

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/20

MEMOIRE DE FIN DE MASTER

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Science alimentaire

Spécialité : Technologie Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Présenté par :

YAHIAOUI Nesrine & ZOUAR Fatima

Thème

Essai d'incorporation de la farine de caroube

« *Ceratonia Siliqua* » dans le chocolat

Soutenu le : 30 / 09 / 2020

Devant le jury composé de

Nom et Prénom

Grade

FERHOUM Fatima

MAA.

Univ. de Bouira

Président

IAZZOURENE Ghania

MCB.

Univ. de Bouira

Examinateur

MAZRI Chafiaa

MCB.

Univ. de Bouira

Promoteur

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciement

*On tient à remercier en premier lieu **ALLAH**, le tout puissant de nous donner courage, santé et patience pour achever ce travail (**ELHAMDOULILLAH**).*

*Nous remercions nos **chers parents** qui nous ont aidés à être ce que nous sommes. On remercie leur dévouement, leur sacrifice et leur présence constante au cours de toutes ces années d'études, on vous aime...*

*On exprime nos remerciements à Mme **MAZRI. C**, qui nous a fait l'honneur d'être notre promotrice. Nous la remercions profondément pour son encouragement continue et sa disponibilité, ses précieux nous aides et conseils.*

*Nous tenons d'autre part à remercier les membres du jury «Mme **FERHOUM. F**» et « Mme **IAZZOURENE. Gh** » pour l'intérêt porté à notre travail.*

*Nous présentons nos sincères remerciements à l'unité **SOBCO**, et surtout : Mr **KARMIA. A**, Melle Tinhinan, Mr Abdarahman, les responsables du laboratoire physico-chimique de Palmary.*

Nos remerciements sont aussi adressés à toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce modeste travail.

En fin, nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprime notre gratitude à tous les enseignants de la spécialité agroalimentaire et contrôle de qualité, pour tout le savoir qu'ils nous ont donné.

ZOUAR Fatima

&

YAHIAOUI Nersine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A maman pour son amour, et qu'elle m'a toujours accordé et encouragé je te dis
que < Je t'aime >*

A la mémoire de ma grand-mère que dieu l'accueille dans son vaste paradis

A mon chère frère Adnane

*A mes oncles : Rabah, Redouane, Djamel et Mohamed... et toute la famille
MIHOUBI*

A tous mes amies et mes chères copines : Chahira, Sofie, Manel, Samia,

A mon binôme et chère copine Hanane et sa famille

A tous mes professeurs

A tout ma promotion du master Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant toutes mes années d'étude

Nesrine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A la personne devant laquelle pour tous les mots de l'univers sont incapable
d'exprimer mon amour, à ma douce mère. Et à mon cher père aussi.*

A mes chères sœurs « Louisa, Khadra et Hayet »

A mes frères « Mohammed, Ahmed, Salah et Oussama »

A mes chères copines « Manel, Amina, Rahma, Donia » je vous aime.

*A toutes ma familles, ainsi que tous mes amis « Nassima, samia, Ryma,
Noureddin, et autre... »*

A ma chère copine et binôme de travail « Nesrine »

A tous mes professeurs

*A toute la promotion de la 2 eme année Master Agroalimentaire et Contrôle de
Qualité.*

Fatima

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Résumé

Liste des abréviations

Introduction.....01

I. La caroube.....03

I.1. Présentation de caroubier.....03

I.2. Caractérisation botanique03

I.3. Répartition géographique.....05

I.4. Composition chimique et nutritionnelle de caroube06

I.5. Utilisation nutritionnelle de caroube.....07

I.6. Utilisation thérapeutique et cosmétique08

I.7. Production national et internationale de la caroube09

II. Le chocolat.....10

II.1. Historique et origine de chocolat.....10

II.2. Présentation du chocolat.....10

 II.2.1. Définition du chocolat.....10

 II.2.2. Types de chocolat11

II.3. Matières premières utilisées dans la fabrication de chocolat11

II.4. Technologie de fabrication de chocolat12

II.5. Composition du chocolat.....14

II.6. Valeur nutritive du chocolat.....14

II.7. Normes de fabrication du chocolat.....	15
II.8. Effet de chocolat pour la santé.....	16
III. Objectif.....	17
IV. Matériels et méthodes.....	17
IV.1. Matériel première.....	17
IV.1.1. Traitement préliminaire des gousses de caroube.....	17
IV.1.2. Essai de formulation d'une recette de chocolat à partir de la caroube.....	19
IV.2. Etapes de fabrication du chocolat.....	20
IV.3. Contrôle de qualité.....	21
IV.3.1. Analyses physico-chimiques des matières premières.....	21
IV.3.2. Analyses physico-chimiques du chocolat.....	22
IV.3.3. La qualité microbiologique des matières premières.....	23
V. Résultats et discussion.....	24
V.1. Résultats des traitements des gousses de caroube.....	24
V.2. Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières.....	25
V.3. Résultats des analyses physico-chimiques du chocolat.....	26
V.4. Résultats de test organoleptique de produit fini.....	27
V.4.1. Les résultats obtenus de la texture des chocolats.....	28
V.4.2. Les résultats obtenus de la couleur des chocolats.....	29
V.4.3. Les résultats obtenus de l'odeur des chocolats.....	30
V.4.4. Les résultats obtenus du gout des chocolats.....	31
Conclusion.....	33

Références bibliographique

Annexes

Liste des figures

	Titre	Pages
Figure 01	L'arbre de caroubier.	03
Figure 02	Feuilles et fleurs de caroube.	04
Figure 03	Fruit de caroube.	04
Figure 04	Concassage de la gousse de caroube	18
Figure 05	Broyage des gousses concassés et torréfiés	18
Figure 06	Tamisage de la farine de caroube	19
Figure 07	Conditionnement de la farine de caroube	19
Figure 08	Diagramme des traitements des gousses de caroube	24
Figure 09	Les différents résultats des traitements des gousses de caroube	25
Figure 10	Résultats de l'évaluation de la texture des chocolats	28
Figure 11	Résultats de l'évaluation de la couleur des chocolats	29
Figure 12	Résultats de l'évaluation de l'odeur des chocolats	30
Figure 13	Résultats d'évaluation du gout des chocolats	31

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	la composition de caroube.	06
Tableau 02	la surface cultivée et la production de caroube dans le monde.	09
Tableau 03	Compositions moyennes pour 100g de chocolat.	14
Tableau 04	Les normes de fabrication du chocolat	16
Tableau 05	La quantité des ingrédients de fabrication du chocolat	19
Tableau 06	Processus de fabrication du chocolat	20
Tableau 07	Les analyses physico-chimiques de la farine de caroube	25
Tableau 08	Les analyses physico-chimiques de la poudre de cacao	26
Tableau 09	Analyse de la teneur en eau dans le chocolat	26
Tableau 10	Résultats de viscosité et raffinage de deux types de chocolat	27

Liste des annexes

Numéro	Titre
Annexe 01	Matériels utilisés
Annexe 02	Présentation de l'entreprise SARL SOBCO
Annexe 03	Fiche de dégustation

Résumé :

Le présent travail sur le plan agroalimentaire consiste à la valorisation de sous-produit des fruits de l'espèce *Ceratonia siliqua*, et ceci par un essai d'incorporation de la farine de caroube dans le chocolat avec différentes doses.

La farine de la caroube a été extraite de la pulpe manuellement, Les résultats obtenus ont révélés une humidité d'ordre de 7 % et d'un pH de 5, avec une importante conformité aux normes. Nous avons effectué des analyses physico-chimiques des matières premières qui étaient de bonnes qualités.

Les analyses organoleptiques effectuées sur le chocolat additionné de la farine de caroube à des différentes doses (15 %, 25 % et 50 %), montrent que l'échantillon « A » le moins concentré avec 15 % de la farine de caroube est le mieux apprécié pour son gout, odeur, texture et sa saveur par les dégustateurs.

Mots Clé : incorporation, farine de caroube, valorisation, chocolat, caroube

ملخص:

يتمثل العمل الحالي على مستوى الأغذية الزراعية في تقييم المنتجات الثانوية لثمار نوع *Ceratonia siliqua* ، وذلك من خلال تجربة دمج دقيق الخروب في الشوكولاتة بجرعات مختلفة. تم استخلاص دقيق الخروب من اللب باليد، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها رطوبة حوالي 7٪ ودرجة حموضة 5، مع مطابقة معنوية للمواصفات القياسية. أجرينا التحليلات الفيزيائية والكيميائية للمواد الخام التي كانت ذات نوعية جيدة.

أظهرت التحليلات الحسية التي أجريت على الشوكولاتة مع إضافة دقيق الخروب بجرعات مختلفة (15٪، 25٪ و 50٪) أن أفضل تقدير للعينة الأقل تركيزاً 15٪ من دقيق الخروب هو طعمها ورائحتها ولمسها ونكهتها من قبل المتذوقين.

الكلمات المفتاحية: التأسيس، طحين الخروب، التثمين، الشوكولاتة، الخروب

Summary:

The present work on the agri-food level consists in the valuation of by-product of the fruits of the species *Ceratonia siliqua*, and this by a trial of incorporation of carob flour in chocolate with different doses.

The carob flour was extracted from the pulp by hand. The results obtained reveal a humidity of around 7 % and a pH of 5, with significant compliance with standards. We carried out physico-chemical analyzes of the raw materials which were of good quality.

The organoleptic analyzes of chocolate with the addition of carob flour at different doses (15%, 25% and 50%) show that sample A the least concentrated with 15% with carobe is best appreciated for its taste, smell, texture and flavor by tasters.

Keywords: incorporation, carob flour, evaluation, chocolate, carob

Agazul:

Amahil-agi yef uyawas nflahaducci yttwixdem i tteqyim n daw-afaris nagummu seg ccetla *Ceratonia siliqua*. Anect a d aseyyi n uddud l farina n uxarub di cakula s lmizan yemxalafen.

Lfarina n uxarub tettwiksed si lleb s ufus. Igmađ id nufa segnend lmiditi s 7 % d PH s 5, d azal ameqqran 3la ɥsab lumuř. Nexdem les analyses physico-chimiques n dduzan imezwura i yellan d lɥađa l3ali.

Ttaħalil lɥessiya i yettwixedmen af cakula i syernan lfarina s lmizan yemxalafen (15 %, 25 % et 50 %) segnend belli tikkest A d tin l3ali i tanalt ,ssefled ,lɥecwa-is akken id nnan wid it yeččan.

Awalen n tssaruth : uddud, farina n uxarub, tteqyim, cakula, axarub.

Liste des abréviations

ICPE : la réglementation des Installations classées pour la protection de l'environnement.

GV : la graisse végétale

PEG: polyethylene glycol

FAO: Food and agriculture organisation.

ISO : Organisation internationale de standardisation.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

SARL : Société à responsabilité limités.

HDL: high density lipoprotein

LDL: low density lipoprotein

s : second

Ha : hectare

Aw : Activité de l'eau

g : gramme

% : pourcentage

°C : degré Celsius

m : Mètre

cm : Centimètre

mm : Millimètre

µm: Micro-mètre

pH : Potentiel d'hydrogène

H : Humidité

min : Minutes

mpas/s : milipascale sur seconde

SI : Système international d'unité

FC : Farine de caroube

Introduction

La caroube est un fruit originaire des zones méditerranéennes, On le trouve également sous formes de culture, en Afrique du sud, aux Etats-Unis, et en Australie.

Les gousses de caroube, sont riches en sucre plus que la canne à sucre et la betterave sucrière, elles sont utilisées en industrie agroalimentaire comme aliment de bétail, la préparation de jus de fruits, de biscuit et de chocolat, comme substance de cacao, notamment comme anti-diarrhéique. Leur richesse en fibre leur confère des vertus hypocholestérolémiantes et hypoglycémiantes, les composés phénoliques qu'elles contiennent sont à l'origine de leur propriété antioxydant (**Hariri et al., 2009**).

Le chocolat est l'un des aliments et produits de confiserie les plus populaires dans le monde, est une dispersion de fines particules solides de cacao et de sucre dans une matrice majoritairement solide, mais partiellement liquide, et de beurre de cacao. Les proportions de chacun de ces constituants varient selon les recettes. Leur mise en œuvre pose un certains nombres de problèmes de fabrication et conservation, que la technologie chocolatière s'efforce de résoudre d'une part une meilleure connaissance du produit, et d'autre part, par le développement de techniques originales adaptées à sa fabrication (**Ollivon et al., 2009**).

Dans un souci de valorisation de ce produit de terroir qui est la caroube, et afin de profiter de sa richesse en sucre et de ces vertus thérapeutiques presque inexploitées, on a essayé d'incorporer ce produit dans sa forme torréfiée (farine de caroube) dans la fabrication du chocolat, afin d'obtenir un nouveau produit comme aliment fonctionnel.

Une partie de ce travail a été consacrée à une recherche bibliographique la littérature scientifique autour du sujet de la caroube connue sous le nom scientifique de l'espèce *Ceratonia siliqua*, nous avons prêté les soins de cerner les définitions et les concepts les plus importants relatifs au sujet, la deuxième partie a été consacré quant à elle à une généralité autour du chocolat.

La partie expérimentale de ce mémoire démontre le travail du terrain en laboratoire avec les techniques utilisés pour la réalisation de la partie pratique de ce travail et qui traite :

- ✓ La méthode d'obtention de la farine de caroube
- ✓ Quelques analyses physico-chimiques de la matière première.
- ✓ Quelques analyses physico-chimiques du chocolat.

Introduction

- ✓ Essai d'incorporation de la farine de caroube dans le chocolat.
- ✓ Analyse sensorielle de produit fini.

I. La caroube

I.1. Présentation du caroubier

Le caroubier est un arbre ou arbuste de croissance lente et d'une longévité dépassant souvent 200 ans. Il peut atteindre 7 à 8 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m. Il a une écorce lisse et grise. Sa qualité de bois est très dure, de couleur rougeâtre (**figure 01**) (Ait Chitt *et al.*, 2007).

Le nom scientifique de caroubier, *Ceratonia siliqua* est dérivé du mot grec 'keras' signifient petit corne et le nom de l'espèce 'siliqua' désigne en latin une siliqua ou gousse en allusion à la dureté et à la forme de son fruit (Batel *et al.*, 1997).

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des légumineusea (fabacae), sous familles des caesalpinioidae, l'ordre des fabalae (rosales), classe magnoliopsida. (Quezel *et al.*, 1962).



Figure 01 : l'arbre de caroubier (originale).

I.2. Caractérisation botanique

Les feuilles du caroubier sont grandes de 10 à 20 cm, alternes et persistantes. Se caractérisent par un pétiole sillonné sur la face interne ainsi qu'un rachis portant de 8 à 15 folioles, coriaces, entières, ovales à elliptique, paripennées, légèrement échancrées son sommet est d'une couleur vert noire brillante à la face supérieure et vert pale à la face inférieure (**figure 02**) « A ». Le caroubier ne perd pas ces feuilles en automne mais plutôt en juillet chaque deux ans, lesquelles sont renouvelées au printemps de la même année (avril-mai) (Ait Chitt *et al.*, 2007).

Partie bibliographique

Les fleurs sont verdâtres, de petites tailles de 6 à 16 mm de longueur, spiralées regroupées en grand nombre pour former des grappes droites et auxiliaires plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles elles se sont développées (**figure 02**) « **B** » (**Batel et al., 1997**). Le caroubier parmi les rares arbres qui fleurissent en automne (septembre à novembre) à partir de sa sixième année. L'inflorescence femelle consiste en un pistil cylindrique de 6 à 12 mm de long, sur les quelles sont déposées en spirales 17 à 20 fleurs brunâtres, unisexuées. L'ovaire est composé de deux carpelles de 5 à 7 mm de long contenant plusieurs ovules. L'inflorescence male, consiste en un disque nectarifère volumineux entouré de 5 étamines (**Sbay, 2008**).



« **A** »



« **B** »

Figure 02 : Feuilles « A » et fleurs « B » de caroube (originale).

Le fruit appelé caroube, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1.5 à 3.5 cm de largeur et de 1 à 1.25 cm d'épaisseur, le poids est de 15 à 40 g (**figure 03**). La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferment 4 à 16 graines. Sa couleur est d'abord verte, puis elle change de couleur pour devenir brune foncée à maturité (**Ait Chitt et al., 2007**).



Figure 03 : Fruit de caroube (originale).

I.3. Répartition géographique

Le caroubier est distribué dans toute la région du bassin méditerranéen. On le rencontre actuellement dans une zone allant de l'Espagne et du Portugal jusqu'en Turquie, en Syrie, en passant par le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Lybie, l'Egypte, le Liban, la Grèce, l'Italie et la France.

Plus récemment, le caroubier a été introduit dans de nombreux autres pays à climat chaud et semi-aride principalement les Etats-Unis (Floride, Californie et l'Arizona), l'Australie, l'Argentine, le Chili, le Mexique et l'Afrique du sud (**Batel *et al.*, 1997**).

En Algérie, la distribution du caroubier suit le critère de production, il se trouve dans les wilayas suivantes : Bejaia, Blida, Tipaza, Boumerdas, Ain-Defla, Bouira, Tlemcen, Mascara et Tizi-Ouzou (**Zitouni, 2010**). Le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le Tell, ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sub-littorales tel que sahel Algérien, Dhahra, Grande-Kabylie, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étages semi-aride chaud, Mitidja et les vallées intérieures. Il descend jusqu'à Bou-Saada, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (**Quezel *et al.*, 1962**).

I.4. Composition chimique et nutritionnelle de caroube

Tableau 01 : La composition de caroube.

Composition	Pourcentage %
La pulpe :	90%
- Glucides	48 à 72 %
- Protéines	1 à 2 %
- Matières grasses	0.5 à 0.7 %
- Cellulose et hémicellulose	18 %
- Pectine et fibres	4.2 à 9.6 %
- Cendres	1.5 à 2.4 %
- Poly Phénols	16 à 20 %
- Et des minéraux (Ca, Mg, K, P)	0.36 à 0.5 %
La graine	10 %
- l'enveloppe tégumentaire (cuticule)	30 à 33 %
- l'endosperme (albumen)	42 à 46 %
- l'embryon (germe)	23 à 25 %

(Biner *et al.*, 2007)

- **Farine de pulpe :**

La composition chimique de la pulpe de gousse dépend en général de la variété, du climat, des techniques de culture, de l'origine et parfois de la période de récolte (Avallon *et al.*, 1997). Selon le (tableau 01), la pulpe de gousses représente 90 % de la masse du fruit. Ses constituants chimiques majeurs sont l'eau, les hydrates de caroube, les protéines et acides aminées, les lipides et acides gras, polyphénols, cendres, les fibres solubles et insolubles (Yousif *et al.*, 2000).

La pulpe de gousse de caroube est très riche en sucre (48 à 56%) en particulier (saccharose, fructose, glucose), ce qui lui confère un goût très sucré. Mais pauvre en protéines (2 à 6 %) et en lipides (0.4 à 0.6 %) les acides aspartique, glutamique, l'alanine, la leucine et la valine représentant 57 % des acides aminés totaux de la pulpe. Elle contient également une teneur très élevée en fibres (27 à 40%) et une quantité important en tanine et en polyphénols (18 à 20 %) Par ailleurs, la pulpe est une bonne source de minéraux (K, Ca, Na, Fe et Mg) et de vitamines (Avallon *et al.*, 1997).

I.5. Utilisation nutritionnelle de la caroube :

La gousse de caroube, est un fruit à usages multiples, tous les composants de l'arbre (feuilles, fleurs, fruits, bois, racines) sont utiles et ont de la valeur nutritionnelle et/ou thérapeutique. Une gamme de produits est dérivée de caroube à partir des graines et des gousses (**Ait Chitt et al., 2007**).

Deux produits très différents utilisés abondamment par l'industrie alimentaire : la farine de caroube et la gomme de caroube.

Alimentation humaine : si la consommation directe de caroubes n'a plus qu'une valeur anecdotique, la farine de caroube est utilisée de nos jours dans l'industrie agro-alimentaire comme additif (code E410) pour les glaces, les pâtisseries, les aliments diététiques (pas de gluten dans la farine de caroube), notamment comme succédané de cacao. La farine de caroube, contrairement à son homologue le cacao, ne contient ni théobromine, ni caféine, deux alcaloïdes, à l'action excitante sur l'organisme (**kaderi, 2014**). Il est utilisé comme base des boissons gazeuses appelées Boga, ou bouilli et son concentré donne une mélasse naturelle douce et onctueuse (debs elkharoube), il se consomme avec du pain. On lui donne la qualité de déconstrictant. En Egypte, on extrait des fruits un sirop qui est employé pour confire les fruits, les Arabes fabriquent avec la pulpe une boisson alcoolisée et les Kabyles fabriquent à partir du fruit un plat appelé "Tomina" (**Kaderi, 2014**).

Alimentation infantile : la farine de caroube est utilisée dans le lait en poudre pour bébé comme épaississant remplacement de la traditionnelle farine de bébé. Ce genre d'épaississant est recommandé pour lutter contre le reflux gastro-œsophagien infantile. Cette farine de caroube est censée être moins allergène que la farine de céréales.

Alimentation animale : les caroubes constituent un excellent aliment énergétique pour le bétail. On les incorpore parfois dans les aliments composés (**Ait Chitt et al., 2007**). Aussi les graines du caroubier permettent de produire une gomme utilisée surtout dans l'industrie alimentaire comme substitut de la pectine, de la gélatine, comme stabilisateur alimentaire, dans les milieux de culture pour la croissance bactérienne et dans d'autres applications industrielles (industrie du papier, textile, pharmacie) (**Kaderi, 2014**)

I.6. Utilisation thérapeutique et cosmétique de la caroube :

La caroube est considérée comme une plante d'investigation de nombreux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe de la graine et la pulpe de fruit. De nombreuses études cliniques ont souligné l'efficacité de la poudre de caroube dans le traitement des diarrhées aiguës infantiles (**Serairi et al., 2000**), ce qui a été confirmé par l'étude clinique menée par (**Loeb et al., 1989**) chez des enfants âgés de 3 à 21 mois, que le transit intestinal, la température et le poids de l'enfant s'amélioreraient plus vite après l'administration de la poudre de caroube par voie orale.

Selon, **Rajeb (1995)** la pulpe est recommandée contre la tuberculose pulmonaire et les infections des branches. Etant riche en antioxydants (composés phénoliques), en sucres, fibres, potassium et calcium, cette plante est connue en thérapeutique pour son effet hypocholestérolémiant, antiprolifératif, anti diarrhéique et troubles digestifs (**Berrougui, 2007**). La haute teneur en fibres de la farine de caroube suggère qu'elle pourrait réduire le taux de cholestérol sanguin (**Zunft et al., 2003**). De plus un extrait de pulpe de caroubier riche en polyphénols et en antioxydants, dégradent les acides gras polyinsaturés dans divers produits alimentaires, et même facilite l'absorption intestinale (**Grundel et al., 2006**).

D'autres études expérimentales ont démontré les capacités bactéricides de la pulpe de caroube vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, la farine de caroube adsorberait aussi les entérotoxines produites par certaines souches de Staphylocoques ainsi que par le vibron cholérique, ce mécanisme d'absorption pourrait être expliqué par la présence de tanins dans la partie insoluble et active de la caroube (**Tolentino, 1950**).

Selon **Priolo et al., (2000)** l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles, ces derniers ont été utilisés en Turquie, dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée mais aussi dans l'alimentation diététique (**Merzouki et al., 2017**), ils ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxiques et antimicrobiennes (**Kivcak et al., 2002**).

La gomme de caroube est utilisée en cosmétique pour sa capacité à former une solution très visqueuse, à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (**Battle et al., 1997**).

I.7. Production nationale et internationale de la caroube

Selon les données de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) 2018, l'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 42866 ha (**tableau 02**). La plus grande superficie, 25501 ha est celle de l'Europe, elle est essentiellement concentrée en Espagne. Contre une superficie estimée à 11326 ha pour l'Afrique essentiellement Afrique de Sud, l'Algérie et Angola. 76 ha pour l'Amérique basé on Argentine. La production mondiale de caroube est estimée à 144960 tonnes.

Tableau 02 : la surface cultivée et la production de la caroube dans le monde.

Année et superficie Pays	En 2000		En 2018	
	Superficie (ha)	Production (tonnes)	Superficie (ha)	Production (tonnes)
Monde	57035	155440	42866	144960
Europe	36665	101550	25501	93758
Afrique	12670	27747	11326	25666
Amérique	70	43	76	300

FAOSTAT, (2018)

Durant le siècle dernier, la production mondiale de caroube a connu une chute dramatique. Selon **Battle (1997)**, la régression accusée dans la production de caroubier a été principalement liée à la baisse des prix et aux programmes du développement des zones côtières au dépend des plantations de caroubier.

Selon les statistiques fournies par l'organisation des notions unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en 2000 la surface cultivée de caroube en Algérie était de l'ordre de 1210 ha. 18 ans plus tard, la surface s'est rétrécie à 789 ha seulement. La production, quant à elle, est passée de 3952 tonnes en 2000 à 2880 tonnes en 2018. Malgré son vaste territoire et qu'elle est considérée parmi les pays méditerranéens producteurs de caroube, On remarque qu'en Algérie la production de caroube ainsi que la surface cultivée ont baissés par rapport aux données enregistrées durant l'année 2000, pour la simple raison de ne plus utilisé comme

plante fourragère pour l'aliment du bétail au profit de l'orge, aussi à cause de son cout élevé et son rendement plutôt lent (10 à 15 ans après sa plantation).

II. Le chocolat

II.1. Historique et origine du chocolat

Ce sont les aztèques de l'Amérique du sud qui sont les premiers à avoir utilisé le cacao. Ils mélangent les fèves écrasées à du poivre, piment, de la vanille et de l'eau. Cette boisson servait lors des rituels religieux. Le cacaoyer était appelé « l'arbre de vie ». Christophe Colomb découvre le cacao en 1502 lors de son dernier voyage mais or il n'appréciât pas sa saveur amère et épicée. C'est Cortès qui ramena le cacao en Espagne en 1519 (**Bardi et al., 1999**). Après la colonisation espagnole, le cacao fut exporté en Europe, ou la recette fut modifiée, en ajoutant du sucre et en remplaçant le piment par de la cannelle, pour en faire une boisson chaude. Le cacao fut ensuite mélangé avec du lait et consommé sous forme de confiseries (**Bardoulat, 2005**).

C'est aux XVIIIe et XIXe siècles que débute la production du chocolat solide. Grace aux techniques de torréfaction des fèves, d'extraction du beurre de cacao et de conchage, le chocolat solide devint plus fin et plus brillant (la boisson rencontre un succès fou chez les nobles et les bourgeois). Le Hollandais Coenrad Van Hoten inventa en 1828 la presse à cacao qui permet de séparer le beurre et la poudre de cacao. Enfin, c'est au XXe siècle qu'on créa et développa les barres de chocolats (**Bardi et al., 1999**).

L'origine du mot chocolat, composé de -choco- : bruit et de -atle- : eau, dérivé de mots aztèques tchoco et latte signifiant le bruit fait par le batteur de chocolat lorsqu'il remua la boisson pour la faire mousser. D'autre origine maya est dérivée du mot xocoalt (dite chocoatl), signifiant probablement -eau fermentée- et désignant une boisson faite en rajoutant, aux fèves torréfiées et broyées, de l'eau, de la farine de maïs, du piment et d'épices (**Buxeroud, 1999**).

II.2. Présentation du chocolat

II.2.1. Définition du chocolat

Le chocolat est un produit obtenu par un procédé approprié de fabrication à partir de matières provenant du cacao et pouvant être combinées avec des produits laitiers, des sucres et/ou des édulcorants, et autres additifs (**CODEX STAN 87-1981, Rév.1 - 2003**).

D'un point de vue physique un chocolat peut se définir comme une dispersion presque anhydre de très fines particules non grasses (saccharose, lactose, protéines, minéraux) dans une phase grasse solidifiée, constituée essentiellement de triglycérides. Ces triglycérides sont issus uniquement de la pâte de cacao dans le cas d'un chocolat noir, mais proviendraient également du lait dans le cas des chocolats au lait ou blancs (Multon, 1992).

II.2.2. Types de chocolat

Selon la composition et le pourcentage de la phase solide continue on peut distinguer :

Chocolat noir : aussi appelé chocolat fondant ou chocolat amer, est le chocolat proprement dit. C'est le mélange de cacao et de sucre. Pour pouvoir être appelé « chocolat », il doit contenir au minimum 34 % de cacao. Le besoin en sucre dépend de l'amertume de la variété de cacao utilisée. Il connaît un renouveau de consommation depuis le début des années 90 même s'il reste moins consommé que le chocolat au lait (CODEX STAN 87-1981, Rév.1 - 2003).

Chocolat au lait : le chocolat au lait est un chocolat contenant usuellement entre 25 % et 40 % de cacao et de beurre de cacao (mais parfois jusqu'à 65 % de cacao), du lait généralement sous forme de lait en poudre, ainsi que du sucre et autre additifs (Bryselbout *et al.*, 2013).

- a) **Chocolat non sucré** : le chocolat non sucré est de la pâte de cacao pure sans addition de sucre (Bryselbout *et al.*, 2013).
- b) **Chocolat blanc** : est une préparation à base de beurre de cacao, additionné de sucre, de lait et d'arôme, sans aucune composante solide de cacao. Il est surtout utilisé en confiserie pour jouer sur le contraste des couleurs (Bryselbout *et al.*, 2013).

II.3. Matières premières utilisées dans la fabrication du chocolat

Parmi les matières premières les plus importantes, le beurre de cacao qui est la matière grasse obtenue à partir des fèves de cacao. Une fois le beurre extrait de la pâte de cacao, il reste une masse solide appelée tourteau. Celui-ci est ensuite concassé, pulvérisé et tamisé pour donner le cacao en poudre. Le sucre déterminera la douceur du chocolat (Garg, 2011). Les émulsifiants ce sont la lécithine végétale (tirée le plus souvent de l'huile de soja) et autres, elle doit être techniquement pure, et son ajout ne doit pas être supérieure à 0.2 %. La liste des ingrédients pouvant entrer dans le chocolat noir est donc très limitée : pâte de cacao, beurre de cacao, saccharose, lécithine végétale. Eventuellement des substances aromatiques (vanille,

cannelle, miel, café...) viennent compléter la composition. Pour les chocolats au lait, on ajoute différentes poudres de lait et de produits dérivés du lait, matière grasse et matière sèche. Le pourcentage de chaque élément dépend de la variété et du type de chocolat à obtenir (Potters, 2003).

II.4. Technologie de fabrication de chocolat

A/ Réception des matières premières

Elle est aujourd'hui l'une des fonctions capitales d'une bonne fabrication. En effet le service commercial doit choisir les meilleures qualités, les contrôler pour vérifier leur conformité pour ce qui est demandé, quant à leur bon état de conservation. Les matières premières doivent être stockées convenablement jusqu'au moment de leur utilisation.

B/ Préparation de la formule

Les responsables de production doivent connaître le type de chocolat à préparer.

C/ Mélange des matières premières

En principe, le mélange d'ingrédients doit permettre d'obtenir un produit dont la composition et les caractéristiques concordent avec la formule choisie.

D/ Malaxage

la poudre de cacao, le beurre de cacao et le sucre en poudre sont mélangés, est malaxés jusqu'à l'obtention d'une masse fluide et grasse qui est le chocolat noir. Cependant, pour fabriquer du chocolat au lait, on ajoute dans le mélangeur du lait en poudre (Graille, 2003).

Le rôle de cette opération est d'homogénéiser le mélange et de l'amener à la consistance voulue pour le broyage (Pépin, 2002).

E/ Le broyage

S'effectue sur deux étapes :

1. Le pré-broyage : a pour but de réduire la taille des plus gros cristaux, l'épaisseur recherchée est d'environ 200 um (Pépin, 2002).

2. Le raffinage : toutes les particules sont broyées et déformées jusqu'à une taille constante. C'est dans cette étape de broyage que le chocolat doit son onctuosité. C'est à lui aussi, s'il est bien mené, que le chocolat doit sa qualité (**Graille, 2003**).

F/ Conchage

C'est une opération capitale en chocolaterie. Il consiste à brasser doucement à chaud la pâte de chocolat liquide pendant longtemps. Le chauffage est progressif, il ne doit pas dépasser 80 à 85° C pour le chocolat noir et 55 à 60° C pour le chocolat au lait, la pâte est continuellement brassée, agitée, malaxée, étirée. La durée de cette agitation régulière est de 24 à 72 heures selon le résultat désiré qui produit un chocolat plat. Le conchage vise à rendre la pâte plus malléable, aussi à réduire son taux d'humidité. La texture finale, lisse, onctueuse et brillante du chocolat lui revient. C'est pendant cette étape que sont ajoutés divers parfums : cannelle, café, essence d'orange, vanille (**Pépin, 2002**). Par la suite on laisse la pâte reposer 72 heures pendant que ses arômes continuent d'évoluer. Après le conchage, la pâte est stockée telle quelle, c'est le chocolat liquide. Cette masse peut à nouveau subir une série de transformations, conduisant au chocolat solide (**Pépin, 2002**).

G/ Tempéage : le chocolat liquide, maintenu en tank à 30 - 40° C va passer dans une tempéreuse ou il sera amené à une température qui permet au beurre de cacao de se cristalliser en une masse très fine et homogène. Le but du tempéage est donc d'ensemencer la masse de chocolat an microcristaux qui donneront au chocolat une structure fine et non sablonneuse (**Pépin, 2002**).

H/ Moulage : le chocolat est coulée dans les moules, par le biais d'une peseuse ou doseuse, qui garantit un poids constant. Les moules défilent ensuite sur une tapoteuse mécanique, qui par une trépidation continue, permet à la masse de se tasser et d'épouser la forme des moules, tout en la débarrassant des bulles d'air restantes. Les moules passent en fin dans un tunnel de réfrigération à 6 - 7°C environ. Le chocolat s'y refroidit, se solidifie, se rétracte dans les moules. Il ne reste alors qu'à démouler les tablettes puis à les conditionner. Pour les tablettes pleines comportant une garniture (fruits secs, entiers ou concassés, fruits confits...), l'ajout de la garniture au chocolat se fait avant le remplissage des moules (**Graille, 2003**).

I/ Conditionnement : Il diffère selon les produits. Par exemple : pour les tablettes, elles sont pliées automatiquement, sont enveloppées dans du papier aluminium et remballées dans

Partie bibliographique

du carton pour éviter la casse. Pour les bonbons de chocolat, ils peuvent être conditionnés en état ou après enveloppage dans une feuille d'aluminium puis seront cornés de papier (Vita, 2005).

II.5. Compositions du chocolat

Selon Pépin (2002), le chocolat contient trois constituants essentiels : les glucides, lipides et protéines ainsi que des vitamines (A, B1, B2, E) et des minéraux. Il est riche en acides gras polyinsaturés d'origine végétale, son taux de cholestérol est faible. Le (tableau 03) ci-dessous donne la composition nutritionnelle moyenne de différentes variétés pour 100g de chocolat.

Tableau 03 : Compositions moyennes pour 100g du chocolat.

Types Compositions	Chocolat noire	Chocolat au lait	Chocolat blanc
Calories « Kcal »	520	550	550
Nutriments « g »			
-Protéines	5.3	9.2	8.5
-Glucides	47	54.3	57.2
-Lipides	30	31.5	31.3
Sels minéraux « mg »			
-Calcium	63	214	301
-Magnesium	100	86	33
-Phosphore	287	242	224
-Potassium	397	471	401

(Pépin, 2002)

II.6. Valeur nutritive du chocolat

Le chocolat est un aliment à part entière, il participe au bien-être et à la santé. Il est à la fois doux et agréable au palais, grâce aux sucres et aux arômes vanillés qu'il peut contenir (Stéphane *et al*, 2005).

La composition nutritionnelle d'un chocolat va dépendre de sa nature et des ingrédients mis en œuvre lors de sa fabrication. Plus un chocolat est riche en cacao, plus il va être riche en matières grasses, mais aussi moins sucré. Ainsi, un chocolat noir va être plus riche en lipides car il contient plus de cacao et de beurre de cacao et un chocolat au lait sera plus sucré car il

est composé de sucres ajoutés ainsi que de lait. Le chocolat blanc, quant à lui, est très sucré car il ne contient pas de cacao mais du beurre de cacao additionné de sucre.

Les protéines elles représentant 5 % à 10 % dans les chocolats. Ces protéines d'origine végétale sont apportées par la pâte de cacao, mais aussi par la poudre de lait ajoutée dans certains chocolats. Les lipides ils représentent 30% à 42% du chocolat. Les apports en sucres (glucides) représentent 33 % à 58 % dans les divers chocolats, ils résultent principalement des ajouts de sucre ou d'aliments sucrés lors de leur fabrication. Le chocolat noire elle est riche en fibre, contient de 7 à 13 g pour 100 g de chocolat, sont apportées par la pâte du cacao, donc plus un chocolat est riche en cacao, plus il riche en fibres.

Le chocolat elle est riche en minéraux notamment en magnésium, essentiel au bon fonctionnement du système nerveux. Le potassium, il intervient dans l'excitabilité musculaire et dans le métabolisme cardiaque (Le chocolat en apporte en grande quantité, ce qui est bon pour le cœur). Et le fer ainsi en calcium pour le chocolat au lait et chocolat blanc et phosphore Le chocolat contient des petites quantités de vitamines A, E et du groupe B (**Stéphanie, 2005**).

II.7. Normes de fabrication du chocolat

Le chocolat est soumis à la directive européenne 2000/36/CE retranscrite en France par le décret N°76-692 du 13 juillet 1976 modifié par le décret N°2003-702 (dit décret « Cacao-chocolat ») du 29 juillet 2003.

Cette directive européenne établit des définitions et des règles communes pour la composition, les caractéristiques de fabrication, le conditionnement et l'étiquetage des produits de cacao et de chocolat. Elle prévoit en fonction des dénominations, des quantités minimales de matière sèche totale de cacao, dont une partie minimale fixée pour le beurre de cacao. La teneur minimale en matière sèche de lait est également fixée dans le cas du chocolat au lait (**tableau 04**).

Tableau 04 : les normes de fabrication du chocolat.

Constituants en % Types de chocolat	Beurre du cacao	Composants secs dégraissés de cacao	Composants secs de cacao	Matière grasse laitière	Extraits secs laitiers totaux
Chocolat au lait	≥ 25	≥2.5	≥25	≥2.5 - 3.5	≥12 – 14
Chocolat noir	≥18	≥14	≥35	-	-
Chocolat blanc	≥20	-	-	≥2.5-3.5	≥14

JORF n°176 du 1 août 2003

II.8. Effet du chocolat pour la santé

On dit du chocolat que c'est une obsession bénéfique à cause des effets toniques, thérapeutiques et antidépresseurs. Il peut être l'objet de gourmandise, de satisfaction ou lié à une idée de récompense déclenchant la sensation de plaisir. Manger du chocolat provoque la sécrétion d'endorphine, dont les propriétés et les effets physiologiques sont semblables à la morphine (**Vita, 2005**).

Le chocolat noir est quant à lui, considéré de bonne qualité (minimum 60 % de cacao) conçu comme aliment nutritif avantageux et non néfaste pour la santé, à condition de ne pas en consommer exagérément. Il a des vertus tonifiantes (donne du tonus, la forme), fortifiantes (qui renforcent) et stimulantes (qui excitent). Grâce à ses sels minéraux, il favorise l'activité intellectuelle (meilleure mémoire, meilleure réflexion). Le chocolat noir réduit aussi le cholestérol car il est riche en cacao et il aide l'organisme à lutter contre le dépôt de matière grasse sur les parois des artères (dans lesquelles circulent le sang) (**Taubert et al., 2003**).

Selon **Taubert et al., (2003)** la diminution de la pression artérielle (systole et diastole) chez les personnes âgées hypertendues (non traité). La quantité de flavonoïdes, pourrait même augmenter le cholestérol -HDL- (bon cholestérol) et diminue le -LDL- (mauvais cholestérol), avec l'amélioration de la sensibilité des cellules du corps à l'insuline.

III. Objectif

L'objectif principal de ce travail vise à la valorisation de la production du caroubier, notamment par le biais de la mise en œuvre d'innovations dans le secteur agro-industriel de production de chocolat comme aliment fonctionnel. La caroube, peut ainsi être utilisée comme substitut du cacao pour sa faible teneur en protéine et en matières grasses et son absence totale de caféine, et d'allergènes.

Les objectifs secondaires portent sur :

- ❖ Transformation des produits de la caroube pour diverses utilisations. Les caroubes (composées de pulpes et de graines) sont plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière.
- ❖ Essai de formulation d'une recette du chocolat à base de la pulpe de caroube (farine de caroube) incorporé à des différentes doses (15 %, 25 %, 50 %), et diminue la quantité de sucre après chaque dose élevée de la farine de caroube. Dans le but de remplacer le sucre industriel par le sucre bio (naturel) existant dans la caroube.

IV. Matériels et méthodes

IV.1. Matériels végétale

IV.1.1. Matières première

A/ la caroube :

Les caroubes utilisées sont cultivé dans la région d'Ait-Laaziz wilaya de Bouira.

B/ Autres ingrédients :

Ce sont des ingrédients rentrent dans la formulation de la recette (sucre, poudre de cacao, beurre du cacao, lait en poudre 26 %, la graisse végétale, lécithine, arôme)

C/ Traitement préliminaire des gousses de caroube

Les différentes étapes de transformation des pulpes de caroubes en farine :

Nettoyage :

- Eliminer les pierres, les particules métalliques.
- Laver les gousses avec de l'eau.

Matériel et méthode

- Sécher à l'air libre.

Concassage :

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



Figure 04 : Concassage de la gousse de caroube

Torréfaction :

- Ce séchage favorise la séparation de la pulpe et de la graine, aussi permet le développement de l'arôme.
- Refroidissement pour stopper la torréfaction.

Broyage :

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



Figure 05 : Broyage des gousses concassés et torréfiés

Tamissage et conditionnement :

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



Figure 06 : Tamisage de la farine de caroube figure 07 : Conditionnement de la farine de caroube

IV.1.2. Essai de formulation d'une recette de chocolat à partie de la caroube

Ce travail consiste à un essai de formulation de 03 différents échantillons, un chocolat de type (chocolat au lait), à partie de la farine de caroube (pulpe).

A/ Formulation d'une recette de chocolat

La préparation de produit fabriqué est réalisée manuellement, par l'incorporation de la farine de caroube par des différentes doses : 15 %, 25 %, 50 %. En utilisant la farine de caroube torréfié, la masse de cacao, beurre, poudre de lait déshydraté, la vanille et du sucre. Avec un matériel : balance analytique, bras mixeur (**SONASHI**), casserole, spatule souple en silicone, moules pour les conditionnées. Et à la fin de comparer avec le produit témoin.

Tableau 05 : les quantités des ingrédients pour la fabrication des biscuits.

Concentration		15 % FC		25 % FC		50 % FC	
Echantillons	Témoin (g)	1 ^{er} essai (g)	2 ^{eme} essai (g)	3 ^{eme} essai (g)			
Ingrédients							
Poudre de cacao	30.2	25.67	22.65	15.1			
La farine de caroube	/	4.53	7.55	15.1			
Poudre de lait	20.4	20.4	20.4	20.4			
Sucre	9.7	8.9	8.2	6.6			
Beurre	38.8	38.8	38.8	38.8			
Vanille	0.3	0.3	0.3	0.3			

B/ Préparation de la recette

Pour réaliser cette recette de chocolat au lait, on commençant à préparer tous les ingrédients :

- ✓ Peser sur une balance analytique (**SF-400**) puis mélanger les ingrédients secs dans un réceptacle avec une spatule.
- ✓ Ajouter du beurre fondu dans un bain marie au mélange.
- ✓ Malaxé le tous avec un bras mixeur, jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène.
- ✓ Réaliser un moulage dans des moules en silicone (bien essuyer que le moule et propre et sec).
- ✓ Les soumettre par la suite à un refroidissement de 4° à 6°C.
- ✓ Après 1h 30 min, les chocolats devenu solide à température ambiante.
- ✓ Démouler et conserver les chocolats à froid.

IV.2. Etapes de fabrication du chocolat

Tableau 06 : processus de fabrication du chocolat.

Etapes	Processus de fabrication
Crémage	- Cette étape consiste à mettre la graisse végétale (25kg) dans des fondoirs pour la fondre à une température de 65°C, puis dans des tanks (Bohnke Luckau) pour le stockage à 45°C.
Pétrissage	- Ensuite tous les ingrédients (G.V, poudre de lait, poudre de cacao, sucre, arômes) sont mélangés dans le pétrin à 45°C.
Raffinage	- Le chocolat préparé va être raffiné premièrement dans des tanks de pré-raffinage (3 tonnes) à une température de 45°C, ensuite le deuxième raffinage dans des moulins (weiner) à bille à une température de 50°C à une vitesse de 200tr/min.
Moulage	- Ce dernier entre dans la ligne de moulage pour le premier dépositaire de la première couche du chocolat dans les moules

préalablement chauffés de 40 à 42°C, qui subissent un mouvement vibratoire assurant un moulage adéquat du chocolat, les moules entreront ensuite dans le tunnel de refroidissement à 10°C.

- Le 2^{ème} dépositaire, pose la crème et le caramel à une température de 30 à 32°C pour que ces derniers ne se mélangent pas avec la 1^{er} couche du chocolat.

- Ensuite, le 3^{ème} dépositaire pose la 2^{ème} couche du chocolat, et enfin la tablette entre dans le réfrigérateur.

Conditionnement et stockage

- Conditionnées dans des packs à une température de 22°C.

IV.3. Contrôle de qualité

IV.3.1. Analyses physico-chimiques des matières premières

IV.3.1.1 Le pH (NF V 05-108, 1970)

❖ Principe

Le produit à analyser est dispersé dans l'eau distillé qu'on fait bouillir. Après refroidissement on détermine le pH de façon classique avec un pH mètre à deux électrodes (INOLAB).

❖ Mode opératoire

1. Peser 10g de produit à analyser dans un bécher rempli par l'eau distillée jusqu'à 100g.
2. Agitation mécanique, jusqu'à ce que la solution devienne homogène.
3. On procède à la filtration (sur papier filtre), pour récupérer le filtrat dans un autre bécher et le refroidir à 20° C.
4. Avant de mesurer le pH de notre produit, il faut étalonner l'appareil.
5. Une fois le pH équilibré, introduire l'électrode dans le bécher contenant notre produit.

❖ Expression des résultats

Lire directement les résultats sur le cadran du pH-mètre

IV.3.1.2 Détermination de la teneur en eau (Humidité) (NF P94-050 Septembre 1995)

❖ Principe

Le produit est séché à l'aide d'un dessiccateur (**VELP**) à une température.

❖ Mode opératoire

1. On place une nacelle jetable en aluminium (capsule) sur la balance qui se trouve à l'intérieur de la chambre chaude du dessiccateur.
2. On dépose 10g d'échantillons à analyser bien étalée dans la nacelle, puis on démarre l'analyse en appuyant sur la touche START de l'appareil, Cet appareil s'arrêtera automatiquement à la fin de l'analyse qui dure 2 min.
3. Lire la teneur d'humidité en pourcentage directement sur l'écran droit.

❖ Expression de résultats

Lire directement le résultat sur le cadre du dessiccateur.

IV.3.2 Analyses physico-chimique de chocolat

IV.3.2.1. Détermination de la teneur en eau dans le chocolat

La teneur en eau du chocolat est déterminée par dessiccation sur une prise d'essai de 5 g.

IV.3.2.2. Mesure de la viscosité du chocolat : (groupe Barry Callebaut, 2012)

❖ Principe de viscosimètre rotatif (**BROOKFIELD AMETEK**)

Cet instrument agit par la rotation d'un cylindre ou disque (tige) qui est plongé dans le matériel à analyser et mesure la résistance de cette substance à une vitesse sélectionnée. La résistance qui en résulte est la mesure du flux de viscosité, dépendant de la vitesse et des caractéristiques de la tige, l'appareil calcule le résultat et la lecture directe de la viscosité est reflétée en **mPas/s (SI)**.

Le viscosimètre équipé de différents types de tiges et vitesses qui permettent d'avoir une vaste plage de mesures de viscosités. Le design des tiges et les principes de mesure se régissent par les **Normes ISO 2555 et ISO 1652**. Toutes les tiges sont fabriquées en acier **inox. AISI 316** et sont facilement identifiables par leur lettre et numéro.

❖ Mode opératoire

- ❖ En viscosimètre on va choisir le mobile (RV-05) d'après le type de produit (liquide ou solide), après en attend jusqu'à la fixation de la valeur, l'unité (**mpascal/s**). Si la vitesse augment en utilise un mobile de petite taille.

IV.3.2.3. Test de raffinage (ISO 17945 :2015)

Ce test exprime l'homogénéité des ingrédients du chocolat en particulier de sucre qui doit être bien dissout dans le chocolat, dans le cas contraire l'étalement du chocolat sur la plaque est plus court et fait apparaître des traits plus au moins large.

On dépose 2 ou 3 gouttes du chocolat fondu à une température allant de 40 à 50 ° C sur la plaque du micromètre (**YASA**) et on étale le chocolat sur l'espace de micrométrie à l'aide d'un étaler métallique, et on lie par la suite l'étendu de l'étalement du chocolat sur la plaque en micromètre.

VI.3.3. Qualité microbiologiques des matières premières

En chocolateries, les contaminations microbiologiques présentent un risque faible.

Le risque majeur est lié à la contamination des fèves de cacao par salmonella, les origines de ces contaminations sont au nombre de 3 :

- ✓ La contamination initiale, par les matières premières : fèves de cacao, fruits secs, fruits séchés, lécithine,...les salmonella sont détruites si les matières premières subissent un traitement thermique au cours du procédé.
- ✓ La contamination au cours de fabrication : les origines de contamination sont ici le matériel, les méthodes, le milieu et la main d'œuvre.
- ✓ La non décontamination : Due au barème de torréfaction non maîtrisé. Les salmonelles résistent bien à la chaleur dans des conditions d'activité de l'eau (AW) relativement basse. Les salmonelles ne sont pas détruites au conchage (**JORA N°39- 02juillet 2017**).

V. Résultats et discussion

V.1. Résultats des traitements des gousses de la caroube

La **figure 08** montre les résultats d'analyses physico-chimiques de la graine et produits de caroube sont déterminées tout au long du diagramme de traitement de la gousse lors de séchage, torréfaction et broyage des gousses après les avoir débarrassées de leurs grains.

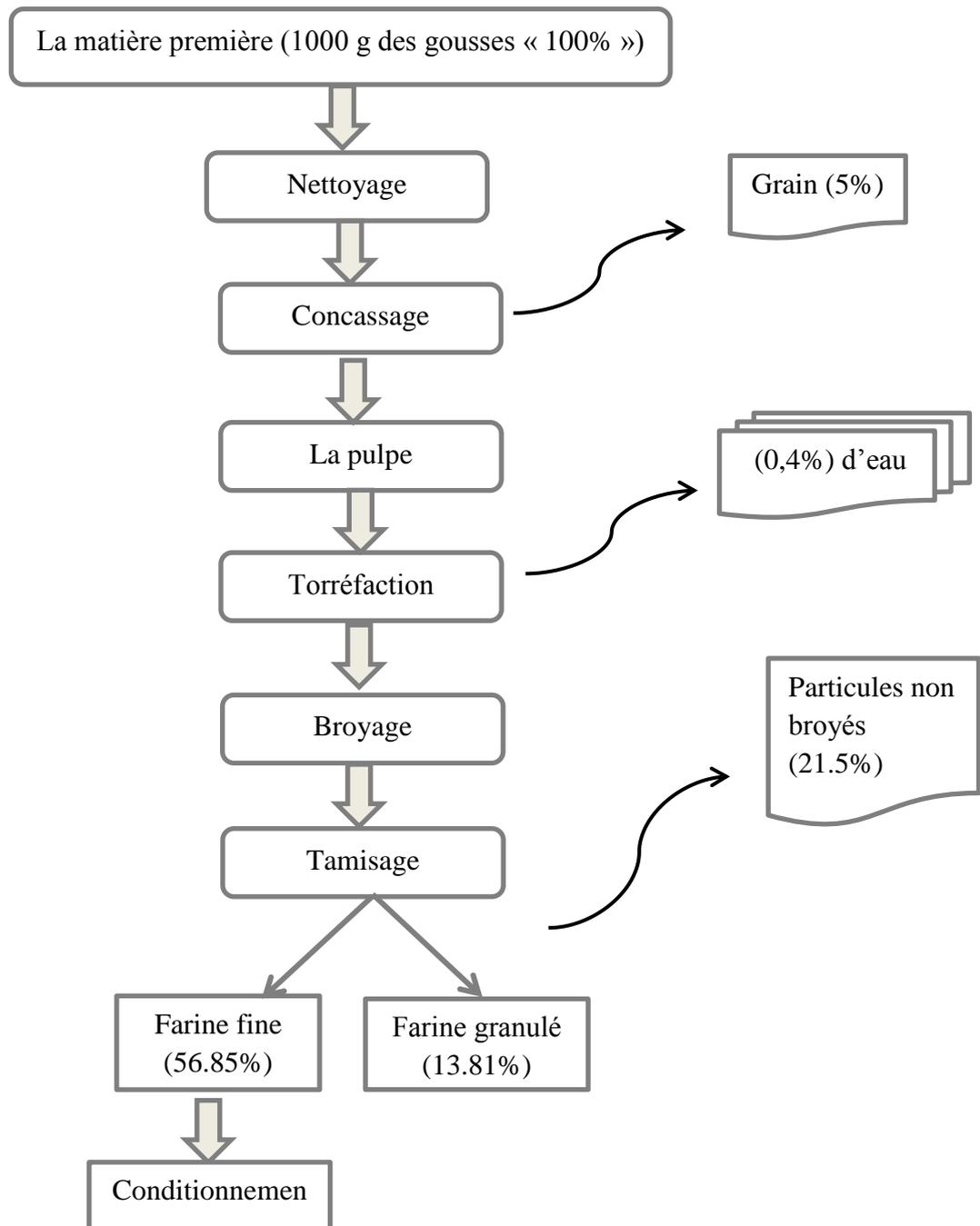


Figure 08 : Diagramme des traitements des gousses de la caroube

Résultats et discussion

La **Figure 09** nous montrons les différents produits tirés de traitements des gousses de caroube.



Grain	Pulpe concassé	Farine fine	Farine granulé	Particule non Broyé
50g	925.84g	568.57g	138.12g	215.02g

Figure 09 : Les différents résultats des traitements des gousses de caroube.

Après le traitement de caroube on a obtenus un taux d'extraction qui est de l'ordre de 56.85% (farine de caroube) par apport à la matière première et un taux de déchet qui est d'ordre 43.13%. Ce dernier englobe les grains, les particules non broyées, l'humidité et la farine granulé.

Ce rendement d'extraction peut être amélioré si on utilise des bonnes conditions de mouture (on a réalisé une mouture traditionnelle à l'aide d'un moulin de pierre manuel).

V.2. Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières

V.2.1. Résultats physico-chimiques de la farine de la caroube

Les résultats des analyses physico-chimiques de la farine de caroube présentés dans le tableau suivant :

Tableau 07 : les résultats physico-chimiques de la farine de caroube

Critères d'analyses	Résultats %
Le pH	5,029
La teneur en eau (Humidité%)	7,002%

D'après les résultats de la caractérisation physico-chimiques de la farine de caroube utilisée nous constatons que :

- ✓ Le pH de la farine de caroube obtenue est de **5,029** selon la norme **ISO 7907 :1987**, et presque la même que (**Rajem et al., 2016**), qui est de l'ordre de 5.39.

Résultats et discussion

- ✓ La teneur en eau de la farine de caroube est de 7,002%. Elle est également conforme aux normes (entre 6% et 15.6%) selon (Avallon *et al.*, 1997).

V.2.2. Résultats physico-chimiques de la poudre de cacao

Tableau 08 : Les résultats physico-chimiques de la poudre de cacao.

Critères d'analyse	Résultats %
Le pH	5,691
La teneur en eau (Humidité%)	2,93%

D'après les résultats obtenus de la poudre de cacao analysée nous constatons que :

- ✓ Le pH de la poudre de cacao obtenue est de **5,691**. cette valeur est acceptable par rapport au journal officiel de la république algérienne (**JORA**), (**5.3 et 5.7**) grâce au bon conditionnement de transport, entreposage et stockage de cacao et matière première.
- ✓ La teneur en eau de la poudre de cacao est de **2.93%**. elle est également conforme aux normes (**H \leq 4% CODEX alimentaire 2003**).

Le contrôle de la teneur en humidité de la matière première permet de protéger leur valeur commerciale. Sur le plant chimique l'humidité est l'ennemi de chocolat. Une teneur élevée en eau peut faire apparaître un voile à la surface de produit. Le voile dû à l'humidité est ennuyeux, ce sont les cristaux de sucres qui remontent et se dissolvent l'atmosphère humide puis recristallisent et forment un film gris désagréable. Cela entraîne une détérioration de la texture et du goût du chocolat (**Stéphane, 2005**).

Le pH de la farine de caroube était presque significatif (5et 5.6) respectivement avec celle de la poudre de cacao. Par contre l'humidité des produits était significativement différents, de tels résultats peut être attribuée à la manque de torréfaction pour la farine de carroube qui à marquer une quantité d'eau restant où la formation de sous-produits durant cette dernier. La teneur en eau est en relation avec les conditions de la récolte des cabosses (pour le cacao) et le caroubier, même les endroits de stockage des matières.

V.3. Résultats physico-chimique du chocolat (produit fini)

Tableau 09 : les résultats physico-chimique du chocolat.

Critère d'analyse	Résultats%
La teneur en eau (Humidité %)	0.7%

Résultats et discussion

D'après les résultats obtenus, la teneur en eau du chocolat est de l'ordre de **0.7%**, elle est conforme aux normes de l'entreprise ($H\% \leq 0.75$).

Le chocolat à une teneur en eau inférieur à 1.5 % selon (**le codex STAN 87- 1981, Rev.1-2003**). Son Aw étant faible, il ne présente pas de risque en ce qui concerne la qualité microbiologique.

- Résultats de raffinage et viscosité de produit fini (chocolat)

L'analyse du produit semi-fini dans l'unité Palmary comprend la détermination de la viscosité et le raffinage, chocolat noire et chocolat au lait. Les résultats de ces analyses sont illustrés par le (**tableau09**) à partir duquel une comparaison entre les deux types de chocolat

Tableau 10 : les résultats de viscosité et de raffinage des deux types de chocolats

Paramètres	Chocolat noire	Chocolat au lait
Viscosité (mpas/s)	32.6 mpas/s	26.18 mpas/s
Raffinage (μm)	31 μm	30.42 μm

- ✓ Il n'y a pas de différence significative dans le raffinage entre le chocolat noir et le chocolat au lait, ils sont conformes aux normes (≤ 40).
- ✓ Pour la viscosité des deux chocolats, tel que le chocolat noir paraît plus solide que le chocolat au lait, cela peut être attribué à la différence dans la composition des deux chocolats : le chocolat au lait contient de la poudre de lait dont la texture est différente de celle du cacao.

V.4. Résultats de test organoleptique de produits fini (chocolat)

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale des chocolats.

L'analyse sensorielle des chocolats est faite par 20 personnes, leur moyenne d'âge est de (18-60) ans. S'est déroulé au niveau du notre environnement avec les consommateurs qui constituent les membres de nos familles, les paramètres choisis pour l'évaluation sensorielle de notre produit portent sur : la texture, la couleur, l'odeur et le goût avec une échelle de 0 à 10.

Résultats et discussion

Devant chaque dégustateur il y a 04 produits de chocolat : (le témoin et 3 échantillons incorporés de la farine de la caroube de concentration différente 15%, 25%, 50%). Ils doivent individuellement évaluer chaque chocolat selon les caractères prédéfinis.

V.4.1. Les résultats obtenus de la texture des chocolats

Les résultats obtenus de la texture des chocolats sont présentés sur la **figure 10** qui représente le pourcentage d'appréciation de la texture des chocolats en fonction de type de chocolat.

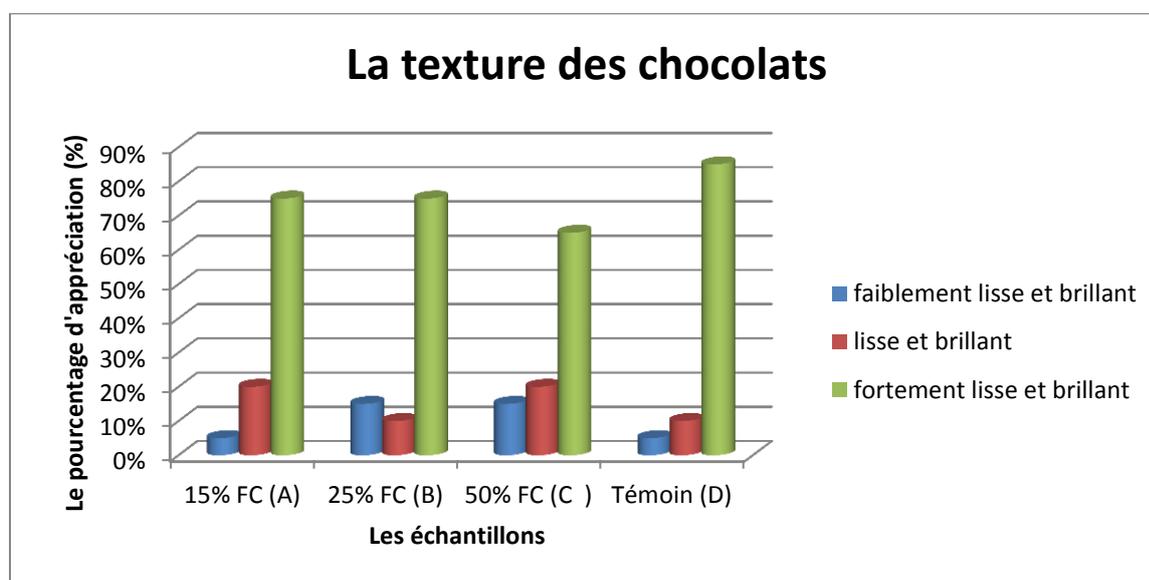


Figure 10 : Résultats de l'évaluation de la texture des chocolats

D'après les résultats d'évaluation sensorielle obtenus, nous remarquons que tous les échantillons ont une texture « lisse et brillant », et leur comparaison avec le témoin D qui à une texture fortement lisse et brillant de l'ordre de 83%, en constatant que les chocolats obtenus par l'incorporation de 15 % FC est le plus apprécié par les dégustateurs avec un pourcentage de 73 %.

Les résultats de la texture et l'état de surface du chocolat témoin et celle avec la farine de caroube incorporés avec des différentes doses (15 %, 25 %, 50 %) sont significatives avec une texture « lisse et brillant », d'un pourcentage varie entre (65 à 83 %).

Le chocolat au lait contient des particules de la farine de caroube (extrait de la pulpe), cacao et des cristaux de sucres et des solides du lait, ces derniers sont formés au cours de cristallisation et séchage. Ces agglomérats sont détruits lors de broyage fin, leurs particules

Résultats et discussion

vont divisés. Les résultats obtenus signifient que les matières premières sont très fines et répondent aux normes (150 à 200 microns) sont bien raffinées avec l'absence totale des bulles et graneus et les grosses particules.

Notre résultat concorde avec ceux obtenus par **Barel (1999)** et **Andrade *et al.*, (1999)** qui ont observé après le test sensoriel du chocolat que ce dernier doit être lisse et brillant, le lissage et la brillance c'est la garantie d'un bon travail du chocolat.

V.4.2. Les résultats obtenus de la couleur des chocolats

Les résultats obtenus de la couleur des chocolats sont présentés sur **la figure 11** qui représente le pourcentage d'appréciation de la couleur des chocolats en fonction du type de chocolat.

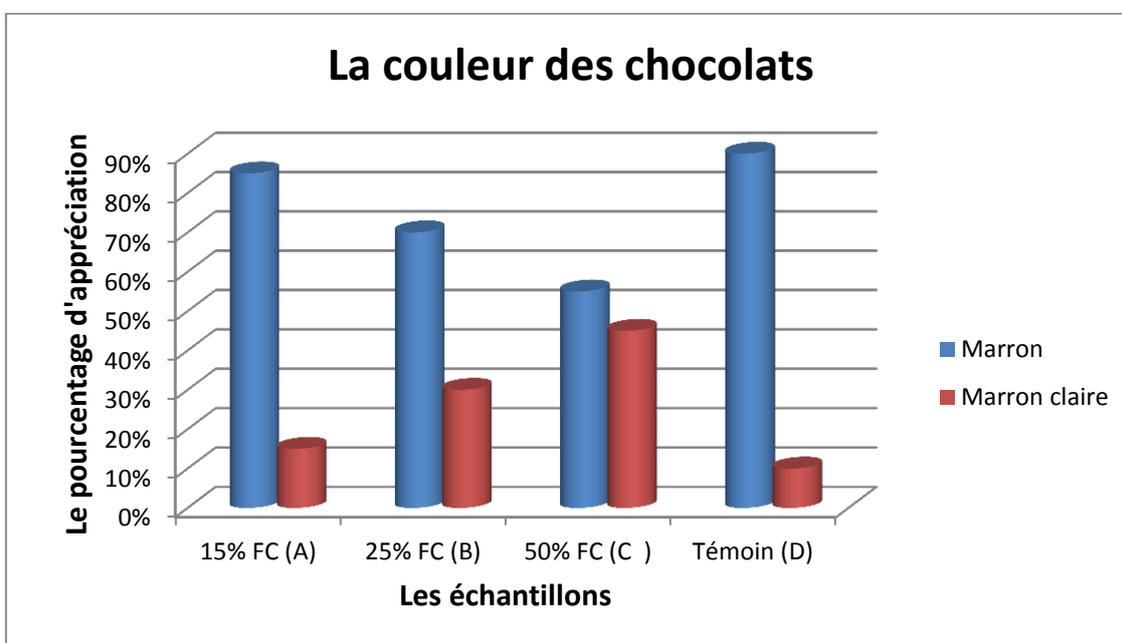


Figure 11 : Résultats de l'évaluation de la couleur des chocolats

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

À partir de l'évaluation sensorielle, nous remarquons que les chocolats incorporées de la FC à des doses de 15 % avec le chocolat témoin D d'une couleur marron, étaient acceptables avec un pourcentage qui varie entre (90 % à 95 %), cela est dû probablement au faible pourcentage de la farine de la caroube. Par contre, l'échantillon B et C de (25 % FC et de 50 % FC) d'une couleur « marron claire » ont été choisis avec un pourcentage faible qui varie de (25 % à 60 %), cela est dû au pourcentage élevé de la farine de la caroube. Les chocolats incorporées à

Résultats et discussion

des différentes doses de la farine de caroube, ont reçus des notes pour la couleur inférieure à celles du témoin. Ces résultats peuvent s'expliquer par le changement de la couleur de marron (couleur caractéristique des chocolats) au marron clair (couleur des pigments de la pulpe de la farine de caroube).

Le chemin de couleurs qui mène au chocolat, commence avec les matières premières dont la couleur dépend de la variété et la quantité de ces derniers.

Selon **Durazzo et al., (2014)**, Toutes ces couleurs sont essentiellement dues à des pigments de la famille des flavonoïdes qui sont dans le cacao ainsi que dans la farine de caroube, qui donne une couleur attirante au chocolat.

V.4.3. Les résultats obtenus de l'odeur des chocolats

Les résultats obtenus l'odeur des chocolats sont présentés sur **la figure 12** qui représente le pourcentage d'appréciation de l'odeur des chocolats en fonction de type de chocolat.

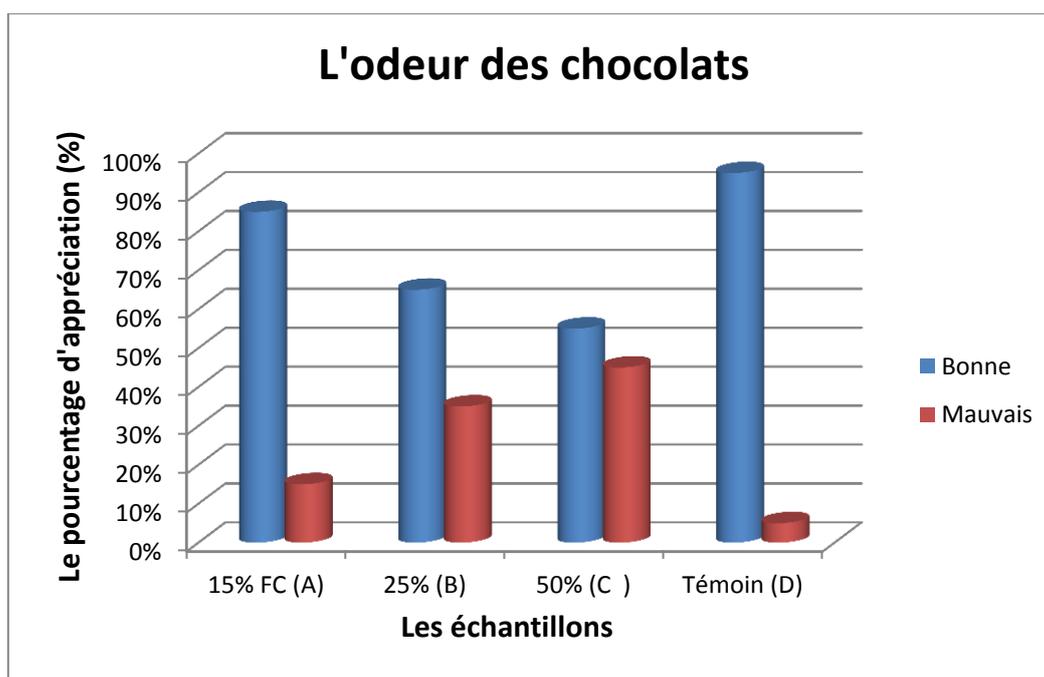


Figure 12 : Les résultats d'évaluation d'odeur des chocolats

Les résultats obtenus par l'évaluation sensorielle, désignent que l'odeur est agréable pour le témoin D et l'échantillon A (15 % FC), par l'ensemble des dégustateurs avec un pourcentage varie de (83 % à 93 %). Contrairement à les chocolats incorporés de (25 % FC) et (50 % FC) ont obtenus des notes faibles indiquant une mauvaise acceptabilité sensorielle, et les meilleures notes sont obtenues par le chocolat témoin.

Résultats et discussion

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

V.4.4. Les résultats obtenus du gout des chocolats

Les résultats obtenus du gout des chocolats sont présentés sur **la figure 13** qui représente le pourcentage d'appréciation de gout des chocolats en fonction de type de chocolat.

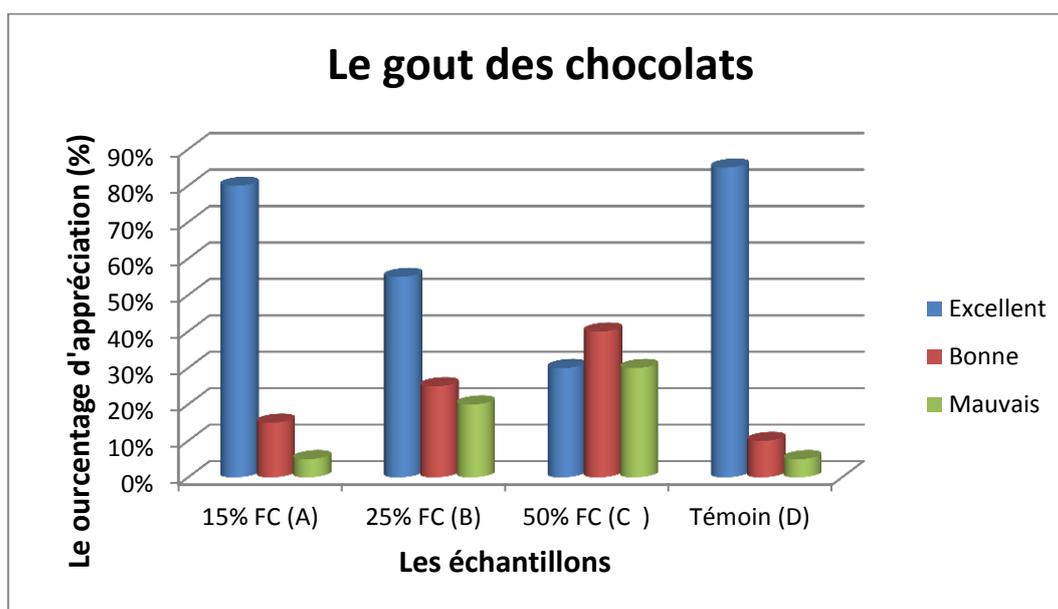


Figure 13 : Les résultats d'évaluation du gout des chocolats

A partir des résultats d'évaluation sensorielle obtenus, on remarque que le chocolat témoin et celle incorporées de 15 % FC, présentés le pourcentage le plus élevé de gout qui est de l'ordre de 77 %, par contre les deux échantillons B et C d'une forte doses de la farine de caroube (25 % et 50 % FC), ont obtenus des notes faibles indiquant une mauvais acceptabilité avec un pourcentage varie entre (19 % à 28 %).

Les résultats de gout signifie que le témoin et l'échantillon A sont plus sucrés avec une légère acidité du de la farine de caroube, lors de la dégustation le chocolat laisser en bouche un gout franc son coller au palais.

Le gout du chocolat varie selon la provenance des fèves, certaines sont vanillés et même ressemble au café, c'est pour cette raison qui ont prêté l'utilisation de la farine de caroube dans l'alimentation comme remplaçant du cacao. Ces résultats obtenus rejoindre celle de *Durazzo et al., (2014)* et *Andrade et al., (1999)*.

Résultats et discussion

Les résultats obtenus montrent que le chocolat témoin a reçu la plus grande acceptabilité d'où la texture, la couleur, l'odeur et le goût. Suivi par le chocolat incorporé de (15 % de FC), qui a reçu une valeur acceptable par l'ensemble des dégustateurs. Au contraire, Les deux chocolats incorporés de (25% et 50% de FC) respectivement, ont obtenus des résultats inférieures à celle de témoin, indiquant une mauvaise acceptabilité sensorielle.

Un produit alimentaire nutritionnel enrichi en caroube a été développé dans le cadre de ce travail. L'incorporation de la pulpe de caroube dans le produit alimentaire a été réalisée avec succès. Des informations importantes ont pu être tirées à travers les essais de formulation comme par exemple, les teneurs de caroube à ajouter et leurs effets sur les variations sensorielles et gustatives. L'analyse sensorielle par le test de consommateur a montré que le produit testé a été acceptable du point de vue texture et couleur. Les résultats montrent que le chocolat enrichi avec de la poudre de caroube a été apprécié par la majorité des dégustateurs (plus de 70%) dont la majorité ont jugé le chocolat à 15 % de FC «agréable» et le témoin «très agréable». Par conséquent, l'utilisation de la caroube comme ingrédient dans ce produit a eu un effet extrêmement positif sur leur apparence générale et leur couleur et a été accepté par la majorité des dégustateurs. Grâce à sa teneur élevée en sucres, l'ajout de la caroube a permis également de réduire la quantité de sucre dans le chocolat.

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

Conclusion

Conclusion

Les substances naturelles occupent de plus en plus une place de choix en agroalimentaire, ce qui les décline en importance chez les producteurs en agroalimentaire, portant, le caroubier et ces produits (les gousses, les graines...etc.) constituent une véritable source naturelle dont il faut tirer le maximum de profit pour améliorer l'industrie alimentaire.

Notre travail est porter sur une étude bibliographique sur la caroube ainsi que le chocolat, la préparation de la matière premier (la farine de caroube). Les quelques manipulations qu'on a pu réaliser, nous ont permis de faire des analyses sur la matière première dans l'industrie, et de conclure que la farine de caroube répond à la norme concernant le pH et l'humidité.

Les résultats obtenus de l'analyse sensorielle appliqué sur la formulation d'un chocolat à partir de la farine de caroube extrait de la pulpe, démontre que le chocolat incorporé de 15% de FC et du témoin reçus la plus grand acceptabilité, par rapport au chocolats incorporés de 25 % et 50 % de FC.

En perspective de cette étude, il serait souhaitable de :

- Etudier la qualité biochimique et nutritionnelle de ce produit.
- Réaliser une recette avec des différents doses de la farine de caroube qui sera une bonne solution visant à satisfaire toute la population, parmi laquelle les personnes atteintes des maladies cardiovasculaires, diabète et les troubles digestives.
- Remplacer le sucre utilisé dans la fabrication de chocolat par le sucre bio de la caroube.
- Faire une étude économique sur le coût de ces produits élaborés par l'incorporation de la farine de caroube.
- L'industrialisation des chocolats à base de la caroube en Algérie.

Références bibliographiques

-A-

- **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 : Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, p. 1-4.
- **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. *International Journal of Biological Macromolecules*, p. 181-185.
- **Avallone R., Plessi M., Baraldi M., et Monzani A., 1997.** Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of food composition and analysis*. N° 10, p.166-172.

-B-

- **Bardoulat M., 2005.** Le chocolat : du plaisir à la santé. Alpen éditions 1, France, P. 23.
- **Battle I., et Tous J., 1997.** Carob tree *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Edd 17, Gatersleben: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Rome: International Plant Genetic Resources Institute, p. 92.
- **Berrougui H., 2007.** Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) une richesse nationale aux vertus médicinales. *Maghreb Canada Express*, Vol 5, N° 9.
- **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, p. 1453-1455.
- **Bryselbout P., et Fabry I., 2013.** Guide technologique de la confiserie industrielle. (Système International) : SEPAIC, Paris, p. 581.
- **Buxeraud J., 1999.** Le chocolat: aliment ou médicament. *ActuelPharm*, France, N° 381, p. 20-22.

-C-

Références bibliographiques

- **CODEX STAN 87-1981, Rév. 1 – 2003.**

-D-

- **Durazzo A., Turfani V., Narducci V., Azzini E., Maiani G., et Carcea M., 2014.** Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. Food Chemistry, N° 153, p. 109-113.

-H-

- **Hariri A., Ouis O., Sahnouni F., et Bouhadi D., 2009.** mise en œuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux à base des extraits de caroube. Revue de microbiologie industrielle, sanitaire, et environnementale, p. 37-55.

-F-

- **FAOSTAT 2018.** La surface cultivée de caroubier en Algérie. Codex Alimentaires : Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales ». FAO: Food and Agriculture Organization, Vol 7, 2ème édition, Rome, p. 16.

-J-

- **JORA** Journal Officiel de la République Algérienne.
- **JORF** Journal Officiel de la République française.

-I-

- **ISO 7907 : 1987.** France, Caroube-spécifications.

-G-

- **Garg K., Yadav P., et Pandey J., 2011.** Biochemical changes during storage of chocolate. Vol. 1(10), p. 242-247.
 - **Graille J., 2003.** Ancien responsable de l'unité sciences des matériaux alimentaires et du laboratoire de lipotechnie (CIRAD-AMIS, Montpellier). Coordinateur de cet ouvrage, est actuellement consultant en technologie des lipides, p. 53.
-

Références bibliographiques

- **Gruendel S., Garcia A., Otto B., Mueller C., Steiniger J., Weickert M., Speth M., Norbert K., et Koebnick C., 2006.** Carob pulp preparation rich in insoluble dietary fiber and polyphenols enhances lipid oxidation and lowers postprandial acylated ghrelin in humans. *Eur J Clin Nutr*, 60, p. 8.

-K-

- **Kaderi M., 2014.** Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Ceratonia siliqua* L. Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), p. 4-6.
- **Kivçak B., et Mert T., 2002,** Antimicrobial and cytotoxic activities of *Ceratonia siliqua* L extracts. *Turkish Journal of Biology*, N°26, p.197-200.

-L-

- **Loeb H., Vandeplass Y., Würsch P., et Guesry P., 1989.** Tannin-rich carob pod for the treatment of acute onset diarrhea. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, p. 480-485.

-M-

- **Marzouki L., Rtibi K., Selmi S., Grami D., Amri M., Eto B., El-benna J., et Sebai H., 2017.** Chemical constituents and pharmacological actions of carob pods and leaves on the gastrointestinal tract. A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, p. 522-528.
- **Multon J., 1992.** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Edition Technique & Documentation Lavoisier, Paris, p. 1-34.

-O-

- **Ollivon M., Harvé A., 2003.** Technologie du chocolat et produits. *Journal of Cereal Science*, vol 54, p.409-416.

-P-

- **Pépin V., 2002.** Cacaos et chocolats : traitement et fabrication. Éd Techniques de l'Ingénieur. Paris, p. 4, 11, 12, 13, 14.
 - **Potters G., 2003.** La nourriture des dieux : le chocolat. Milieu Education Nature et Société MENS, N° 777-5921345, p. 56.
-

Références bibliographiques

- **Priolo A., Waghorn G., Lanza M., Biondi L., et Pennisi P., 2000.** Polyethylene glycolas a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: Effects on lamb growth performance and meat quality. *Journal of Animal Science*, N°78, p. 810- 816.

-Q-

- **Quezel P., et Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (tome1). Editions du centre national de la recherche scientifique, p. 557.

-R-

- **Redjem N., et Derghal W., 2016 :** « Contribution à la formulation d'un biscuit à base de caroube et lactosérum ». Thèse de doctorat, p.36.
- **Rejeb M., 1995.** Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration, Dans quel avenir pour l'amélioration des plantes. Edit. AUPELF-UREF (Agence Universitaire de la Francophonie), John Libbey Eurotext, Paris, p. 79-85.

-S-

- **Sbay H., 2008.** Le caroubier au Maroc, un arbre d'avenir. Centre de Recherche Forestière charia Omar Ibn Khattab, N°763, Agdal, Rabat, Maroc, p. 44 : 07-31.
- **Serairi-Beji R., Mekki-Zouiten L., Tekaya-Manoubi M., Loueslati F., Gue M., et Ben Mansour A., 2000.** Peut-on associer la pulpe de caroube et la solution de réhydratation orale dans le traitement de la diarrhée aiguë. *Médecine et Santé Tropicale*, N°60, p. 125-128.
- **Stéphane D., 2005.** Le chocolat dans tous ses états. Thèse de doctorat, Faculté de Pharmacie, Nancy, France.

-T-

- **Taubert D., Berkels R., Roesen R., et Klaus W., 2003.** Chocolate and blood pressure in elderly individuals with isolated systolic hypertension. *JAMA (Journal of the American Medical Association)* 1029-30, p.290.
 - **Tolentino P., 1950.** Mécanismes et limites de l'action thérapeutique de la farine de caroube dans les diarrhées infantiles : étude clinique et expérimentale. *Annales de médecine interne*, N°175, p. 200-222.
-

Références bibliographiques

-V-

- **Vita J., 2005.** Polyphenols and cardiovascular disease: effects on endothelial and platelet function. *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol 81, Issue 1, p. 292-297.

-Y-

- **Yousif H., et Alghzawi M., 2000.** Processing and characterization of carob powder. *Journal of Food and Chemistry*, Volume 69 (5), N° 3, p. 283-287.

-Z-

- **Zunft H., Lüder W., Harde A., Haber B., Graubaum J., Koebnick C., et Grünwald J., 2003.** Carob pulp preparation rich in insoluble fibre lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic patients. *European Journal Nutrition* N°42, p. 235-242.
- **Zitouni A., 2010.** Monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algérie. INA (Institut National d'Agronomie), El-Harrach, p. 201.

Annexe 01 :

Matériels utilisées

- ❖ Balance analytique
 - ❖ PH-mètre avec deux électrodes
 - ❖ Agitateur magnétique chauffant
 - ❖ Micromètre
 - ❖ Erlenmeyer
 - ❖ Dessiccateur
 - ❖ Viscosimètre
 - ❖ Marteaux manuelle
 - ❖ Mouline
 - ❖ Tamis
 - ❖ Bécher 250ml
 - ❖ Papier filtre
 - ❖ Eau distillé
 - ❖ Spatule
 - ❖ Casserole
 - ❖ Bras mixeur
-

Annexe 02 :

Présentation de l'entreprise SOBCO

1. Historique de l'usine

La société SARL SOBCO a été créée en 2007 dans la zone industrielle de Kharouba-Boudouaou wilaya de Boumerdes Actuellement, SOBCO industrie est parmi les leaders dans le marché local, l'activité a acquis une expérience dans le domaine de l'agro-alimentaire étant convaincue que l'avenir étant dans la production local et ne pas rester dépendant des fournisseurs étrangers, les dirigeants de cette société ont décidé de s'investir dans la production, une partie de sa production est destinée à l'exportation.

2. L'organigramme de l'usine

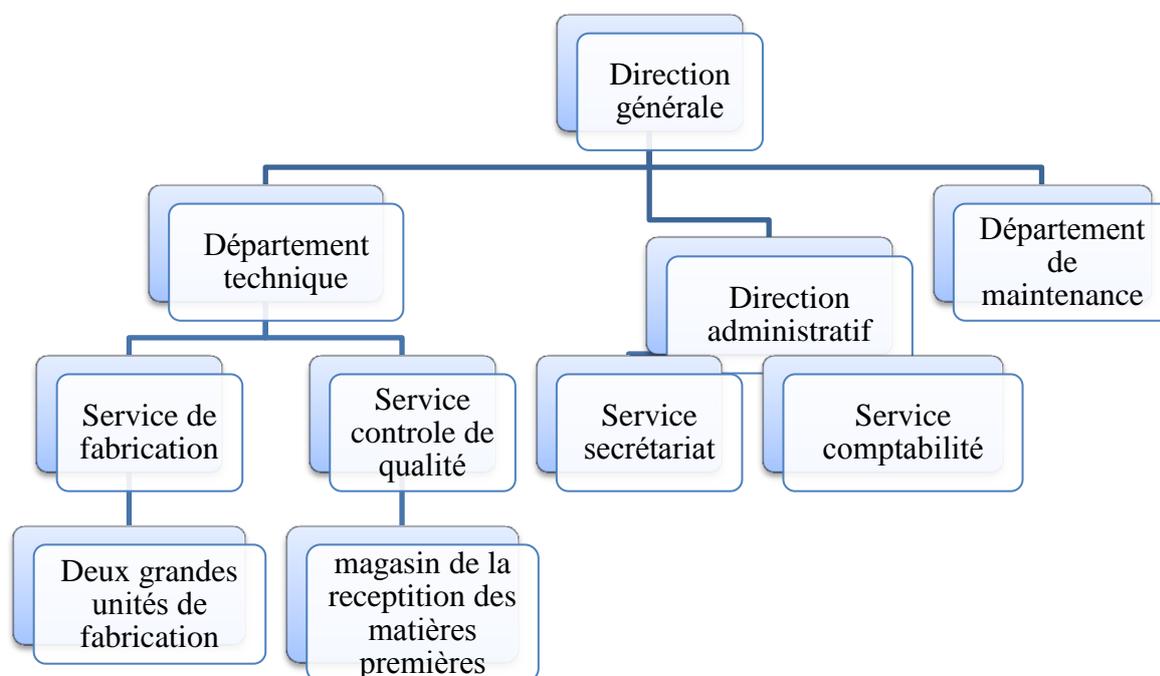


Figure : Organigramme de l'entreprise SARL SOBCO.

3. Capacité de production :

La production majeure de l'unité et basée sur les produits biscuits, avec un grand pourcentage de production de chocolat et une faible production de génoise

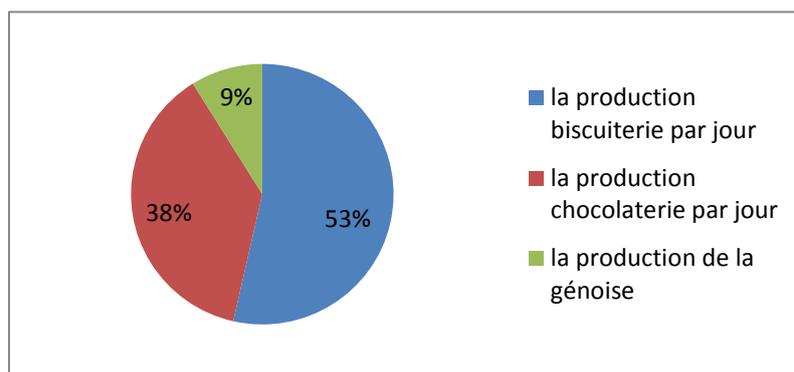


Figure : Diagramme de la capacité de production de palmary (original).

4. Hygiène et sécurité de l'entreprise

Pour développer la clientèle et offrir les meilleurs services et produits du marché l'entreprise doit respecter des conditions de sécurité et d'hygiène. Pour protéger les biens et les personnes, la réglementation a défini des règles d'hygiène et de sécurité et impose notamment au chef d'établissement de mettre en œuvre des vérifications périodiques des équipements et installations.

- Si vous avez du personnel (quelle que soit la nature du contrat de travail), vous êtes en tant qu'employeur, soumis aux exigences réglementaires du Code du travail.
- Certaines activités, compte tenu des risques qu'elles représentent pour l'environnement, sont soumises à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) issue du Code de l'environnement. Il s'agit par exemple des activités utilisant des produits inflammables ou toxiques, des bâtiments de stockage de métaux, bois ou caoutchouc, des métiers liés à la transformation de plastique,...
- Les locaux de travail doivent être tenus dans un état constant de propreté.
- Il est interdit de fumer dans les locaux à usage collectif.
- Dans les locaux fermés, l'air doit être renouvelé de façon à préserver la pureté de l'atmosphère.
- L'éclairage des locaux doit être conçu de manière à éviter la fatigue visuelle et les affections qui en résultent,...

Les principales exigences liées à la sécurité ont pour objectif :

- De prévenir les risques d'accidents du travail et les maladies professionnelles.
-

Annexes

- De prévenir les dysfonctionnements des installations et équipements pour éviter qu'ils ne soient la cause d'accidents ou d'incidents.

La qualité hygiénique de produit (chocolat ou biscuit) d'une part liée à celle de la matière première mise en œuvre et des ingrédients entrant dans la composition de la recette, notamment la qualité microbiologique et physico-chimiques de beurre et les poudres de lait et cacao, car ils représentent un milieu de développement favorable pour plusieurs espèces de micro-organismes pathogènes. Elle est d'autre part, liée à l'emballage du produit de point de vue nature du papier d'emballage et procédé de fermeture d'un paquet.

Cette hygiène permet la prévention, la reconnaissance, l'évaluation et le contrôle des risques physiques, chimiques ou biologiques pour la santé des employeurs et des consommateurs.

Annexe 03 :

La fiche de la dégustation

ANALYSE SENSORIELLE

Evaluation sensorielle d'une recette du chocolat à la caroube

Date :

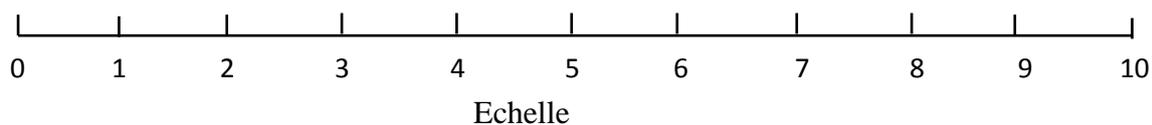
Anonyme :

Age :

03 échantillons de chocolat codés A, B, C avec le témoin D, sont présentés, il vous est demandé de les goûter et d'évaluer les caractéristiques suivantes : Texture, Odeur, Gout, Couleur, attribuer une note sur une échelle de 0 à 10 pour chaque échantillon :

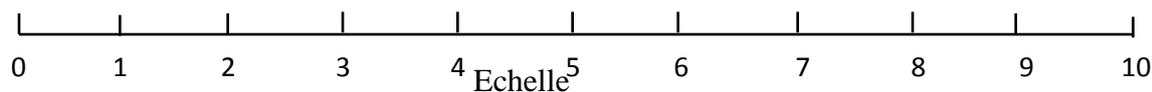
A/ Texture :

1. Faiblement lisse et brillant (0à3)
2. Lisse et brillant (3à7)
3. Fortement lisse et brillant (7à10)



B/ Couleur :

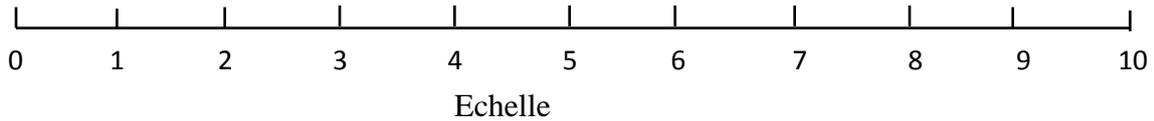
1. Marron (0à5)
2. Marron clair (5à10)



C/ Odeur :

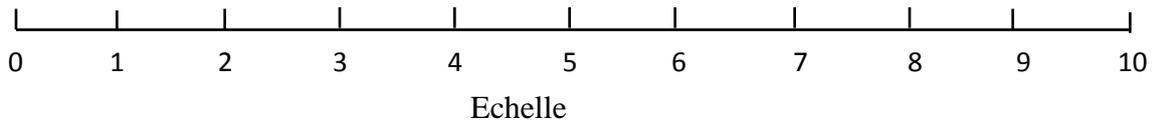
1. Bonne (0à5)
 2. Mauvais (5à10)
-

Annexes



D/ Gout :

1. Excellent (0à3)
2. Bonne (3à7)
3. Mauvais (7à10)



- Etes-vous des consommateurs amateurs du chocolat ?

OUI

NON

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

OUI

NON

- Qu'avez-vous le plus aimé du chocolat à la caroube ou du chocolat au lait ?

NB :

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

Merci pour votre coopération
