

Thème

Valorisation des sous-produits de la caroube
Ceratonia siliqua.

Présenté par :

Kicher Houda et Ladjouzi Adidi

Soutenu le : **16 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

Mme. TAMANDJARI.S	MAA	Président
Melle. MEKHOUKHE.A	MAA	Encadreur
Mme. FELLA.S	MAA	Examineur

Année universitaire : 2015 / 2016

Remerciements :

Tout d'abord, on exprime nos remerciements au bon dieu de nous avoir donné le courage et la force d'aller au bout de nos fins pour terminer mon travail et pour sa bienveillance.

Nos profondes gratitudes vont à notre promotrice M^{elle} Mekhoukhe, pour l'honneur qui nous a fait de nous encadrer, pour ces précieux conseils, ces orientations et la confiance qu'elle nous a fait, dont on garderait les souvenirs de ces qualités profondément humaines.

Nous tenons également à remercier Mme MEDOUNI.

On tient également à exprimer nos sincères remerciements a :

- ❖ M^{me} Tamandjari d'avoir accepté de présider le jury et de juger notre travail.
- ❖ M^{me} Fellad'avoir accepté d'examiner notre travail.

L'ensemble des personnel de laboratoire de technologie alimentaire, pour leur entière disponibilité, coopération ainsi pour l'ambiance et les bonne conditions.

Mes spéciaux remerciement à M^r Bekdouche de nous avoir aidé de traiter les résultats d'analyse sensorielle.

Nos remerciements vont aussi à l'unité messiva de nous avoir accueilli et de nous fournir l'un des constituants utilisé dans notre étude.

Dédicaces

Au nom de Dieu, le Très Miséricordieux, le Tout Miséricordieux

Louange à Allah, Seigneur des univers de nous avoir donné la faculté de penser, de raisonner, et d'étudier.

La mémoire de ma grand-mère maternelle Taous et ma tante maternelle Faridaque dieu les accueille dans son vaste paradis et leur accorde sa miséricorde.

Aux deux êtres qui me sont plus précieux que tout le reste dans ce monde afin de les remercier pour toute leur bonté, leur générosité, leur soutien et leur patience ainsi que leur grand amour à l'égard de leurs enfants. Ces deux êtres **ma mère** et **mon père** pour lesquels aucun mot ne saurait exprimer mes profonds sentiments ont leur égard.

A mes très chères soeurs Samira et son mari Laamri, Houria et mon très chère frère belka ;

A mes nièces Farah, chahinez et ma nouvelle nièce marwa ;

A mes grands-parents ;

A mes tantes et oncles maternelle et paternelle ;

A mes cousins et cousines : Adel, kouseila, Fawzi, Hanane, Wissem et Cilia ;

A ma meilleur amie kouka pour sa présence et son soutien depuis le premier jour de notre connaissance.

A mes ami(e)s.

A mes copines de chambre : Fatima, Meriem et Sabiha.

A ma chère binôme Adidi et sa famille.

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

houđa

Dédicaces

Au nom de Dieu, le Très Miséricordieux, le Tout Miséricordieux.

Louange à Allah, Seigneur des univers de nous avoir donné la faculté de penser, de raisonner, et d'étudier.

La mémoire de mesgrands père maternelle et paternelle que dieu les accueille dans son vaste paradis et leur accorde sa miséricorde.

Aux deux êtres qui me sont plus précieux que tout le reste dans ce monde afin de les remercier pour toute leur bonté, leur générosité, leur soutien et leur patience ainsi que leur grand amour à l'égard de leurs enfants. Ces deux êtres **ma mère** et **mon père** pour lesquels aucun mot ne saurait exprimer mes profonds sentiments ont leur égard.

A mes très chères sœurs Yamina et Houa, mes très chère frères Idris, Mohamed et Adam ;

A mon cher mari Loucif et sa famille ;

A mes grandes mères ;

A mes tantes et oncles maternelle et paternelle ;

A mes cousins et cousines ;

A la mémoire de ma meilleur amie Sonia, que dieu l'accueille dans son vaste paradis et lui accorde sa miséricorde ;

A ma copine de chambre : Sonia ;

A ma chère binôme Houdaet sa famille ;

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

Adidi

Sommaire

Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des tableaux en annexe.

Liste des figures en annexe.

Introduction..... 1

Partie théorique

I. Généralités sur le caroubier 3

I.1. Description botanique du caroubier 3

I.2. Terminologie commune 3

I.3. Répartition géographique..... 4

I.4. Production de la caroube..... 5

I.5. Composition chimique de la caroube..... 6

I.6. Utilisation du caroubier 6

II. Revalorisation des sous-produits de la caroube 8

II.1. La pulpe (substitut de chocolat) 8

II.2. Gomme extrait à partir des graines 8

Partie Pratique

I. Matériels végétal 11

I.1. Préparation du matériel végétal 11

II. Analyses physico-chimiques 12

II.1. Dosage des sucres totaux..... 12

II.2. Dosage des fibres 12

II.3. Dosage des cendres 12

III. Revalorisation de deux sous produits de la caroube (pulpe et graines) 13

III.1.1. Prétraitements (torréfaction, concassage et broyage) 13

III.1.2. Formulation du substitut de chocolat 13

III.2. Essai d'extraction et purification de la gomme de caroube 15

III.2.1. Préparation de l'échantillon 15

Sommaire

III.2.2. Extraction de la gomme de caroube	15
III.2.3. Purification de la gomme	17
IV. Analyse sensorielle et statistique	19

Résultats et discussion

1. Teneur en sucres totaux	28
2. Teneur en fibres totaux	28
3. Teneur en cendres	29
4. Rendement en gomme pure	30
5. Résultats de l'analyse statistique et sensorielle de l'essai de formulation de substitut de chocolat	31
5.1. Résultats de l'analyse sensorielle	31

Conclusion	44
-------------------------	----

Références bibliographiques.

Annexes.

Résumé.

Liste des abréviations

DSA : Directions des services agricoles.

E410 :épaississant

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Ha : Hectare.

LBG : Locust Bean Gum.

Qx : quintaux.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure N° 1	Carte géographique de la distribution de caroubier dans le bassin méditerranéen.	04
Figure N° 2	Structure des galactomannanes de la gomme de caroube et de la gomme tara (Sittikijyothinet al., 2005) .	09
Figure N° 3	Photographie de l'arbre du caroubier et des fruits (gousses) de caroubier.	11
Figure N° 4	Photographies de la pulpe et des graines de La caroube.	11
Figure N° 5	Diagramme de l'essai de formulation du substituant chocolat à partir de la poudre de la caroube.	15
Figure N° 6	Etapas d'extraction de la gomme.	16
Figure N° 7	Extraction et purification de la gomme de <i>Ceratoniasiliqua</i>	18
Figure N° 08	Teneur en sucres totaux des extraits du fruit (pulpe et graines) de <i>Ceratoniasiliqua</i> .	28
Figure N° 09	Teneur de la caroube (pulpe et graines) en fibres.	29
Figure N° 10	La teneur en cendres en % de MS de la caroube étudiée.	30
Figure N° 11	Appréciation générale des échantillons par les sujets naïfs.	31
Figure N° 12	Appréciation générale des jurys experts.	32
Figure N° 13	Appréciation générale du goût de la caroube par jurys experts.	33
Figure N° 14	diagramme indiquant l'appréciation générale du goût du lait par jurys experts.	33
Figure N° 15	Appréciation générale du goût amer par jurys experts.	34

Figure N° 16	Appréciation générale de la sucrosité par les jurys experts.	35
Figure N°17	Appréciation générale de la texture par les jurys experts.	35
Figure N° 18	Appréciation de l'odeur de citron par les jurys experts.	36
Figure N° 19	Appréciation de l'odeur de caroube par les jurys experts.	37
Figure N° 20	Appréciation de la couleur par les jurys experts.	37
Figure N° 21	Appréciation de l'aspect par les jurys experts.	38
Figure N° 22	Appréciation des échantillons selon le sexe.	39
Figure N° 23	Appréciation de l'échantillon H selon l'âge.	39
Figure N° 24	Appréciation de l'échantillon G selon l'âge.	40
Figure N° 25	Appréciation de l'échantillon F selon l'âge.	40
Figure N° 26	Appréciation de l'échantillon E selon l'âge.	41
Figure N° 27	Appréciation de l'échantillon D selon l'âge.	41
Figure N° 28	Appréciation de l'échantillon C selon l'âge.	42
Figure N° 29	Appréciation de l'échantillon B selon l'âge.	42
Figure N° 30	Appréciation de l'échantillon A selon l'âge.	43

Figures en annexes

Figure	Titre	N° annexe
Figure N° 01	Schéma du processus d'extraction et de purification de la gomme de lacaroube.	I
Figure N° 02	Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres.	II
Figure N° 03	Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube et le beurre.	III
Figure N° 04	Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, le beurre et le sucre.	III
Figure N° 05	Diagramme de l'essai de formulation de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre et la masse de cacao.	III
Figure N° 06	Diagramme de l'essai de formulation de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre, sucre et la masse de cacao.	III
Figure N° 07	Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre et chocolat.	III
Figure N° 08	Diagramme de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre, chocolat et la masse de cacao.	III
Figure N°09	Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, poudre de lait et le beurre.	III
Figure N° 10	Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, sucre, beurre et la poudre de citron.	III

Liste des Tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I	Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, année 2009.	05
Tableau II	composition chimique de la caroube (Biner <i>et al.</i>, 2007).	06
Tableau III	La composition finale des produits obtenus.	14

Tableaux en annexe

Tableaux	Titre	N° annexe
Tableau I	données brutes des résultats d'analyse hédonique de l'ensemble des catégories	IV
Tableau II	Données brutes des résultats d'évaluation sensorielle des experts.	IV
Tableau III	Résultats d'analyse sensorielle pour les sujets naïfs (Anova)	V
Tableau IV	Résultats d'analyse sensorielle pour les sujets experts.	V
Tableau V	Résultats d'analyse sensorielle selon le sexe	V
Tableau VI	Résultats d'analyse sensorielle selon l'âge	V

Liste des annexes

Annexe	Titre
Annexe I	processus d'extraction et de purification de la gomme de caroube.
Annexe II	Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres.
Annexe III	Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat.
Annexe IV	Résultats d'analyse sensorielle.
Annexe V	Résultats de XLSTAT-MX.
Annexe VI	Matériels utilisés.

Introduction

Introduction

Introduction :

En Algérie, le caroubier reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement et ce, malgré les retombées socio-économiques que cette plante peut avoir à l'échelle nationale et surtout régionale. Les utilisations de *Ceratonia siliqua* sont nombreuses et sa valeur fourragère peut contribuer à l'amélioration des potentialités pastorales du pays. L'intérêt économique des fruits est incontestable et explique la culture en irriguée du caroubier dans plusieurs pays méditerranéens, notamment en Espagne et en Grèce. En outre, cette essence assure la subsistance et la stabilisation de la population rurale.

Le caroubier de l'espèce *Ceratonia siliqua* est un arbre typiquement méditerranéen qui présente un intérêt très important et qui a connu un essor incroyable dans ces régions en raison du développement de l'industrie alimentaire et l'accroissement de la demande concernant ces produits à base de caroube (**Gubbuk et al., 2010**).

Toutes les composantes de l'arbre (feuillage, fleur, fruit, bois, écorce, racine) sont salutaires, et ont de la valeur à l'instar l'ornementale et paysagère. Ainsi, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers qui représente le plus grand potentiel de valorisation grâce à sa richesse en éléments nutritifs qui a suscité l'attention de plusieurs chercheurs, mais surtout pour ses graines et qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (**Biner et al., 2007**).

la pulpe de la caroube est un substitut naturel du chocolat, qui est souvent grillée et broyée pour avoir une poudre de couleur marron à arôme de chocolat (**Kumazawa et al., 2002, Bengoechea et al., 2008**), quant aux graines on extrait la gomme (E410) provenant de l'endosperme très utilisée dans la formulation de plusieurs aliments (alimentation, confiserie,..) la cosmétique et l'industrie pharmaceutique comme agent épaississant, gonflant, liant et stabilisant dans les préparations des émulsions (**Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo et al., 2007**).

Cette étude sera consacré un essai de formulation de chocolat à partir de la poudre (farine) de pulpe avec divers compositions et un essai d'extraction et de purification de la gomme à partir de l'endosperme des graines.

Introduction

Dans ce présent travail, nous aborderons en premier lieu, une synthèse bibliographique sur l'intérêt du caroubier et de ses constituants phytochimiques, son utilisation dans divers domaines, ses propriétés biologiques et écologiques seront aussi abordées d'une manière exhaustive, la deuxième partie sera usité à la partie expérimentale qui comprend les méthodes utilisées afin d'atteindre notre but. En dernier lieu, nous exposerons les résultats obtenus afin de les comparer avec d'autres travaux cités dans la bibliographie.

Partie
théorique

I. Généralités sur le caroubier :

I.1. Description botanique du caroubier :

Le caroubier est un arbre ou arbuste, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte, son bois de couleur rougeâtre est très dur, il peut vivre jusqu'à 200 ans (**Rejeb et al., 1991 ; Ait Chitt et al., 2007**). Les feuilles ont de 10 à 20 cm de longueur, persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale (**Rejeb et al., 1991 ; Batlle et al., 1997 ; Ait Chitt et al., 2007**). Il perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet. Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18m de profondeur (**Aafi, 1996; Gharnit, 2003**).

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille 6 à 16 mm de longueur, spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires, plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles elles se sont développées (**Batlle et al., 1997**).

Le fruit appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2,5 cm d'épaisseur. La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10mm et de 7 à 8 mm. Sa couleur est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité (**Rejeb, 1995 ; Batlle et al., 1997 ; Ait Chitt et al., 2007**).

I.2. Terminologie commune :

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua* est dérivé du mot grec "Keras" signifiant petite corne et le nom d'espèce "siliqua" désigne en latin une silique ou gousse, en allusion à la dureté et la forme de la gousse.

La dénomination de l'espèce *Ceratonia siliqua* dans différents pays et langues découle d'une forme générale du nom arabe *Al kharroub* ou *kharroub*, comme c'est le cas de *lalgarrobo* ou *garrofero* en espagnol (**Albanell, 1990**).

On attribue aux arabes l'utilisation des graines entières du caroubier comme unité de poids dans le commerce de substances et matériels précieux. Il apparait donc que

Partie théorique

“elkilate” en espagnol ou “carat” en français (0,2 g) vient du nom arabe (Al-karat ou qirât) donné à la graine, laquelle est caractérisée par sa relative constance de poids (Albanell, 1990).

I.3. Répartition géographique:

Le caroubier est distribué dans toute la région du bassin méditerranéen. On le rencontre actuellement dans les zones allant selon la surface cultivée ; de l'Espagne, Portugal, Grèce en passant par le Maroc, Chypre et l'Algérie (FAOSTAT 2012). En Algérie, la distribution de caroubier suivant le critère de production, se retrouve dans les wilayas suivantes : Bejaia, Blida, Tipaza, Boumerdés, Ain-Defla, Bouira, Tlemcen, Mila, Mascara, Tizi Ouzou, B.B.Arreridj (DSA de Tlemcen, 2009).

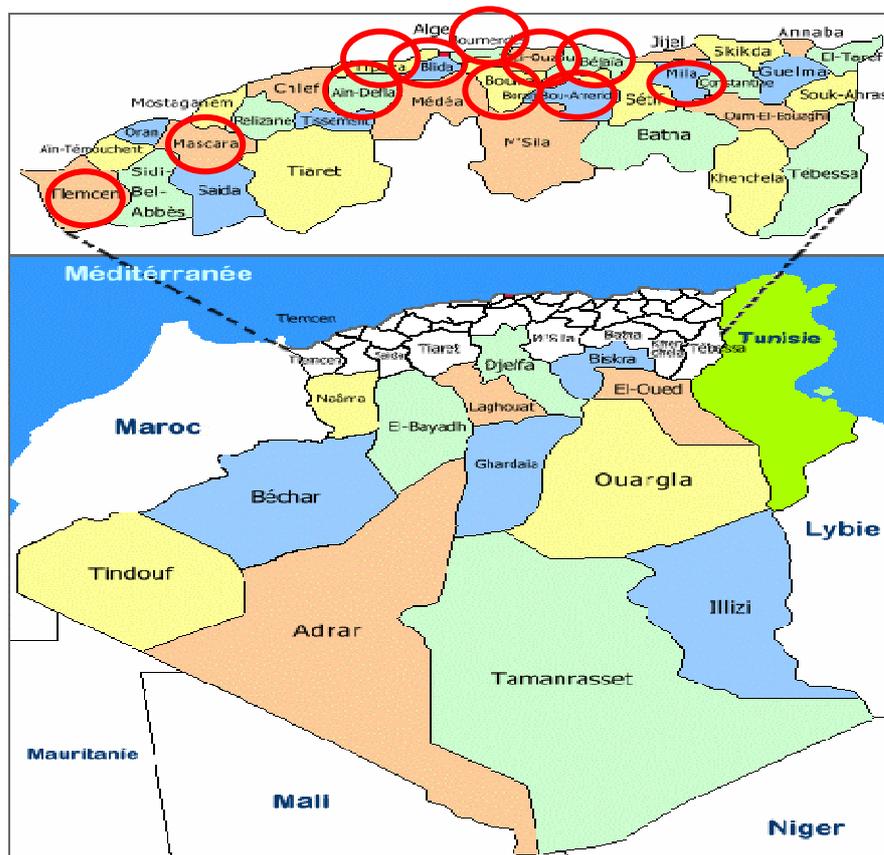


Figure 1 : Carte géographique de la distribution de caroubier dans le bassin méditerranéen (www.sara.voyages.com/images/carte_algerie.gif).

Suivant ses critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie : Les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grande Kabylie et Petite Kabylie, vallée de la Soummam (1074 ha) et de

Partie théorique

l'Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend jusqu'à Boussaâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha) (Zitouni, 2010).

I.4. Production de la caroube:

Selon les statistiques fournies par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en 2000 la surface cultivée en caroubier en Algérie était de l'ordre de 1210 ha. 12 ans plus tard, la surface s'est rétrécie à 821 ha seulement. La production, quant à elle, est passée de 3952 tonnes en 2000 à 3136 en 2012.

Malgré son vaste territoire et ses capacités, l'Algérie est à la traîne parmi les pays méditerranéens producteurs de caroube, loin derrière l'Espagne, le Maroc, l'Italie et les autres pays. Elle a connu une petite régression de production de caroube 4000 tonnes en 2011 à 3136 tonnes en 2012 qui est essentiellement due aux feux de forêt et l'abandon de cette culture à cause de la présence terroriste dans les montagnes.

Le tableau ci-dessous représente la production et le rendement du caroubier en Algérie.

Tableau I : Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, année 2009 (DSA de Tlemcen, 2009).

Wilaya	Surface cultivée (ha)	Production (qx)
Bejaia	645	18417
Tipaza	105	5600
Blida	100	8050
Boumerdes	32	1080
Bouira	22	144
Mila	10	80
Tlemcen	5	100
B.B. Arreridj	4	20
Aïn-Defla	2	300
Mascara	1	30
Tizi-Ouzou	1	20
Total	927	33841

Les wilayas ont été classées par ordre décroissant selon la surface cultivée (ha).

I.5. Composition chimique de la caroube:

Tableau II: composition chimique de la caroube (**Biner *et al.*, 2007**).

La pulpe 90%	La graine 10%
Glucides 48 à 72 %	L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30-33%
Protéines 1-2%	
Matières grasses 0.5-0.7%	
Cellulose et hémicellulose 18 %	L'endosperme (albumen) 42-46 %
Minéraux (Ca, Mg, K, P)	L'embryon (germe) 23-25%
Pectines et fibres 4.2 à 9.6%	
Cendres 1.5-2.4%	
Polyphénols 16 – 20 %	

I.6. Utilisation du caroubier :

Le caroubier se révèle actuellement l'arbre le plus performant parmi les arbres fruitiers et forestiers puisque toutes les parties de l'arbre (feuille, fleur, fruit, bois, écorce et racine) sont utiles, notamment le fruit, ils sont utilisés dans plusieurs de domaines à savoir ; pharmaceutique, cosmétique, alimentation animale, humaine et tannerie (**Aafi, 1996**).

➤ **L'arbre :**

Utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (**Rejeb *et al.*, 1991 ; Biner *et al.*, 2007**). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (**Battle *et al.*, 1997**).

➤ **Feuilles et fleurs :**

Les fleurs sont utilisées par les apiculteurs pour la production du miel de caroube (**Rejeb *et al.*, 1991 ; Gharnit, 2003**). Quant aux feuilles elles sont utiles pour l'alimentation des animaux. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles (**Priolo *et al.*, 2000**) ces derniers ont été utilisés en Turquie, dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique (**Baytop, 1984**), ils ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxiques et antimicrobiennes (**Kivçak et Mert, 2002**).

➤ Fruits (pulpes et graines) :

Quant au fruit du caroubier ou communément appelée la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Les gousses du caroubier ont été traditionnellement utilisées non seulement dans l'alimentation des ruminants (**Louca et Papas, 1973**) et des non ruminants, mais aussi dans l'alimentation humaine grâce à sa teneur élevée en sucres et en composés phénoliques (**Sahle et al., 1992**).

En effet la pulpe est employée depuis longtemps comme aliment de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (**Ait Chitt et al., 2007**). Selon **Lizardo et al., (2002)**, il semble que la farine de caroube soit un produit parfaitement adapté à l'alimentation des porcelets. Son incorporation dans les régimes s'avère très utile pour le soutien de la consommation, de la croissance et de la santé en post-sevrage.

La farine obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire (**Sbay et Abourouh, 2006**), dans la préparation de jus sucrés, d'acide citrique, du chocolat, de biscuits et comme remplaçant de cacao (**Berrougui, 2007**), les farines lactées (**Youssif et al., 2000 ; Makris et Kefalas, 2004 ; Dakia et al., 2007**) qui peut être utilisée comme ingrédient dans certains aliments, tels que les gâteaux, bonbons, crèmes glacées, boissons.

La gomme de caroube est extraite à partir de l'albumen des graines, elle est utilisée dans l'agro-alimentaire comme épaississant connu sous le code normalisé E410, la confiserie, dans la fabrication d'un condiment aromatique du Sénégal appelé nététu (**Ndir et al., 2000**). Substitut de la pectine, de la gélatine, Stabilisateur alimentaire, agent dispersant, fixateur dans différents domaines (fromage, sauce, mayonnaise, nappages, glaces, les aliments pour bébés, les produits laitiers fermentés, salades...), une source de bon marché d'hydrates de carbone actuellement explorées comme matériaux pour la production de bioéthanol, avec plusieurs avantages par rapport à d'autres cultures agricoles riches en sucre (**Vourdoubas et al., 2002 ; Turhan et al., 2010**).

Exploité également dans le secteur cosmétique (savons, crèmes, dentifrices...) (**Calixto et Canellas, 1982**), pour sa capacité à former une solution très visqueuse, à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (**Multon, 1984 ; Goycoola et al., 1995 ; Batlle et al., 1997**). Utilisé notamment dans le secteur pharmaceutique (médicaments, sirops...), dans les préparations alimentaires diététiques, pour diminuer l'apport alimentaire dans le traitement de l'obésité ; et en cas d'insuffisance rénale chronique, elle retiendra dans le tube digestif, l'urée, la créatinine,

l'acide urique, l'ammoniaque et les phosphates provoquant un abaissement important et bénéfique du taux d'urée dans le sang (**Berrougui, 2007**), Également, grâce à ses propriétés épaississantes et gonflantes, utilisée en imprimerie, photographie, matière plastique, encre et cirage, pour la croissance bactérienne et d'autres applications dans le textile (**Calixto et Canellas, 1982**). la tannerie (**Biner et al.,2007; Dakia et al., 2007**).

Quant aux autres parties de la plante à savoir le bois, il est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon. L'écorce et les racines sont employées dans le tannage grâce à leur teneur en tanins. Il est dur, de couleur rouge, est estimé dans la charbonnerie et la menuiserie (**Hariri et al., 2009**).

II. Revalorisation des sous-produits de la caroube :

On tire du fruit de la caroube deux sous-produits : la poudre (farine) de la pulpe et la gomme à partir des graines.

II.1. La pulpe (substitut de chocolat) :

Le chocolat est un produit de confiserie préparé à partir de cacao, ayant un arôme et un goût très fins. Ces propriétés sont le résultat d'un mélange judicieux et optimal des principales matières premières qui composent cet aliment (lait en poudre, cacao, beurre, sucre, additifs etc.) (**Barariu, 1995 ; Banu, 2000**).

La poudre de caroube tirée des gousses est un édulcorant naturel, qui a la saveur et l'apparence semblable du chocolat. Contrairement à son homologue le cacao, ne contient ni théobromine, ni caféine, C'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao (**Bengoechea et al., 2008**).

La caroube, broyée est traitée industriellement et vendus dans les grands magasins et les marchés locaux comme un substitut du cacao (**Youssif, 2000; Kumazawa et al., 2002; Ayaz, 2007;Bengoechea et al., 2008**).

II.2. Gomme extrait à partir des graines :

Extraction et purification de la gomme de caroube (LBG) :

La gomme de caroube est extraite à partir de l'albumen des graines de *Ceratonia siliqua* du fait de sa richesse en galactomannanes (unités de β -D-mannose et de α -D-galactose) (**Avallone et al., 1997; Biner et al.,2007**), issue de l'endosperme elle constitue le 1/3 du poids total de la graine ; 100kg de graines produisent en moyenne 20kg de gomme pure et sèche.

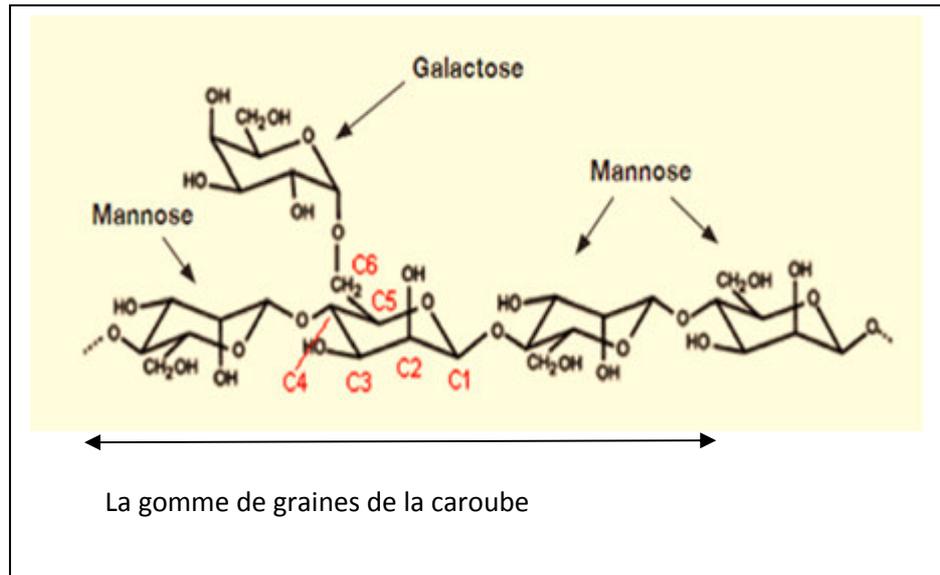


Figure 2 : Structure des galactomannanes de la gomme de caroube et de la gomme tara (Sittikijyothin *et al.*, 2005) .

Le galactomannane est un polysaccharide obtenu à partir de l'endosperme de la graine après élimination de la cuticule et du germe (Kök *et al.*, 1998). Ce polysaccharide est utilisé dans l'industrie alimentaire (additif naturel E410 dans les crèmes glacées, mayonnaises, sauces, produits de boulangerie, etc.), ou non alimentaires (industries pharmaceutiques, cosmétique, photographie, béton, explosifs, peinture, encre, cirage, textiles et du papier, produits antidiarrhéiques, etc.). Cette large utilisation est due à ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (Goycoola *et al.*, 1995; Batlle *et al.*, 1997; Garti *et al.*, 1997; Patmore *et al.*, 2003).

En plus, il est moins onéreux que les autres polysaccharides utilisés dans l'industrie alimentaire (Kök *et al.*, 1998).

Récemment, des études ont également évoqué ce sous-produit de l'industrie comme une bonne source de polyphénols (Bernardo-Gil, 2011).

Pour l'obtention de cette gomme, des techniques d'extraction et d'autres traitements sont relativement confidentielles. On sait toutefois que les procédés d'extraction classiques des gommages naturelles ne peuvent être appliqués à la caroube à cause de l'extrême dureté de ses graines (Cui, 2001 ; Azero *et al.*, 2002). Un procédé industriel général d'extraction et de purification adapté à la gomme de caroube à partir des gousses et plus spécifiquement

Partie théorique

des graines de caroube comporte plusieurs grandes étapes, un procédé d'obtention de la gomme est proposé en annexe (**voir annexe I**).

Des traitements de purification (appelés également clarification) ont ensuite lieu dans le but d'éliminer les odeurs de la farine brute, les impuretés et les enzymes endogènes (**Lopez da Silva *et al.*,1990**).

Les compositions de gommes de caroube brutes et clarifiées ont été investiguées par certains auteurs (**Andrade *et al.*,1999 ; Azero *et al.*,2002**). Il ressort de leurs résultats que la gomme de caroube est principalement composée de galactomannanes (environ 93 %, déterminés par différence gravimétrique), de protéines (environ 4-5 %), de lipides (1 %) et de minéraux (1 %). La purification permet d'éliminer la cellulose, la lignine et les lipides, ainsi que de diminuer considérablement les quantités de minéraux et de protéines (**Lopez da Silva *et al.*, 1990**).

Matériels
et
méthodes

I. Matériels végétal :

I.1. Préparation du matériel végétal :

Le fruit de *Ceratonia siliqua* provient de la région d'imazayen (PK17), située au Nord-est de la wilaya de Bejaïa commune de boulimat (wilaya de Bejaïa), la récolte a été faite en mois d'Août 2015.

Le fruit de la caroube (pulpe et graine) est concassé, broyé à l'aide d'un broyeur électrique, tamisé puis stockée hermétiquement dans des boucarts en verre à l'abri de la lumière.



A



B

Figure 3 : (A) Photographie de l'arbre du caroubier, (B) Photographie des fruits (gousses) de caroubier.



C

D

Figure 4: (C) Photographie de la pulpe de la caroube, (D) Photographie des graines de la caroube.

II. Analyses physico-chimiques :

II.1. Dosage des sucres totaux:

La teneur en sucres est déterminée selon la méthode au phénol-sulfurique décrite par **Dubois *et al.*, 1956**. Elle consiste à l'extraction des sucres par un solvant alcoolique (éthanol) suivie d'un dosage colorimétrique avec le phénol avec quelques modifications.

Mode opératoire :

Il consiste à mettre 2g de l'échantillon en contact avec 50ml de l'éthanol (80%) suivi d'une agitation pendant 2h à température ambiante. Le mélange est filtré, le filtrat récupéré est ajouter à 1ml de phénol (5%) et 5ml de H₂SO₄, le mélange est agité immédiatement ; une coloration jaune se développe, stable durant plusieurs heures.

On met les tubes au bain-marie à 25-30°C pendant 20 minutes puis à 20°C.

On lit l'absorbance à 485 nm, la teneur en sucres totaux est déterminée à partir d'une équation de la régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage réalisée avec le D-glucose et exprimée en milligramme par 100g de matière sèche.

II.2. Dosage des fibres :

La teneur en fibres du fruit (pulpe et graine) est déterminée selon le protocole décrit par de **De Pádua *et al.*, 2004** avec quelques modifications.

Mode opératoire :

Il consiste à l'hydrolyse de 2g de la poudre dans HCL (5%) pendant 30 minutes, le mélange est filtré et lavé à l'eau chaude. puis l'hydrolyse du résidu par un volume de NaOH (5%) sous reflux pendant 30 min suivi d'une filtration et lavage à l'eau jusqu'à neutralité du pH .On le lave avec l'alcool éthylique et éther éthylique. Le résidu est séché à 100°C pendant deux heures et la masse résiduelle est considérée comme des fibres.

II.3. Dosage des cendres : AOAC 972.15 (AOAC, 2006) :

Mode opératoire :

2 g de poudre (pulpe et grains) de *Ceratonia siliqua* sont pesées dans des creusets, et les placées dans un four à moufle contrôlé et préchauffé à 600°C pendant 6h30min.

Expression des résultats :

La teneur en cendres est déterminée en pourcentage (%) selon la formule suivante:

$$\% \text{cendres} = \frac{m1 - m0}{m1} * 100$$

Matériels et méthodes

m_1 : masse (g) de creuset avec cendre après incinération.

m_0 : masse (g) de creuset vide.

m_i : masse (g) initiale de poudre de caroube.

III. Revalorisation de deux sous produits de la caroube (pulpe et graines) :

III.1. Essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la caroube :

Ce travail consiste à un essai de formulation de 8 différents échantillons de substituts de chocolat à partir du fruit de *Ceratonia siliqua* (pulpe) avec divers compositions.

III.1.1. Prétraitements (torréfaction, concassage et broyage) :

La pulpe subit plusieurs prétraitements, elle est séchée, torréfiée pendant 2 h à 3 h à 60°C sous agitation continue, concassée puis broyée par un broyeur électrique et par la suite tamisée et stockée hermétiquement dans des boucarts en verre à l'abri de la lumière.

III.1.2. Formulation de substitut du chocolat :

III.1.2.1. Composition :

La préparation de substitut de chocolat est réalisée à l'échelle laboratoire (au niveau de l'université de Bejaïa laboratoire de biotechnologie alimentaire) en utilisant la poudre de caroube torréfiée, la masse de cacao obtenue au niveau de l'unité industrielle messiva de Tazmalt, beurre, lait en poudre déshydraté , chocolat noir , écorce de citron séché artisanalement et du sucre.

8 échantillons sont préparés à partir des ingrédients ci-dessous ;

Echantillons A : Caroube + poudre d'écorce de citron + sucre + beurre.

Echantillons B : Caroube + poudre de lait + beurre ;

Echantillons C : Caroube + beurre ;

Echantillons D : Caroube + la masse de cacao+ sucre +beurre ;

Echantillons E : Caroube + la masse de cacao+ beurre ;

Echantillons F : Caroube + sucre+ beurre ;

Matériels et méthodes

Echantillons G : Caroube + chocolat + la masse de cacao + beurre ;

Echantillons H : Caroube + chocolat + beurre ;

Le tableau ci-après résume la composition finale des produits obtenus.

Tableau III : Tableau résumant la composition finale des produits obtenus.

Composition (g)	caroube	Sucre	beurre	Masse de cacao	Chocolat	Poudre de lait	Poudre de citron
Substitut de chocolat							
Echantillons A	+	+	+	-	-	-	+
Echantillons B	+	-	+	-	-	+	-
Echantillons C	+	-	+	-	-	-	-
Echantillons D	+	+	+	+	-	-	-
Echantillons E	+	-	+	+	-	-	-
Echantillons F	+	+	+	-	-	-	-
Echantillons G	+	-	+	+	+	-	-
Echantillons H	+	-	+	-	+	-	-

III.1.2.2. Préparation :

Il consiste à fondre le beurre (et/ou la masse de cacao et/ou chocolat), l'incorporer avec la poudre de caroube (et/ou la poudre de lait et/ou la poudre d'écorce de citron), malaxer à une température de 32°C jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène, faire baisser la température, puis réaliser un moulage dans des moules en silicone, les soumettre par la suite à un refroidissement de 4 à 6°C et conserver à froid. Un diagramme de l'essai de formulation du substitut de chocolat de différentes compositions est proposé en **annexe III**.

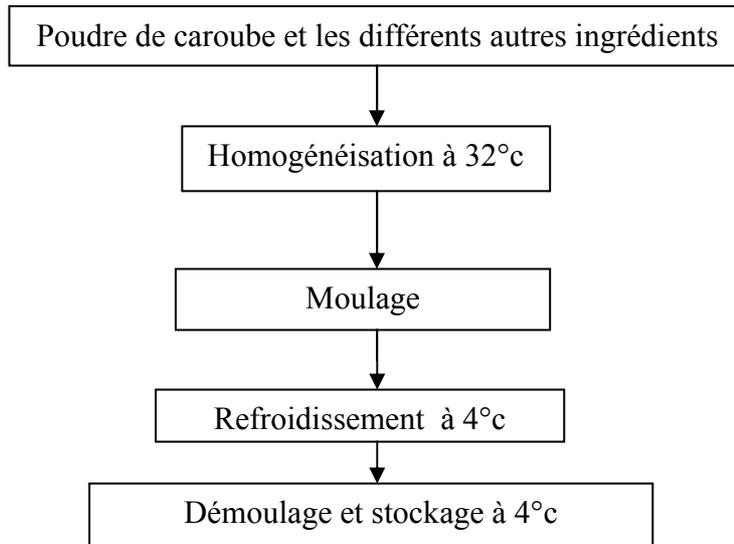


Figure 5: Diagramme de l'essai de formulation de substituant de chocolat à partir de la poudre de la caroube.

III.2. Essai d'extraction et purification de la gomme de caroube :

III.2.1. Préparation de l'échantillon :

Les fruits de caroube sont écrasés et les graines sont séparées manuellement.

III.2.2. Extraction de la gomme de caroube :

L'extraction nécessite plusieurs étapes et un travail judicieux afin d'obtenir une gomme pure.

La gomme non purifiée brute est préparée après avoir séparé la cuticule et le germe de l'endosperme de la graine de caroube. L'extraction a été réalisée selon protocole décrit par **Dakia et al. (2007)**.

- **Décorticage par voie acide :**

Pour obtenir une gomme de couleur blanchâtre de hautes qualités, un traitement acide a été appliqué pour le décorticage, qui consiste à faire macérer 100g de graines dans l'acide sulfurique dilué (60/40 ml) H_2SO_4 / H_2O pendant 60 minutes à 60°C dans un bain marie d'eau préchauffée tout en agitant périodiquement.

Matériels et méthodes

- **Lavage et trempage :**

Un lavage intensif à l'eau est réalisé suivi d'un frottement pour éliminer la cuticule carbonisée. Les graines décortiquées ont été trempées dans de l'eau distillée pendant toute une nuit pour faire gonfler l'endosperme et faciliter sa séparation manuelle du germe.

- **Séchage et broyage :**

Les endospermes ont été lavés et séchés dans un four à 105°C pendant 4-5 heures, broyés avec un broyeur pour obtenir ce qu'on appelle la gomme de caroube non purifiée (LBG brute). Les étapes d'extraction sont décrites dans les figures ci-dessous.

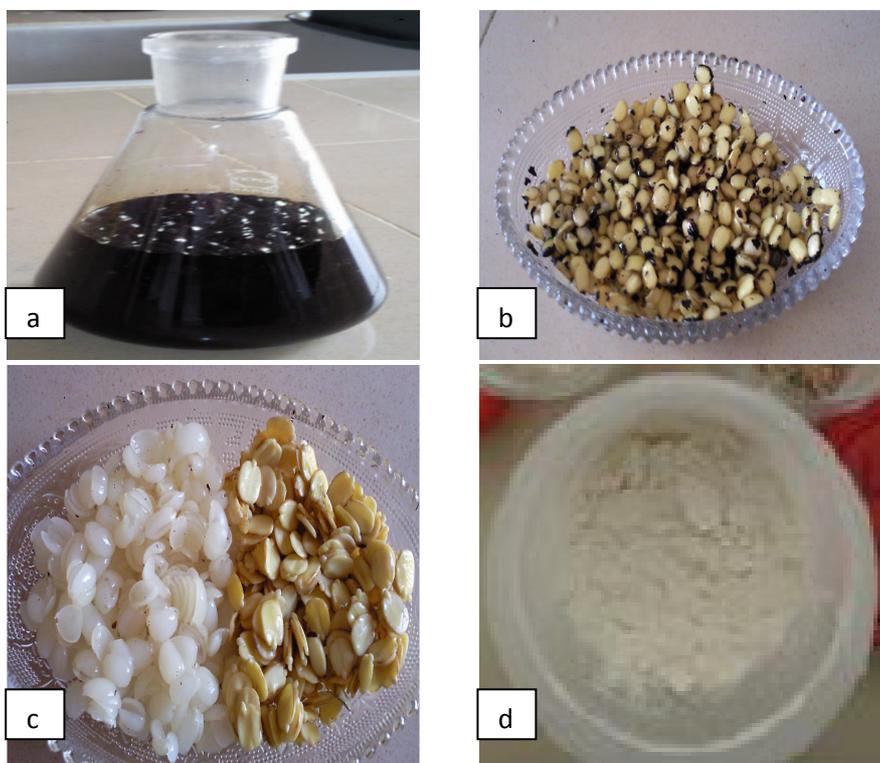


Figure 6 : Etapes d'extraction de la gomme (a: macération dans l'acide sulfurique, b: élimination des cuticules, c: séparation, d: broyage).

III.2.3. Purification de la gomme :

Afin de purifier la gomme plusieurs études ont été réalisées dans cette optique, dans ce travail nous avons essayé plusieurs protocoles et nous avons réussi à établir un, comme suit :

1g de gomme de caroube non purifiée (LBG brute) sont additionné à un volume d'eau distillé, chauffer au bain marie pendant 30 min à 80°C, laisser toute une nuit à température ambiante ;

Le mélange est centrifugé pendant 15 minutes à 4500 tours par minute ;

Le surnagent est récupéré et précipité avec 70 ml d'éthanol absolue qu'on laisse décanter.

Le résidu est récupérer, gardé toute une nuit dans l'isopropanol et séché à 40°C pendant toute une nuit. La figure ci-après indique les principales étapes de purification de la gomme de caroube.

Expression des résultats :

Un rendement (R) a été déterminé par la formule suivante :

$$R = \frac{\text{masse de la gomme purifiée}}{\text{masse initiale de la gomme brute}} * 100$$

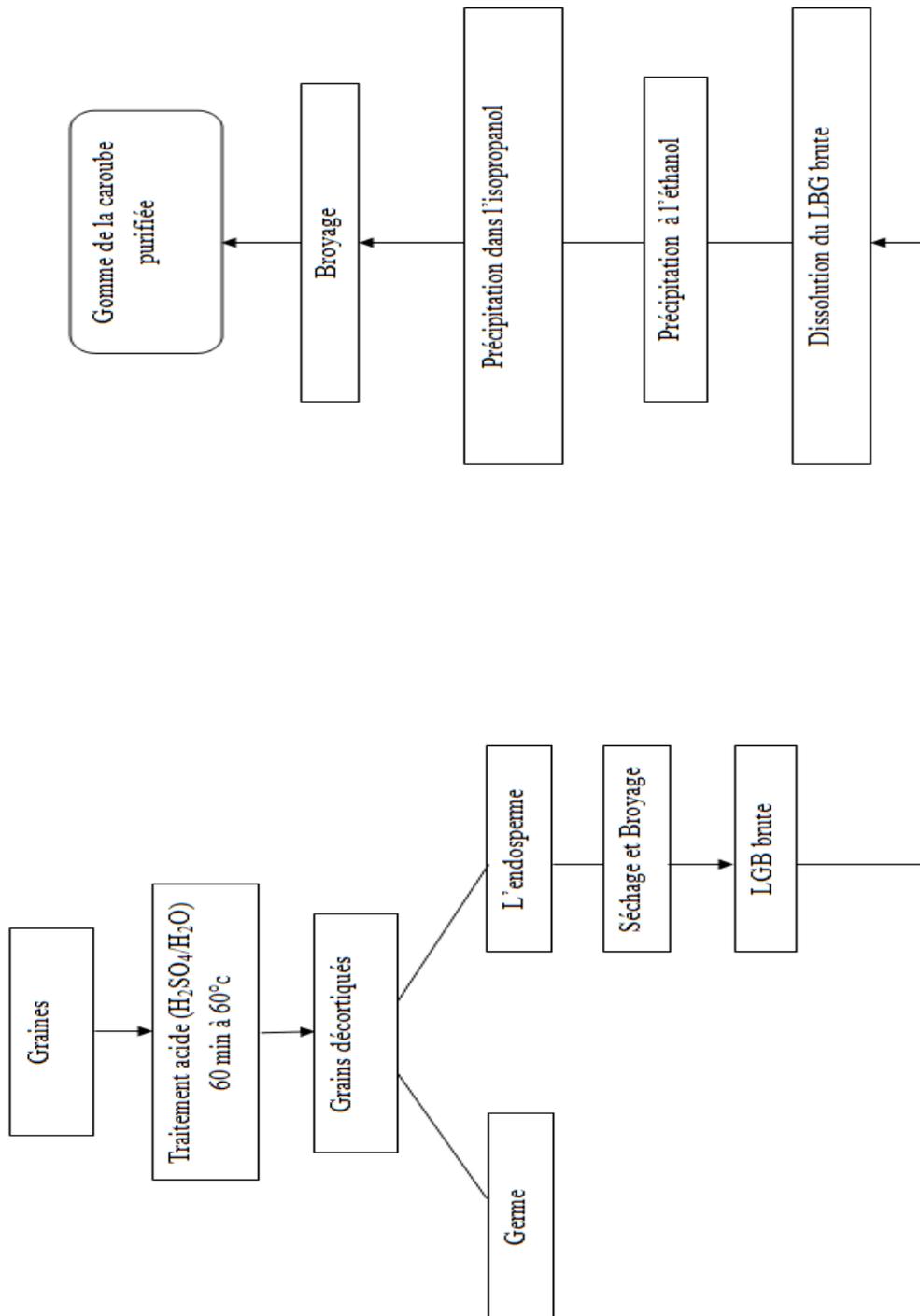


Figure 7 : Extraction et purification de la gomme de l'espèce *Ceratonia siliqua*.

IV. Analyse sensorielle et statistique :

Une analyse sensorielle est effectuée sur les échantillons des essais de formulation du chocolat à partir de la poudre de la caroube, en appliquant une analyse hédonique sur des sujets naïfs en testant leur préférence et une évaluation sensorielle par des jurys experts en testant plusieurs descripteurs des produits obtenus à l'instar la couleur , l'odeur, surcrosité , l'amertume, le goût et la texture.

A cet effet, une fiche descripteur a été préparée, proposant aux sujets naïfs de différentes catégories allant de 3 à 18 ans et de 19 à 30 ans un questionnaire pour une analyse hédonique, et un autre questionnaire pour les sujets experts pour une évaluation sensorielle et hédonique.

Les données obtenues représentent la moyenne de trois essais. Pour la comparaison des résultats, l'analyse de la variance, ANOVA (STATISTICA 5.5) est utilisée et le degré de signification de données est pris à la probabilité $P < 0,05$, test LSD de comparaison multiple complémentaire et le test bilatéral.

ANALYSE SENSORIELLE

***Evaluation sensorielle d'un substitut du chocolat : la caroube ***

Nom :

Date :

Prénom :

Sexe :

Age :

Huit échantillons de **SUBSTITUT DE CHOCOLAT** codés **A, B, C, D, E, F, G, H** vous sont présentés, Il vous est demandé de les goûter et d'évaluer les descripteurs suivantes : aspect, couleur, odeur, arôme, sucrosité, amertume, goût, texture :

A / Analyse sensorielle :

1. Aspect:

A) Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement lisse et brillant ;
- 2 ———> Faiblement lisse et brillant ;
- 3 ———> Lisse et brillant ;
- 4 ———> Fortement lisse et brillant ;
- 5 ———> Très fortement lisse et brillant.

A B C D E F G H

B/ Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'aspect :

A B C D E F G H

2. Couleur:

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement intense ;
- 2 ———> Faiblement intense ;
- 3 ———> intense ;

Matériels et méthodes

4 ———> Fortement intense ;

5 ———> Très fortement intense.

A B C D E F G H

B/Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la couleur :

A B C D E F G H

3. Odeur de caroube :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 ———> absence d'odeur;

2 ———> Faiblement odoré;

3 ———> Odeur de caroube ;

4 ———> Fortement odoré ;

5 ———> Très fortement odoré.

A B C D E F G H

B/Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'odeur de la caroube :

A B C D E F G H

4. Odeur de citron :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 ———> absence d'odeur;

2 ———> Faiblement odoré;

3 ———> Odeur de citron ;

4 ———> Fortement odoré;

5 ———> Très fortement odoré.

A B C D E F G H

B/ attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'odeur de citron :

A B C D E F G H

Matériels et méthodes

5. Texture :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement fondant et collant ;
- 2 ———> Faiblement fondant et collant ;
- 3 ———> Fondant et collant ;
- 4 ———> Fortement fondant et collant ;
- 5 ———> Très fortement fondant et collant.

A B C D E F G H

B/ Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la texture :

A B C D E F G H

6. Sucrosité :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement sucré ;
- 2 ———> Faiblement sucré ;
- 3 ———> Sucré ;
- 4 ———> Fortement sucré ;
- 5 ———> Très fortement sucré.

A B C D E F G H

B/ Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la sucrosité :

A B C D E F G H

7. Amertume :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement amer ;
- 2 ———> Faiblement amer ;
- 3 ———> Amer ;
- 4 ———> Fortement amer ;
- 5 ———> Très fortement amer.

A B C D E F G H

B/ Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'amertume :

Matériels et méthodes

A B C D E F G H

8. Goût de lait :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 ———> Absence de goût;

2 ———> Faible goût ;

3 ———> Goût de lait ;

4 ———> Fort goût;

5 ———> Très fort goût.

A B C D E F G H

B/ Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport au goût du lait :

A B C D E F G H

9. Goût de la caroube:

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 ———> Absence Goût;

2 ———> Faible Goût;

3 ———> Goût de la caroube ;

4 ———> Fort Goût;

5 ———> Très fort Goût.

A B C D E F G H

B/ Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport au goût de la caroube:

A B C D E F G H

Matériels et méthodes

B. Analyse hédonique :

1. Préférence générale :

❖ Donnez une note de préférence de 1 à 9 pour chaque échantillon :

A B C D E F G H

2. Paramètre ayant motivé la préférence générale :

❖ Quel sont les caractères organoleptique qui ont motivé votre préférence :

Aspect	<input type="text"/>	Couleur	<input type="text"/>	Odeur de la caroube	<input type="text"/>
Odeur de citron	<input type="text"/>	Texture	<input type="text"/>	sucrosité	<input type="text"/>
Amertume	<input type="text"/>	Goût de lait	<input type="text"/>	Goût de la caroube	<input type="text"/>

❖ Exprimez votre avis en mettant une croix sur le ou les descripteurs que vous avez choisis :

Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H
Descripteur								
Aspect								
Couleur								
Odeur de la caroube								
Odeur de citron								
Texture								
Sucrosité								
Amertume								
Goût de lait								
Goût de la caroube								

*** Merci pour votre coopération***

Matériels et méthodes

Questionnaire analyse hédonique pour la catégorie d'âge entre 19 ans et 30 ans.

* Analyse hédonique *

Questionnaire :

Sexe :

Date :

Age :

Huit échantillons de **SUBSTITUT DE CHOCOLAT** codés **A, B, C, D, E, F, G, H** vous sont présentés, Il vous est demandé de les goûter successivement et de choisir lequel vous préférez selon les descripteurs suivantes :

(Cochez la ou les cases correspondantes)

Echantillons	A	B	C	D	E	F	G	H
Descripteur								
Aspect								
Couleur								
Odeur de la caroube								
Odeur de citron								
Texture								
Sucrosité								
Amertume								
Goût de lait								
Goût de la caroube								

❖ Donnez une note de préférence de 1 à 9 pour chaque échantillon par rapport à l'ensemble des caractères organoleptiques :

A B C D E F G H

❖ Êtes-vous des consommateurs amateurs du chocolat ?

Oui Non

❖ Avez-vous déjà consommé du chocolat à base de caroube ?

Oui Non

N.B : Veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon.

*** Merci pour votre coopération***

Matériels et méthodes

Questionnaire analyse hédonique pour la catégorie d'âge entre 3 ans et 18 ans.

* Analyse hédonique *

تقييم حاسة الذوق

Questionnaire : استبيان

Sexe : Féminin أنثى

Date : التاريخ

الجنس Masculin ذكر

Age : السن

Huit échantillons de **SUBSTITUT DE CHOCOLAT** codés **A, B, C, D, E, F, G, H** vous sont présentés, Il vous est demandé de les goûter successivement et de choisir lequel vous préférez selon les descripteurs suivantes :

ثمانية عينات من الشكولاتة المرموز إليها بـ : A, B, C, D, E, F, G, H, يتطلب منكم تذوقها على التوالي و اختيار العينة إليكم المفضلة لديكم حسب المواصفات التالية:

Echantillons العينة	A	B	C	D	E	F	G	H
Descripteur المواصفة								
Aspect الشكل								
Couleur اللون								
Odeur de caroube رائحة الخروب								
arôme de citron عطر الليمون								
Sucrosité الحلاوة								
Amertume المرارة								
Goût de la caroube ذوق الخروب								
Texture النسيجية								

❖ Donnez une note de préférence de 1 à 9 pour chaque échantillon par rapport à l'ensemble des caractères organoleptiques :

ضع علامة من 1 إلى 9 لتفضيلك العام لكل عينة وذلك بمقارنتك لكل المواصفات السابقة :

A B C D E F G H

❖ Etes-vous des consommateurs amateurs du chocolat ? هل انتم من المستهلكين الهواة للشكولاتة

Oui نعم Non لا

Matériels et méthodes

❖ Avez-vous déjà consommé du chocolat à base de caroube ?

هل سبق لكم أن استهلكتم الشكولاتة المصنوعة من

الخروب

Oui

Non

N.B : veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon.

: يرجى مضمضة الفم عند تنووق كل عينة
هام

Merci pour votre coopération

شكرا على دعمكم

Résultats
et
discussion

Résultats et discussion

Résultats et discussion :

1. Teneur en sucres totaux :

Les résultats du dosage des sucres totaux sont représentés dans la figure suivante :

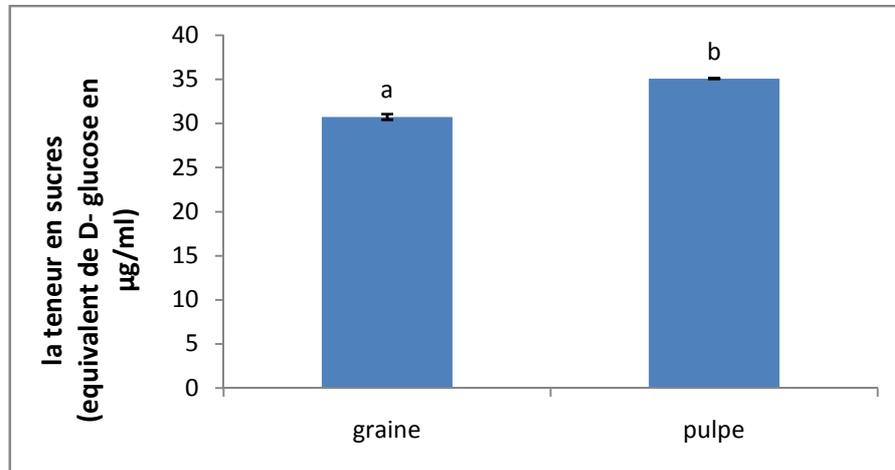


Figure 8: Teneur en sucres totaux des extraits du fruit (pulpe et graines) de

Ceratonia siliqua.

Chaque valeur représente la moyenne \pm l'écart type (n=3).

Les résultats illustrés dans la figure ci-dessus, indiquent la richesse de la pulpe de *Ceratonia siliqua* en sucres totaux 35,096 mg/100g de MS par rapport à la graine avec 30,74 mg/100g de MS. L'analyse statistique indique que les teneurs en sucres totaux des graines et la pulpe de *Ceratonia siliqua* diffèrent significativement à un seuil ($p < 0,05$). Ces teneurs sont inférieures à celles trouvées par **Biner et al., 2005** qui sont de l'ordre de 53,1 g/100g pour la pulpe. Des études effectuées par **Avallone et al., 1997** confirment la présence de proportions élevées en sucres dans la pulpe par rapport à la graine.

2. Teneur en fibres totaux :

Les fibres de caroube est un des fibres ayant la plus forte teneur en polyphénols (**papagiannopoulos, 2004**).

L'apport en fibres provient majoritairement des végétaux qui constituent notre alimentation: fruits, légumes, diverses graines et céréales (**Bruneton, 1999**).

La détermination de la teneur en fibres alimentaires de caroube (pulpe et graines) étudié est représentée sur le diagramme ci-après en grammes :

Résultats et discussion

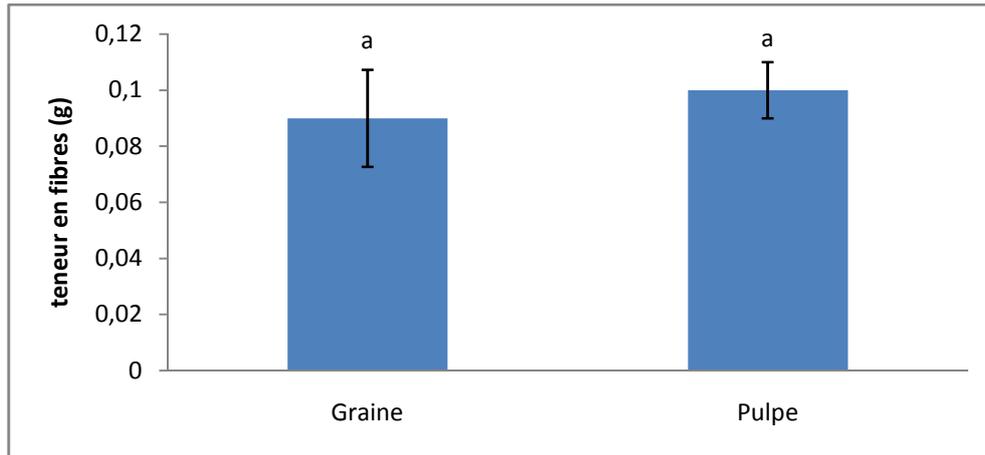


Figure 9: Teneur de la caroube(pulpe et graines) en fibres.

Chaque valeur représente la moyenne \pm l'écart type (n =3).

Les résultats obtenus montrent des taux assez équivalents pour la pulpe avec 10g et les graines avec 9g. L'analyse statistique indique qu'il n'y a aucune différence significative au seuil ($P < 0,05$) entre les graines et la pulpe.

Ces résultats obtenus sont similaires avec ceux acquis par **Yousif et Alghzawi, 2000** 10,99 g et de ceux de **Shawakfeh et Ereifej, 2005** 7,6- 10,8g. Par ailleurs, ces derniers sont beaucoup plus importants par rapport à celles obtenus par **Albanell et al., 1991** qui ont effectué des travaux sur la caroube d'Espagne 8,01 g.

3. Teneur en cendres :

La détermination de la teneur en matière minérale nous éclaire sur la qualité nutritionnelle de l'échantillon à analyser. La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus.

Résultats et discussion

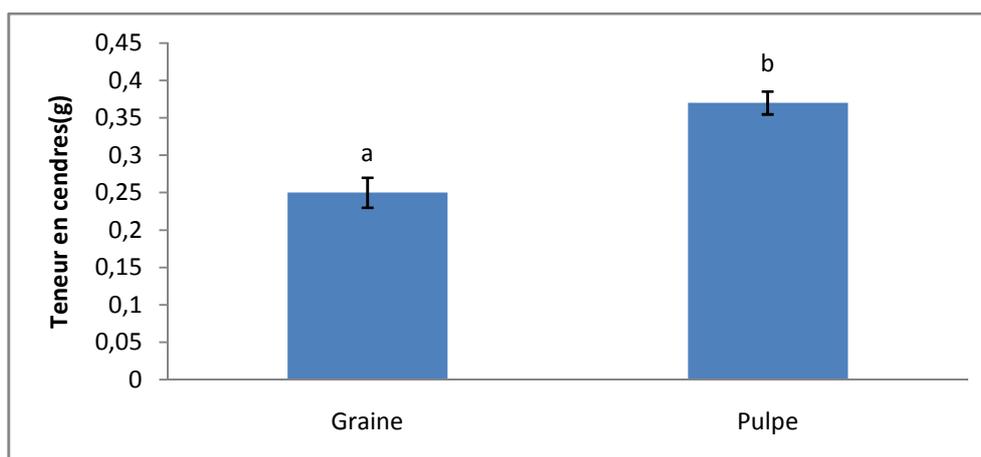


Figure 10: La teneur en cendres en gramme de la caroube étudiée.

Chaque valeur représente la moyenne \pm l'écart type (n=3).

On remarque que la teneur en cendres de la pulpe est plus importante 37g par rapport à celles des graines 25g. L'analyse statistique indique qu'il existe une différence significative entre les teneurs en cendres des graines et la pulpe de *Ceratonia siliqua* à un seuil ($P < 0,05$).

Cela peut s'expliquer selon **Bezzala, 2005** par la provenance géographique des échantillons, notamment les conditions climatiques et les caractères édaphiques des sols. De plus, la proportion inégale au niveau de la pulpe et de la graine dépend de l'activité biologique des deux parties de la plante (**Linden et Lorient, 1994**).

Plusieurs auteurs ont démontrés que les teneurs en cendres présentes dans la poudre de caroube variait entre 2% et 6% selon le type de caroube (**Yousif et Alghzawi et al., 2000 ; Iipumbu et al., 2008; Yousef et al., 2009**).

4. Rendement en gomme pure:

La gomme de caroube (LBG), également appelé E410 est obtenue à partir de l'endosperme des graines contenant les galactomannanes (**couplan, 2009**).

Le résultat obtenu après purification de la gomme de *Ceratonia siliqua* est de 0,58g à partir de 25g et qui représente un rendement de 2,31%.

La gomme de caroube issue de l'endosperme constitue le 1/3 du poids total de la graine (**Lopez da Silva et al., 1990**). Cent kilogrammes de graines de caroube produisent en moyenne 20 kilogrammes de gomme sèche pure (**Lopez da Silva et al., 1990**).

Résultats et discussion

En effet, ce rendement en gomme dépend de la méthode utilisée pour l'extraction et la purification, de l'origine et des conditions de culture du caroubier (Bargallo *et al.*, 1997; Lazaridou *et al.*, 2000).

5. Résultats de l'analyse statistique et sensorielle de l'essai de formulation de substitut de chocolat :

L'un de notre but dans cette étude, était de pouvoir réaliser un essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de pulpe de caroube, avec différentes compositions et de réaliser par la suite, une évaluation sensorielle avec des jurys entraînés et une analyse hédonique avec des personnes naïfs et de tester leur préférence par rapport aux divers préparations à base de la poudre de caroube avec différentes catégories d'âge, et tester plusieurs descripteurs tels la couleur, le goût, la texture et l'aspect, à cet effet une analyse statistique était effectuée avec une analyse de la variance, ANOVA (XLSTAT-MX), test LSD de comparaison multiple complémentaire et le test bilatéral.

5.1. Résultats de l'analyse sensorielle :

- **Résultats de l'analyse sensorielle pour les sujets naïfs (analyse de l'ANOVA et LSD):**

Afin de représenter les données de l'analyse sensorielle obtenus à partir des sujets naïfs une analyse de la variance été appliquée sont représentés comme suit :

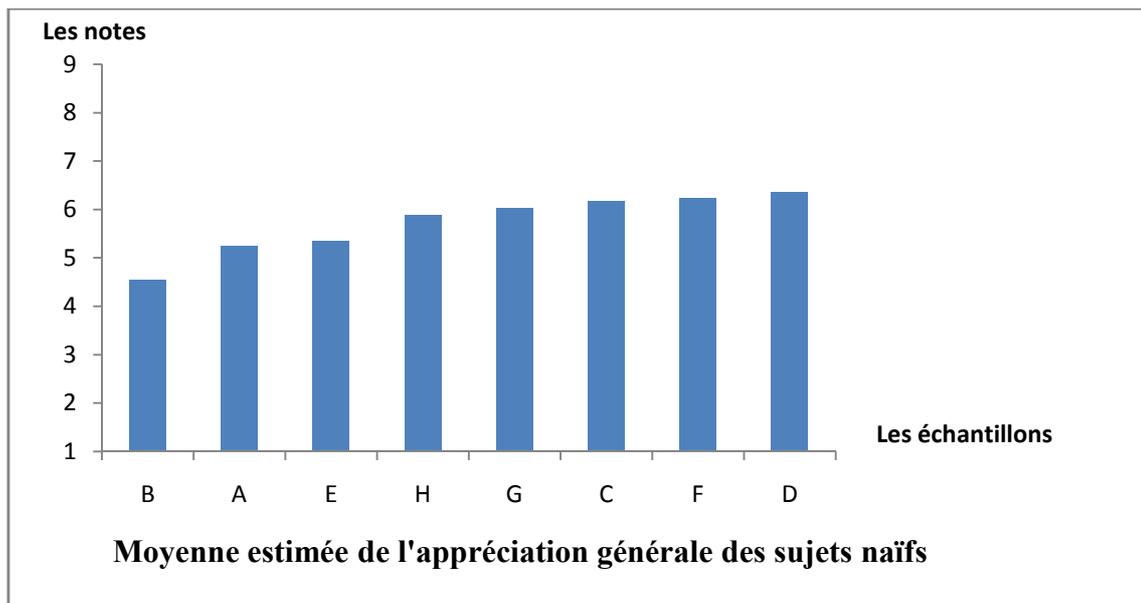


Figure11 : Appréciation générale des échantillons par les sujets naïfs.

Résultats et discussion

Les résultats montrent que l'échantillon B est le plus déprécié, par contre les échantillons (G, C, F et D) forment un groupe homogène le plus apprécié des autres échantillons.

L'analyse par l'Anova révèle des différences significatives entre les échantillons analysés ($P > 0,95$).

➤ **Résultats de l'analyse sensorielle pour les sujets experts (analyse de l'Anova et LSD) :**

• **Préférence générale:**

Le résultat de l'appréciation générale est représenté dans le diagramme ci-dessous :

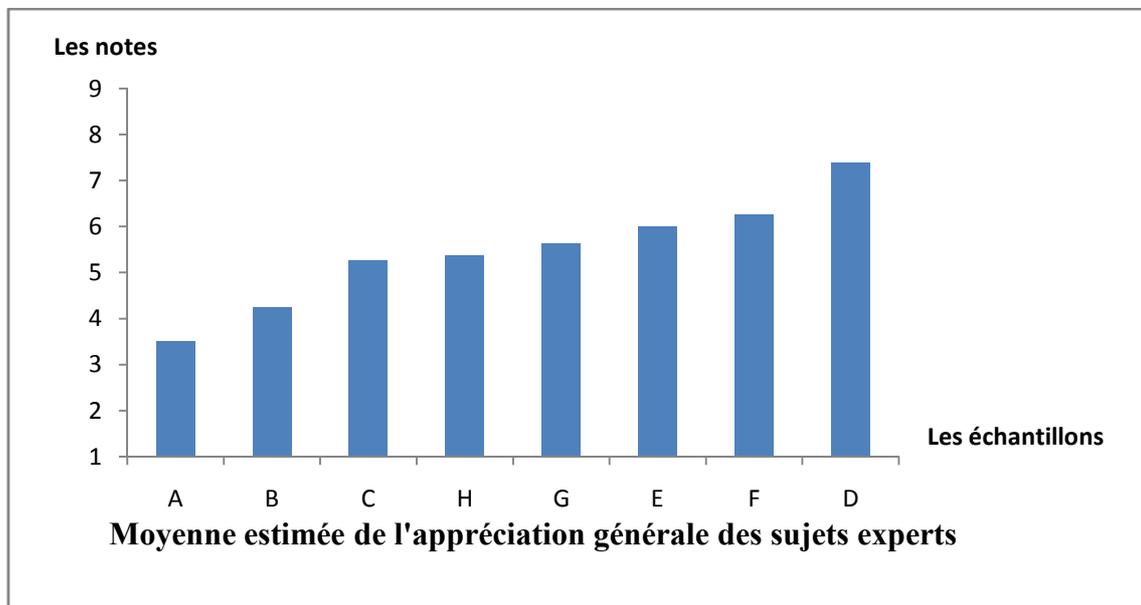


Figure12 : Appréciation générale des jurys experts.

L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys experts pour les échantillons testés ($P > 0,95$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon D est le mieux noté, tandis que le A reçu les notes les plus faibles statiquement.

• **Goût de la caroube :**

Le résultat de l'appréciation générale du goût de la caroube est représenté dans le diagramme ci-dessous :

Résultats et discussion

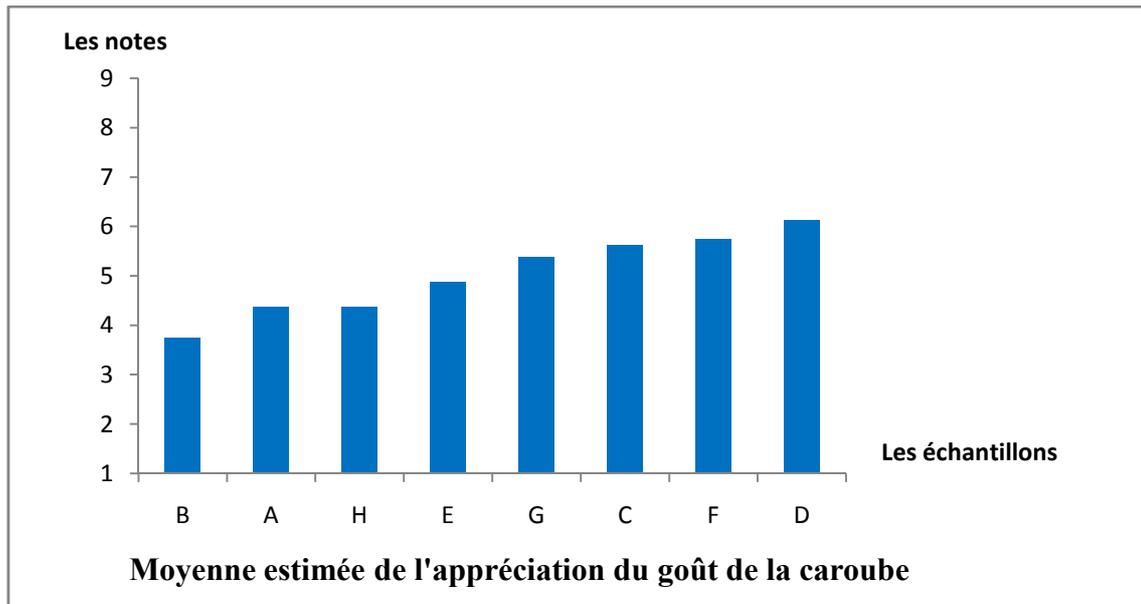


Figure 13 : Appréciation générale du goût de la caroube par jurys experts.

Les résultats indiquent qu'ils sont représentés dans le même groupe (A), l'Anova n'a décelé aucune différence significative entre l'appréciation des différents experts ($P > 0,95$).

- **Goût de lait :**

Le résultat de l'appréciation générale du goût du lait est représenté dans le diagramme ci-dessous:

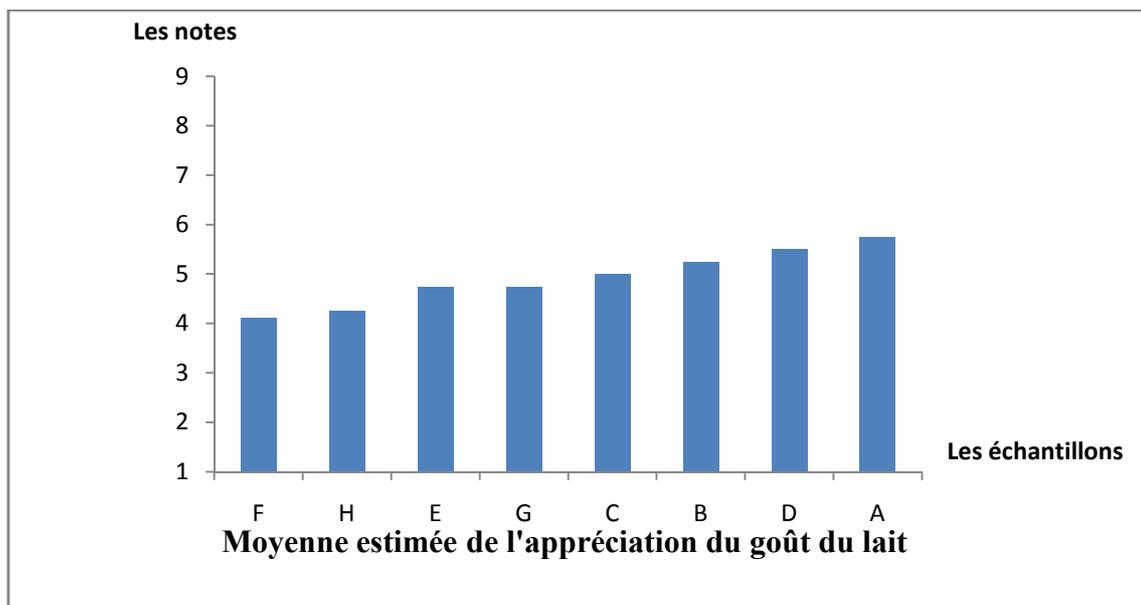


Figure 14 : Appréciation générale du goût du lait par les jurys experts.

Résultats et discussion

On remarque que l'Anova n'a décelée aucune différences significative entre l'appréciation des différents experts ($P>0,95$).

- **Amertume :**

Les résultats de l'appréciation du goût amer schématisés dans la figure ci-après :

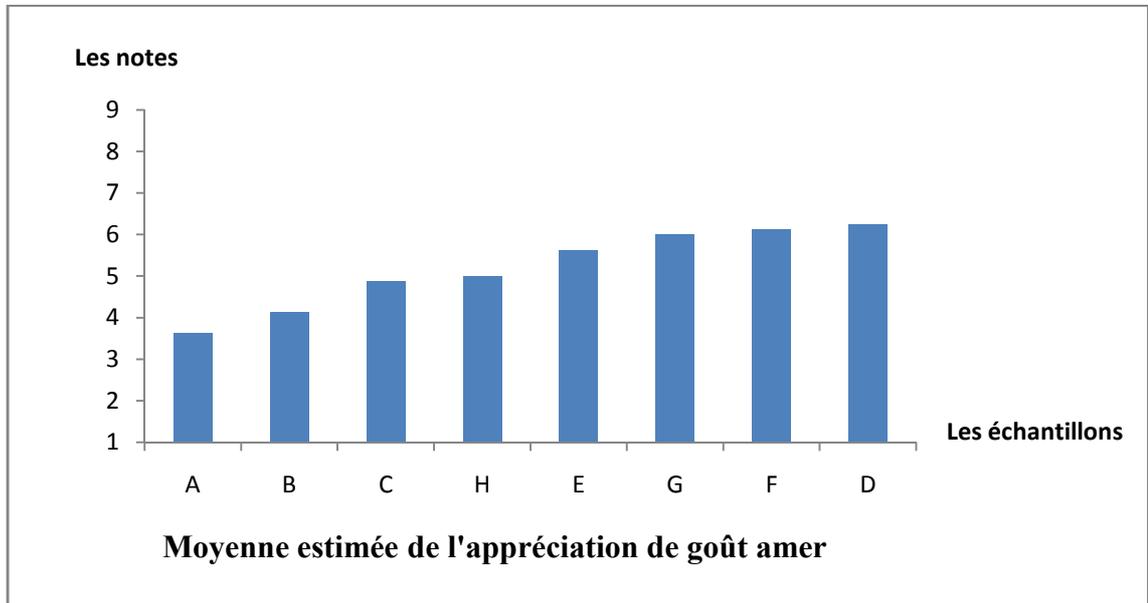


Figure 15 : Appréciation générale du goût amer par jurys experts.

L'Anova n'a décelée aucune différences significative entre l'appréciation des différents experts ($P>0,95$).

- **Sucrosité :**

Les résultats de l'appréciation de la sucrosité sont schématisés dans la figure ci-après :

Résultats et discussion

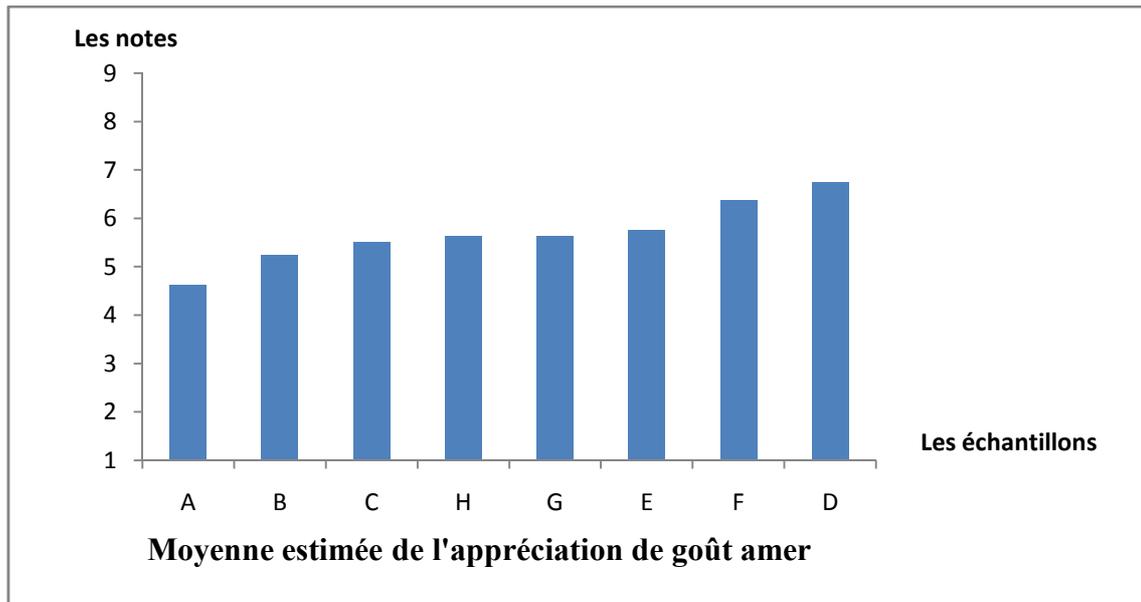


Figure 16 : Appréciation générale de la sucrosité par les jurys experts.

L'Anova révèle des différences d'appréciation des experts de la sucrosité des échantillons ($P > 0,95$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon D est le mieux noté, tandis que le groupe A a reçu les notes les plus faibles statistiquement.

- **Texture :**

Les résultats de l'appréciation de la texture sont schématisés dans la figure ci-après :

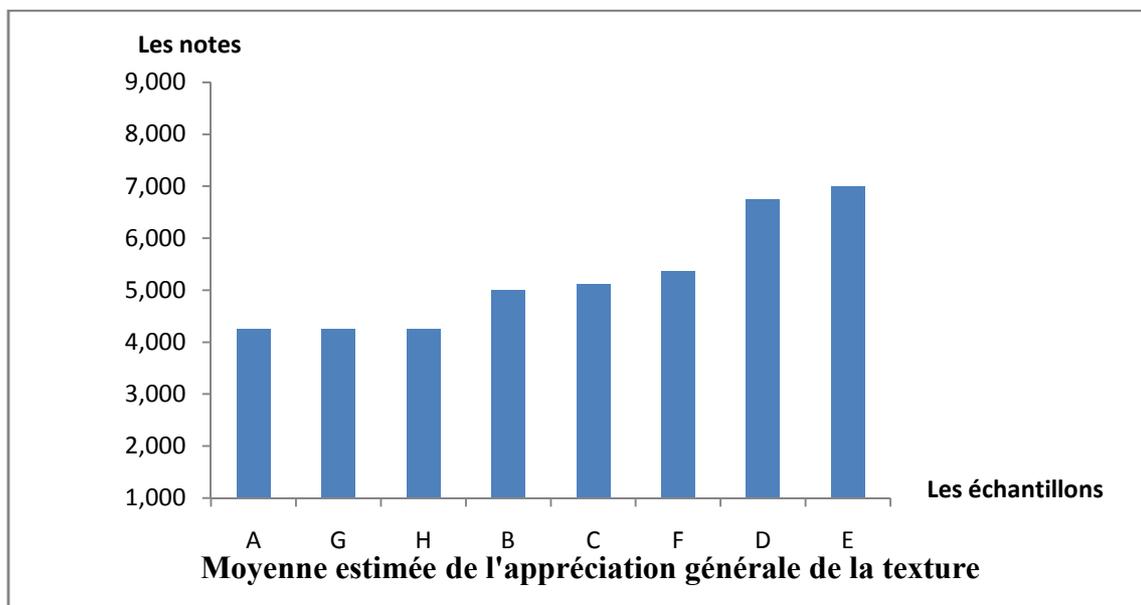


Figure 17: Appréciation générale de la texture par les jurys experts.

Résultats et discussion

L'Anova révèle des différences d'appréciation des experts de la texture des échantillons ($P > 0,95$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon E est le mieux noté, alors que le groupe (A, G, H) a reçu les notes les plus faibles statistiquement.

- **Odeur de citron :**

Les résultats de l'appréciation de l'odeur de citron schématisés dans la figure dessous:

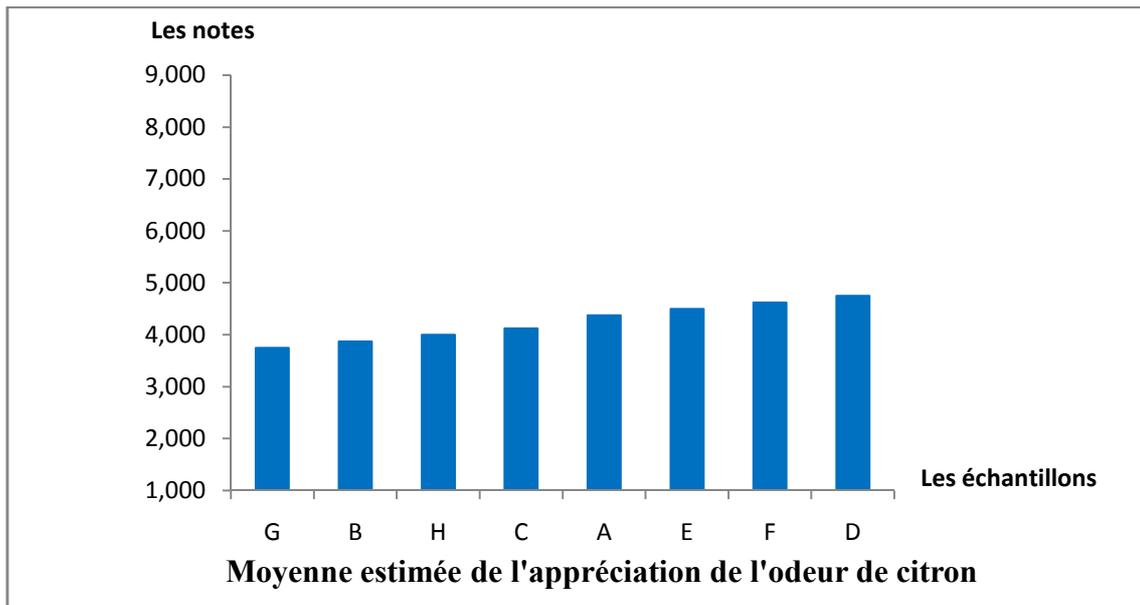


Figure 18 : Appréciation de l'odeur de citron par les jurys experts.

L'Anova n'a décelé aucune différence significative entre l'appréciation des différents experts ($P > 0,95$).

- **Odeur de la caroube :**

Les résultats de l'appréciation de l'odeur de caroube sont représentés dans la figure ci-dessous :

Résultats et discussion

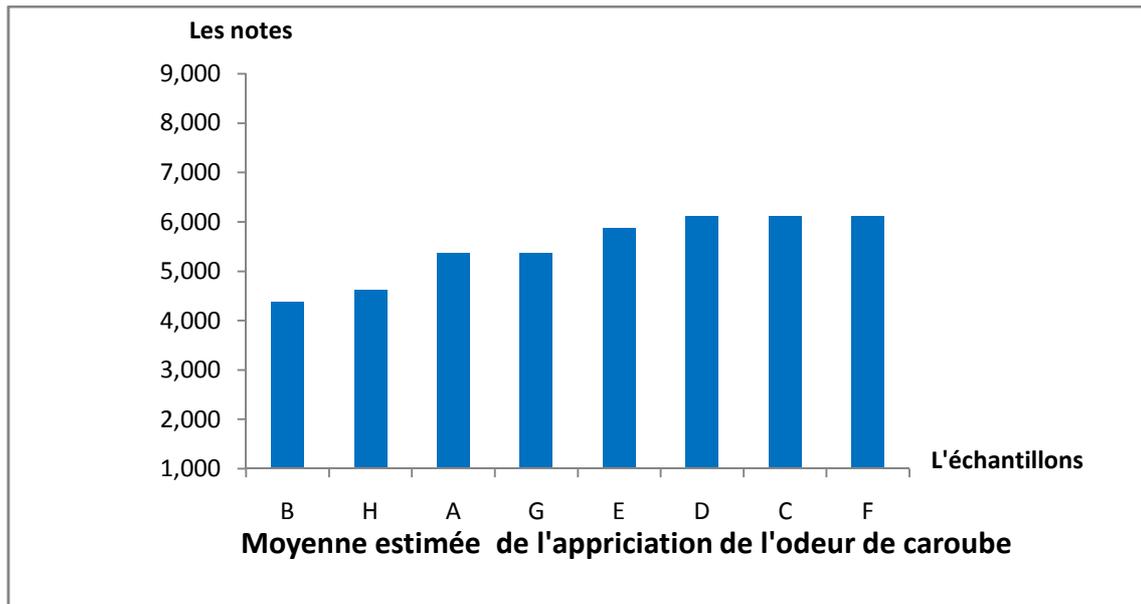


Figure 19 : Appréciation de l'odeur de caroube par les jurys experts.

L'Anova n'a décelée aucune différences significative entre l'appréciation des différents experts ($P > 0,95$).

- **La couleur :**

Les résultats de l'appréciation de la couleur sont représentés dans la figure ci-dessous:

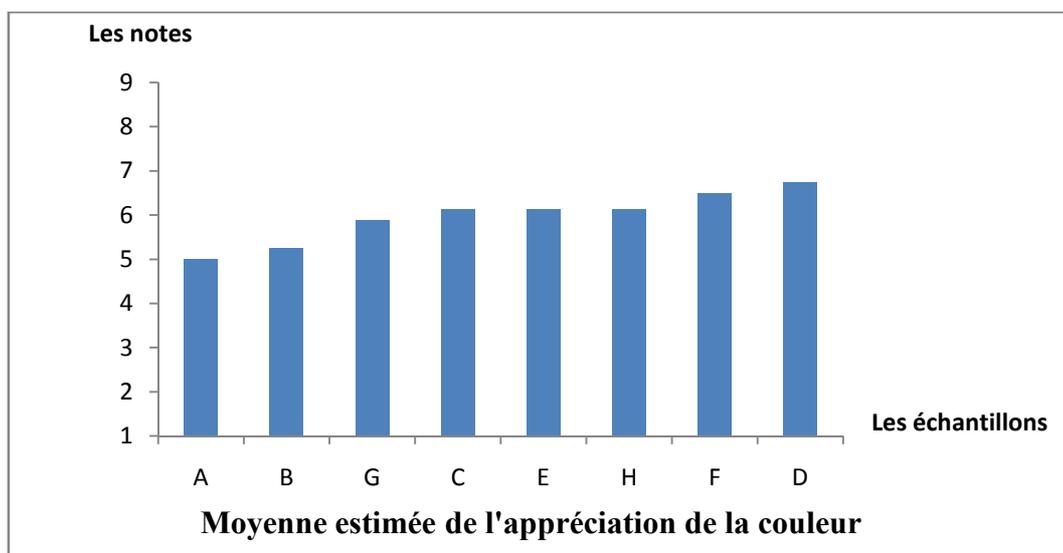


Figure 20 : Appréciation de la couleur par les jurys experts.

L'Anova n'a décelée aucune différence significative entre l'appréciation des différents

Résultats et discussion

experts ($P > 0,95$).

- **Aspect :**

Les résultats de l'appréciation de sont représentés dans la figure ci-dessous :

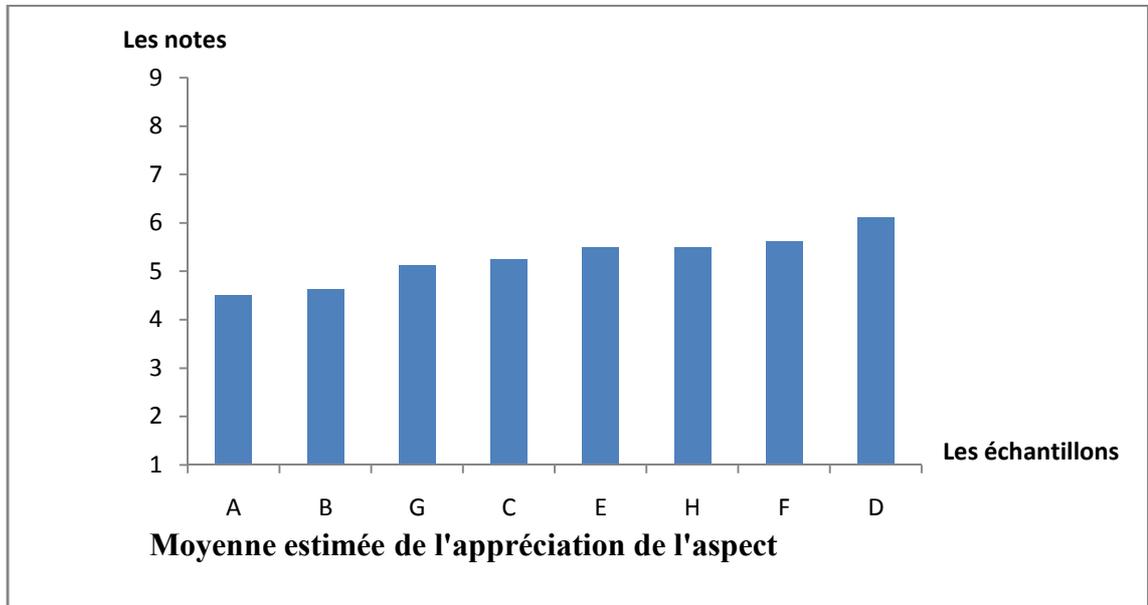


Figure 21 : Appréciation de l'aspect par les jurys experts

L'Anova n'a décelée aucune différences significative entre l'appréciation des différents experts ($P > 0,95$).

- **Application du test Student pour comparer entre les différents échantillons (selon le sexe et l'âge) :**

- **Sexe :**

Les résultats de l'appréciation de sont représentés dans la figure ci-après:

Résultats et discussion

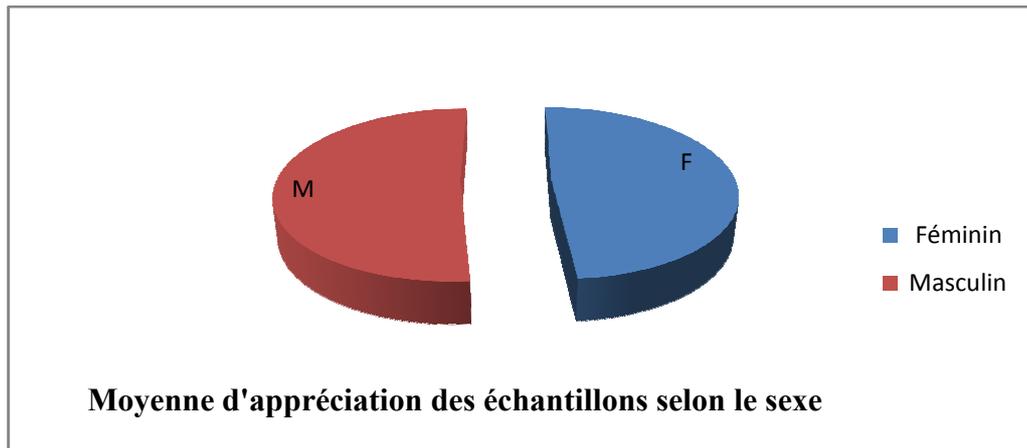


Figure 22: Appréciation des échantillons selon le sexe.

Il n'y a pas de différences significatives entre l'appréciation des hommes et des femmes ($P > 0,95$), c'est la même conclusion pour l'ensemble des échantillons (A à H).

➤ **L'âge :**

- L'échantillon H : les résultats de l'appréciation générale sont donnés comme suit

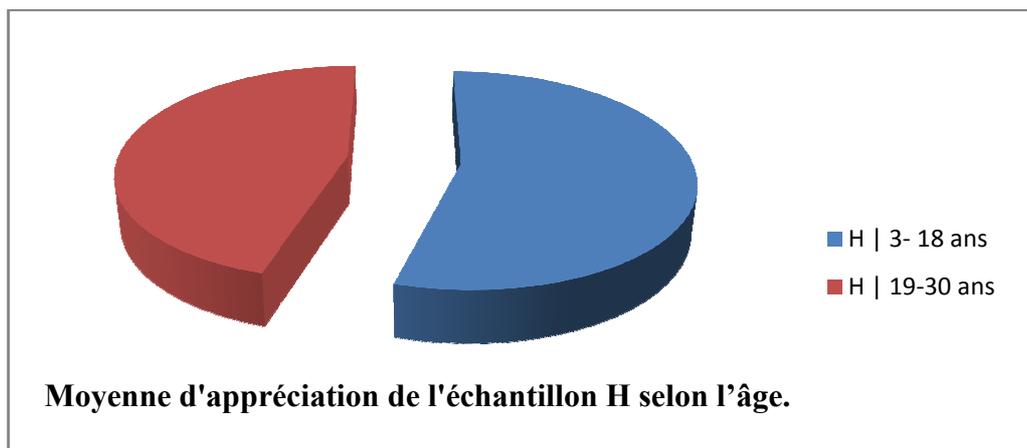


Figure 23: Appréciation de l'échantillon H selon l'âge.

On remarque que l'échantillon H est le plus apprécié par la catégorie 3-18 ans avec une moyenne de 6,420 et de 5,340 pour la catégorie 19-30 ans.

L'appréciation des deux classes d'âge est statistiquement différente ($P > 0,95$).

Résultats et discussion

- L'échantillon G :

Les résultats de l'appréciation générale sont donnés comme suit :

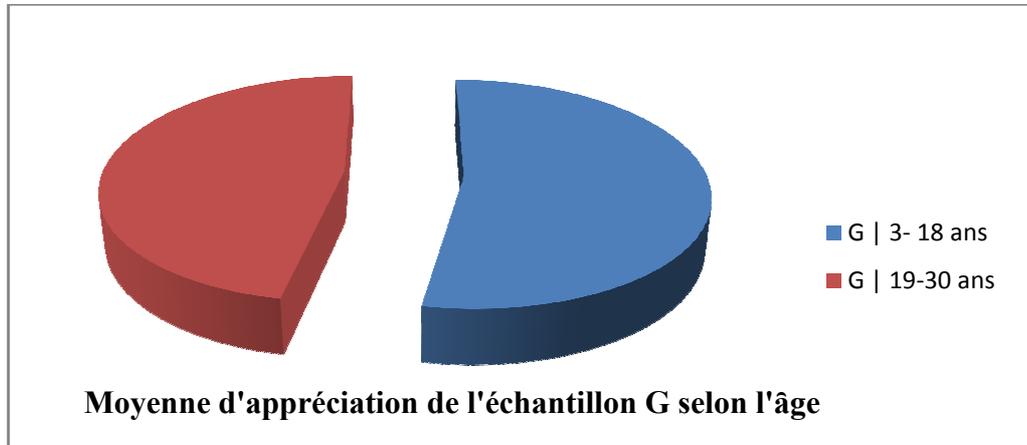


Figure 24: Appréciation de l'échantillon G selon l'âge.

On remarque d'après les résultats que la classe des (3-18 ans) apprécie mieux l'échantillon avec une moyenne de 6,400 et de 5,680 pour la catégorie 19-30 ans.

L'appréciation des deux classes d'âge est statistiquement différente ($P > 0,95$)

- L'échantillon F :

Les résultats de l'appréciation générale sont donnés comme suit :

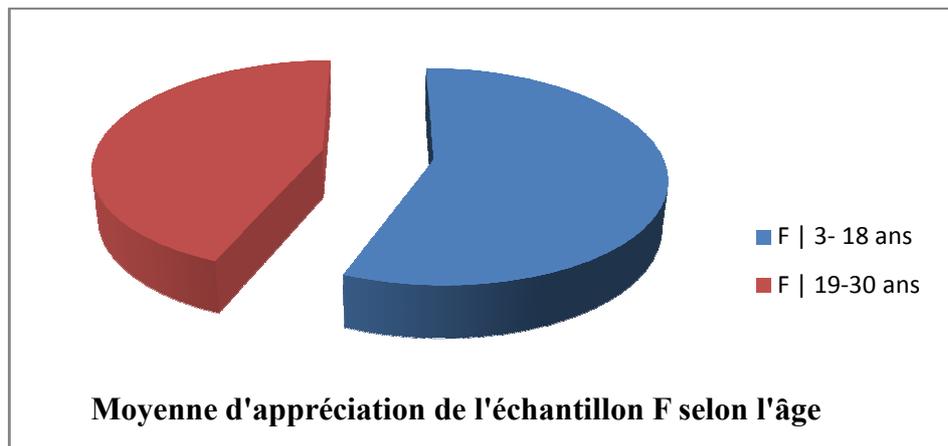


Figure 25 : Appréciation de l'échantillon F selon l'âge.

La classe d'âge (3-18 ans) apprécie mieux cet échantillon avec une moyenne de 7,000 par rapport à la tranche d'âge (19-30 ans) avec une moyenne de 5,480.

L'appréciation des deux classes d'âge est statistiquement différente ($P > 0,95$).

Résultats et discussion

- L'échantillon E :

Les résultats de l'appréciation générale sont donnés comme suit :

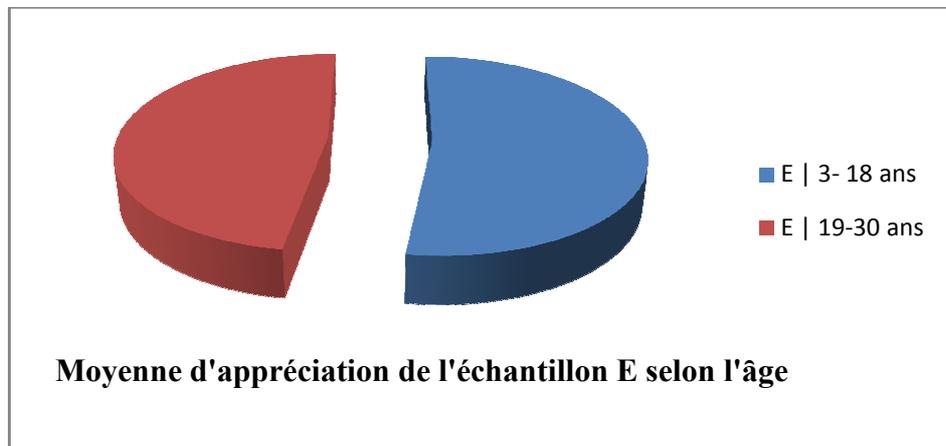


Figure 26: Appréciation de l'échantillon E selon l'âge.

Le résultat indique que l'échantillon est le plus apprécié par la catégorie 3-18 ans avec une moyenne de 5,600 par rapport à la classe 19-30 ans avec une moyenne de 5,100.

L'appréciation des deux catégories d'âge est équivalente ($P > 0,95$)

- L'échantillon D :

Les résultats de l'appréciation générale donnés comme suit :

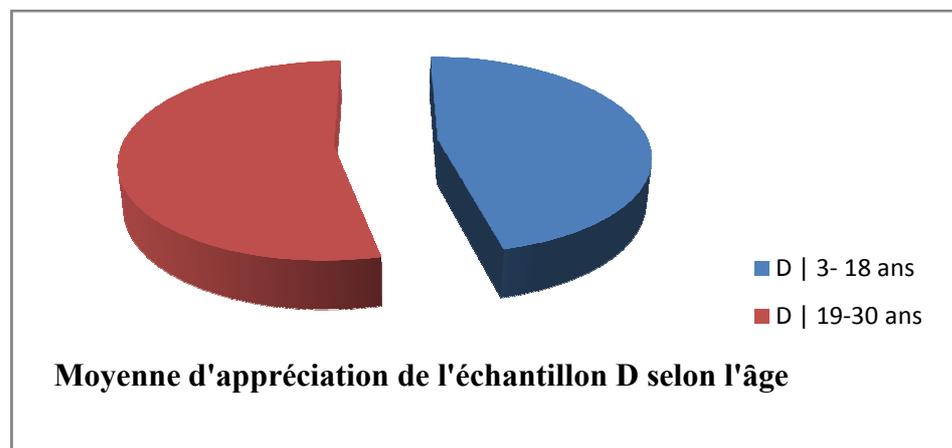


Figure 27 : Appréciation de l'échantillon D selon l'âge.

Les résultats indiquent que l'échantillon D est beaucoup plus apprécié par la classe 19-30 ans avec une moyenne de 5,900 par rapport à la catégorie 3-18 ans avec une moyenne de 6,840.

L'appréciation des deux classes d'âge est statistiquement différente ($P > 0,95$).

Résultats et discussion

- L'échantillon C :

Les résultats de l'appréciation générale donnés comme suit :

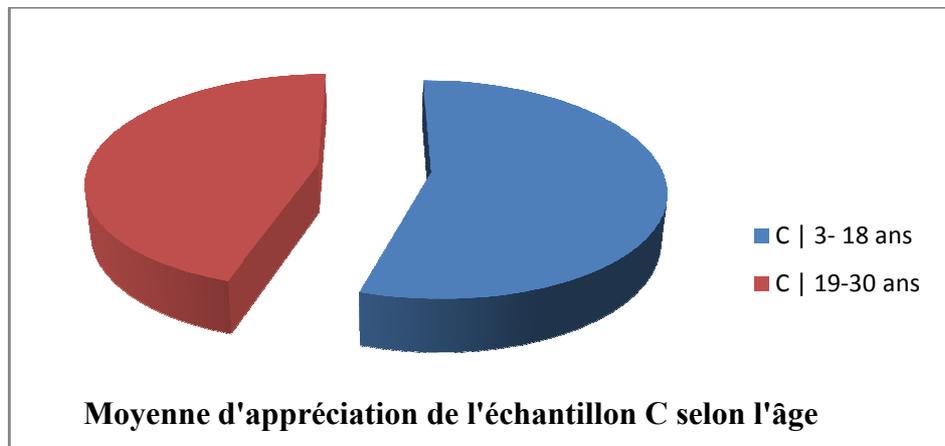


Figure 28: Appréciation de l'échantillon C selon l'âge.

Les résultats obtenus indiquent que la classe des 3-18 ans apprécie mieux cet échantillon avec une moyenne de 6,780 par rapport à la catégorie 19-30 ans avec une moyenne de 5,580.

L'appréciation des deux classes d'âge est statistiquement différente ($P > 0,95$).

- L'échantillon B :

Les résultats de l'appréciation générale donnés comme suit :

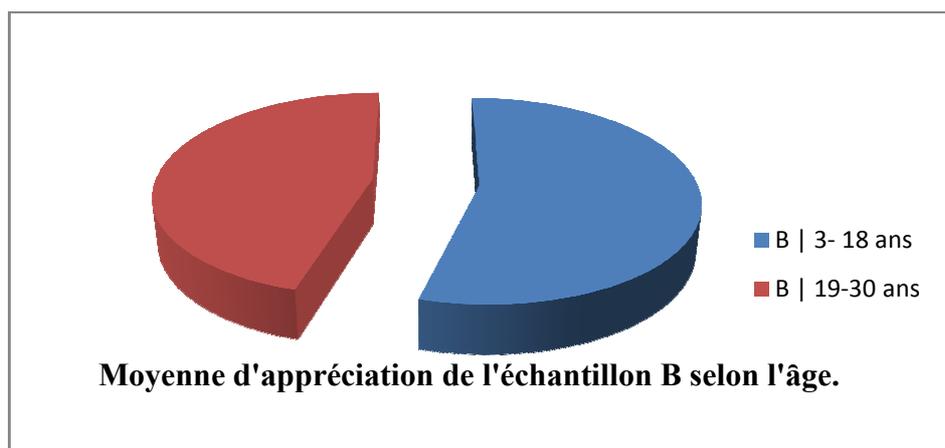


Figure 29: Appréciation de l'échantillon B selon l'âge.

On remarque que la catégorie 3-18 ans apprécie beaucoup plus l'échantillon B avec une moyenne de 4,940 par rapport à la catégorie 19-30 ans avec une moyenne de 4,140.

Résultats et discussion

L'appréciation des deux catégories d'âge est équivalente ($P>0,95$)

- L'échantillon A :

Les résultats de l'appréciation générale donnés comme suit :

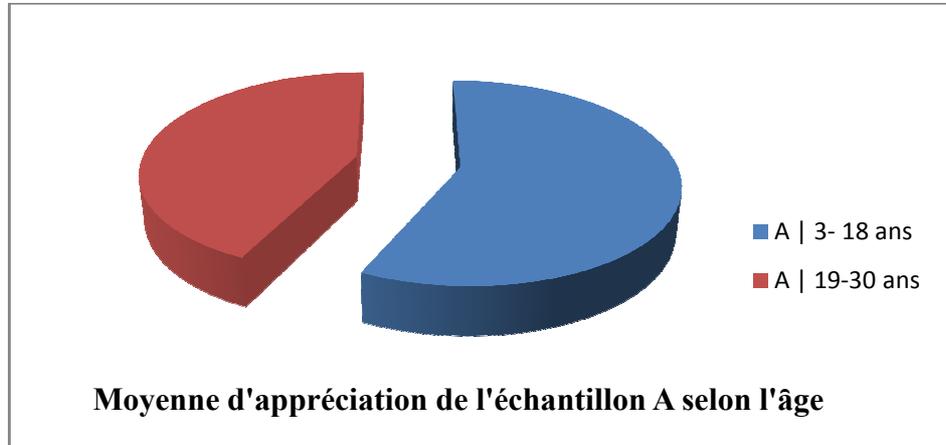


Figure 30: Appréciation de l'échantillon A selon l'âge.

La classe d'âge 3-18 ans apprécie mieux l'échantillon A avec une moyenne de 5,980 par rapport à la catégorie 19-30 ans avec une moyenne de 4,500.

L'appréciation des deux classes d'âge est statistiquement différente ($P>0,95$).

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

Ce travail a pour but de quantifier certains constituants de la caroube (pulpe et graine) à savoir les sucres totaux, les fibres, les cendres et de valoriser deux sous-produit de cette espèce à cet égard, nous avons essayé de formuler un substituant de chocolat (chocolat à base de poudre de pulpe de caroube) et extraire et purifier une gomme à partir de l'endosperme de la graine.

Les résultats obtenus ont montré la richesse de la pulpe de l'espèce *Ceratonia siliqua* en sucres totaux 35,096 mg/100g de MS par rapport à la graine avec 30,74 mg/100g de MS. Pour le taux en fibres totaux les résultats indiquent un taux assez pour la pulpe (10)% MS et les grains (9)% MS, pour les cendres le taux obtenus est plus important dans la pulpe que les graines 37-25% respectivement.

Les résultats obtenus de l'analyse sensorielle appliquée sur la formulation du substitut de chocolat à partir de la poudre de pulpe révèle que les sujets naïfs apprécient mieux les échantillons G, C, F, et D. en contrepartie, les jurys experts apprécient mieux l'échantillon D.

Pour l'estimation générale des échantillons l'analyse statistique indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les hommes et les femmes pour l'ensemble des échantillons.

Les échantillons A, H, G, F et C sont les mieux appréciés par la catégorie d'âge allant de 3 -18 ans, alors que la catégorie d'âge allant 19-30 ans estime mieux l'échantillon D. Les échantillons B et E sont appréciés identiquement par les deux catégories d'âge.

Les résultats obtenus après l'extraction et la purification de la gomme de la caroube étaient de 0.58g à partir de 25,01g et qui représente un rendement de 2,31%.

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

- Reproduire les formulations de la présente étude à l'échelle pilote au sein des industries agroalimentaires ;
- Approfondir la recherche sur les ingrédients à utiliser dans les formulations (beurre de cacao ou l'huile de palme) ;
- Mettre en place des formulations différentes en intégrant d'autres ingrédients ;
- Essayer de formuler d'autres produits tel que la mélasse ;
- Des analyses rhéologiques de la gomme purifiée.

Toutefois, il est nécessaire d'intensifier les recherches et de développer les filières de production et d'industrialisation des différents produits de cette essence.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- Aafi A. (1996). Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*). Centre Nationale de la recherche Forestière, Rabat (Maroc), pp. 10.
- 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 (*Ceratoniasiliqua L.*) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.
- Albanell E., Caja G. and Plaixats J. (1991). Characterization of Spanish carob pod and nutritive value of carob kibbles, Options Méditerranéennes. N°16, pp. 135- 136.
- Andrade C., Azero E., Luciano L. et Gonçalves M. (1999). Solution properties of the galactomannans extracted from the seeds of *Caesalpinia pulcherrima* and *Cassia javanica*: comparison with locust bean gum. Int. J. Biol. Macromol., 26. pp.181-185.
- AOAC 972.15 (AOAC, 2006).
- Avallone R., Plessi M., Baraldi M., Monzani A., (1997). Determination of chemical composition of carob (*Ceratoniasiliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. J. Food Comp. Anal., 10 (2): 166-172.
- Ayaz F.A., Torun H., Ayaz S., Correia P.J., Alaiz M., Sanz C., Gruz J.I. and Strand M. (2007). Determination of Chemical Composition of Anatolian Carob Pod (*Ceratonia siliqua L.*): Sugars, Amino and Organic Acids, Minerals and Phenolic Compounds, Food Qual. 30. pp 1040-1055.
- Azero E.G. et Andrade, C.T. (2002). Material Properties Testing procedures for galactomannan purification. Polymer Testing. 21. pp 551-556.

B

- Banu C. Manuel de l'ingénieur de l'industrie alimentaire, vol.II, Ed. Tehnică, Bucarest (Roumanie), (2000).
- Barariu I. Matières premières utilisées dans l'industrie alimentaire, Ed. Didactică și Pedagogică, Bucarest (Roumanie), (1995).
- Bargallo M.G., Di Lorenzo R., Meli R. et Crescimanno F. G. (1997). Characterization of carob germplasm (*Ceratonia siliqua L.*) in Sicily. J. Hortic. Sci., 72(4): 537-543.
- 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.

Références bibliographiques

Battle I. (1997). Current situation and possibilities of development of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in the Mediterranean region. Unpublished FAO Report. Rome. Italy.

Battle I. et 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 1-97.

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

Baytop T. Therapy with medicinal plant in Turkey (Past and Present), Publication of the Istanbul University, 3255, Istanbul, (1984).

Bengoechea C., Romero A., Villanueva A., Moreno G., Alaiz M., Milla' n, F., Guerrero, A., Puppo M.C. (2008). Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L) germ, Proteins. Food Chemistry ,107, 675–683.

Bernardo-Gil M. G., Roque R., Roserio L.B., Duarte L.C., Gírio, F., Esteves P. (2011)., Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua* L.). J. of Supercritical Fluids 59, 36– 42.

Berrougui H. (2007), Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales, Maghreb Canada Express .Vol. 5, N° 9.

Bezzala A. (2005). Essai d'introduction de l'arganier dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Magister en Sciences Agronomiques, Université El Hadj Lakhdar, Batna.

Biner B., Gubbuk H., Karhan M., 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.

Bruneton J., (1999). Pharmacologie-Phytochimie-Plantes médicinales, Tech.et Doc.Ed. Lavoisier (3^e Edition), Paris

C

Calixto F.S. and Canellas.J. (1982), Components of nutritional interest in carobPods*Ceratonia siliqua*. Journal of the Science of Food Agriculture, N°33, pp. 1319– 1323.

Couplan F. Encyclopédie des plantes sauvages comestibles et toxiques de l'Europe. In le régal végétal : plantes sauvages comestibles. Ed: sang de la terre. Paris.pp 204-205.(2009).

Cui S. (2001). Polysaccharide gum from agricultural products: processing, structures and functionality. Lancaster, PA, USA: Technomic Publishing Co.

D

Dakia P.A; Wathel et B and. Paquot M.(2007). «Isolation and chemical evaluation of, carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ food Chemistry ,Vol. 102, N°4, pp. 1368-1374.

DASA de Tlemcen (2009). La distribution de caroubier en Algérie.

Références bibliographiques

De Padua, M., Fontoura, P.S.G., and Mathias, A.L. (2004). Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützinger) bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (Delile). *Braz Arch Biol Techn* 47 (1) : 49-55.

Dubois, M., K. A. Gilles, et al. (1956). "Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances". *Analytical Chemistry* 28: 350-356.

F

FAO 2000. La surface cultivée en caroubier en Algérie.

FAOSTAT 2012. La distribution du caroubier dans toute la région du bassin méditerranéen.

G

Garti N., Madar Z., Aserin A. et Sternheim B. (1997). Fenugreek galactomannans as food emulsifiers. *Lebensm. Wiss. Technol*, 30(3): 305-311.

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

Gharnit N. (2003). Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de chefchaouen (Nord-ouest du Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

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

H

Hariri A., Ouis N., Sahnouni F, D.Bouhadi. (2009), mise en oeuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux à base des extraits de caroube. *Rev Microbiol Ind. Santé Environn*, pp 37-55.

K

Kivçak B., Mert T. (2002) Antimicrobial and cytotoxic activities of *Ceratonia siliqua* L. extracts. *Turk J. Biol*, 26: pp 197-200.

Kumazawa S., Taniguchi M., Suzuki Y., Shimura M., Kwon M.S., Nakayama T. (2002). Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *J Agric Food Chem*, 50:373-7.

L

Lazaridou A., Biliaderis C.G. et Izydorczyk M.S. (2000). Structural characteristics and rheological properties of locust bean galactomannans: a comparison of samples from different carob tree populations. *J. Sci. Food Agric*, 81, 68-75.

Linden G. et Lorient D. *Biochimie agro-industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole*, Edition Masson, pp. 75, (1994).

Références bibliographiques

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

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

Lopez da Silva J. et Gonçalves M. (1990). Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. *Food Hydrocolloids*, 4. pp. 277-287.

Louca A. et Papas A. (1973). The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats. *Anim. Prod.*, (17): 139-146.

M

Markis D.P et Kefalas P. (2004). Carob pods (*Ceratoniasiliqua* L.) as a source of polyphenolic Antioxidants. *Food technol*, 42 (2): pp. 105-108.

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

N

Ndir B., Lognay G., Wathelet B., Cornelius C., Marlier M., Thonart P. (2000). Composition chimique du nétéu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, (4, 5) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol.4, N° 2, pp.101-105.

P

Papagiannopoulos M., Wollseifen H.R., Mellenthin A., Haber B. and Galens R. (2004). Identification and quantification of polyphenols in carob fruits (*Ceratoniasiliqua* L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/MSn, *J. Agric. Food Chem*, 52. pp. 3784-3791.

Patmore J.V., Goff H.D. et Fandes S. (2003). Cryo-gelation of galactomannans in ice cream model systems. *Food Hydrocolloids*, 17(2): pp. 161-169.

Priolo A., Waghorn G.C., Lanza M. et al. (2000) Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: Effects on lamb growth performance and meat quality. *J Anim Sci*, 78: pp. 810-6.

R

Rejeb M.N., Laffray D., Louguet P. (1991). Physiologie du caroubier (*Ceratoniasiliqua* L.) en Tunisie. In : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre, Paris, pp. 417-426.

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

Références bibliographiques

S

Sahle M., Coleon J. et Haas C. (1992). Carob pod (*Ceratoniasiliqua*) meal in geese diets. Brit. Poultry Sci, 33: pp531-541.

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

Shawakfeh K. and Ereifej K. I. (2005). Pod Characteristics of two *Ceratonia siliqua* L. Varieties from Jordan. Ital. J. Food Sci, 17 (2): pp 187–194.

Sittikijyothin W., Torres D. & Gonclaves M.P.,2005. Modelling the rheological behavior of galactomannan aqueous solutions. Carbohydr. Polym., 59, 339-350.

T

Turhan I., Bialka K.L., Demirci A., Karhan M. (2010).Ethanol production from carob extract by using *Saccharomyces cerevisiae*. Bioresource Technology, 101, pp5290–5296.

V

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

W

www.sara.voyages.com/images/carte_algerie.gif.

Y

Yousif A.K. et Alghzawi H.M. (2000).Processing and characterization of carob powder, Food chemistry, 3 (69): pp 283-287.

Z

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

Annexes

Annexe I

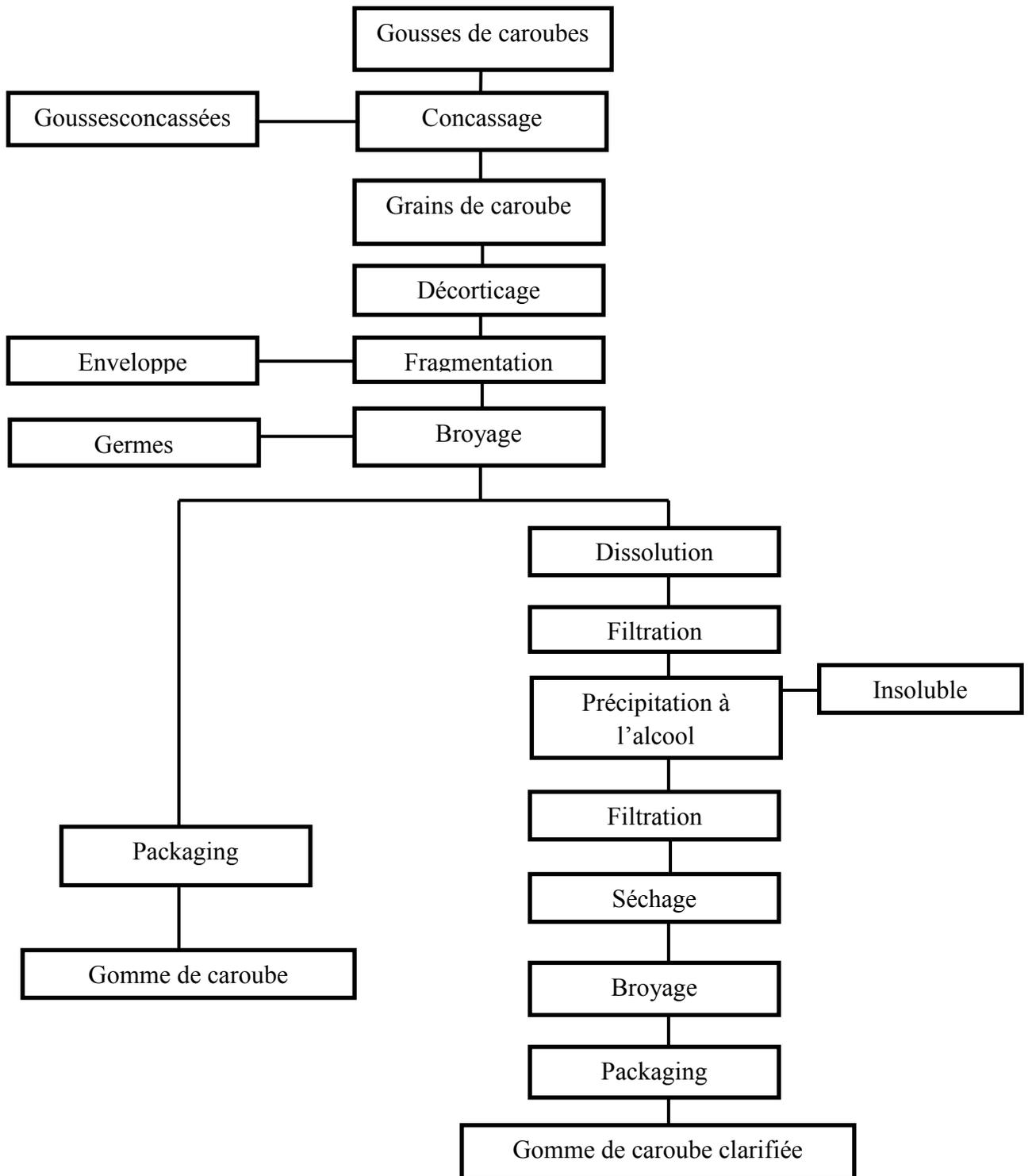


Figure 1: Schéma du processus d'extraction et de purification de la gomme de caroube (Kawamura, 2008).

Annexe II

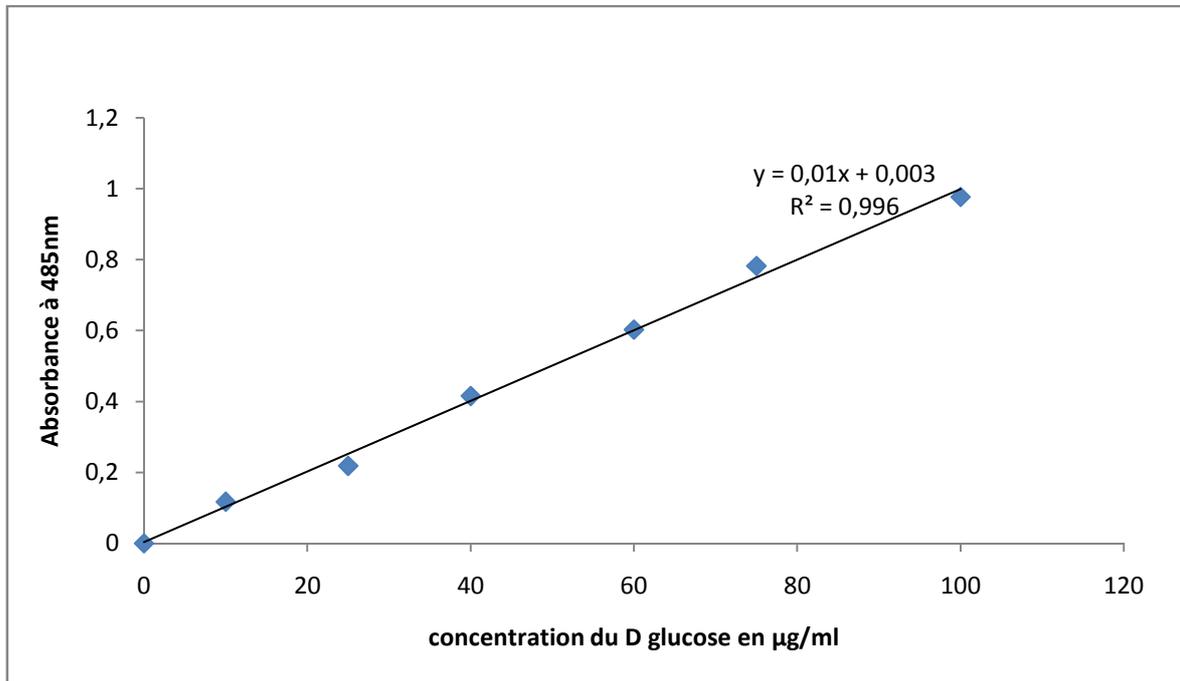


Figure 2: Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres.

Annexe III

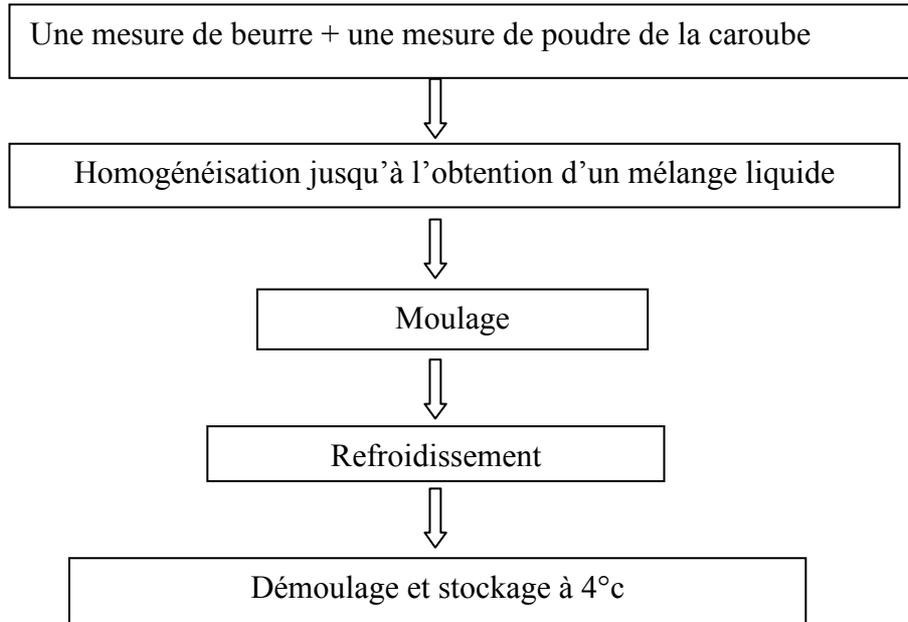


Figure 3: Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube et le beurre (l'échantillon C).

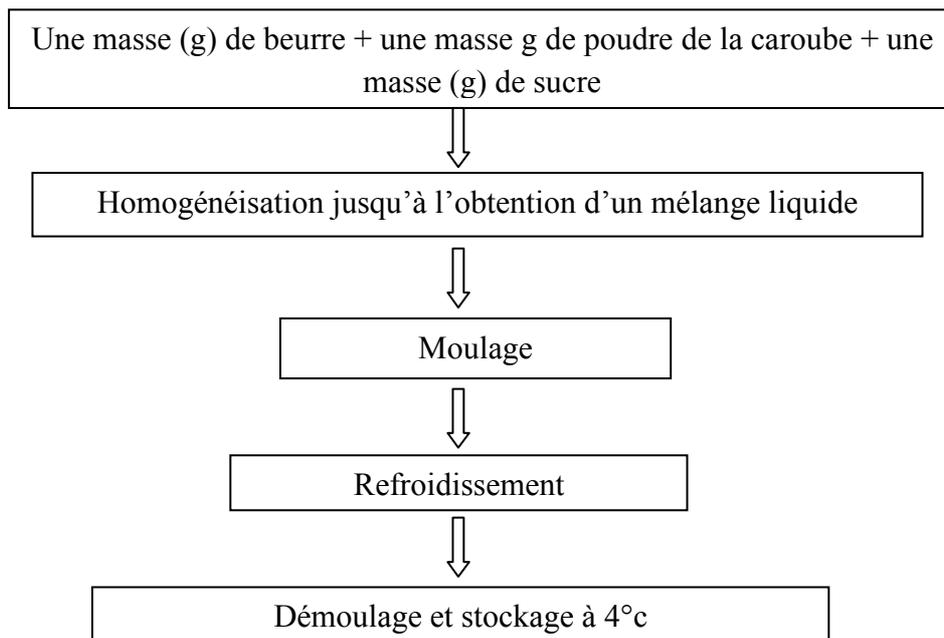


Figure 4 : Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, le beurre et le sucre (l'échantillon F).

Annexe III

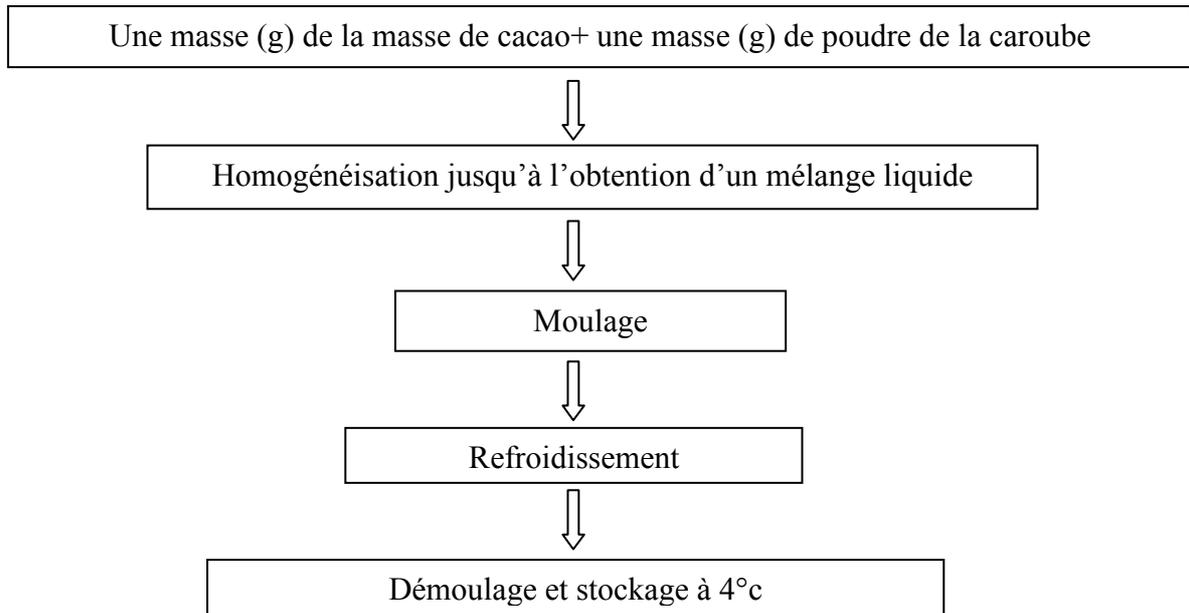


Figure 5: Diagramme de l'essai de formulation de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre et la masse de cacao (l'échantillon E).

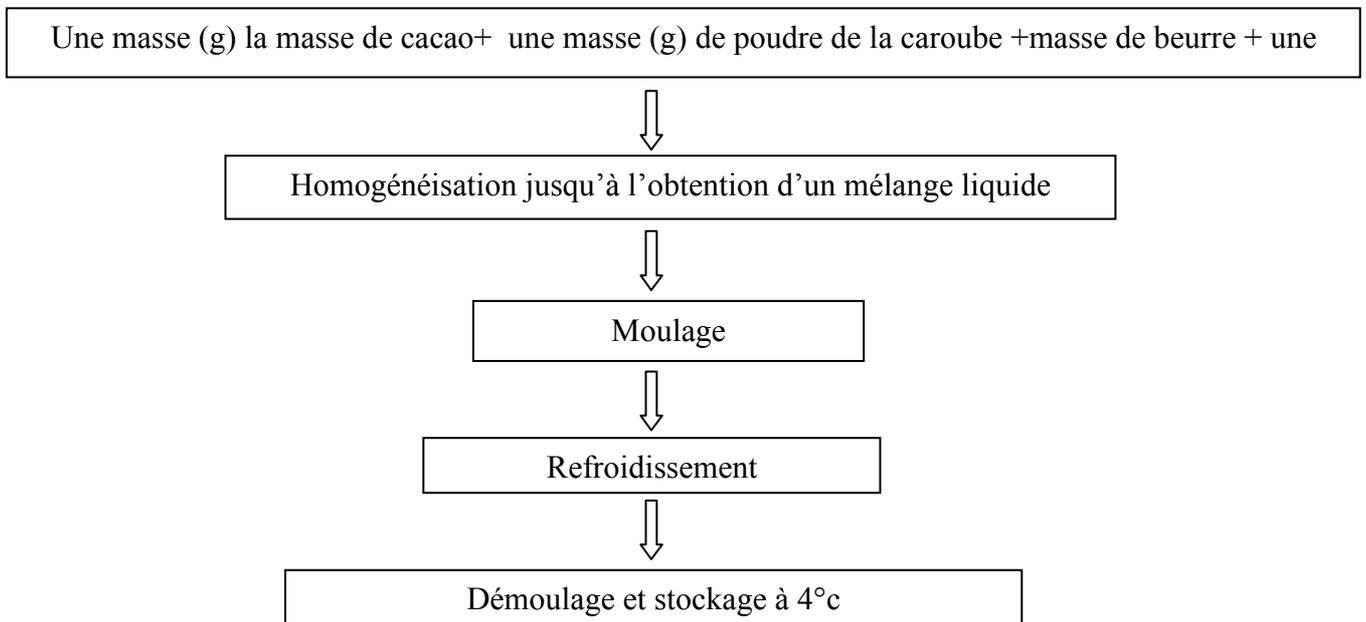


Figure 6 : Diagramme de l'essai de formulation de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre, sucre et la masse de cacao (l'échantillon D).

Annexe III

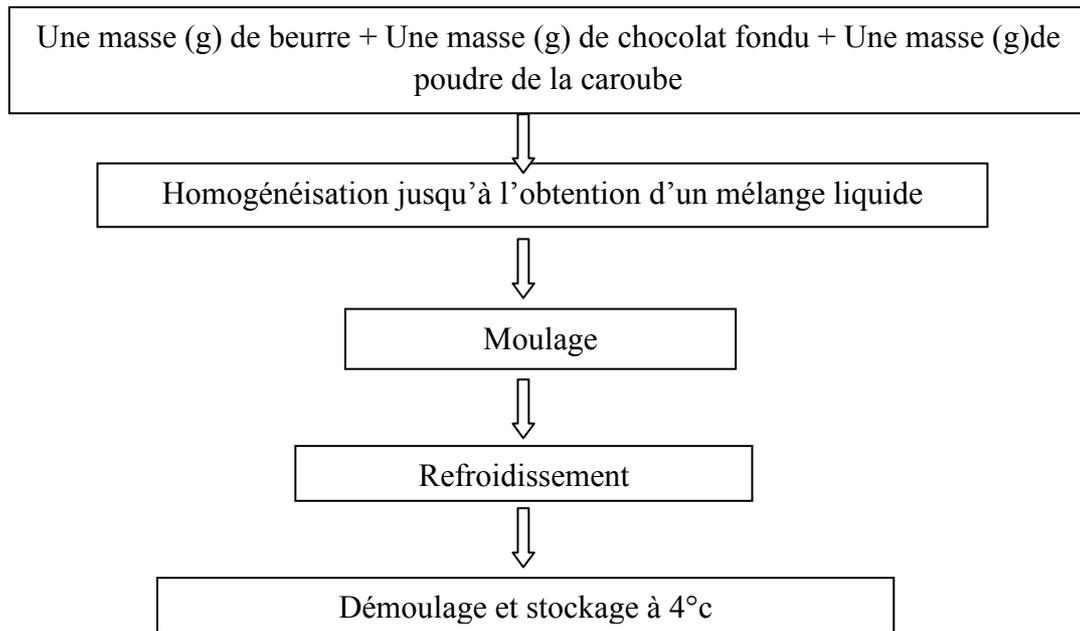


Figure 7: Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre et chocolat (l'échantillon H).

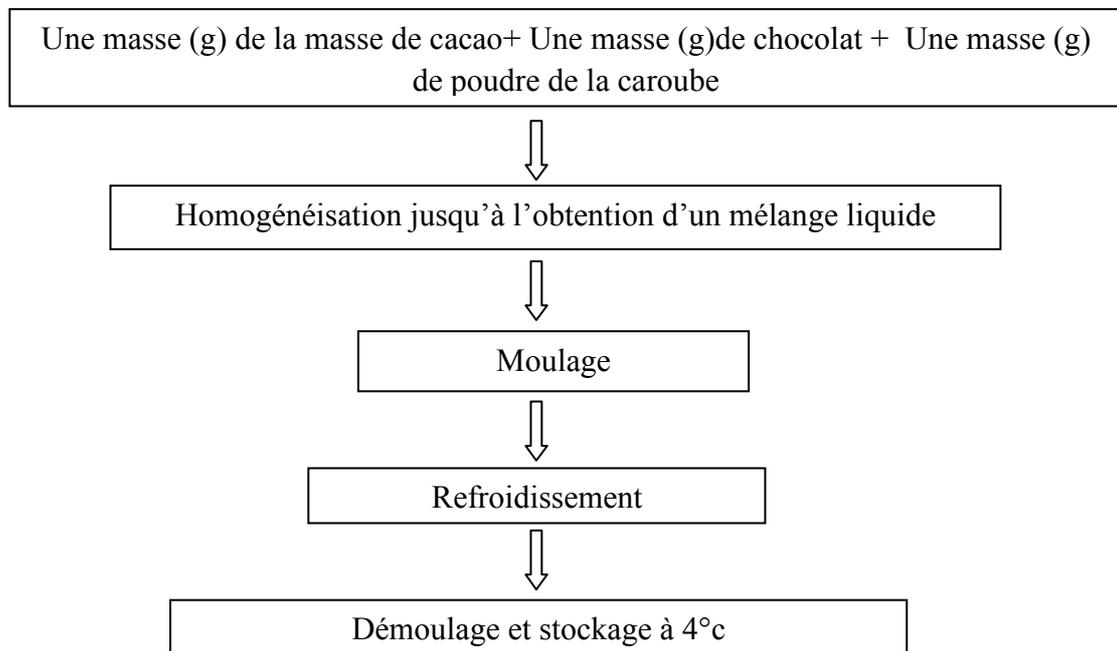


Figure 8: Diagramme de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, beurre, chocolat et la masse de cacao (l'échantillon G).

Annexe III

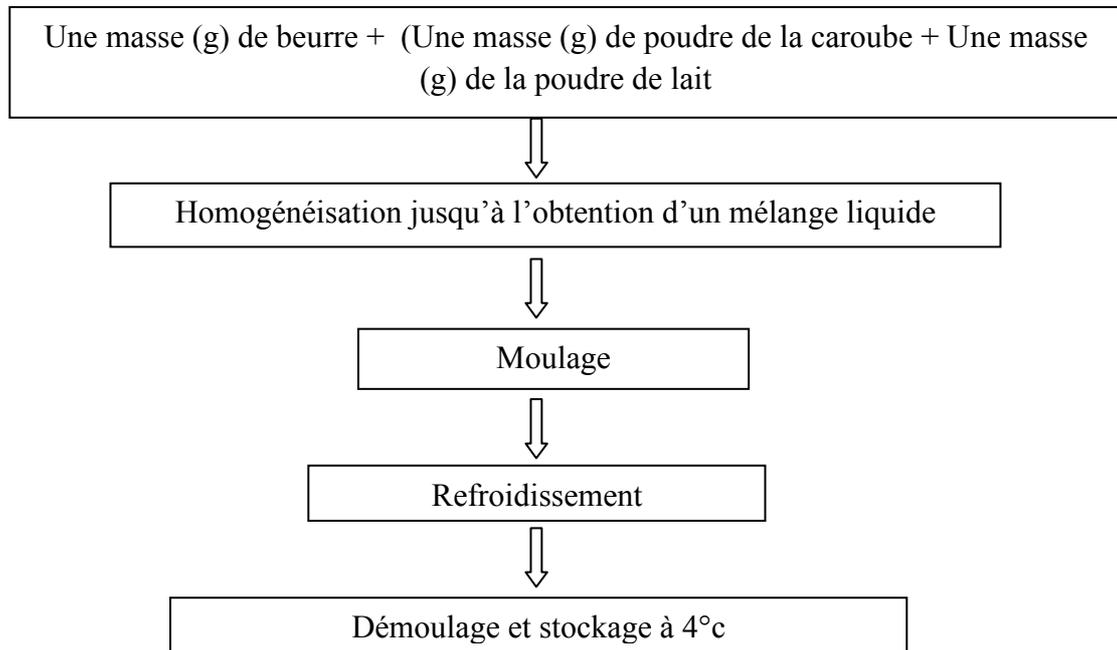


Figure 09: Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, poudre de lait et le beurre (l'échantillon B).

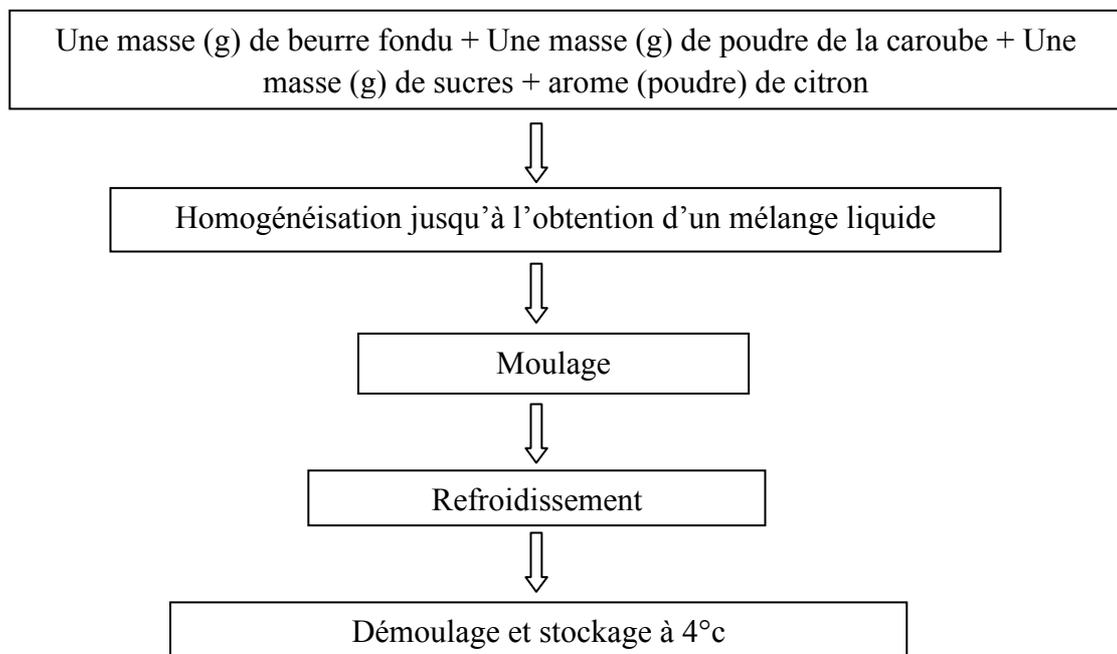


Figure 10 :Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, sucre, beurre et la poudre de citron (l'échantillon A).

Annexe IV

Tableau I: données brutes des résultats d'analyse hédonique de l'ensemble des catégories.

Données brutes : note de préférences générales des sujets naïfs								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	6	8	7	4	3	9	8	9
2	9	5	4	8	6	7	7	7
3	7	5	6	8	7	9	7	6
4	5	4	6	8	6	4	5	7
5	5	9	8	2	6	8	8	7
6	3	2	3	8	5	6	7	8
7	8	6	9	6	7	8	8	9
8	2	1	5	8	4	6	7	4
9	5	4	6	8	7	6	9	8
10	5	5	5	8	6	7	9	6
11	5	3	9	5	4	9	6	5
12	8	4	7	2	6	9	5	3
13	8	6	8	5	7	8	4	6
14	8	8	9	2	6	9	5	5
15	6	6	8	4	3	6	6	4
16	4	3	9	3	3	5	4	6
17	5	2	5	4	3	9	5	3
18	6	2	7	2	4	8	3	4
19	8	5	8	2	5	8	2	5
20	7	8	9	9	5	7	8	8
21	8	9	7	6	5	9	8	9
22	7	6	8	9	8	7	8	9
23	3	4	7	8	5	6	7	6
24	5	6	6	7	7	8	7	7
25	7	8	7	9	9	8	7	7
26	7	7	8	8	7	7	7	6
27	3	4	3	6	5	4	6	5
28	6	2	8	5	3	9	4	9
29	6	3	9	5	6	9	5	9
30	5	4	7	4	5	8	6	8
31	3	5	7	3	4	7	7	5
32	7	3	8	6	5	7	7	6
33	8	5	5	6	6	6	8	3
34	9	5	4	6	8	5	9	4
35	6	4	8	7	7	8	5	7
36	4	4	6	5	7	8	4	8
37	5	6	9	2	7	8	3	7
38	8	5	9	4	5	7	6	6
39	7	6	7	6	4	7	6	5
40	7	3	8	6	4	9	7	5
41	4	4	7	8	7	5	9	8
42	6	3	5	8	7	5	5	4
43	3	4	5	7	7	8	7	8
44	5	4	8	3	4	4	8	5
45	5	6	7	9	4	5	5	6
46	7	6	7	9	7	8	9	8

Annexe IV

47	8	2	3	5	3	2	4	6
48	5	9	5	6	8	4	7	9
49	8	7	7	8	7	8	8	9
50	7	7	6	8	6	6	8	7
51	7	3	5	8	6	7	6	9
52	7	9	9	9	7	5	6	7
53	1	5	6	2	3	7	9	4
54	3	1	2	7	4	3	6	4
55	3	7	5	3	5	3	7	6
56	7	6	6	9	8	8	9	7
57	7	8	7	8	7	9	9	9
58	1	2	2	8	4	2	1	6
59	1	2	5	9	5	4	3	1
60	4	5	6	9	7	4	6	5
61	3	6	7	8	5	7	8	9
62	7	5	7	3	4	3	4	5
63	1	2	5	7	3	4	6	5
64	4	4	5	6	5	5	4	4
65	5	4	4	6	3	2	4	3
66	7	6	6	3	6	3	6	3
67	2	1	7	9	6	4	6	3
68	4	5	5	7	6	8	7	6
69	1	2	2	9	1	4	4	5
70	2	4	6	1	5	6	7	8
71	4	5	3	9	4	7	6	2
72	7	2	5	9	6	1	3	2
73	4	5	5	8	6	7	6	7
74	5	6	8	8	5	4	6	8
75	8	7	7	8	7	7	6	7
76	8	7	8	9	6	8	6	9
77	3	3	4	8	5	6	6	6
78	5	3	3	8	2	5	2	6
79	5	4	6	7	5	5	6	6
80	8	6	7	6	4	3	6	5
81	5	2	4	8	9	7	6	3
82	6	6	7	8	5	6	7	6
83	2	1	3	6	4	2	7	5
84	4	1	6	5	3	3	4	2
85	6	5	4	5	6	6	7	6
86	1	1	4	5	8	5	6	5
87	7	6	6	9	5	5	8	6
88	1	2	2	8	7	5	4	3
89	5	5	9	9	6	8	4	4
90	6	5	4	8	3	5	7	6
91	5	4	6	6	7	7	7	6
92	3	3	5	8	5	5	6	7
93	2	4	5	7	5	8	6	5
94	5	5	6	5	7	7	6	7
95	5	7	4	9	2	3	7	4
96	4	4	9	5	3	8	5	5

Annexe IV

97	5	2	8	5	7	7	6	7
98	5	2	7	6	4	9	4	6
99	6	3	8	7	4	9	3	4
100	8	4	9	2	5	8	3	3

Tableau II : Données brutes des résultats d'évaluation sensorielle des experts.

Experts	Echantillons	Descripteurs									Préférence générale
		Aspect	couleur	Odeur de la caroube	Odeur de citron	texture	Sucrosité	Amertume	Goût de lait	Goût de la caroube	
1	A	4	6	8	4	4	7	1	7	6	3
1	B	6	5	6	3	5	8	1	8	6	4
1	C	8	9	7	4	4	8	2	5	8	8
1	D	7	9	5	4	5	7	3	8	4	9
1	E	5	8	5	4	6	6	4	9	5	5
1	F	7	9	9	4	4	7	5	5	6	8
1	G	4	9	6	4	5	6	4	5	7	7
1	H	4	9	6	4	5	7	3	5	8	7
2	A	1	2	1	1	2	6	3	9	1	1
2	B	1	2	1	1	2	6	3	9	1	1
2	C	4	7	5	3	4	5	5	7	1	4
2	D	9	9	9	9	9	2	9	1	9	9
2	E	4	7	9	4	8	3	8	1	8	8
2	F	3	7	7	8	6	5	6	1	7	7
2	G	4	4	3	4	3	5	4	7	4	4
2	H	5	4	3	5	3	5	4	7	1	5
3	A	6	7	8	8	6	6	8	2	7	6
3	B	8	9	8	9	9	6	8	3	7	8
3	C	8	7	7	8	8	7	9	1	9	6
3	D	9	9	9	5	9	9	9	1	9	9
3	E	8	8	8	9	9	8	8	2	8	9
3	F	8	8	6	9	6	8	8	1	9	8
3	G	6	7	7	7	7	6	8	1	8	6
3	H	6	7	8	8	6	7	8	3	8	7
4	A	6	5	2	2	5	4	1	7	4	3
4	B	5	4	2	2	5	4	1	7	4	3
4	C	9	6	5	2	5	4	1	7	4	5
4	D	4	8	8	6	5	6	2	7	6	8
4	E	7	7	7	5	5	6	3	5	6	7
4	F	8	5	6	2	5	6	2	6	6	6
4	G	5	5	6	2	5	6	2	6	4	5
4	H	6	5	5	2	5	6	2	6	4	5
5	A	2	3	4	4	4	6	6	3	4	2
5	B	6	2	2	4	4	8	8	3	2	2
5	C	4	3	4	4	6	6	6	5	4	4
5	D	7	7	8	2	8	5	5	8	8	8

Annexe IV

5	E	5	5	8	2	5	3	3	3	2	5
5	F	5	6	4	2	5	6	6	2	4	3
5	G	3	5	6	2	4	8	8	2	6	5
5	H	3	4	4	2	4	8	8	2	4	3
6	A	7	6	7	5	4	1	1	8	8	5
6	B	8	7	6	5	5	2	2	2	7	7
6	C	3	2	8	5	4	4	3	3	6	6
6	D	1	1	5	5	2	5	8	4	2	1
6	E	6	2	2	5	7	6	5	5	1	2
6	F	2	1	3	5	3	7	7	6	3	5
6	G	7	4	4	5	1	8	6	7	4	4
6	H	7	5	1	5	2	3	4	1	5	3
7	A	5	5	5	4	2	1	8	7	4	5
7	B	6	8	4	4	2	2	8	7	2	5
7	C	7	6	6	4	4	4	9	7	4	4
7	D	2	2	2	4	9	5	9	6	8	8
7	E	5	4	3	4	8	6	8	5	2	5
7	F	4	7	5	4	6	7	8	6	4	5
7	G	3	4	5	4	3	8	8	6	6	7
7	H	5	6	5	4	3	3	7	6	4	5
8	A	5	6	8	7	7	6	1	3	1	3
8	B	4	5	6	3	8	6	2	3	1	4
8	C	6	9	7	3	6	8	4	5	9	5
8	D	5	9	3	3	7	5	5	9	3	7
8	E	5	8	5	3	8	7	6	8	7	7
8	F	5	9	9	3	8	8	7	6	7	8
8	G	5	9	6	2	6	4	8	4	4	7
8	H	5	9	5	2	6	6	4	4	1	8

Annexe V

Tableaux des résultats d'analyse sensorielle :

➤ **Pour les sujets naïfs (Anova) :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
La préférence	5,730	2,054

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	7	279,140	39,877	10,219	< 0,0001
Erreur	792	3090,540	3,902		
Total corrigé	799	3369,680			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$.

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
B	4,540	A
A	5,240	B
E	5,350	B C
H	5,880	C D
G	6,040	D
C	6,180	D
F	6,240	D
D	6,370	D

➤ **Pour les sujets experts :**

• **Préférence générale :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
Préférence générale	5,453	2,167

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	79,734	11,391	2,951	0,011
Erreur	56	216,125	3,859		
Total corrigé	63	295,859			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyen}(Y)$

Annexe V

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A	3,500	A
B	4,250	A B
C	5,250	A B C
H	5,375	A B C
G	5,625	B C D
E	6,000	B C D
F	6,250	C D
D	7,375	D

- Goût de la caroube :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
Goût de la caroube	5,031	2,507

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	37.688	5,384	0,842	0,558
Erreur	56	358.250	6,397		
Total corrigé	63	395.938			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
B	3,750	A
A	4,375	A
H	4,375	A
E	4,875	A
G	5,375	A
C	5,625	A
F	5,750	A
D	6,125	A

- Goût de lait :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
Goût de lait	4,922	2,464

Annexe V

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	18,234	2,605	0,400	0,898
Erreur	56	364,375	6,507		
Total corrigé	63	382,609			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
F	4,125	A
H	4,250	A
E	4,750	A
G	4,750	A
C	5,000	A
B	5,250	A
D	5,500	A
A	5,750	A

- **Amertume :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
Amertume	5,203	2,697

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	52,484	7,498	1,034	0,418
Erreur	56	405,875	7,248		
Total corrigé	63	458,359			

Calcul contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A	3,625	A
B	4,125	A
C	4,875	A
H	5,000	A
E	5,625	A
G	6,000	A
F	6,125	A
D	6,250	A

Annexe V

- **Sucrosité :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
sucrosité	5,688	1.876

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	23.750	3.393	0.960	0,469
Erreur	56	198.000	3,536		
Total corrigé	63	221,750			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyen}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A	4,625	A
B	5,250	A B
C	5,500	A B
H	5,625	A B
G	5,625	A B
E	5,750	A B
F	6,375	A B
D	6,750	B

- **Texture :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
texture	5,250	2,055

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	67,250	9,607	2,707	0,017
Erreur	56	198.750	3,549		
Total corrigé	63	266,000			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyen}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A	4,250	A
B	4,250	A
C	4,250	A
H	5,000	A B
G	5,125	A B C
E	5,375	A B C
F	6,750	B C
D	7,000	C

Annexe V

- Odeur de citron :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
o. citron	4,250	2,070

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	7,500	1,071	0,229	0,977
Erreur	56	262,500	4,688		
Total corrigé	63	270,000			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
G	3,750	A
B	3,875	A
H	4,000	A
C	4,125	A
A	4,375	A
E	4,500	A
F	4,625	A
D	4,750	A

- Odeur de la caroube :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
o. Caroube	5,500	2,225

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	27,000	3,857	0,758	0,625
Erreur	56	285,000	5,089		
Total corrigé	63	312,000			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$.

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
B	4,375	A
H	4,625	A
A	5,375	A
G	5,375	A
E	5,875	A
D	6,125	A
C	6,125	A
F	6,125	A

Annexe V

- **Couleur :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
couleur	5,969	2,370

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	19,438	2,777	0,465	0,856
Erreur	56	334,500	5,973		
Total corrigé	63	353,938			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A	5,000	A
B	5,250	A
G	5,875	A
C	6,125	A
E	6,125	A
H	6,125	A
F	6,500	A
D	6,750	A

- **Aspect :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
Aspect	5,281	2,004

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	7	15,938	2,277	0,538	0,802
Erreur	56	237,000	4,232		
Total corrigé	63	252,938			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
A	4,500	A
B	4,625	A
G	5,125	A
C	5,250	A
E	5,500	A
H	5,500	A
F	5,625	A
D	6,125	A

Annexe V

➤ **Sexe :**

Variable	Moyenne	Ecart-type
Notes de A féminin	5,100	2,297
Notes de A masculin	5,380	1,926

t (Valeur observée)	-0,661
t (Valeur critique)	1,984

➤ **L'âge :**

- L'échantillon H :

Variable	Moyenne	Ecart-type
H/3-18 ans	6,420	1,797
H/19-30 ans	5,340	1,965

t (Valeur observée)	2,868
t (Valeur critique)	1,984

- L'échantillon G :

Variable	Moyenne	Ecart-type
G/3-18 ans	6,400	1,761
G/19-30 ans	5,680	1,743

t (Valeur observée)	2,055
t (Valeur critique)	1,984

- L'échantillon F :

Variable	Moyenne	Ecart-type
F/3-18 ans	7,000	1,702
F/19-30 ans	5,480	2,121

t (Valeur observée)	3,952
t (Valeur critique)	1,984

- L'échantillon E :

Variable	Moyenne	Ecart-type
E/3-18 ans	5,600	1,578
E/19-30 ans	5,100	1,693

Annexe V

t (Valeur observée)	1,528
t (Valeur critique)	1,984

- L'échantillon D :

Variable	Moyenne	Ecart-type
D/3-18 ans	5,900	2,252
D/19-30 ans	6,840	2,142

t (Valeur observée)	-2,139
t (Valeur critique)	1,984

- L'échantillon C :

Variable	Moyenne	Ecart-type
C/3-18 ans	6,780	1,694
C/19-30 ans	5,580	1,918

t (Valeur observée)	3,316
t (Valeur critique)	1,984

- L'échantillon B :

Variable	Moyenne	Ecart-type
B/3-18 ans	4,940	2,024
B/19-30 ans	4,140	2,020

t (Valeur observée)	1,978
t (Valeur critique)	1,984

- L'échantillon A :

Variable	Moyenne	Ecart-type
A/3-18 ans	5,980	1,767
A/19-30 ans	4,500	2,188

t (Valeur observée)	3,722
t (Valeur critique)	1,984

Annexe VI

Matériels utilisés :

Matériels utilisés au cours de la formulation :

- Récipients en verre pour contenir tous les ingrédients ;
- Balance de précision (RADWAG, WLC 0,6 /A1/C/2) ;
- Récipients pour peser les différents ingrédients ;
- Spatule ;
- Mélangeur ;
- Robot électrique (Seb Tonic 400W) ;
- Broyeur électrique (planète SAT) ;
- Réfrigérateur (Samsung);
- Thermomètres ;
- Moule ;
- Papier aluminium, papier absorbant et gants en latex.

Autres matériels de mesure :

- Plaque chauffante et agitateur (Velp scientifica NF 2AM4);
- Centrifugeuse (Nüve NF200) ;
- Bain marie (Trade Raypa) ;
- Spectrophotométrie (UV mini 1240 Shimadzu, UV –Vis spectrophotometer) ;
- PHmètre (HA NNA instruments pH211 microprocessor pH meter) ;
- Four à moufle (Linn electrotherme);
- Etuve (MMM Group Venticell);

Résumé :

Le présent travail sur le plan agroalimentaire consiste à la valorisation de sous produits des fruits de l'espèce *Ceratonia siliqua* et ce ci par un essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la pulpe (gousse) et l'extraction et la purification de la gomme à partir des graines et ce qui va avoir un impacte dans l'amélioration de son exploitation, ainsi que dans la réévaluation des procédés de son implantation.

Les résultats obtenus par XLSTAT-MX montrent que l'échantillon D est le mieux apprécié pour son aspect, sa texture, sa couleur et son goût chocolaté par les jurys experts. Les tests des sujets naïfs prouvent que les échantillons G, C, F et D sont les plus appréciés. Le rendement en gomme de la caroube après sa purification était de 0.58g à partir de 25,01g et qui représente un rendement de 2,31%, et qui dépend de la méthode, de l'origine et des conditions de culture du caroubier.

Mots clés :

Pulpe, gomme, substitut de chocolat, analyse sensorielle,

Abstract:

This work involves the recovery of byproducts the fruit of the species *Ceratonia siliqua* and it by a formulation of testing a chocolate substitute from the pulp (clove) and also by extraction and purification gum from the seeds and which will have an impact in the improvement of its operations, as well as the revaluation process of its production.

The results obtained by XLSTAT-MX showed that sample D is best appreciated for its appearance, texture, color and taste chocolate by expert juries for naive subjects the results showed that the samples G, C, F and D are the most popular.

The yield carob gum after purification was 0.58g from 25,01g and representing a yield of 2.31%, which depends on the method, origin and carob growing conditions.

Keys words:

Pulp, gum, chocolate substitute, sense analysis,