

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 DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2021

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER**

**Domaine : SNV**      **Filière : Sciences Alimentaires**

**Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité**

**Présenté par :**

*BELHOCINE Nassima et OMARI Yamina*

*Thème*

**Essais d'élaboration d'une madeleine enrichie par les farines de caroube, de dattes, et de lentille rouge.**

**Soutenu le : 15/07/2021**

**Devant le jury composé de :**

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>MALIOU Djamil</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>FERHOUM Fatiha</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>MOHAMMEDI Saliha</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

**Année Universitaire : 2020/2021**

## ***Remerciements***

*Nous remercions avant tout Allah tout puissant, de nous avoir guidé toutes les années d'étude et nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.*

*Dans la gratitude nous adressons un grand merci à notre promotrice **Mme : FERHOUM. F** qui a encadré ce travail avec beaucoup d'intérêt et d'optimisme, nous la remercions également pour sa patience, son intérêt constant qu'elle a manifesté pour ce travail et ses conseils éclairés.*

*Nos vifs et sincères remerciements s'adressent tout particulièrement aux membres jury **Mr : MALIOU** et*

***Mme : MOHAMMEDI** d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail et de faire part de leurs remarques, reconnues, judicieuses, qui ne feront que rehausser la qualité de ce travail.*

*Un grand merci à Mme : DJOUAHRA, Melle : SAADA Ilhem KASSOUAR Sabrina et DJELLAL Samia qui nous ont vraiment aidées durant la période du stage et durant la réalisation de ce travail. Nos remerciements vont aussi à toute l'équipe de laboratoire de contrôle de qualité Sour El Ghozlane en particulier Mme : BEN HAMICHE, Meriem et Amine.*

*Dédicace*

*Je dédie ce travail à :*

*A mon cher papa*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours pour toi, rien au monde ne vaut les efforts fournis pour mon éducation et mon bien être, que dieu te garde pour nous.*

*A ma chère maman*

*Le symbole de bonté par excellence, une source de tendresse et l'exemple de dévouement, que dieu te garde pour nous maman.*

*A ma chère sœur « Nadia »*

*En souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et les plus agréables moments. Pour toute la complicité et l'entente qui nous unissent.*

*A mon cher petit frère « Youcef »*

*Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur et de réussite chéri.*

*A la mémoire de mes grands-parents « Said » et « Arezki »*

*A ma chère grand-mère et toute ma famille grand et petit.*

*A mes copines et sœurs Fifi et Leatissia.*

*A l'homme qui m'a épaulé et qui était toujours présent à mes côtés, que dieu te garde pour moi.*

*A mes chers amis (ies) : Souhila, Fedwa, Sara, Meriem, Moh, Mahmoud, Akli et Abdou.*

*A ma binôme et toute sa famille.*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien.*

**Nassima**



## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail

A celle qui m'a comblé d'amour, de soutien et de tendresse. A vous mon signe de douceur, de joie et de bonheur, à vous ma volonté, ma fierté et mon honneur : **Ma mère**

A celui qui a consacré toute sa vie pour me guider et m'assister : **Mon père**

Mes dédicaces sont adressées à mes sœur **Soumia, Asma, Maram** et mon unique frère : **Alla eddine.**

A mes deux poussins **Amire** et **Youssef** que dieu les garde.

A tous mes amies que j'aime **Thiziri** et **Saoussen.** 

**Amina**

## SOMMAIRE

<b>Remerciement</b>	
<b>Dédicace</b>	
<b>Liste d abréviation</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction</b> .....	01

### Chapitre I : Généralités

I. Le caroubier .....	03
I.1. Description botanique du caroubier.....	03
I.2. Production de la caroube.....	04
I.3. Intérêts et utilisations du caroubier.....	04
I.3.1. Arbre.....	04
I.3.2. Fruit.....	04
II. La datte.....	06
II.1. Description.....	06
II.2. Variétés et classification des dattes.....	06
II.2.1. Variétés des dattes.....	06
II.2.2. Classification.....	07
II.3. Qualité nutritionnelle et diététique de la datte.....	07
II.4. Production des dattes.....	08
II.4.1. Production nationale et internationale des dattes.....	08
II.4.2. Importance de la production de dattes, son évolution et sa destination finale en Algérie (2013/2014).....	09
II.5. Transformation des dattes.....	10
II.5.1. Confiseries à base de datte.....	10
III. Les lentilles.....	11
III.1. Description sur la plante lentille ( <i>Lens culinaris. Medik</i> ).....	11
III.2. Origine et répartition géographique.....	12
III.3. Valeurs nutritives des lentilles.....	12
III.4. Utilisation.....	13

### Chapitre II : Technologie des biscuits

I. Description du terme « biscuit ».....	14
II. Classification des biscuits.....	14
III. Les ingrédients et leurs rôles.....	15
III.1. Les principaux ingrédients de biscuit.....	15
III.1.1. La farine.....	15

III.1.2. L'eau .....	15
III.1.3. La matière grasse.....	16
III.1.3.1. Rôle de la matière grasse dans la rhéologie de la pâte .....	16
III.1.3.2. Rôle de la matière grasse dans la qualité des biscuits.....	17
III.1.4. Le sucre.....	17
III.1.4.1. Aspect et texture de biscuit.....	18
III.1.4.2. Conservation.....	18
III.1.4.3. Autres propriétés.....	18
III.1.5. La levure chimique .....	18
III.2. Les ingrédients facultatifs de biscuit.....	18
III.2.1. Le sel.....	18
III.2.2. Le lait.....	19
III.2.3. Les œufs.....	19
III.2.4. Les aromatisants.....	19
III.2.5. Rôle des améliorants.....	19

### **Chapitre III : Matériel et Méthodes**

I.1. Objectif.....	20
I.2. Matière végétale.....	20
I.3. Méthodes d'analyses des matières premières.....	20
I.3.1. Détermination des propriétés fonctionnelles des farines.....	20
I.3.1.1. Masse volumique absolue.....	20
I.3.1.2. Capacité d'absorption d'eau et d'huile (CAH).....	21
I.3.1.3. Capacité de gonflement (CG).....	21
I.3.2. Analyses physico-chimiques des matières premières .....	21
I.3.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	21
I.3.2.2. pH.....	22
I.3.2.3. Détermination de la teneur en cendres .....	23
I.3.2.4. Détermination de la teneur de la matière grasse.....	23
I.3.2.5. Détermination du résidu sec soluble (°Brix) .....	24
I.3.2.6. Acidité titrable .....	25
I.3.2.7. Dosage des fibres .....	25
I.3.2.8. Dosage des protéines.....	26
I.3.2.9. Dosage des glucides.....	27
I.3.2.10. Détermination de la teneur en poly phénols totaux.....	27
I.3.2.11. Détermination de la teneur en flavonoïdes .....	29
I.3.2.12. Activité anti-radicalaire .....	30
I.3.3. Analyses microbiologiques des poudres.....	31
I.3.3.1. Préparation des dilutions en vue de l'analyse microbiologique.....	31

I.3.3.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures .....	31
I.3.3.3. Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus .....	31
I.4. Elaboration du biscuit.....	32
I.4.1. L'essai de fabrication des madeleines .....	32
I.4.2. Etapes de fabrication des madeleines.....	33
I.4.2.1. Crémage .....	33
I.4.2.2. Pétrissage .....	33
I.4.2.3. Cuisson.....	33
I.5. Méthodes d'analyses des madeleines .....	34
I.5.1. Détermination des caractéristiques physiques des madeleines.....	34
I.5.1.1. La perte de poids.....	34
I.5.1.2. Le ratio de propagation.....	34
I.5.1.3. Volume .....	34
I.5.1.4. La densité.....	34
I.5.2. Indice de couleur .....	35
I.5.3. Détermination des propriétés fonctionnelles des mélanges des farines	35
I.5.4. Analyses physico-chimiques sur les mélanges des farines .....	35
I.5.5. Analyses microbiologiques des mélanges de farines.....	36
I.5.6. Analyse organoleptique et sensorielle des madeleines .....	36
Chapitre IV : Résultats et discussions	
I. Résultats d'analyses des matières premières.....	37
I.1. Résultats des propriétés fonctionnelles des farines.....	37
I.2. Résultats d'analyses physico-chimiques des matières premières.....	38
I.2.1. Humidité.....	39
I.2.2. pH.....	40
I.2.3. Taux de cendre.....	40
I.2.4. Taux des lipides.....	41
I.2.5. L'acidité titrable.....	41
I.2.6. Teneur en protéine.....	41
I.2.7. Teneur en glucide .....	42
I.2.8. Les fibres.....	43
I.2.9. Taux des polyphénols.....	43
I.2.10. Taux de flavonoïde.....	45
I.2.11. Activité anti radicalaire.....	45
I.3. Résultats d'analyses microbiologiques des matières premières.....	45
II. Résultats d'analyses du produit final.....	46
II.1. Résultats des caractéristiques physiques des madeleines.....	46

II.2. Résultats de détermination des propriétés fonctionnelles des mélanges des farines.....	49
II.3. Résultats d'indice de couleur sur les biscuits .....	51
II.4. Résultats des analyses physico-chimiques des mélanges de farines.....	52
II.5. Résultats des analyses microbiologiques des mélanges des farines.....	55
II.6. Les résultats de test de dégustation.....	56
II.6.1. Les résultats concernant l'aspect.....	57
II.6.2. Les résultats concernant le collage.....	58
II.6.3. Les résultats de la couleur.....	59
II.6.4. Les résultats concernant l'élasticité.....	60
II.6.5. Résultats de la texture.....	61
II.6.6. Les résultats d'odeur.....	62
II.6.7. Les résultats d'acceptabilité globale.....	63
<b>Conclusion</b> .....	65

## **Références bibliographiques**

**Annexes**

**Résumé**



## **LISTE D'ABREVIATIONS**

**A** : Acidité titrable.

**AACC** : Association des Agences-Conseils en Communication.

**CAE** : Capacité d'absorption d'eau.

**CAH** : Capacité d'absorption de l'huile.

**CG** : Capacité de gonflement.

**EAG** : Equivalent d'acide gallique

**EDTA** : Ethylène diamine Téra acétique.

**H** : Humidité.

**ISO** : Organisation internationale de normalisation.

**MEQ** : Milliéquivalent

**MG** : Matière grasse.

**MO** : Matière organique.

**MS** : Matière sèche.

**MV** : Masse volumique

**N** : Normalité.

**NA** : Norme algérienne.

**NF** : Norme française.

**OGA** : Oxytétracycline-glucose-agar.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01 :</b>	L'arbre de caroubier.....	<b>03</b>
<b>Figure 02 :</b>	Coupe longitudinale d'une datte.....	<b>06</b>
<b>Figure 03 :</b>	Les principaux pays producteurs de dattes en quantité moyenne (2009-2013).....	<b>09</b>
<b>Figure 04 :</b>	Production de dattes (Qx) en Algérie.....	<b>09</b>
<b>Figure 05 :</b>	Destination et utilisation de différents types de dattes 2013/2014 (Qx) en Algérie.....	<b>10</b>
<b>Figure 06 :</b>	Plantes de lentille.....	<b>12</b>
<b>Figure 07 :</b>	Effet de type de la matière grasse sur les caractéristiques farine graphiques de la pâte de biscuit.....	<b>17</b>
<b>Figure 08 :</b>	Organigramme représente l'extraction des polyphénols.....	<b>28</b>
<b>Figure 09 :</b>	Organigramme de dosage des polyphénols.....	<b>28</b>
<b>Figure 10 :</b>	Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes.....	<b>29</b>
<b>Figure 11 :</b>	Etapes de test DPPH.....	<b>30</b>
<b>Figure 12 :</b>	Résultats des propriétés fonctionnelles (MV et CG) des farines.....	<b>37</b>
<b>Figure 13 :</b>	Résultats des propriétés fonctionnelles (CAE et CAH) des farines.....	<b>38</b>
<b>Figure 14 :</b>	Résultats d'analyses fonctionnelles (MV et CG) des mélanges des farines.....	<b>49</b>
<b>Figure 15 :</b>	Résultats d'analyses fonctionnelles (CAE et CAH) des mélanges des farines.....	<b>50</b>
<b>Figure 16 :</b>	Résultats d'aspect.....	<b>57</b>
<b>Figure 17 :</b>	Résultats de collage.....	<b>58</b>
<b>Figure 18 :</b>	Résultats de la couleur.....	<b>59</b>
<b>Figure 19 :</b>	Résultats d'élasticité.....	<b>60</b>
<b>Figure 20 :</b>	Résultats de texture.....	<b>61</b>
<b>Figure 21 :</b>	Résultats d'odeur.....	<b>62</b>
<b>Figure 22 :</b>	Taux d'acceptation des biscuits.....	<b>63</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b>	Composition chimique des dattes.....	<b>08</b>
<b>Tableau 02</b>	Distribution des constituants chimiques de la lentille par 100 g de poids sec.....	<b>13</b>
<b>Tableau 03</b>	Plan de mélange de taux d'addition des poudres d'enrichissement au biscuit.....	<b>33</b>
<b>Tableau 04</b>	le taux d'incorporation en gramme des ingrédients pour l'élaboration de biscuit.....	<b>33</b>
<b>Tableau 05</b>	Résultats d'analyse physico chimique des farines.....	<b>39</b>
<b>Tableau 06</b>	Résultats d'analyse microbiologiques des farines.....	<b>46</b>
<b>Tableau 07</b>	propriété physique des madeleines incorporées.....	<b>47</b>
<b>Tableau 08</b>	plan de mélange de la réponse mathématique.....	<b>48</b>
<b>Tableau 09</b>	Résultat d'indice de couleur des madeleines.....	<b>51</b>
<b>Tableau 10</b>	Résultats d'analyses physico-chimiques des mélanges des farines.....	<b>52</b>
<b>Tableau 11</b>	Résultats microbiologiques des biscuits.....	<b>56</b>

# Introduction

L'industrie de la biscuiterie occupe une place appréciable dans l'industrie alimentaire en Algérie (**Nhouchi et al., 2018**). Ce produit destiné surtout à la consommation infantile et des personnes âgées, prend de plus en plus d'importance.

Le consommateur d'aujourd'hui recherche la sécurité des produits de boulangerie non seulement avec un goût frais et agréable mais aussi avec des avantages pour la santé (**Nhouchi et al., 2018**). Ce changement de perspective des consommateurs a encouragé l'industrie des aliments à appliquer les technologies des fabrications modernes à l'enrichissement des biscuits (**Ansari et Kumar, 2012**).

Au fil des ans, plusieurs études ont été rapportées pour améliorer la valeur nutritionnelle des biscuits en incorporant des légumineuses et des graines oléagineuses tels que l'haricot, les lentilles rouges, les graines de sésame, les pois chiches, l'orge, le niébé, la lupin, le soja et le maïs, la caroube (**Serrem, 2010 ; Hyun-Jung et al., 2014**). Aussi, en ajoutant des fruits et des légumes comme le pastèque, la grenade, la figue de barbarie, la datte, la citrouille et la carotte (**Mukhtar et al., 2016; Olaitan et al., 2017**).

Le but de ce travail était de substituer une certaine quantité de farine de blé (75%) par la farine datte et farine de lentille rouge et farine de caroube par le plan de mélange a des taux différents d'incorporation dans la préparation des biscuits, ensuit afin d'évaluer leur qualité.

Notre objectif réside dans l'amélioration de la qualité nutritive et sensorielle des biscuits enrichis et traités. Contenu de la richesse des farines de caroube et farine de datte en sucres naturels, ils peuvent remplacer le sucre blanc commercialisé (glacé ou cristallisé) et leur valorisation pourrait représenter une forte valeur ajoutée sur l'impact socio-économique.

Notre document est donc composé de quatre chapitres, initié par une recherche bibliographique sur les variétés la caroube, la datte et la lentille rouge.

Le deuxième chapitre élucide des généralités sur le biscuit, son procédé de fabrication, sa qualité.

La partie pratique est subdivisée en deux chapitres, le premier (3<sup>ème</sup> chapitre) présente les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail à savoir :

1. Détermination des propriétés fonctionnelles ainsi que les Analyses physico chimiques et microbiologiques des matières premières.
2. Elaboration des recettes de madeleines.
3. Analyses physiques sur ces dernières ainsi que l'indice de couleur, les analyses fonctionnelles, physico-chimiques et microbiologiques pour les mélanges des farines.
4. Analyse sensorielle des madeleines élaborées.

Le dernier chapitre représente les résultats et leur discussions, à la fin on termine par la conclusion et les perspectives.

# Chapitre I : Généralités

## I. 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 (**Rajeb 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 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 8mm. Sa couleur est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité (**Batlle et al., 1997 ; Ait Chitt et al., 2007**).



**Figure 01.** L'arbre de caroubier (**Gharnit, 2003**).



**I.2. 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 des terroristes dans les montagnes (FAO, 2012).

**I.3. Intérêts et utilisations du caroubier**

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, industrielle et ornementale le indiscutable. En termes de produits, l'arbre et toutes ses composantes sont utiles et particulièrement le fruit.

**I.3.1. Arbre**

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

Actuellement, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants puisque toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (Aafi, 1996).

**I.3.2. Fruit**

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employé depuis longtemps, comme nourriture de bétail à côté d'autres aliment comme la farine d'orge pour l'humain.

- **Pulpe**

En pharmacopée traditionnelle, la pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies tel que la gastrite, l'entérite, les angines, les rhumes, le cancer... (Ait Chit *et al.*, 2007).

- **La graine**

Tous les constituants de la graine du caroubier (tégument, endosperme et cotylédon), jouent un rôle industriel et médical important, mais la gomme (endosperme) reste la plus importante, puisqu'elle est utilisée, comme agent stabilisateur, gélifiant, fixateur dans différents domaines comme l'agroalimentaire (fromage, mayonnaise, salades...), la cosmétique (crèmes, dentifrices...), l'industrie pharmaceutique (médicaments, sirops...), la tannerie, le textile. **(Biner et al., 2007; Dakia et al., 2008).**

**En général les différentes parties de la plante du caroubier peuvent être utilisées dans plusieurs domaines.**

La poudre de caroube tirée des gousses est un édulcorant naturel, qui a la saveur et l'apparence semblable du chocolat. C'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao. L'avantage d'utiliser la caroube réside dans le fait que contrairement au chocolat, il ne contient pas de stimulants puisque il est dépourvu de caféine et de théobromine. **(Bengoechea, 2008).**

Les différents aliments humains peuvent être dérivés de la pulpe de caroube tels que les sirops de sucre ou de mélasse, la poudre de caroube utilisée dans l'industrie agro-alimentaire comme additif (code E410) non torréfié et torréfié utilisée comme substituts de cacao dans les pâtes, les barres de céréales, les confiseries au chocolat, les crèmes glacées et les produits légers **(Marakis, 1996)** les gâteaux, bonbons, crèmes glacées, boissons **(Berrougui, 2007)**. Autre part, cette farine est utilisée dans le lait en poudre pour bébé comme épaississant en remplacement de la traditionnelle farine de blé. 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 des céréales.

Actuellement, la caroube est considérée comme une plante d'investigation de nouveaux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe de la graine et la pulpe du fruit. Cette activité antioxydante est attribuée à la présence de composés phénoliques et fibres **(Custódio et al., 2011).**

Le caroubier est également un excellent allié dans les régimes amincissants. Des études scientifiques ont démontré que cette plante officinale permet de traiter les problèmes associés au surpoids et à l'obésité en inhibant certaines enzymes digestives grâce à une teneur élevée en tannins, et en créant une sensation de satiété. Il est utilisé notamment dans les préparations des aliments diététiques humains **(Berrougui H, 2007)**. Les fibres et la farine de cette plante sont

utilisées dans la régulation des niveaux de glucose dans le sang et dans la réduction du niveau de cholestérol total (Guggenbichler J.P, 1983)

## II. La datte

### II.1. Description

La datte est le fruit du palmier dattier dénommé **Phoenix dactylifera** provient du mot "Phœnix " signifie dattier chez les phéniciens, et dactylifera dérive du terme grec " dactulos " signifiant doigt (Djerbi, 1994).

C'est une baie, généralement de forme allongée, oblongue ou arrondie (Peyront, 2000). Elle est composée d'un noyau, ayant une consistance dure, entouré de chair ou dénommé pulpe (Espiard, 2002), est constituée de :

- Un **péricarpe** ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- Un **mésocarpe** généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et de couleur soutenue.
- Un **endocarpe** de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau.

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés (Djerbi, 1994). Leur couleur va du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambre, rouge, brune plus ou moins foncée (Munier, 1973).

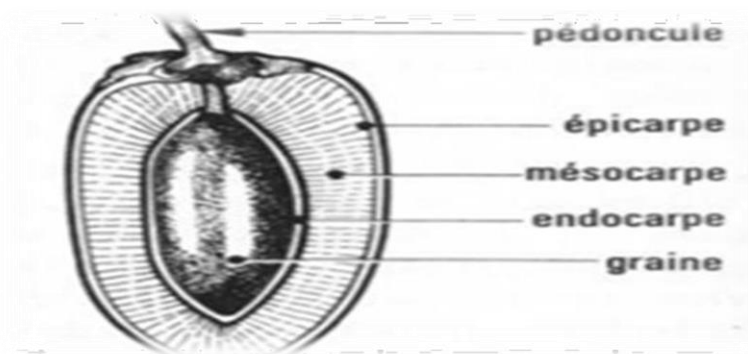


Figure 02. Coupe longitudinale d'une datte (Richarde, 1972).

## II.2. Variétés et classification des dattes

### II.2.1. Variétés des dattes

Elles sont très nombreuses et se différencient par leurs saveurs, consistances, formes, couleurs, poids et dimensions (Buelguedj, 2001).

En Algérie, il existe plus de 940 cultivars de dattes (**Hannachi et al., 1998**). Les principales variétés cultivées sont :

- ✚ **La Deglet-Nour** : Variété commerciale par excellence. C'est une datte demi- molle, considérée comme étant la meilleure variété de datte du fait de son aspect, son onctuosité et sa saveur. A maturité la datte est d'une couleur brune ambrée avec un épicarpe lisse légèrement plissé et brillant, le mésocarpe présente une texture fine légèrement fibreuse (**Kendri, 1999 ; Boudrar et al., 1997**).
- ✚ **Les variétés communes** : Ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à Deglet-Nour. Les variétés les plus répandues sont : Ghars, Degla-Beïda et Mech-Degla (**Masmoudi, 2000 ; Kendri, 1999**).

### II.2.2. Classification

Les dattes sont classées en trois catégories d'après leur consistance. Celle-ci dépend de la teneur en eau de la pulpe. Par ailleurs, la stabilité de la datte dépend de la proportion de sucres par rapport à la teneur en eau. (**Munier, 1973**). Ce rapport (sucres totaux / eau) appelé également indice de qualité ou de dureté "**r**" permet de connaître le degré de stabilité de la datte et d'apprécier l'aptitude à sa conservation (**Bouabidi, 1996**).

$$r = \text{Sucres Totaux} / \text{Teneur en eau}$$

(**Reynes et al., 1994**), ont défini trois classes de dattes selon l'indice **r** :

- Les dattes **sèches** ont un indice :  $r > 3,5$
- Les dattes **demi-molles** (ou demi-sèches) ont un indice :  $2 < r < 3,5$
- Les dattes **molles** ont un indice :  $r < 2$

### II.3. Qualité nutritionnelle et diététique de la datte

La datte fraîche est un fruit fragile et délicat à transporter. C'est en partie pour cette raison qu'elle est séchée (de 70% d'eau pour la datte fraîche elle passe à 20%). La datte constitue un excellent aliment, de grande valeur nutritive et énergétique 287 Kcal par 100g (**Gilles, 2000 ; Toutain, 1979**)

Elle est très riche en sucres (glucose, fructose, saccharose). Elle contient également des vitamines (B2, B3, B5, B6), une faible quantité de vitamine C ainsi que des sels minéraux (potassium, calcium). Elle est également riche en chrome (faisant passer l'envie de sucre c'est un coupe faim naturel), ainsi qu'en fibres (**Noui, 2007**).

La composition chimique des dattes est résumée dans le **tableau 01**.

**Tableau 01.** Composition chimique des dattes (**Munier, 1973**).

	Dattes séchée dénoyautée 25g (3 petits fruits)	Dattes fraiche medjool dénoyautée 24g
calorie	70	66
Protéine	0.6	0.4
Glucides	18.7	18.0
Lipides	0.1	0.0
Fibres alimentaires	2.0	1.6
Charge glycémique	Forte	
Pouvoir antioxydant	Très élevé	

Les recettes à base de dattes sont utilisées pour la croissance des nouveaux nés et les enfants. **Le prophète Mohammed que la paix et la bénédiction de dieu soient sur lui** (recommande de frotter la bouche du nouveau- né avec une datte molle juste après sa naissance. Elles sont aussi conseillées aux femmes enceintes et allaitantes. Elles traitent également l'infection cutanée (**Rabia et Hati., 2006**). Des recherches récentes ont montré que les dattes activent la circulation sanguine et empêchent la constipation. En effet, les fibres cellulosiques non digestives constituant ce fruit facilitent le transit digestif. Les dattes sont également indiquées pour des problèmes digestifs car elles neutralisent l'acidité de l'estomac (**Munier, 1973**).

## II.4. Production des dattes

### II.4.1. Production nationale et internationale des dattes

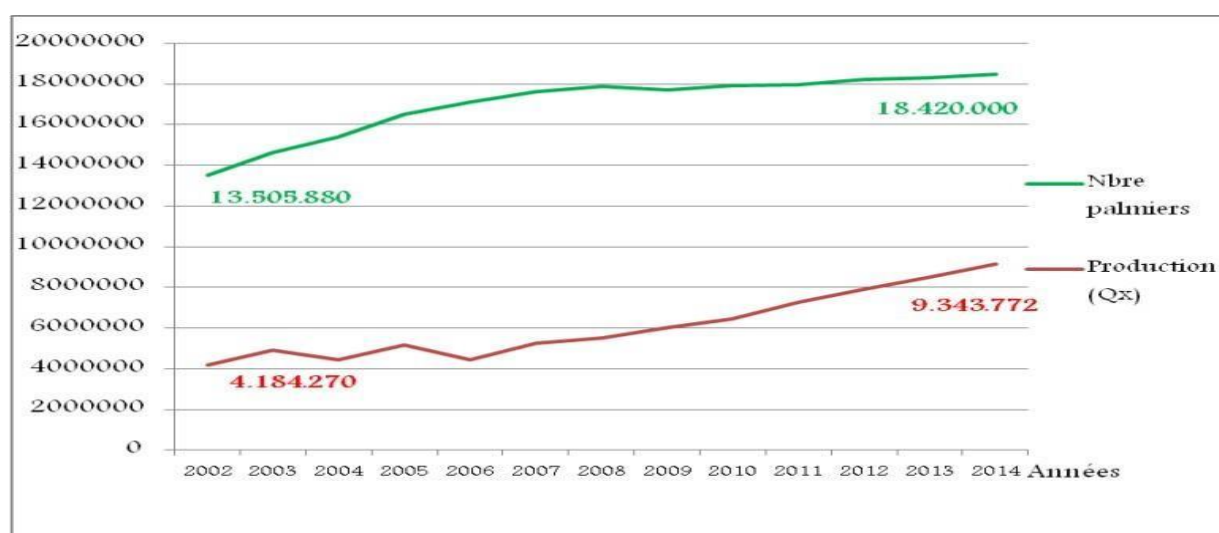
Selon (**CACI, 2015**), la production mondiale annuelle des dattes dépasse 7, 416,000 Tonnes. Environ 35 pays sont enregistrés comme producteurs de dattes, mais 09 pays produisent plus de 100,000Tonnes et totalisent 43% de la production mondiale. (**Figure 03**)



**Figure 03.** Les principaux pays producteurs de dattes en quantité moyenne (2009-2013) (CACI, 2015).

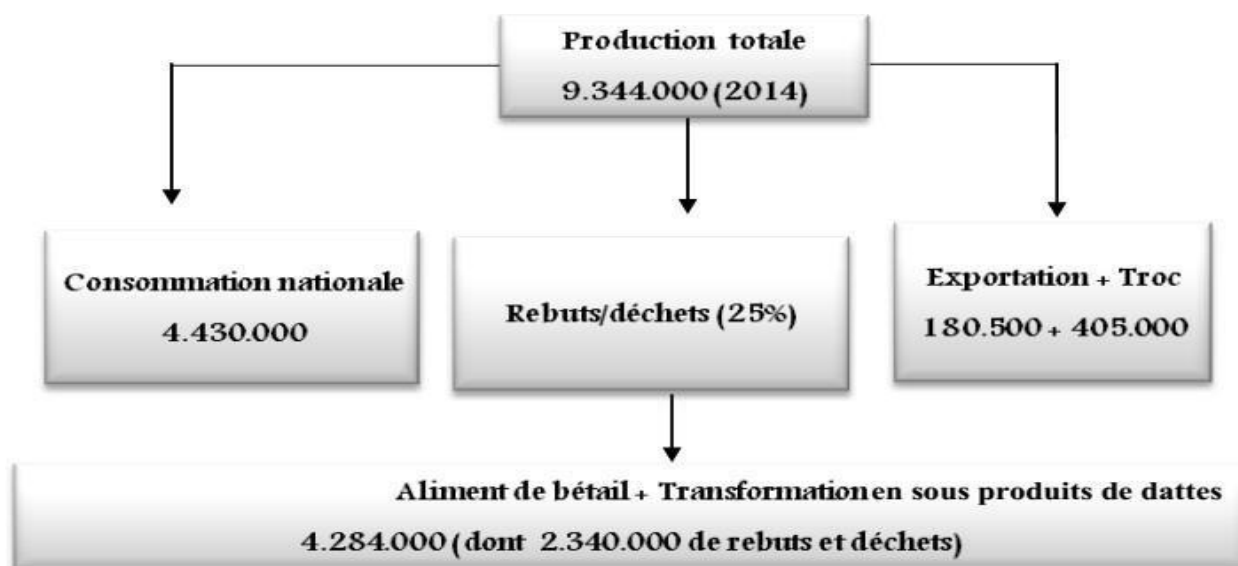
#### II.4.2. Importance de la production de dattes, son évolution et sa destination finale en Algérie (2013/2014)

La production des dattes pour les 15 millions de palmiers productifs en Algérie est de 9,343,772Qx. Cette évolution a commencé à partir de 1983 dans le cadre de la mise en valeur agricole des terres sahariennes, de façon plus significative à partir de 2002 et 2010.



**Figure 04.** Production de dattes (Qx) en Algérie (ITDAS, 2014).

On remarque d'après la Figure 5 que les volumes de dattes transformables en Algérie sont importants, plus de 4 millions de quintaux et qui évolueront durant les prochaines années, ces volumes sont équivalent à la consommation nationale. Ainsi, l'industrie agro-alimentaire à base de dattes dispose de la matière première nécessaire pour se développer. C'est donc une valeur ajoutée non négligeable susceptible d'impulser l'économie nationale surtout avec la conjoncture actuelle que vit le pays.



**Figure 05.** Destination et utilisation de différents types de dattes 2013/2014 (Qx) en Algérie (ITDAS, 2014).

## II.5. Transformation des dattes

Les produits qui peuvent être issus de la transformation de la datte sont très divers.

### II.5.1. Confiseries à base de datte

- **La pâte de datte**

Les dattes molles ou ramollies par humidification donnent lieu à la production de pâte de dattes. La fabrication est faite mécaniquement. Lorsque le produit est trop humide, il est possible d'ajouter la pulpe de noix de coco ou la farine d'amande douce. La pâte de datte est utilisée en biscuiterie et en pâtisserie (Espiard, 2002).

- **La farine de datte**

Elle est préparée à partir de dattes sèches ou susceptibles de le devenir après dessiccation. Riche en sucres, cette farine est utilisée en biscuiterie, pâtisserie, aliments pour enfants (Aït-Ameur, 2001) et yaourt (Benamara *et al.*, 2004).

- **Les Sirops, les crèmes et les confitures de dattes**

Ces produits sont également fabriqués à base de dattes saines car il est important d'éviter tout arrière-goût de fermentation. Selon **Espiard (2002)**, cette gamme de produit est basée sur l'extraction des sucres par diffusion de ces derniers et des autres composants solubles de la datte. Par mélange et cuisson de pâte ou de morceaux de dattes et de sirop, nous pouvons obtenir des crèmes ou des confitures d'excellente qualité.

### **III. Les lentilles**

#### **III.1. Description sur la plante lentille (*Lens culinaris. Medik*)**

Lentille (*Lens culinaris. Medik*) est une légumineuse cultivée principalement pour ses graines comestibles (**Ford et al., 2007 ; Bejiga, 2006**). C'est une plante annuelle, buissonnante et herbacée qui peut atteindre 60-75 cm de hauteur.

**Les tiges** sont velues, mince et très ramifiée.

**Les feuilles** sont composées pennées, se terminant par une vrille ou de poils.

**Les 5 à 16 folioles** sont opposées, oblongues à elliptiques, 3-20 mm de long x 2-8 mm de large.

**Les fleurs** papilionacées varient en couleur du blanc au violet et sont supportés sur racèmes long axillaires 2-5 cm.

**Les fruits** sont de petites gousses, latéralement comprimés qui contiennent deux ou trois en forme de lentille, gris, vert, brun, pâle graines rouges ou noirs, dont la taille dépend du type de cultivars et varie de 2 à 9 mm (**Bejiga, 2006**).



**Figure 06.** Plantes de lentille (**Bejiga, 2006**).



### III.2. Origine et répartition géographique

Le centre d'origine de la lentille cultivée se situe au Proche-Orient (**Zohary, 1972**), d'où elle s'est diffusée vers la Méditerranée, en Asie, en Afrique et en Europe, c'est un des plus anciens légumes secs cultivés (**Brink et Belay., 2006**). La lentille est maintenant cultivée partout dans le monde : sous-continent indien, Moyen-Orient, Afrique du Nord, Europe du Sud, le Nord et le Sud d'Amérique et en Australie (**Chahota et al., 2007**).

### III.3. Valeurs nutritives des lentilles

La lentille est une légumineuse très intéressante au niveau de sa valeur nutritive. En effet, c'est une des légumineuses les plus riches en protéines et en fibres. Pour 125 ml (1/2 tasse) de lentilles bouillies, on retrouve 9.4 g de protéines.

En outre, les lentilles sont une excellente source de folate et de potassium et contiennent du fer. Pour 125 ml cuits, on retrouve 48% des apports quotidiens recommandés en folate et 8% des apports quotidiens recommandés en potassium (**Cuadrado et al., 2002**).

Enfin, pour 125 ml bouillis, les lentilles contiennent 3.5 mg de fer, ce qui représente 44% des AQR pour les hommes et 19% pour les femmes.

Une particularité du fer provenant des lentilles, et de toute autre source végétale, est qu'il est de type non hémique. Il est donc moins bien absorbé que le fer de type hémique qui est de provenance animale (viande volaille poisson). Pour faciliter l'absorption, il est conseillé de consommer une source de vitamine C au même repas, ou encore de consommer une source de fer hémique en même temps (**Gouvernement du Canada, 2019**).

Le tableau ci-dessous représente la composition chimique de la lentille par 100g de poids sec.

**Tableau 02.** Distribution des constituants chimiques de la lentille par 100 g de poids sec (**Adsule et al., 1989 et Cuadrado et al., 2002**).

Glucides	42 à 48 g
Sucres totaux	2 à 4 g
Protéines	21 à 25 g
Lipides	1,6 à 2 g
Acide gras saturé	0,3 à 0,4 g
Fibres	14 à 20 g

---

---

Valeur énergétique	300 à 340 kcal
Cendres	2 à 2,4 g
Sodium	5 à 10 mg

#### III.4. Utilisation

Les lentilles classées dans le 5<sup>ème</sup> rang parmi les grains de légumineuses les plus importantes du monde et sont extrêmement importantes dans le régime alimentaire de nombreuses personnes en Inde et au Moyen - Orient (**FAO, 2012 ; Göhl, 1982**).

Les lentilles sont un aliment très apprécié en raison de leur bon goût et la qualité nutritionnelle, ce qui les rend trop coûteux pour nourrir le bétail (**Blair, 2008**). Ils sont mangés cuits, frits, renversé et broyé dans un large éventail de plats (soupes, salades, ragoûts, etc.). La farine de lentille est utilisée pour la pâtisserie, du pain et de l'amidon. Les jeunes gousses et les feuilles sont consommées comme légume (**Bejiga, 2006**). Les produits de lentilles et sous-produits sont parfois utilisés pour l'alimentation des animaux (**Lardy *et al.*, 2009 ; Bejiga, 2006**).

## Chapitre II : Technologie des biscuits

### I. Description du terme « biscuit »

Le mot biscuit est dérivé du Latin « *panis biscotis* » qui signifie le « *pain cuitdeux fois* ». C'est parce que le processus original consistait à cuire les biscuits dans un four chaud puis à sécher dans un autre à température plus basse. D'abord pour définir la structure, puis pour réduire la teneur en humidité (Serrem, 2010 ; Zhou, 2014).

Les biscuits normaux sont cependant seulement cuits une fois. Les biscuits se distinguent des autres produits de boulangerie par un taux d'humidité faible ce qui les rends peu susceptibles de subir une altération microbienne (Serrem, 2010).

Le biscuit c'est un aliment à base de farine alimentaire, des matières grasses, matières sucrantes et d'autres ingrédients. La composition des biscuits est très variée c'est selon leur type (Armand et Germain., 1992 ; Cheblaoui et Yahiatene., 2016).

### II. Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification exacte à cause de leurs diversités, mais on peut les classés en se basant sur plusieurs paramètres.

Une classification peut être envisagée en fonction de la consistance de la pâte de biscuit :

- ✓ Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs : casse-croûte, etc.
- ✓ Les pâtes molles s'adressent aux pâtisseries industrielles telles que les génoises, madeleines et les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses.
- ✓ Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses : ce sont les pâtes à gaufrettes (Kiger et Kiger., 1967; Mohtedji-Lambalais, 1989; Manoharr et Rao., 2002).

Une classification en fonction de leurs compositions de base :

- ✓ Les biscuits riches en glucides complexes comme les biscuits secs, leur valeur énergétique est d'environ 400 cal/100g.
- ✓ Les biscuits riches en glucides simples, tels que les biscuits confiturés, les biscuits roulés, leur valeur énergétique est d'environ 430 cal/100g.
- ✓ Les biscuits riches en lipides comme les biscuits pâtisseries tels les biscuits chocolatés et les sablés, leur valeur énergétique est d'environ 500 cal/100g (Fredot, 2005).

Classification en fonction de leur activité d'eau. Selon le **Programme National de Nutrition Santé (2007), (PNNS)**

- ✓ Les biscuits secs : activité d'eau comprise entre 0.05 et 0.5. Dans cette catégorie se trouve les biscuits sucrés et gouters.
- ✓ Les biscuits à humidité intermédiaire :  $a_w$  comprise entre 0.55 et 0.85. Dans cette catégorie se trouvent les biscuits aux œufs (boudoirs), les gaufrettes qui représentent 5 % et les biscuits chocolatés et assortiments représentent 30 %.
- ✓ Les pâtisseries (produits humides) :  $a_w$  supérieure à 0.8 et elle peut aller jusqu'à 3.

### **III. Les ingrédients et leurs rôles**

Les principaux ingrédients de la pâte des biscuits sont la farine, le sucre, le gras et l'eau. Ils sont mélangés avec d'autres ingrédients mineurs (tels que la levure chimique et le lait écrémé en poudre) pour former une pâte contenant un substrat bien développé de réseau de gluten. La nature et la quantité des ingrédients dans la pâte déterminent la qualité de biscuit (**Mamat et Hill., 2018**).

#### **III.1. Les principaux ingrédients de biscuit**

##### **III.1.1. La farine**

La farine de blé tendre est l'ingrédient principal de la majorité des biscuits. Les caractéristiques physiques et chimiques des farines affectent leurs fonctionnalités (**Mamat et Hill., 2018**).

L'utilisation très répandue de la farine dans la préparation de la pâte des biscuits est liée à sa capacité à retenir le gaz permettant ainsi son expansion lors de la cuisson.

Les différents constituants de la farine (protéines, lipides, glucides...) jouent un rôle direct ou indirect dans la structuration et l'aération de la pâte (**Ndangui, 2015**).

##### **III.1.2. L'eau**

L'eau est un ingrédient important aide dans la formation d'une pâte. Elle hydrate la farine, fournit la mobilité nécessaire aux constituants de la farine afin d'avoir des réactions chimiques (**Ndangui, 2015**).

Une pâte panifiable contient typiquement 0,6 à 0,8 gramme d'eau par gramme de farine sèche. La présence de l'eau est essentielle puisqu'elle intervient à trois niveaux dans le pétrissage :

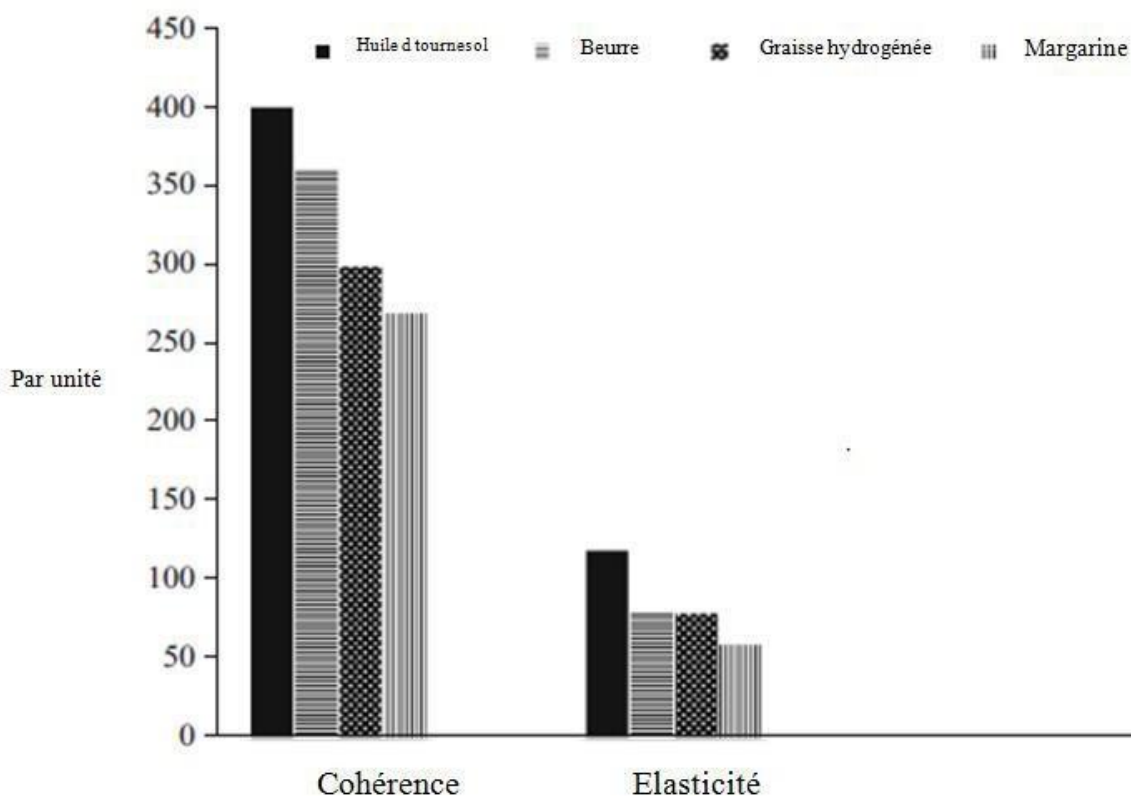
- ✓ Elle assure la dissolution des composés solubles.
- ✓ Elle détermine en grande partie les propriétés rhéologiques de la pâte (cohésion, consistance, viscoélasticité...).
- ✓ L'eau influe, enfin, la rétention gazeuse : une pâte à teneur en eau totale inférieure à 35 % n'est pas capable de retenir les bulles gazeuses introduites encours de pétrissage (**Lassoued-Oualdi, 2005 ; Ndangui, 2015**).

### **III.1.3. La matière grasse**

Quantitativement, la matière grasse est le troisième ingrédient le plus important utilisé dans la fabrication des biscuits. Du point de vue qualité sensorielle, la matière grasse influe sur la texture de biscuit (**Devi et Khatkar., 2016**).

#### **III.1.3.1. Rôle de la matière grasse dans la rhéologie de la pâte**

Le type et le niveau de la matière grasse dans la formulation des biscuits à un impact robuste sur les propriétés viscoélastiques de la pâte. Le niveau de la matière grasse ajoutée dans la formulation de la pâte à biscuits influe puissamment sur l'usinabilité de la pâte tout au long du processus de préparation et aussi sur la qualité du produit final. L'ajout de corps gras entraîne une baisse du développement de gluten, ce qui produit une pâte moins élastique. La matière grasse supplémentaire retarde l'apparition d'un écoulement visqueux, tout en diminuant en même temps les propriétés élastiques du gluten. L'augmentation du niveau de corps gras diminue le temps de développement de la pâte. Le taux de la matière grasse plus élevé a un effet ramollissant et diminue la consistance de la pâte (figure 07) (**Lassoued-Oualdi., 2005; Devi et Khatkar., 2016**).



**Figure 07.** Effet de type de la matière grasse sur les caractéristiques farinographies de la pâte de biscuit (Devi et Khatkar, 2016).

### III.1.3.2. Rôle de la matière grasse dans la qualité des biscuits

Les matières grasses sont des ingrédients principaux responsables de la sensation en bouche, pouvoir lubrifiant, saveur, apparence générale et la durée de conservation de produit.

De plus, elles sont responsables de la couleur de biscuit et de goût qui sont des paramètres de qualités très importants (Ndangui, 2015 ; Devi et Khatkar., 2016).

Les biscuits préparés par la margarine et le beurre ont une propagation comparable. Par conséquent, les biscuits contenant des huiles liquides ont tendance à avoir une plus grande propagation (Devi et Khatkar., 2016).

### III.1.4. Le sucre

Le saccharose est un disaccharide. Il joue un rôle important dans le processus de cuisson. En plus de la douceur, il ajoute aussi de la texture, et de la couleur, et agit comme un conservateur. Selon le niveau et le type, le sucre influe les différents paramètres rhéologiques caractéristiques de la pâte à biscuit. Le sucre inhibe le développement du gluten pendant le pétrissage de la pâte en concurrence avec la farine pour l'eau de la recette (Mamat et Hill., 2018).

**III.1.4.1. Aspect et texture de biscuit**

Les sucres contribuent à l'étalement de la pâte des biscuits. La dissolution progressive des sucres pendant la cuisson diminue la viscosité de la pâte. En plus, les sucres jouent un rôle dans la dureté du biscuit final, de sa couleur et de son volume. (Mamat et Hill., 2018).

**III.1.4.2. Conservation**

Les sucres ont aussi un rôle important dans la conservation des produits alimentaires. Par ailleurs, par sa grande affinité pour l'eau, les sucres et les sirops de sucres permettent la conservation des nombreux produits de boulangerie, en ralentissant la perte d'humidité.

Le saccharose joue un rôle d'antioxydant dans les biscuits et contribue ainsi à prolonger sa durée de conservation en retardant la rancidité des graisses (Mamat et Hill., 2018).

**III.1.4.3. Autres propriétés**

Les sucres ont également d'autres propriétés. Ils activent les levures lors de la fermentation. De plus, les produits de la réaction de Maillard ont des propriétés anti oxydantes. Pour cette raison, certains produits de la réaction de Maillard sont utilisés dans l'industrie alimentaire comme additifs (Biguzzi, 2013).

**III.1.5. La levure chimique**

L'utilisation de la levure chimique fabriquée est plus fréquente dans la préparation des produits de boulangerie. Une levure chimique à simple effet contient l'anhydride de phosphate mono calcique. Tandis que, la levure chimique à double effet contient de l'hydrate de phosphate mono calcique et de sulfate d'aluminium et du sodium. La levure à double effet destinée à la boulangerie contient l'hydrate de phosphate mono calcique et pyrophosphate acide de sodium (Sharma, 2013 ; Ndangui, 2015). L'action de la levure dépend largement des conditions environnantes (Température, pH, teneur en eau...) (Saadoudi, 2019).

**III.2. Les ingrédients facultatifs de biscuit****III.2.1. Le sel**

Le sel alimentaire (NaCl) est présent dans la plupart des produits de boulangerie à raison de 2% du poids de la farine. C'est un exhausteur de goût, diminue les arrières goûts et ralentit l'activité de la levure. Il a aussi une tendance à limiter la disponibilité de l'eau et donc il joue un rôle d'un conservateur. Le sel solubilisé dans l'eau crée des liaisons ioniques avec les protéines de la farine en améliorant la capacité d'absorption d'eau.

Le sel favorise également la coloration de la croûte, qui reste pâle en son absence (Ndangui, 2015).



**III.2.2. Le lait**

Le lait est généralement utilisé pour remplacer l'eau dans certains produits céréaliers, il participe aussi à la coloration de la croûte par la réaction de Maillard grâce à sa forte teneur en lactose (Mezian, 2011).

**III.2.3. Les œufs**

Le mécanisme de la fonctionnalité des œufs dans les biscuits n'est pas trop clair. Selon le type de biscuit, soit l'œuf entier ou seulement l'albumine est utilisé. D'autre part, les biscuits de moins de graisses, contiennent soit d'œuf entier ou de jaune d'œuf.

Les œufs peuvent assurer certaines fonctions d'aération et de coagulation lors de la préparation de biscuit (Hui *et al.*, 2006).

**III.2.4. Les aromatisants**

Généralement l'utilisation du beurre et de lait en tant que des ingrédients dans la formule des biscuits remplit la fonction des aromatisants. Certains épices comme la cannelle, la noix et le gingembre sont également employés pour améliorer la saveur.

Les aromatisants devraient être utilisés avec le plus grand soin car un léger sur plus de quantité donne une très forte saveur qui devient désagréable et inacceptable au produit (Khatkar, 2017).

**III.2.5. Rôle des améliorants**

Les améliorants sont utilisés dans les produits céréaliers afin de corriger les défauts de certaines farines, rendre plus constantes la qualité de celles-ci. Ils peuvent être d'origine naturelle ou de synthèse.

Par exemple, un améliorant peut aider la pâte à lever (activation de la fermentation), assouplir la pâte, augmenter sa force, lui donner une meilleure couleur, ou lutter contre les problèmes bactériologiques (Khatkar, 2017).

# Chapitre III : Matériels et méthodes

### **I.1. Objectif**

Dans ce travail nous avons eu l'idée de valoriser la farine de datte, farine de caroube et farine de lentille rouge pour leurs importance économique et surtout nutritionnelle, et donc nous avons proposé de faire des madeleines à base de ces différentes farines fonctionnelles selon le plan de mélange.

Les farines sont soumises à différentes analyses pour la détermination des propriétés fonctionnelles ainsi les analyses physico-chimiques et microbiologiques. Le produit fini obtenu est soumis à la dégustation par un panel composé de 30 dégustateurs préalablement préparé.

Durant cette étude, différentes étapes ont été réalisées jusqu' à arriver à l'objectif final.

1. Détermination des propriétés fonctionnelles ainsi que les analyses physico-chimiques et microbiologiques des matières premières.
2. Elaboration de nouvelles recettes des madeleines.
3. Analyses physiques, sensorielles, fonctionnelles et l'indice de couleur des madeleines élaborées.
4. Analyses fonctionnelles, physico-chimiques et microbiologiques pour les mélanges des farines.

### **I.2. Matière végétale**

Les farines utilisées dans cette étude sont la farine de datte, farine de lentille rouge, et la farine de caroube. Ces dernières sont achetées d'un marché qui se situe au centre-ville de la wilaya de Bouira durant la période de 02 mai 2021.

#### **✚ Les autres ingrédients**

Ce sont des ingrédients qui rentrent dans la formulation de la recette : (farine de blé, la graisse végétale 36-38%, lait, œuf et zest de citron).

### **I.3. Méthodes d'analyses des matières premières**

Une série d'analyses sera effectuée sur la farine de blé, farine de lentille rouge, farine de caroube et farine de datte.

#### **I.3.1. Détermination des propriétés fonctionnelles des farines**

##### **I.3.1.1. Masse volumique absolue**

Selon la Norme (**NF P 18-301**) Cet essai est défini comme étant la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulats sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains, La masse volumique absolue se détermine par la formule suivante :

$$\rho = M/(V2 - V1)$$

Avec :

$\rho$  : Masse volumique absolue

$M$  : Masse des grains solides

$V1$  : Volume de l'eau

$V2$  : Volume total (grains solide + eau).

### I.3.1.2. Capacité d'absorption d'eau et d'huile (CAH)

Les méthodes décrites par (Zouari *et al.*, 2016) ont été appliquées. Brièvement, 1 g de poudre ( $m_0$ ) est mélangée avec 10 ml d'eau distillée ou d'huile végétale, la suspension est mélangée au vortex puis laissée reposer pendant 30 min. Après centrifugation (5000 trs/30 min), le surnageant est éliminé et le culot est récupéré puis séché dans une étuve à 105 °C pendant 30 minutes. La masse de culot séché est mesurée ( $m_1$  (g)) (Zouari *et al.*, 2016; Zidani, 2019).

Capacité d'absorption d'eau (CAE) ou la capacité d'absorption d'huile (CAH) est exprimés en g d'eau ou d'huile absorbé par g de la poudre selon la formule suivante :

$$CAE \left(\frac{g}{g}\right) = \frac{M_1 - M_0}{M_0}$$

### I.3.1.3. Capacité de gonflement (CG)

La méthode décrite par (Mateos-Aparicio *et al.*, 2010) et (Ouazib, 2016) a été utilisée pour déterminer la capacité de gonflement des poudres préparées. Dans une éprouvette graduée, 100 mg de poudre ( $P$  (g)) sont hydratés avec 10 ml d'eau distillée, puis on mesure le volume ( $V_0$  (ml)) occupé par le mélange. Après 18 h, le volume final ( $V_1$  (ml)) est mesuré. La capacité de gonflement (CG) est déterminée par la formule suivante :

$$CG (\%) = \frac{V_1 - V_0}{P} \times 100$$

## I.3.2. Analyses physico-chimiques des matières premières

### I.3.2.1. Détermination de la teneur en eau

Elle a été réalisée selon la norme : NA 1132/1990 (ISO 712)

**✓ Principe**

On procède à une dessiccation de l'échantillon à analyser dans une étuve à la température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'utiliser un dessiccateur (Saadoudi, 2019).

La teneur en eau est la différence entre le poids de l'échantillon avant et après la dessiccation lorsque leur poids soit constant.

**✓ Mode opératoire**

Nous avons séché les capsules vides dans l'étuve pendant 15 minutes, puis on les laisse refroidir au dessiccateur. Nous avons taré et pesé 5g de l'échantillon puis on les a introduit dans l'étuve à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Nous avons laissé les capsules pour qu'elles refroidissent au dessiccateur avant de les pesées puis on évalue la quantité d'eau évaporée.

**✓ Expression des résultats**

$$H (\%) = \frac{M_1 - M_2}{p} \times 100$$

Où :

**H (%)** : humidité.

**M1 (g)**: masse de la capsule + l'échantillon avant étuvage.

**M2 (g)** : masse de l'ensemble après l'étuvage.

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

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

$$\text{Matière sèche (\%)} = 100 - H (\%)$$

**I.3.2.2. PH**

Elle a été réalisée selon la norme : (NF V 05-101,1974), en utilisant un pH-mètre avec une électrode combinée.

**✓ Principe**

La détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes prolongés dans une solution d'échantillon broyé.

**✓ Mode opératoire**

Nous avons pesé 10 g d'échantillon broyé, puis nous avons ajouté 25 ml d'eau distillée pour chaque échantillon. Ce mélange subi une agitation d'une demi-heure afin de mesuré le Ph à l'aide d'un Ph-mètre (Amellal, 2008).

### I.3.2.3. Détermination de la teneur en cendres

#### ✓ Principe

La teneur en cendres est réalisée selon la norme **N.A.733-1990(ISO.2171)**. Le dosage des cendres est basé sur la destruction de la matière organique par l'incinération dans un four à moufle (**Saadoudi, 2019**).

#### ✓ Mode opératoire

Dans un creuset préalablement taré, nous avons pesé 5 g de l'échantillon, on les introduits au four à une température de  $(550 \pm 10)$  °C jusqu'à l'obtention d'un résidu blanchâtre, puis on retire les creusets et on les laisse refroidir dans un dessiccateur et on les pèse.

#### ✓ Expression des résultats

$$\text{MO (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

Où :

**MO (%)** : matière organique.

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

**M2 (g)** : masse de la capsule + cendres.

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

La teneur en cendres est calculée par la formule suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = 100 - \text{MO}$$

### 1.3.2.4. Détermination de la teneur de la matière grasse (NF EN ISO 734-1, 2000, soxhlet)

#### ✓ Principe

L'échantillon sec est extrait à l'aide de l'éther de pétrole avec un appareil de type Soxhlet, le solvant est évaporé, l'échantillon est séché et pesé.

#### ✓ Mode opératoire

Avant de commencer nous avons séché un ballon de 500 ml à 105°C pendant 15min, et on le laisse refroidir au dessiccateur pendant 30 min, puis on pèse à une précision de 0,001 g.

Nous avons pesé 10 g de produit dans la cartouche du Soxhlet et on l'a placée à l'intérieure de l'extracteur, on verse 200 ml de l'hexane dans le ballon et 50 ml dans le compartiment de la cartouche.

On procède à un chauffage à 80°C jusqu'à épuisement de la matière grasse, puis on élimine le solvant du ballon par distillation et le résidu du ballon est séché dans une étuve à 80°C, après on le laisse refroidir pendant 30 minutes au dessiccateur et on pèse le ballon contenant les lipides à 0,001g près.

✓ **Expression des résultats**

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

Dont :

$$\text{MG (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{(M_E)} \times 100$$

**P2** : poids du ballon vide (g).

**P1** : poids du ballon après évaporation(g).

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

**MG** : taux de la matière grasse(%).

**100** : pour exprimer le pourcentage.

**I.3.2.5. Détermination du résidu sec soluble (°Brix) AFNOR (NF V 05-109, 1970)**

✓ **Principe**

On entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractométrie) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans les mêmes conditions de préparation et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage massique.

✓ **Mode opératoire**

On pèse 5 g de la poudre de l'échantillon dans un bécher de 250 ml, préalablement tare. On ajoute une quantité d'eau distillée égale à neuf fois la masse du produit. On chauffe au bain marie pendant 30 min en remuant de temps en temps. Après refroidissement, on ajoute de l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit approximativement de 100 ml. On mélange avec soin. 20 mn après on centrifuge le mélange, puis on détermine le taux de résidu sec soluble par le réfractomètre.

**I.3.2.6. Acidité titrable (AFNOR1980 : V 04,206)****✓ Principe**

Il consiste à un titrage avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénophtaléine comme indicateur.

**✓ Mode opératoire**

Nous avons pesé 1g de produit dans une fiole conique et nous avons ajouté 10 ml d'eau distillée bouillir et refroidir. Nous avons adapté la fiole à un réfrigérant à reflux à fin de chauffer le contenue au bain marie pendant 30 min, suivie d'un refroidissement.

Le contenu est transverse dans une fiole jaugée de 250 ml complète jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée bouillir et refroidir bien mélanger et filtré, on verse 50 ml dans un bécher puis on titre avec NaOH 0,1N en présence de 2 à 3 gouttes de phénolphtaléines.

**✓ Expression des résultats**

La couleur devient rose pale

$$A = \frac{(250 \times V_1 \times 100)}{(M \times 10 \times V_0)} \times 0,07$$

Avec :

**M** : masse de la farine en gramme.

**V0** : volume en ml (50ml).

**V1** : volume en ml de NaOH (La chute de la burette).

**0,07** : le facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique

**I.3.2.7. Dosage des fibres****✓ Principe**

Les fibres constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives (en milieu acide et en milieu alcalin) suivie par une complexassions avec l'éthylène diamine tétra acétique (EDTA) (Issar., 2011 ; Zidani., 2019).

**✓ Mode opératoire**

Nous avons pesé dans le ballon 0,2 à 1 g de l'échantillon préalablement broyé, puis on a ajouté 50 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0.3N. Nous avons procédé à un chauffage à douce ébullition pendant 30 minutes et une douce agitation toutes les 5 minutes en évitant que la matière adhère aux parois du ballon. On a ajouté 25 ml de NaOH de 1.5 N et on a procédé de nouveau à un



chauffage de 25 minutes et on ajoute environ 0.5g d'EDTA et le laisser au feu pendant 5 minutes.

On passe à la filtration, puis au lavage avec 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 0.3N puis avec trois portions de 50 ml d'eau distillée, ensuite avec 25 ml d'éthanol et enfin 25 ml d'acétone.

Nous avons séché le creuset à l'étuve à 130°C pendant 2h, puis on le laisse refroidir au dessiccateur et on le pèse.

Enfin, nous l'avons porté au four à moufle et à l'incinération à 400 °C pendant 2 h, et on le laisse refroidir à nouveau au dessiccateur et peser (**Zidani, 2019**).

✓ **Expression des résultats**

$$\text{Fibres (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M} \times 100$$

Où :

**M1 (g)** : masse du creuset + matière après séchage à l'étuve.

**M2 (g)** : masse du creuset + matière après incinération au four.

**M (g)** : masse de l'échantillon.

**I.3.2.8. Dosage des protéines**

Le dosage des protéines totales solubles des extraits des farines a été réalisé selon la méthode de **BRADFORD** qui est basée sur la variation de la coloration du bleu brillant de coomassie G250 lorsqu'il se fixe aux protéines. Pour la quantification des protéines.

✓ **Mode opératoire**

Pour extraire les protéines des farines on a suivi la méthode de (**Rezanejad, 2007**) avec quelques modifications, un gramme de farine avec précision de 0,01 g immergé dans 20 ml d'eau distillée ce mélange est ensuite laissé sous agitation dans le réfrigérateur pour 4 à 8 h après on fait une centrifugation de mélange à froid à 5000 tours/min pendant 40 min, afin de conditionné l'extrait dans un tube à essai en attendant l'analyse.

On prend 10 µl de l'extrait protéique avec 90 µl de la solution tampon et 5 ml de réactif de BRADFORD bien mélangés. Le mélange est incubé à la température ambiante pendant 10 mn à l'abri de la lumière. La lecture se fait à 597 nm. (**Bradford, 1976**).

La préparation de la courbe d'étalonnage est expliquée dans **l'annexe N°07**.

### I.3.2.9. Dosage des glucides

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de (**Duchteau et Florkin., 1995**).

#### ✓ Mode opératoire

Elle consiste à ajouter 4 ml du réactif d'anthrone à 100ml du surnageant, et chauffer le mélange à 80°C pendant 10 min, une coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de glucides présente dans l'échantillon, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 620 nm,

Le réactif d'anthrone est une solution limpide de couleur verte qui sera stockée à l'obscurité et qui se prépare en mélangeant :

- 75 ml d'acide sulfurique concentré.
- 25 ml d'eau distillé.
- 150 mg d'anthrone.

La préparation de la courbe d'étalonnage est expliquée dans **l'annexe VI**.

### I.3.2.10. Détermination de la teneur en poly phénols totaux

#### ✓ Principe

Les polyphénols sont estimés par la méthode de Folin Ciocalteu. Ce dosage repose sur le réactif de Folin-Ciocalteu (couleur jaune) qui est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lorsque les polyphénols sont oxydés, ils réduisent le réactif Folin-Ciocalteu en un complexe ayant une couleur bleue constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux des composés phénoliques oxydés (**Rakic et al., 2006; Ghaderi-Ghahfarrokhi et al., 2017**).

## ✓ Mode opératoire

## ✚ Extraction des polyphénols

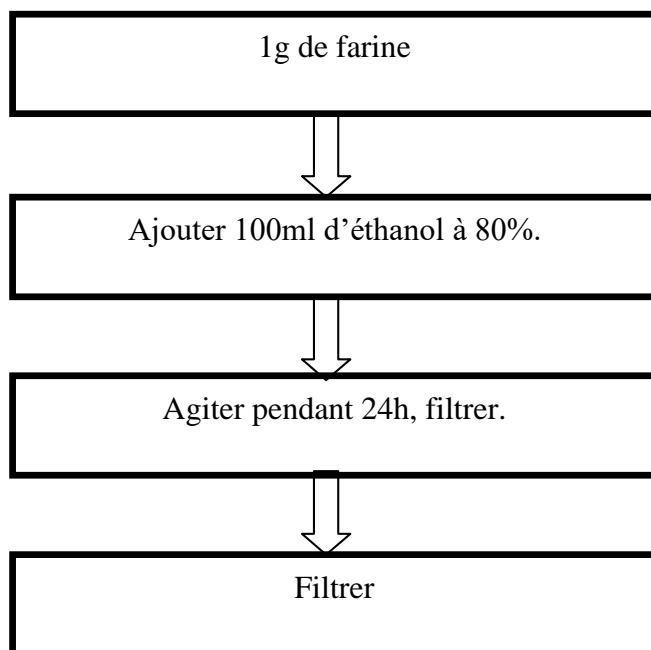


Figure 08. Organigramme représente l'extraction des poly phénol (Owen Et Johns., 1999).

## ✚ Dosage des polyphénols

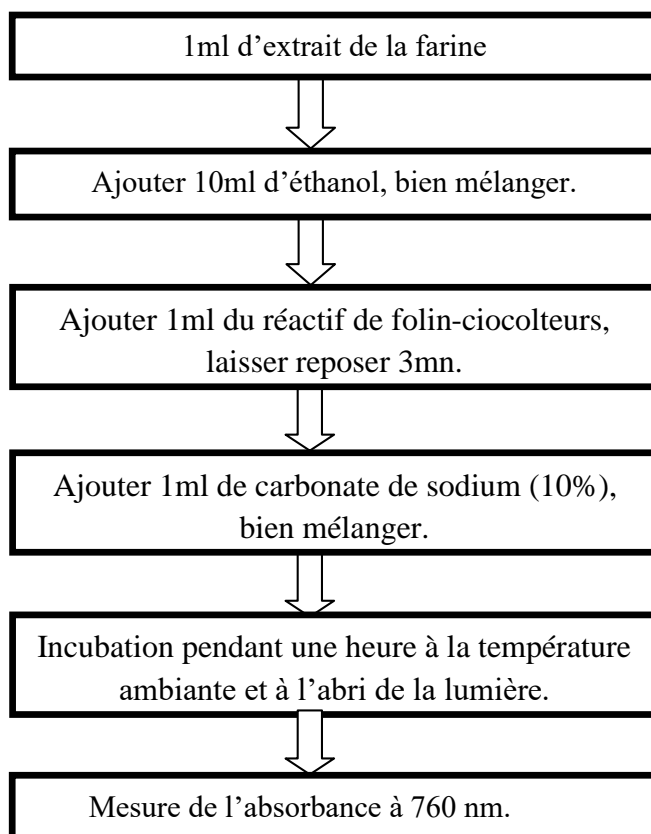


Figure 09. Organigramme de dosage des polyphénols (Ribereau-Gayon, 1968).

La concentration en composés phénoliques totaux exprimée en mg équivalent d'acide gallique par g de pelure de caroube est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard d'étalonnage.

La préparation de la courbe d'étalonnage est expliquée dans l'annexe V.

#### I.3.2.11. Détermination de la teneur en flavonoïdes

##### ✓ Principe

L'estimation de la teneur en flavonoïdes totaux contenus dans les extraits éthanoïque de l'échantillon est réalisée par la méthode décrite dans la littérature (Bahorun *et al.*, 1996).

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium. Ils forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons.

##### ✓ Mode opératoire

Le dosage des flavonoïdes dans l'extrait éthanoïque de la gomme de caroube est représenté dans la figure suivante :

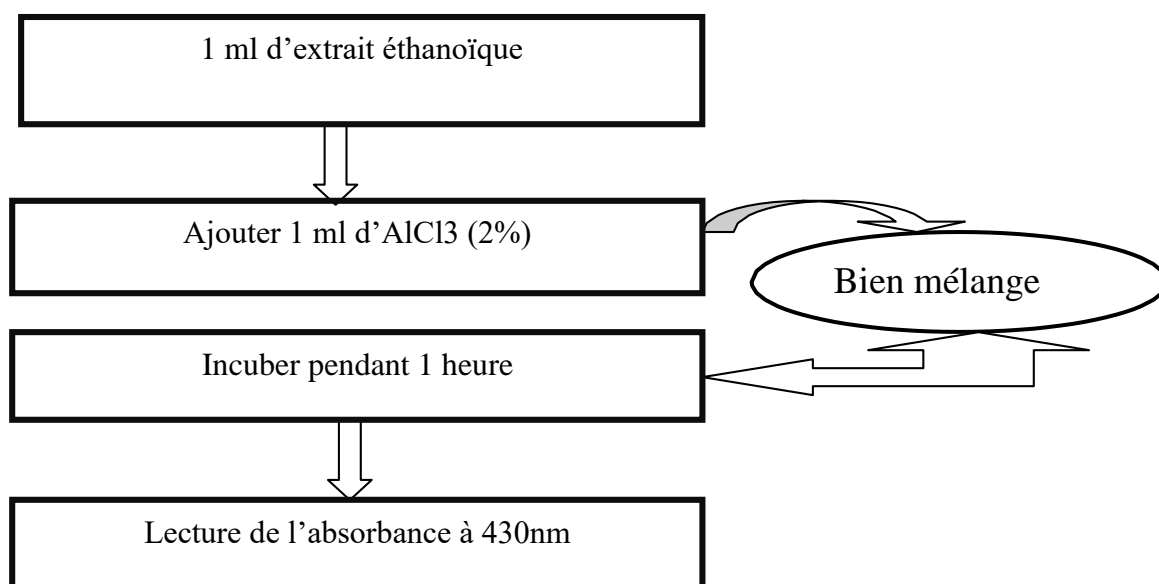


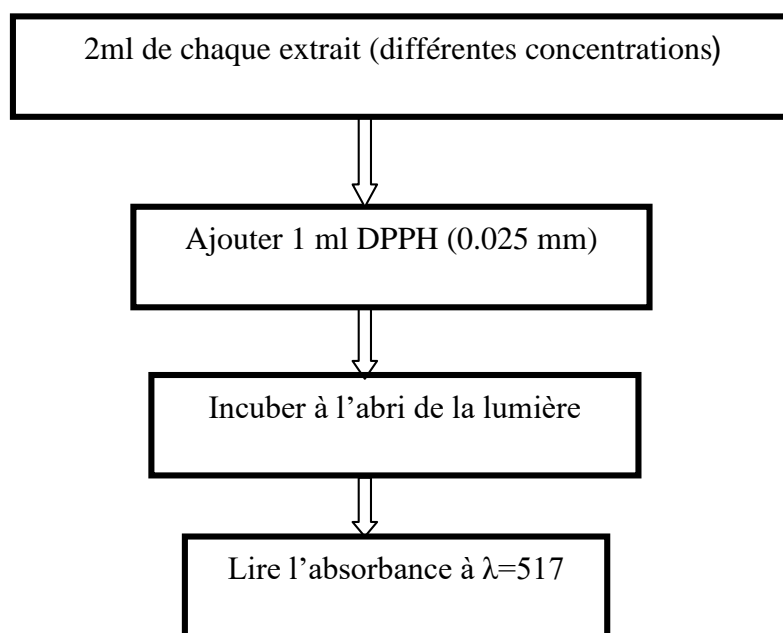
Figure 10. Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes (Bahorun *et al.*, 1996).

La courbe d'étalonnage ( $Y = aX + b$ ) obtenue avec la quercétine à différentes concentrations pratiquée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons serviront à la quantification des flavonoïdes **Annexe V**.

### I.3.2.12. Activité anti-radicalaire

#### ✓ Principe

Le 1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) est défini comme radical libre stable par vertu de la délocalisation de l'électron disponible qui provoque la couleur violette profonde, caractérisée par une absorption. Il réagit avec des groupements amines, les phénols, les acides, les composés hydro-aromatiques...etc. Cette propriété est largement recommandée et utilisé dans la pratique analytique. Quand la solution de DPPH est mélangée à celle d'une substance qui peut donner un atome d'hydrogène ou un électron, alors ceci provoque la forme réduite (1,1-diphényl-2-(2, 4,6- trinitrophenyl) hydrazine (DPPH2)) avec la perte de la couleur violette et apparition d'une couleur jaune pâle résiduelle due à la présence de groupement picryl selon la réaction suivante (**Ramadan, 2010**).



**Figure 11.** Etapes de test DPPH (**Molyneux, 2004**).

Les absorbances ont été convertis en taux de radical-balayage de DPPH selon l'équation :

$$\text{(\% d'inhibition du DPPH Macération)} = \frac{A_c - A_e}{A_c} \times 100$$

Tel que :

**A<sub>c</sub>** : Absorbance du contrôle.

**A<sub>e</sub>** : Absorbance de l'échantillon.

### I.3.3. Analyses microbiologiques des poudres

#### I.3.3.1. Préparation des dilutions en vue de l'analyse microbiologique

##### ✓ Principe

La préparation de la dilution primaire (solution mère) est nécessaire pour les dilutions décimales suivantes en vue de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume pour faciliter l'analyse microbiologique.

##### + Préparation de la solution mère

Nous avons pesé 25g de l'échantillon à analyser, puis on a ajouté 250ml de l'eau physiologique et on a homogénéisé la solution mère, en sachant que la concentration de la solution mère est  $10^{-1}$ .

##### + Préparation des dilutions décimales

Nous avons pris 1ml de la solution mère et qui a été ajouté à un nouveau tube contenant 9 ml d'eau physiologie, puis on a mélangé soigneusement pour avoir une dilution de  $10^{-2}$ .

Nous avons répété ces opérations pour obtenir les dilutions recherchées.

#### I.3.3.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (NF V08-059)

##### ✓ Principe

Les moisissures sont des hétérotrophes, aérobies, acidophiles (pH de développement comprise entre 3et 7) et mésophiles (Température de croissance de 20 à 30°C).

Les levures sont typiquement unicellulaires de forme ronde ou ovoïde et se multiplient par bourgeonnement. Le dénombrement est effectué en milieux sélectif doté de propriétés antibactériennes (milieu OGA).

##### ✓ Mode opératoire

A partir des dilutions décimales,  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA, étaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile puis incubé à 22°C pendant 5 jours.

##### ✓ Lecture

Les colonies des levures sont brillantes, rondes et bondées, de couleurs différentes, de formes convexes ou plates et souvent opaques.

Les colonies de moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmentées ou non, et sont plus grandes que celles des levures.

### **I.3.3.3. Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus (NF ISO 06888)**

#### **✓ Principe**

La forte concentration en chlorure de sodium inhibe la croissance de la plus part des bactéries autres que les staphylocoques.

#### **✓ Mode opératoire**

A partir des dilutions décimales de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$  nous avons porté aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose Chapman, ensuite nous avons étalé les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis on a incubé à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures.

Staphylococcus aureus se présente alors sous forme de colonies de taille moyenne, lisse, brillante en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.

### **I.4. Elaboration du biscuit**

La madeleine est un gâteau très populaire et très apprécié dans la société algérienne, le succès qu'a connu ce gâteau depuis son arrivée au pays a poussé plusieurs artisans et industriels à apporter des touches plus appropriées à notre culture. De notre part nous avons pensé à incorporer un nouvel arôme basé sur la datte et la caroube et lentille rouge qui ont des fruits locaux d'une valeur nutritionnelle importante.

#### **I.4.1. L'essai de fabrication des madeleines**

Les madeleines ont été préparées selon la même formule tout en incorporant à la farine de blé et poudres de datte et poudre de lentille rouge et poudre de caroube à des taux variables.  
(ANNEX III)

**Tableau 03.** Plan de mélange des taux d'addition des farines d'enrichissement au biscuit.

Essaie Matrice	Témoin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X <sub>1</sub> (g)	100	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
X <sub>2</sub> (g)	0	75	0	0	37,5	0	37,5	25	12,5	12,5	50
X <sub>3</sub> (g)	0	0	75	0	37,5	37,5	0	25	50	12,5	12,5
X <sub>4</sub> (g)	0	0	0	75	0	37,5	37,5	25	12,5	50	12,5

X<sub>1</sub> Farine de blé, X<sub>2</sub> Poudre de caroube, X<sub>3</sub> Poudre de datte, X<sub>4</sub> Poudre de lentille rouge

Quant aux autres ingrédients, ils restent constants la masse et présentons dans le tableau suivant :

**Tableau 04.** Taux d'incorporation en gramme des ingrédients pour l'élaboration des madeleines

Les ingrédients	Taux d'incorporation en (g)
Graisse végétale	30
Lait	10
Leveur chimique	5
Œuf	1 œuf entier
Zest de citron	5

#### I.4.2. Etapes de fabrication des madeleines

La préparation est réalisée manuellement selon les étapes suivantes :

##### I.4.2.1. Crémage

Cette étape consiste à fouetter le sucre et un œuf à l'aide d'un batteur électrique, puis l'huile jusqu'à l'obtention d'une texture de pommade, Ajouter le lait et le zest de citron puis mélanger de nouveau.

##### I.4.2.2. Pétrissage

Ajouter les autres ingrédients (farine de blé, farine de caroube, farine de datte, farine de lentille rouge, levure chimique), Mélanger bien jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.

##### I.4.2.3. Cuisson

Verser la préparation dans les moules et enfourner les madeleines pendant environ 15 min à 180°C, Refroidir les madeleines à une température ambiante avant de les manipuler et les déguster.



### I.5. Méthodes d'analyses des madeleines

Une série d'analyses est fait, afin de déterminer les propriétés de madeleines préparées.

#### I.5.1. Détermination des caractéristiques physiques des madeleines

##### I.5.1.1. La perte de poids (PP)

La perte de poids des madeleines au cours de la cuisson a été calculée selon **Agrahar-Murugkar et al., (2015)**.

$$PP(\%) = \frac{Masse_{pate} - Masse_{biscuit}}{Masse_{pate}} \times 100$$

##### I.5.1.2. Le ratio de propagation (RP)

Le diamètre (D) et l'épaisseur (E) des biscuits ont été mesurés par le pied à coulisse selon la méthode 10-53 de l'AACC (2000). On prend la moyenne de diamètre et l'épaisseur. Le ratio de propagation (RP) a été calculé selon **Youssef et Moussa (2012)** en utilisant l'équation suivante :

$$RP = D/E$$

Où :

**RP** : Ratio de propagation.

**D (mm)** : Diamètre.

**E (mm)** : Epaisseur.

##### I.5.1.3. Volume

Selon (**Serrem, 2010**), le volume (V) des madeleines a été calculé en fonction du rayon (r) comme suit :

$$V (cm^3) = r^2 \times epaisseur \times 3,14$$

##### I.5.1.4. La densité

La densité (d) des madeleines a été calculée et exprimée en g par cm<sup>3</sup> (**Serrem, 2010, Sozer et al., 2014**).

$$d\left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{masse}{volume}$$

### I.5.2. Indice de couleur

L'espace couleur  $L^* a^* b^*$  (également appelé CIELAB) est actuellement l'un des plus populaire espaces pour mesurer la couleur de l'objet et est largement utilisé dans pratiquement tous les champs (Zidani, 2019). La mesure de la couleur de la surface des échantillons a été effectuée à l'aide d'un colorimètre (Konica Minolta CR-10). Les résultats ont été exprimés à l'aide du système CIE  $L^* a^* b^*$ . Les paramètres suivant sont été déterminés :

$L^*$  ( $L^* = 0$  noir,  $L^* = 100$  blanc)

$A^*$ (verte ( $a^* < 0$ ) ou rouge ( $a^* > 0$ ))

$b^*$  (bleu ( $b^* < 0$ ) ou jaune ( $b^* > 0$ )) (Krystyjanet *al.*, 2015).

### I.5.3. Détermination des propriétés fonctionnelles des mélanges des farines

Les mêmes protocoles précédents utilisés pour déterminer les propriétés fonctionnelles des mélanges des farines choisies.

- Après le test physique et l'essai de fabrication et à partir de déterminations des propriétés fonctionnelles et d'indice de couleur, nous avons choisie 4 madeleines, échantillon 5 et les échantillons 7, 8 et 10, et nous les avons nommée produit A, produit B produit C, produit D respectivement, et ces derniers contiennent les quantités suivantes (Annexe N° 04).

**Le produit A :** 25% farine de blé, 37,5% de farine de lentille rouge, farine de datte 37,5% et 0% de farine de caroube.

**Le produit B :** est le point au centre de plan de mélange qu'il contient 25% de chaque farine.

**Le produit C :** 25% de farine de blé, 12,5% de farine de caroube, 12,5% de farine de lentille rouge et 50 % de farine de datte.

**Le produit D :** 25% de farine de blé, 50% de farine de caroube, 12,5% de farine de datte et 12,5% farine de lentille rouge.

### I.5.4. Analyses physico-chimiques sur les mélanges des farines

Ces analyses sont faites sur les mélanges des farines à des taux variables, et on a déterminé :

- La teneur en eau.
- PH.
- Teneur en cendre.
- Matière grasse.
- Acidité titrable.

- Degré de brix.
- Glucides.
- Protéines.
- Dosage des fibres.
- Dosage des polyphénols.
- Dosage des flavonoïdes.
- Activité anti radicalaire.

Nous avons utilisé le même protocole expérimental des matières premières.

#### **I.5.5. Analyses microbiologiques des mélanges de farines**

Le même protocole utilisé pour la matière première et aussi ce fait sur les mélanges des farines.

#### **I.5.6. Analyse organoleptique et sensorielle des madeleines**

L'évaluation des paramètres organoleptiques est une condition très importante pour l'acceptabilité d'un produit. L'analyse physico-chimique d'un produit est bien évidemment incontournable. Néanmoins, elle est insuffisante pour refléter ce que perçoit le consommateur sur le plan sensoriel.

L'analyse sensorielle des madeleines est faite par un test de dégustation au biais d'un jury de plus de 30 personnes choisies au hasard de sexe masculin et féminin et d'âge différent (18- 53 ans).

Pour réaliser cette analyse organoleptique, nous avons effectué un test de notation. Chaque dégustateur donne son jugement séparément des autres et apporte une note sur une fiche de dégustation (**Annexe n° IV**) comportant les critères suivants : l'aspect, la couleur, le collage, la fermeté, l'élasticité, l'odeur et l'acceptabilité globale.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

Dans le domaine alimentaire, la qualité est une préoccupation ancienne et récurrente qui reste toujours au cœur des inquiétudes des consommateurs. Le terme qualité pour les produits alimentaires regroupe différentes composantes : qualité nutritionnelle, sanitaire et organoleptique (goût).

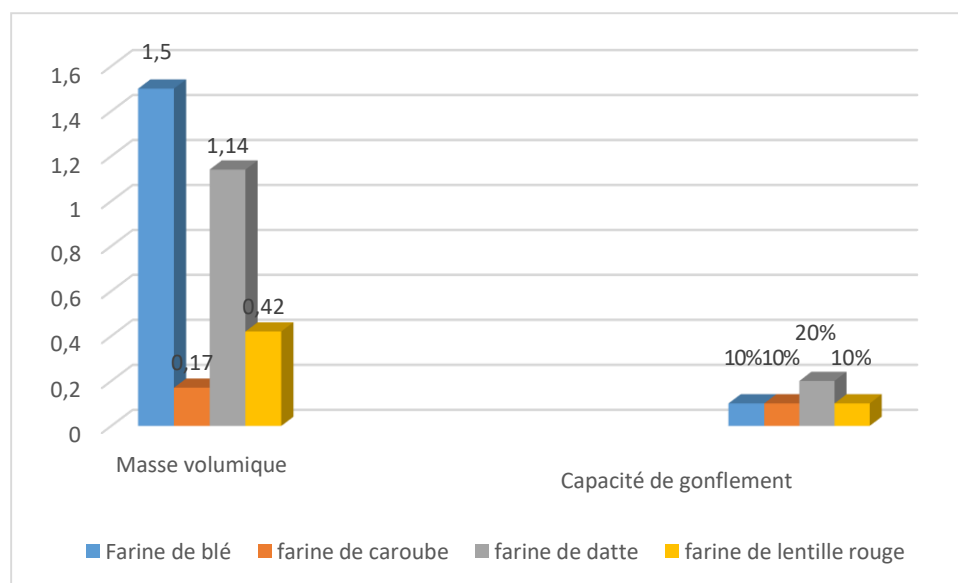
Dans ce chapitre, les résultats des analyses microbiologiques et physico-chimiques permettent d'apprécier les qualités hygiéniques, sanitaires et nutritionnelles des farines commercialisées sur les marchés.

Les résultats d'analyse sensorielle de notre madeleine est une part importante du développement de nouveaux produits. Ainsi elle offre un aperçu des comportements des consommateurs et de l'assurance qualité.

## I. Résultats d'analyses des matières premières

### 1.1. Résultats des propriétés fonctionnelles des farines

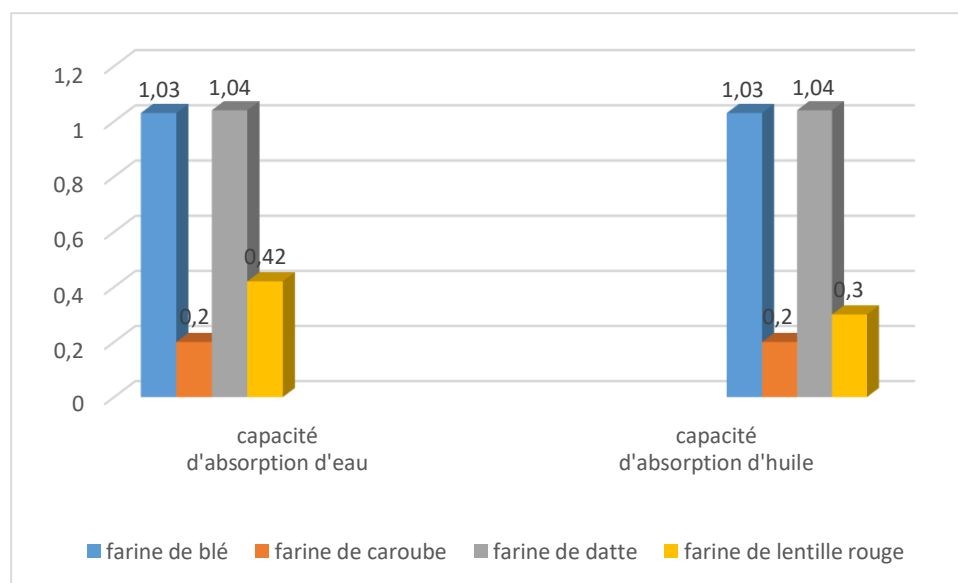
Les résultats d'analyses fonctionnelles sont figurés dans l'histogramme suivant :



**Figure 12.** Résultats des propriétés fonctionnelles (MV et CG) des farines.

Les farines du caroube, des dattes et des lentilles rouges ont une masse volumique inférieure à celle de la farine de blé et ceci est dû à leurs faibles teneurs en amidon (**Ochème et al., 2015**).

La capacité de gonflement de la farine des dattes est supérieure à celle des autres farines. Les principales compositions chimiques qui améliorent le gonflement des farines sont les protéines et les glucides car les deux composants contiennent des parties hydrophiles (**Correia et Beirao-da-Costa, 2011**). Une farine à forte capacité de gonflement pourrait être utile dans les systèmes alimentaires où le gonflement est nécessaire (**Oppong et al., 2015**).



**Figure 13.** Résultats des propriétés fonctionnelles (CAE et CAH) des farines.

La capacité d'absorption d'eau de la farine de blé et de la farine des dattes est presque la même par contre celle de la farine des lentilles rouges et de la caroube est inférieure à celle des deux farines précédentes. Ceci est lié à la structure des macromolécules de nature protéique et polysaccharidiques (**Zidani, 2019**).

La capacité d'absorption d'huile de la farine de blé et celle de la farine des dattes sont presque les mêmes par contre celle des farines de la caroube et des lentilles rouges sont faibles. Ce paramètre est lié à la nature et à la teneur en protéines, en fibres et en amidon (**Ma et al., 2011 ; Vioque et al., 2012**).

## 1.2. Résultats d'analyses physico-chimiques des matières premières

Les résultats d'analyses physico-chimiques des matières premières sont illustrés dans le tableau 05.

Tableau 05. Résultats d'analyse physico-chimique des farines.

Analyses	Farine de blé	Farine de lentille rouge	Farine de caroube	Farine de datte
Teneur en eau %	7±0,001	6±0,025	7±0,1	6±0,06
PH	6,036± 0,709	6,726±0,028	5,330±0,072	5,770±0,052
Teneur en cendre %	0,94±0,03	1,22±0,05	7,68±0,23	5,85±0,05
Teneur en matière grasse %	1,4±0,019	0,5±0,026	4,50±0,007	0,35±0,005
Acidité titrable %	0,35±00	0,7±0,086	1,28±0,028	0,58±0,028
Degré de brix	2,7±0,005	3,7±0,0045	6,5±0,067	4,8±0,03
Glucide %	67,5±0,05	16,5±0,032	90,06±0,041	72,28±0,021
Protéine %	9,21±0,001	9,71±0,005	5,06±0,076	2,7±0,05
Fibre %	3±0,05	9,05±0,02	30,7±0,02	10,83±0,015
Polyphénol Mg EAG/100g	33,91±0,022	65,34±0,098	249,37±0,035	83,54±0,033
Flavonoïde Mg EAG/100g	0,01±0,061	24±0,042	59,43±0,008	0,72±0,040
Activité anti radicalaire %	9,259±0,0014	87,238±0,035	89,094±0,019	12,03±0,0021

### 1.2.1. Humidité

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est en moyenne de 14%.

Selon (Calvel, 1984) et la norme Codex stan 152-1985 (re. 1-1995), concernant la farine de blé tendre l'humidité maximale ne doit pas dépasser 15,5%. Donc, notre teneur d'eau

qui est de l'ordre 7 % est acceptable. D'après (**Chene, 2001**) une faible humidité devrait permettre leur bonne conservation.

Concernant les farines des légumineuses sèches leurs teneurs en eau variées entre 6% et 7% pour la farine de lentille rouge, farine de datte et farine de caroube, elles ont également conformes aux normes (entre 6% et 15.6%) selon (**Avallone et al., 1997**). Cette variabilité de la teneur en eau dépend du séchage.

### 1.2.2. pH

La mesure de pH d'un produit est un indicateur essentiel dans l'évaluation de sa qualité et de sa sécurité alimentaire. Les variations de PH peuvent entrainer d'importantes différences de goût, de fraîcheur et de durée de conservation (**Matallah, 1970**).

Le pH de farine de blé obtenu est de l'ordre de 6,05, elle est acceptable par rapport aux normes établies par (**Jora, 2004**) (proche de la neutralité).

Le PH de la farine de blé (6,05) est inférieur au pH de la farine de lentille rouge (6,71) ces derniers sont supérieurs à celui de la farine de caroube (5,35) et la farine de datte (5,75), Dépend (**Jora, 2004**) toutes nos farines sont incluses dans les normes.

La différence en PH dépend de leurs compositions.

### 1.2.3. Taux de cendre

La mesure du taux de cendre a un intérêt essentiellement réglementaire et permet de classer les farines selon leur degré de pureté (**Ictf, 2001**), notre farine de blé a un taux de cendre (0,94%) qui est proche de taux (0,99 %) trouvée par les recherches de (**Menasra, 2019**).

D'après (**Feuillet, 2000**), les farines qui contiennent beaucoup de minéraux sont classées parmi les farines supérieures.

Pour la caroube, on note une teneur égale à (7,68 %). Selon plusieurs auteurs (**Avallone et al., 1997**), la teneur en cendre de la farine de caroube varié entre 2% à 6% selon le type de caroube. Donc notre résultat est supérieur à l'intervalle précédent.

Et même pour la datte (5,85%), et la lentille rouge (1,22%), elles ont des taux de cendre supérieurs à l'intervalle (0.3-0.8 %) cité par (**Laignelet, 1990**)

Cette élévation de valeur est probablement due à la présence d'enveloppes connues pour leurs richesses en minéraux dans la farine après broyage (**Benatallah, 2009**).



#### 1.2.4. Taux des lipides

Les farines étudiées (farine de blé, farine de lentille rouge, farine de caroube et farine des dattes) présentent des teneurs faibles en lipide variant entre 0,35 % MS et 4,5 % MS. Ce qui favorise leur stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

Notre résultat de taux des lipides pour la farine de blé, est inférieur à ceux apportés par **Boubker et al., (2015)** qui a trouvé des teneurs de matière grasse allant de 1,8% à 2,8% pour les différentes variétés de blé.

Nos résultats de taux des lipides pour la farine de caroube est d'ordre de 4,5% et la farine de lentille rouge 0,5%, ces deux dernières sont inférieures aux résultats apportés par (**Gaoura, 2010**), mais d'après **Avallone et al., (1997)** les teneurs en matière grasse présentes dans la farine de caroube est 3%.

La farine des dattes présente la teneur la plus faible en lipides qui est de 0,35 % MS cette valeur est en accord avec celle établie par **Imad et al., (1995)** qui ont enregistré des valeurs comprises entre 0.19% et 0.2%.

#### 1.2.5. L'acidité titrable

L'acidité titrable renseigne sur l'état physique du fruit ainsi que le PH, En effet, il a été rapporté par **Booij et al., (1992)** que le taux d'acidité est proportionnel à la teneur en eau et donc inversement proportionnel au degré de maturité de fruit.

La farine de blé, de lentille rouge, de caroube, et la farine des dattes présentent une acidité titrable de 0,35%, 0,7%, 1,28% et 0.58% respectivement. Toutes nos farines ont une acidité faible, donc elles sont d'une bonne qualité.

L'acidité de la farine des dattes est légèrement supérieure à celle des variétés égyptiennes Siwi et Amhat qui ont été évaluées, respectivement, à 0.1 et 0.22% (MS) (**Khalil et al.,2002**). Toutefois notre résultat reste largement inférieur à ceux rapportées par **Al-Farsi, (2007)** qui ont trouvé des teneurs s'étendant de 1.9 à 2.7%.

#### 1.2.6. Teneur en protéine

La teneur en protéine la plus élevée est enregistrée dans la farine de lentille rouge et la farine de blé avec des valeurs de 9,71% et 9,21% respectivement. Ces résultats sont proches aux résultats trouvés par **Parsaei et al., (2018)** (11,13%).

La teneur en protéine de caroube représente une valeur de 5,05%, inférieure aux autres farines mais elle est acceptable, cette diminution variée selon les conditions pédoclimatiques, le stade de maturation et les conditions de culture. Les recherches de (Ali K *et al.*, 2002) indiquent que l'acide aspartique était l'acide aminé le plus abondant (4,13 mg/g poids sec) suivi par l'alanine (2,76 mg/g poids sec). Selon l'OMS, la composition en acide aminé de la caroube est acceptable et bien équilibrée sauf la lysine.

La valeur la plus faible en protéine (2,7%) est enregistrée dans la farine des dattes qui est inférieure à ceux trouvées par d'autres chercheurs (Tajini *et al.*, 2020).

De plus, de nombreux résultats des différents auteurs ont montré que la pulpe de datte ne renferme qu'une faible quantité de protéines et les matières protéiques représentent moins de 3 % (MS). Aussi, le pourcentage de protéines présent dans les noyaux des dattes est plus important que celui de la pulpe, selon (Al-Shahib *et al.*, 2003).

### **I.2.7. Teneur en glucide**

La teneur la plus élevée en glucide est enregistrée dans la farine de caroube (90,06%) suivie par la farine des dattes (72,28%), et la farine de blé (67,5%), par contre la faible valeur est celle de la farine des lentilles rouges qui est égale à 16,5%.

En règle générale, les céréales sont des produits énergétiques riches en glucides qui se présentent sous une forme simple et complexe, le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence (Chehat, 2007).

Les études faites sur les fractions glucidiques montrent que la teneur en sucres de la datte est de 60 à 80 %, contenant essentiellement trois types de sucres : le saccharose, le fructose et le glucose constituent une bonne source d'énergie (Ourlis, 2002), donc notre résultat pour la farine des dattes est inclus. De façon générale, les dattes sont caractérisées par une teneur élevée en sucres réducteurs (glucose, fructose), et en saccharose. La forte teneur en sucres de la pulpe de datte confère à ces fruits une grande valeur énergétique pour 100g de pulpe (Munier, 1973) 306 calories pour Deglet Nour et 260 calories pour les dattes séchées «Mech-Degla».

Nos résultats concernant la teneur en glucide de caroube s'accordent parfaitement avec la littérature, ainsi les études effectuées par Biner *et al.*, (2007) ont montré que les sucres sont représentés majoritairement par le saccharose avec 384 mg/g de MS, le glucose avec 33 mg/g

de MS et le fructose avec 115 mg/g de matière sèche. Concernant la composition des graines en sucres elle a été étudiée par **Dakia et al., (2008)**, elle est représentée par le mannose 64,9%, le galactose 17,9%, le glucose 2,5%, l'arabinose 1,2%, le xylose 0,7%, le rhamanose 0,1% et 82,8% de galactomannanes.

### 1.2.8. Les fibres

En allant pour comparer nos résultats on constate que la farine de blé avait une faible teneur en fibres par rapport aux lentilles rouges 9,05 suivi de la farine des dattes 9,83 puis farine de caroube 30,7.

Notre quantité en fibre de farine de blé, identique à celle de (**Menasra, 2019**) et selon (**Didier, 2017**) la norme de fibre dans les lentilles est d'environ 10,7 et l'intervalle des légumineuses sec 6,3% à 30%, donc Nos résultats sont inclus dans l'intervalle.

Par ailleurs, les fibres alimentaires sont des éléments présents dans les végétaux consommés (fruits, céréales et légumes). Les régimes riches en fibres alimentaires sont signalés à avoir des avantages importants pour la santé. La fibre n'est pas considérée comme un élément nutritif essentiel, mais peut jouer un rôle dans la modulation de l'apport énergétique

### 1.2.9. Taux des polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux nous donne une estimation globale de teneur des différents composés phénoliques contenus dans l'extrait des farines.

Les résultats obtenu indiquent que la farine de caroube, la farine des dattes et la farine de lentille rouge contiennent des teneurs en polyphénols élevées que la farine de blé 33,91mg EAG/100g.

Notre taux de polyphénol de farine de blé est légèrement supérieur à celui apporté par (**Menasra, 2019**).

Selon (**Hegazy et al., 2014**), la farine de blé contient 0,501 mg/g de polyphénols, tandis que, la teneur en polyphénols mentionnée par (**Klunklin, 2018**) est 28,66 mg EAG/100g.

Notre valeur trouvée pour les polyphénols dans la farine de lentilles 65,34 mg EAG/100g est inférieure aux valeurs observées par (**Amarowicz et al., 2009**) et (**Amarowicz et al., 2010**).

Le taux de polyphénol de la farine des dattes est de l'ordre 83,54 mg EAG/100g, cette valeur est nettement plus supérieure à la valeur trouvée par (**Mansouri et al., 2005**) qui est de

6.73 mg EAG/100g de MF d'une variété de la région de Ghardaïa, par contre notre valeur est inférieure au résultat de **(Wu, 2004)** qui a trouvé une teneur de 661 mg EAG/100g de MF. Dans une autre étude réalisée par **(Dhaouadi et al., 2011)**, la teneur en polyphénols est de 548 mg EAG/100g de sirop de datte d'une variété deglet noir tunisienne.

La teneur en polyphénols de caroube est d'ordre de 249,37 mg/100 g. Ce résultat est inférieur à des données de **(Ayzar et al., 2007 et Avallone et al., 1997)**, qui sont respectivement 13.51mg/g, et 19.2mg/g. Ces différences observées dans les différentes études, peut s'expliquer par la provenance géographique, la variété et surtout le degré de maturité, ce qui a été prouvé par les travaux de **(Abi Azar, 2007)**, réalisés sur des gausse de caroube vertes, et qui ont montré que ces dernières contiennent beaucoup plus de polyphénols totaux que les gausse mûres.

Les polyphénols sont connus par leur pouvoir antioxydant et leurs vertus biologiques. Ils contribuent à la prévention des maladies dégénératives et les maladies cardiovasculaires **(Manach et al., 2004 ; Henk et al., 2003 ; Scalbert et al., 2002)**, ils participent à la régénération de certains antioxydants tel que la vitamine E **( Scalbert et al., 2002)**.

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres générés en permanence par notre organisme ou formés en réponses à des agressions de notre environnement (cigarette, polluants, infections,...etc) qui favorisent le vieillissement cellulaire **(Djeridane et al., 2006 ; Morelle, 2003 ; Scalbert, 2000)**. Ils seraient impliqués dans la prévention des maladies cancéreuses **(Scalbert., 2000 ; Rice-Evans et al., 1995 ; Block et Langseth., 1994 ; Block., 1992)**.

Les défenses antioxydantes des polyphénols sont d'une importance critique pour protéger le cerveau et les tissus nerveux contre les atteintes oxydatives telles que celles constatées dans la maladie d'Alzheimer **(Henk et al., 2003)**.

Les composés phénoliques jouent également un rôle dans les mécanismes de défense contre l'invasion microbienne et les rayons UV. Ils sont utilisés comme agents antimicrobiens pour leurs propriétés antioxydantes. Ils exercent une action inhibitrice sur de nombreuses bactéries, champignons et même virus **(Rodriguez et al., 2007 ; Bourgeois et al., 1996 ; Branen et al., 1980)**.

### 1.2.10. Taux de flavonoïde

Le taux de flavonoïde de notre farine de blé est 0,011 mg/100g, ce dernier est proche aux résultats données par (**Romulus et al., 2012**).

Notre farine de caroube contient un taux de flavonoïdes égale à 59,43 mg/100 g, ce taux est légèrement supérieur à l'intervalle (0,2mg/g a 0,4mg/g) apporté par (**Avallone et al., 1997**).

La valeur en flavonoïde obtenue de datte est de 0,72 mg/100g proche à la valeur trouvée par (**Mansouri et al., 2005**) qui est de 0.136 mg EQ/ 100g de MF, par rapport à celle de (**Chaira et al., 2009**) qui est de 54.46 mg EQ/ 100g de MF de datte Deglet-Nour tunisienne.

Les flavonoïdes sont les plus actives parmi les antioxydants végétaux alimentaires (**Graille, 2003**). Ils ont en outre, des actions pour le traitement des inflammations, des infections virales et du cancer (**Ndhkala et al., 2006 ; Morelle, 2003**).

### 1.2.10. Activité anti radicalaire

D'après les résultats qu'on a obtenus, nous avons trouvé que la farine de caroube et la farine de lentille rouge ont un grand pouvoir d'anti radicalaire avec un taux de 89,094% et 87,238% respectivement, comparativement avec le pouvoir faible d'anti radicalaire de farine de datte 12,03% et de la farine de blé 9,259%.

Les lentilles rouges possèdent des niveaux élevés d'antioxydants naturels (**Fernandezorozco et al., 2003**).

### 1.3. Résultats d'analyses microbiologiques des matières premières

Les résultats d'analyses microbiologiques des matières premières sont illustrés dans le tableau 06.

Tableau 06 : Résultats d'analyses microbiologiques des farines

Germe recherché	Les échantillons	Résultats	Critère d'acceptation UFC/g	Normes
Moisissure	Farine de blé	Absence	$10^3 - 10^4$	Jour/alg/2017
	Farine de lentille rouge	Absence	$10^2 - 10^3$	Jour/alg/2017
	Farine de caroube	Absence	$10^2 - 10^3$	Jour/alg/2017
	Farine de datte	Absence	$10^2 - 10^3$	Jour/alg/2017
Staphylocoques coagulasse +	Farine de blé	Absence	$10^2 - 10^3$	Jour/alg/2017

On remarque d'après les résultats du tableau une absence totale des moisissures et des staphylocoques coagulasse pour la farine de blé, la farine de lentille rouge, farine de caroube et la farine de datte, Cela serait dû aux bonnes conditions de conservation.

Donc, nos farines sont de qualités microbiologiques satisfaisantes selon le journal officiel de la république algérienne et ceci conformément à l'arrêté interministériel N°39 du 02/07/2017 du journal officiel.

## II. Résultats d'analyses du produit final

### II.1. Résultats des caractéristiques physiques des madeleines

Les résultats d'analyse physique pour les 10 madeleines sont ordonnés dans le tableau 07.

Tableau 07. Propriétés physiques des madeleines enrichies.

	Masse (g)	Perte de poids (%)	Ratio de propagation	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Épaisseur (mm)
1	35	10	2	39,25	0,89	2,5
2	32	11	2,5	25,43	1,25	1,8
3	34	10	2,64	24,02	1,41	1,7
4	30	12	2,75	34,54	0,86	2
5	42	10	2,33	65,94	0,63	3
6	36	10	1,89	50,08	0,71	2,9
7	40	11	2,14	82,42	0,48	3,5
8	38	9,5	2	56,52	0,67	3
9	40	11,11	2,4	30,14	1,32	2
10	49	9,25	1,75	87,92	0,55	4

Le tableau représente les différentes propriétés physiques des madeleines enrichies par différentes farines (farine de datte, farine de caroube et farine de lentille rouge) à des taux d'incorporation différents en utilisant le plan de mélange.

Nous remarquons que le volume se diffère remarquablement entre les 10 biscuits.

Donc on le prend en considération comme réponse dans le modèle mathématique.

#### Validation du modèle mathématique

Pour le plan de mélange la méthode la plus simple pour valider le modèle mathématique, c'est la réponse au centre (la réponse réelle et la réponse prédit au centre doit être presque similaire), sinon on utilise la méthode de ficher (Goupy et Creighton., 2002).

Tableau 08. Plan de mélange de la réponse mathématique.

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y
<b>1</b>	1	0	0	39,25
<b>2</b>	0	1	0	25,43
<b>3</b>	0	0	1	24,02
<b>4</b>	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	34,54
<b>5</b>	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	65,94
<b>6</b>	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	50,08
<b>7</b>	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	82,42
<b>8</b>	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$	56,42
<b>9</b>	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{3}$	30,14
<b>10</b>	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	87,92

Tandis que :

X<sub>1</sub> La farine de caroube, X<sub>2</sub> La farine de datte et X<sub>3</sub> La farine de lentille rouge

A partir des équations suivantes nous avons obtenu les effectifs

$$\mathbf{B1 = Y_1 = 39, 25}$$

$$\mathbf{B2 = Y_2 = 25, 43}$$

$$\mathbf{B3 = Y_3 = 24, 02}$$

$$\mathbf{B1.2 = 4 Y_{1.2} - 2 (Y_1 + Y_2) = 8, 8}$$

$$\mathbf{B1.3 = 4 Y_{1.3} - 2 (Y_1 + Y_3) = 73, 78}$$

$$\mathbf{B2.3 = 4 Y_{2.3} - 2 (Y_2 + Y_3) = 164, 86}$$

$$\mathbf{B1.2.3 = 27 (Y_{1.2.3}) - 12 (Y_{1.2} + Y_{1.3} + Y_{2.3}) + 3(Y_1 + Y_2 + Y_3) = 684, 72}$$



Avec :

Y : Réponse étudiée.

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> et X<sub>3</sub> : Formes codées des variables explicatives.

B1 et B2 : Coefficients linéaires.

B1.2 et B1.3 et B2.3 : Coefficient d'interaction d'ordre 2.

B1.2.3 : Coefficient d'interaction d'ordre 3.

Le modèle mathématique obtenu par le critère volume est comme suit :

$$Y = 39,25 X_1 + 25,43 X_2 + 24,02 X_3 + 8,8 X_1 X_2 + 73,78 X_1 X_3 + 164,86 X_2 X_3 + 684,72 X_1 X_2 X_3.$$

- Si on prend en considération les effets principaux, on constate que X<sub>1</sub> (farine de caroube) influence beaucoup plus que les autres effets.
- Pour les interactions d'ordre 2 on a constaté que l'interaction X<sub>2</sub> X<sub>3</sub> (farine de datte et farine de lentille rouge) et l'interaction triple X<sub>1</sub> X<sub>2</sub> X<sub>3</sub> influence beaucoup plus que les autres sur notre réponse.

### II.2. Résultats de détermination des propriétés fonctionnelles des mélanges des farines

Les résultats d'analyses fonctionnelles des mélanges des farines pour les biscuits sélectionnés sont figurée dans l'histogramme suivant.

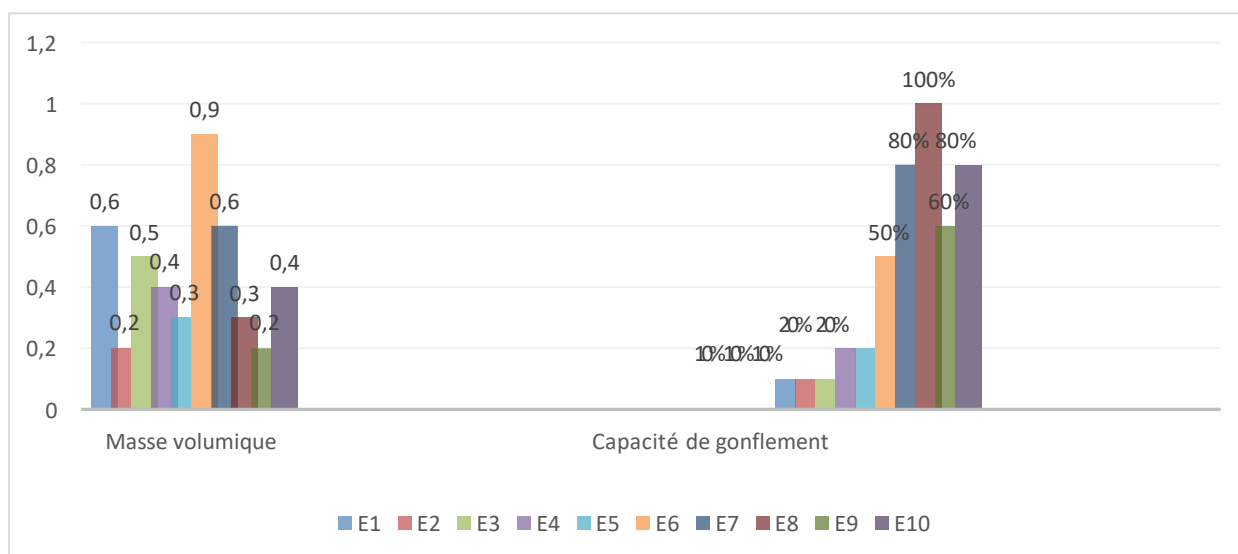
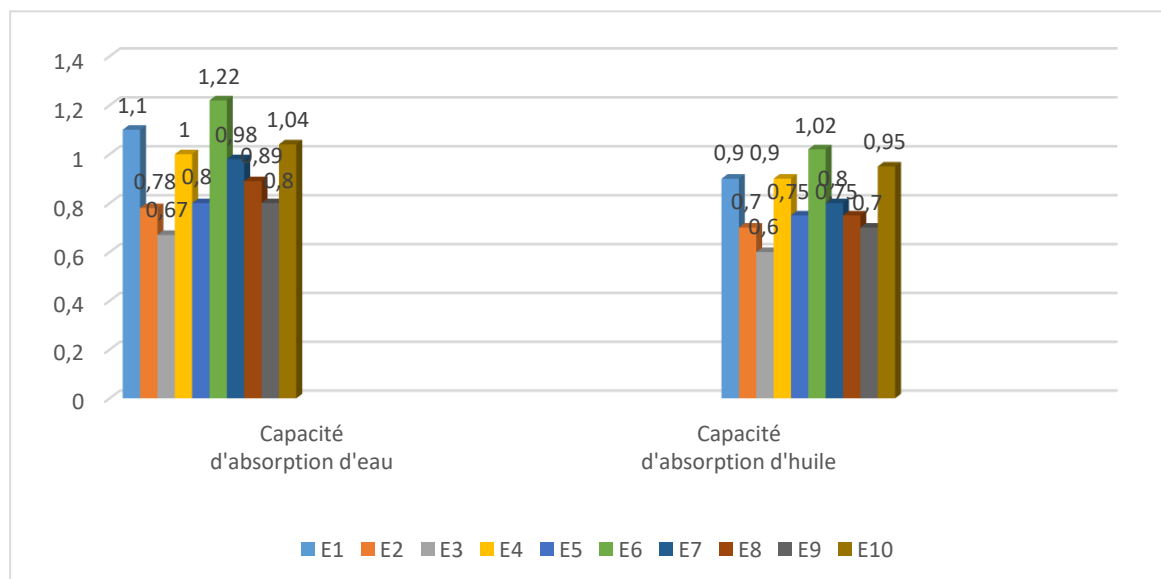


Figure 14. Résultats d'analyses fonctionnelles (MV et CG) des mélanges des farines.

Les deux échantillons E<sub>2</sub> (25g farine de blé et 75g farine de caroube) et E<sub>8</sub> (25g farine de blé, 12.5g farine de caroube, 50g farine de datte, et 12.5g farine de lentille rouge) ont une très faible masse volumique en comparaison à celle des autres échantillons. Ceci est dû à leur faible teneur en amidon, car les dattes ne contiennent que 3.68g d'amidon en 100g. Par contre les échantillons E<sub>1</sub> (25g de farine de blé, 75g farine de caroube) et E<sub>7</sub> (25g de farine de blé, 25g de la farine de caroube, 25g de la farine des dattes et 25g farine de lentille rouge) ont une moyenne valeur en masse volumique par rapport aux autres échantillons et ceci est due à leur teneur moyenne en amidon qu'on en trouve dans la caroube (35% d'amidon/15g) et dans les lentilles rouges aussi (15g d'amidon en une portion) (Ocheme *et al.*, 2015).

La capacité de gonflement dans les échantillons E<sub>6</sub> (25g de farine de blé, 37.5g de farine de caroube et 37.5g de farine de lentille rouge), E<sub>7</sub> (25g de farine de blé, 25g farine des dattes, 25g farine de lentille rouge, 25g farine de caroube), E<sub>8</sub> (25g de farine de blé, 12.5g farine de caroube, 50g farine de datte, et 12.5g farine de lentille rouge) et E<sub>9</sub> (25g de farine de blé, 12.5g farine de caroube, 12.5g farine de datte et 50g farine de lentille rouge) est élevée comparé aux autres échantillons. Ce paramètre est lié aux quantités de protéines et des glucides parce que ces derniers contiennent des parties hydrophiles (Correia et Beirao-da- costa, 2011).



**Figure 15.** Résultats d'analyses fonctionnelles (CAE et CAH) des mélanges des farines.

La capacité d'absorption d'eau est très élevée dans les échantillons E<sub>1</sub> (25g de farine de blé et 75g de farine de caroube), E<sub>4</sub> (25g de farine de blé, 37.5g de farine de caroube et 37.5g de datte), E<sub>6</sub> (25g de farine de blé, 37.5g farine de caroube, 37.5g farine de lentille rouge) et E<sub>10</sub>

(25g de farine de blé, 50g farine de caroube, 12.5g farine de datte et 12.5g farine de lentille rouge), là où on trouve une quantité importante de la farine du caroube par rapport aux autres échantillons, car la capacité d'absorption d'eau dépend de la structure des macromolécules protéiques et polysaccharidiques (Zidani, 2019).

Les échantillons E<sub>1</sub> (25g de farine de blé et 75g farine de caroube), E<sub>4</sub> (25g de farine de blé, 37.5g farine de caroube et 37.5g farine de datte), E<sub>10</sub> (25g de farine de blé, 50g farine de caroube, 12.5g farine de datte et 12.5g farine de lentille rouge) ont une capacité d'absorption d'huile élevée en comparaison à celle des restes échantillons. Ces échantillons ont une quantité importante du caroube et la capacité d'absorption d'huile est liée à la nature et à la teneur en protéine, en fibres et en amidon aussi (Ma *et al.*, 2011 ; Vioque *et al.*, 2012).

### II.3. Résultats d'indice de couleur sur les biscuits

Le tableau ci-dessous représente les résultats de l'indice de couleur de nos madeleines.

**Tableau 09.** Résultats d'indice de couleur des madeleines.

Paramètres Echantillons	L*	a*	b*
<b>Témoin</b>	67.41	8.90	32.11
<b>E1</b>	29.81	14.04	21.51
<b>E2</b>	47.64	10.86	31.71
<b>E3</b>	57.41	13.97	38.69
<b>E4</b>	29.29	13.28	25.27
<b>E5</b>	54.91	13.19	36.34
<b>E6</b>	34.38	13.91	26.61
<b>E7</b>	33.68	13.59	24.08
<b>E8</b>	32.04	12.35	25.83
<b>E9</b>	37.88	12.15	25.59
<b>E10</b>	31.79	13.20	23.07

D'après les résultats obtenus nous avons remarqué que le témoin est très clair avec une valeur de L\* = 67.41 par contre les échantillons E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10 sont moins blancs et moins clair surtout les échantillons qui ont des quantités élevées en farine de

caroube tel que l'échantillon E1, E4, E6, E7 et E10 cela est due aux grandes quantités des composés phénoliques dans la farine de caroube. Le témoin est fabriqué avec la farine de blé et cette dernière a été hautement transformée pour être plus blanche (Eke-Ejioforetal., 2014).

Pour les paramètres  $a^*$  et  $b^*$  dans tous les échantillons ils sont supérieurs à zéro, c'est-à-dire qu'il vire vers le rouge et le jaune.

#### II.4. Résultats des analyses physico-chimiques des mélanges de farines

Le tableau ci-dessous représente les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons sélectionnés.

**Tableau 10.** Résultats d'analyses physico-chimiques des mélanges des farines.

	A	B	C	D
Teneur en eau (%)	5.00±0.010	9.00±0.010	5.00±0.010	6.00±0.010
PH	6,35±0,005	5,85±0,002	5,82±0,005	5,60±0,005
Teneur en cendre (%)	2.17±0.005	6.25±0.005	4.12±0.005	10.10±0.005
Teneur en matière garasse (%)	0,71±0,010	1,75±0,010	0,80±0,010	3,50±0,010
Acidité titrable (%)	0,20±0,005	0,10±0,005	1,83±0,005	0,08±0,005
Degré de brix	3,10±0,010	4,00±0,010	3,50±0,010	4,70±0,010
Glucides (%)	48.44±0.010	61.58±0.010	52.09±0.010	50.39±0.010
Protéines (%)	7.20±0.005	6.67±0.005	4.51±0.010	4.97±0.010
Fibres (%)	6,33±0,024	12,61±0,024	7,50±0,010	18,76±0,010
Poly phénols (mg EAG/100g)	57,89±0,024	121,58±0,010	58,72±0,010	151,64±0,010

<b>Flavonoïdes (mg EAG/100g)</b>	10.60±0.005	17,83±0.010	8.19±0.005	29,77±0.005
<b>Activité anti radicalaire</b>	58.02±0.035	74.49±0,024	14.81±0.024	87.86±0.077

**A = E5** : 25g de farine de blé, 37.5g de farine de datte, 37.5g de farine de lentille rouge.

**B = E7** : 25g de farine de blé, 25g de farine de caroube, 25g de farine de datte, 25g de farine de lentille rouge.

**C = E8** : 25g de farine de blé, 12.5g de farine de caroube, 50g de farine de datte, 12.5g de farine de lentille rouge.

**D = E10** : 25g de farine de blé, 50g de farine de caroube, 12.5g de farine de datte, 12.5g de farine de lentille rouge.

D'après les résultats obtenus nous avons remarqué que l'échantillon E7 a la teneur en eau la plus élevée avec un taux de 9%, cet échantillon contient des quantités égales de toutes les farines utilisés, suivie de l'échantillon E10 avec un taux de 6%, ce dernier contient une quantité importante en farine de caroube (**Avallone et al., 1997**). Et en dernier les deux échantillons E5 et E8 à 5%. Cette différence peut être justifiée par la différence en composition de chaque échantillon et aussi le séchage des matières premières.

L'échantillon E5 au PH le plus élevé est égal à 6.35, cet échantillon contient une quantité importante en lentilles rouges et selon (**Aihara, 1971**) les lentilles rouges sont classées parmi les aliments très acides.

Les échantillons E7 et E8 ont presque le même PH à 5.85 et 5.82 respectivement, par contre l'échantillon E10 a le PH le moins élevé 5.60 ceci est dû à sa richesse en farine de caroube qui est classée parmi les aliments alcalins (**Guillot, 2008**).

La teneur en cendre la plus élevée se retrouve dans l'échantillon E10 avec un taux de 10.10%, selon (**Benatallah, 2009**) cette élévation de valeur est due à la richesse de la pulpe de caroube en minéraux (**Bravo et al., 1994**), suivie par l'échantillon E7 et E8 à 6.25% et 4.12% respectivement, en dernier c'est l'échantillon E5 qui a une teneur en cendre très faible et qui est égale à 2.17%.

L'échantillon E10 a la teneur la plus élevée en matière grasse par rapport aux autres échantillons, elle est égale à 3.50% ce résultat peut être justifié par sa composition et plus exactement la grande quantité de farine de caroube ajoutée (**Avallone et al., 1997**). Suivie par l'échantillon E7 avec une teneur de 1.75%.

Pour les échantillons E5 et E8 ont des teneurs en matière grasse très proches 0.71% et 0.80% respectivement, ces échantillons ont de petites quantités en farine de caroube mais des quantités importantes en farine de datte, cette dernière est faible en quantité de lipides (**Imad et al., 1995**).

Pour les résultats de l'acidité titrable nous avons trouvé que l'échantillon E8 a la plus grande valeur qui est égale à 1.83%, suivie par les échantillons E5, E7 et E10 à 0.20%, 0.10%, 0.08% respectivement.

L'échantillon E10 a la plus grande valeur en degré de brix, est égale à 4.70, suivie par l'échantillon E7 avec une valeur de 4.00, puis avec l'échantillon E8 à 3.50 et en dernier l'échantillon E5 à 3.10. Cette différence peut être justifiée par la différence en composition de chaque échantillon où on trouve que l'échantillon qui a une quantité élevée de caroube a un degré de brix élevé par rapport aux autres (**Karkacier&Artik., 1995 ; Kumazawa et al., 2002; Biner, 2007**).

Les résultats des glucides ont démontré que l'échantillon E7 a une valeur importante en glucide, elle est égale à 61.58%, suivie par l'échantillon E10 qui a une quantité élevée en farine de caroube avec une valeur de 50.39%, puis l'échantillon E8 aussi qui a une quantité importante en farine de datte avec un taux de 52.09%, et en dernier c'est l'échantillon E5 avec un taux de 48.44%. Cette différence peut être justifiée par la différence en composition de chaque échantillon où on trouve les échantillons qui contiennent des pourcentages élevés en farines de caroube ont des taux de glucides plus élevés aux autres échantillons car la caroube est caractérisée par une teneur élevée en sucres (environ 500 g/kg) (**Petit & Pinilla., 1995**).

L'échantillon E5 a la plus grande teneur en protéine avec un taux de 7.20% par rapport aux autres échantillons en raison de sa richesse en farine de lentilles rouges qui est riche en protéine 8.1g/100g (**Anses, 2012**), suivie par les échantillons E7, E10, E8 à 6.67%, 4.97%, 4.51% respectivement. Donc cette différence est justifiée par leurs compositions.

En ce qui concerne les fibres, les résultats trouvés ont montré que l'échantillon E10 a la plus grande teneur en fibres avec un taux de 18.76%, suivie par l'échantillon E7 à 12.61% et en

dernier les deux échantillons E8 et E5 à 7.50% et 6.33% respectivement. Cette variation en teneur de fibres est justifiée par la différence en composition où on trouve l'échantillon E10 qui a la plus grande valeur parce qu'il contient une grande quantité de farine de caroube qui est riche en fibres selon (Albanell *et al.*, 1991; Iipumbu *et al.*, 2008).

Pour les résultats du dosage des poly phénols, c'est l'échantillon E10 qui a une valeur très élevée et qui est égale à 151.64 mg EAG/100g, en raison de la grande quantité de farine de caroube ajoutée parce que c'est une bonne source de poly phénols (16-20%) (Bamforth., 1999; Dewick, 1995). Il est suivie par l'échantillon E7 avec une valeur de 121.58 mg EAG/100g.

Les échantillons E5 et E8 ont presque les mêmes quantités en poly phénols à 57.89mg EAG/100g et 58.72mg EAG/100g respectivement.

L'échantillon E10 est riche en flavonoïdes avec un taux de 29.77mg EAG/100g, suivie par l'échantillon E7, E5 et E8 à 17.83mg EAG/100g, 10.60mg EAG/100g et 8.19mg EAG/100g respectivement. Ces variations peuvent être justifiées par la différence en composition de chaque échantillon où on trouve là où il y a une quantité importante de farine de caroube un taux élevé en flavonoïdes.

Les résultats obtenus pour l'activité anti radicalaire, c'est l'échantillon E10 qui a un taux important et élevé par rapport aux autres échantillons (87,86%), suivie par les échantillons E7, E5 et E8 à 74.49%, 58.02% et 14.81% respectivement. Cette différence est due à la différence en composition où on trouve que les échantillons qui ont une grande quantité de farine de caroube et celle de lentille rouge ont des taux élevés en activité anti radicalaire (Khaldi, 2007., Fernandezorozco *et al.*, 2003).

### II.5. Résultats des analyses microbiologiques des mélanges des farines

Les analyses microbiologiques se fait sur les mélanges des farines à des proportions différentes pour les 4 biscuits choisis.

Les résultats sont résumés dans le tableau 11.

Tableau 11. Résultats microbiologiques des biscuits

Germe recherché	Echantillon	Résultats	Critère d'acceptation UFC/g	Norme
Moisissures	Farine de blé	Absence	$10^2$ - $10^3$	Jour/alg/2017
	Farine de lentille rouge	Absence	$10^2$ - $10^3$	Jour/alg/2017
	Farine de caroube	Absence	$10^2$ - $10^3$	Jour/alg/2017
	Farine de dattes	Absence	$10^2$ - $10^3$	Jour/alg/2017

On remarque d'après les résultats du tableau une absence totale de la moisissure pour les mélanges des farines des biscuits. Donc nos produits sont de qualités microbiologiques satisfaisantes et ceci conformément à l'arrêté interministériel N°39 du 02/07/2017 du journal officiel.

## II.6. Les résultats de test de dégustation

### Test sensorielles

L'analyse sensorielle est une science multi disciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de produit alimentaire ainsi que de nombreux autres produits. (Bmwatts *et al.*, 1991).

La dégustation est faite par 30 personnes à la bibliothèque SNV, leurs moyenne d'âge est de (18-60) ans, ont dégustés tous nos biscuits avec une fiche de dégustation comportant les critères suivant ;

- L'aspect.
- Le collage.
- La couleur.
- L'élasticité.

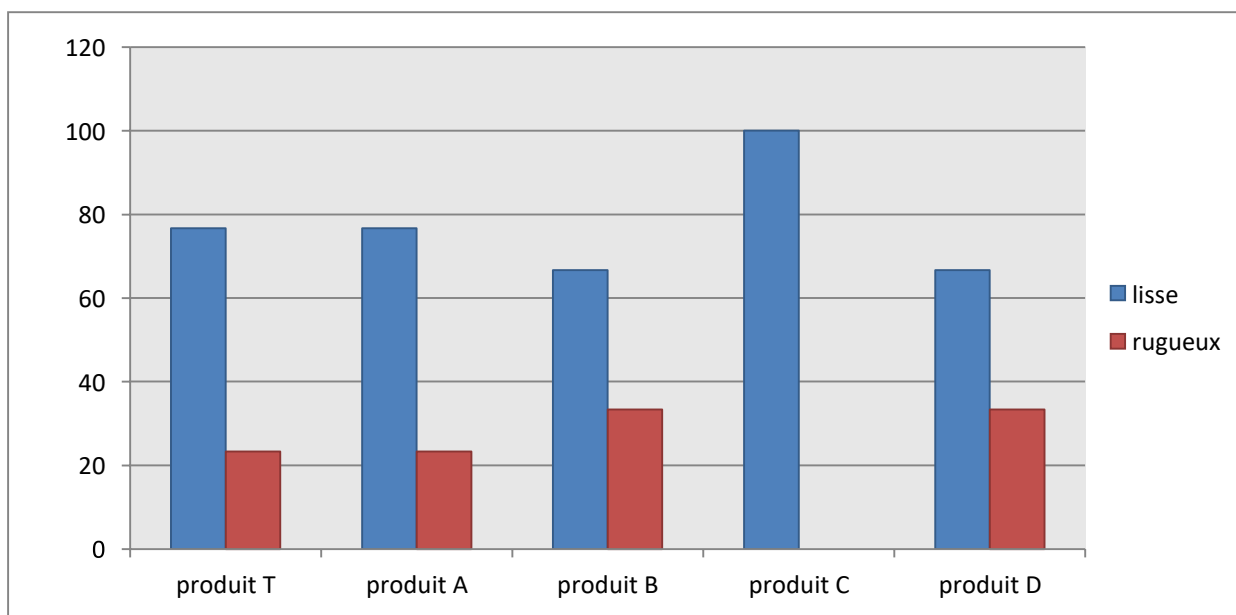


- La fermeté.
- L'odeur.
- L'acceptabilité globale

Les histogrammes, ci-dessous résume les différents résultats de dégustation trouvés.

### II.6.1. Les résultats concernant l'aspect

Les résultats du test de dégustation pour l'aspect sont mentionnés dans **la figure 16**.



**Figure 16.** Résultats d'aspect.

L'aspect d'un biscuit est un caractère important dans les madeleines, pour leur acceptabilité par les dégustateurs.

D'après la figure, l'aspect d'un biscuit est un caractère important dans les madeleines, pour leur acceptabilité par les dégustateurs.

D'après les résultats obtenus les biscuits ont un aspect lisse avec un pourcentage qui va de 66.66% à 100%.

Le produit C (25g de farine de blé, 12.5g de farine de caroube, 50g farine de datte et 12.5g de farine de lentille rouge) a un pourcentage élevé en aspect lisse et ne présente pas l'aspect rugueux.

Le caractère lisse dépend de plusieurs facteurs. Il est également souvent dépendant de la teneur en MG et de la viscosité du milieu (Mela *et al.*, 1994) ainsi que de la distribution de taille des particules dispersées au sein du système (Richardson *et al.*, 1993). L'effet de la MG sur les perceptions va dépendre des propriétés physico-chimiques de celle-ci et de son degré d'interaction avec la matrice environnante : les fissures dans le produit seront alors différentes (mécanismes de fracture mis en jeu différents). Il en résultera donc une perception différente des produits.

### II.6.2. Les résultats concernant le collage

Les résultats du test de dégustation pour le degré de collage sont mentionnés dans la figure 17.

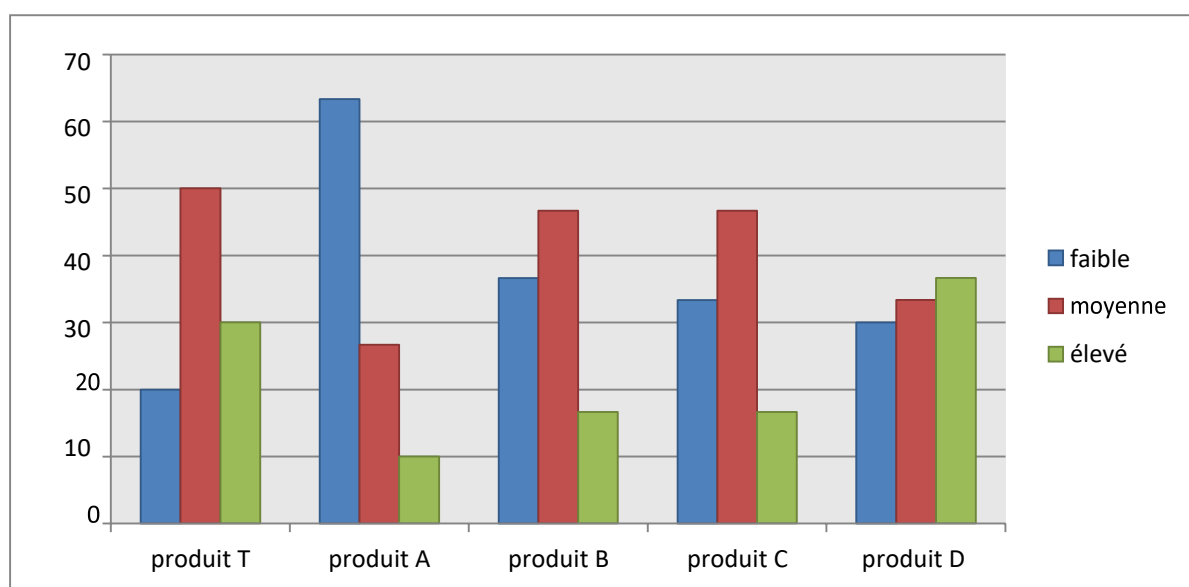


Figure 17. Résultats du collage.

Le collage des biscuits c'est la propriété que possède une pâte à adhérer. (Maurer, 1996)

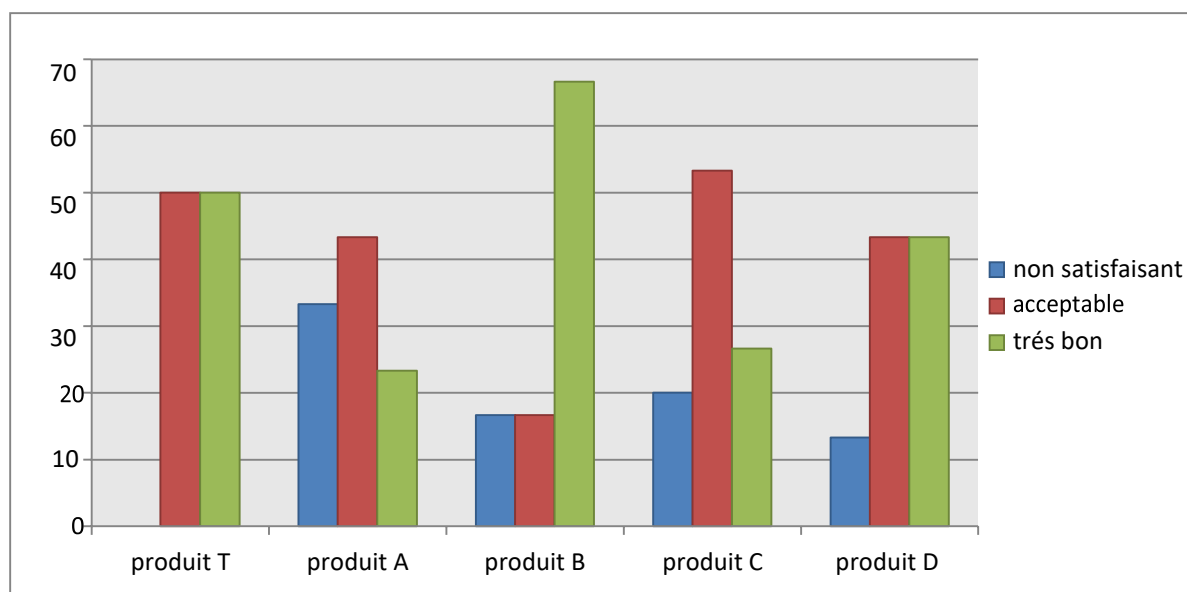
À partir des résultats obtenus, nous remarquons que le biscuit le moins collant c'est le biscuit A (25g de farine de blé, 37.5g de farine de datte et 37.5g de farine de lentille rouge) avec un pourcentage de 63.33%.

Le biscuit le plus collant c'est le biscuit D (25g de farine de blé, 50g de farine de la caroube, 12.5g de la farine des dattes et 12.5g de la farine des lentilles rouges).

Ces résultats peuvent être justifiés par le taux élevé de la farine de caroube.

### II.6.3. Les résultats de la couleur

Les résultats du test de dégustation pour la couleur sont mentionnés dans la figure 18.



**Figure 18.** Résultats de la couleur.

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

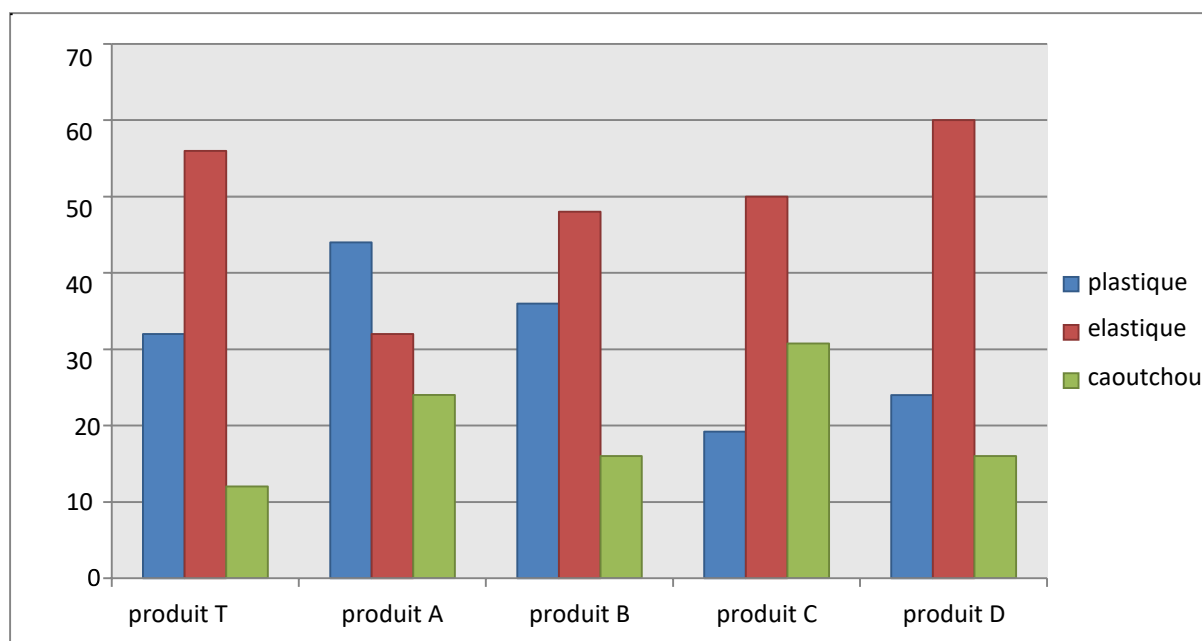
D'après les résultats obtenus c'est le produit B qui a un pourcentage élevé (66.66%) en ce qui concerne une très bonne couleur suivie par le produit T (madeleine standard) avec un pourcentage de 50%. Par contre le produit qui avait une couleur non satisfaisante c'est le produit A avec un pourcentage de 33.33% suivi du produit C 26.66%, puis le produit B 16.66% et D 13.33%.

Le développement de la couleur est influencé par la réaction de **Maillard** c'est-à-dire que la réaction entre les sucres et les protéines du produit lors de la cuisson se traduit par une couleur brune. Ce développement dépend également du temps, de la température de cuisson et de l'humidité dans le four (**Singh et al., 1993**).

En outre, la richesse en sucre joue un rôle important dans le développement de la couleur de biscuit pendant la cuisson, sa caramélisation à une température supérieure à 149° C donne la couleur recherchée de la face extérieure (**Menard et al., 1992**).

#### II.6.4. Les résultats concernant l'élasticité

Les résultats du test de dégustation pour l'élasticité sont mentionnés dans la figure ci-dessous.



**Figure 19.** Résultats d'élasticité

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le biscuit D et le biscuit T ont un pourcentage élevé en élasticité 60% et 56% respectivement suivie par le produit C 50%, B 48% et A 32%.

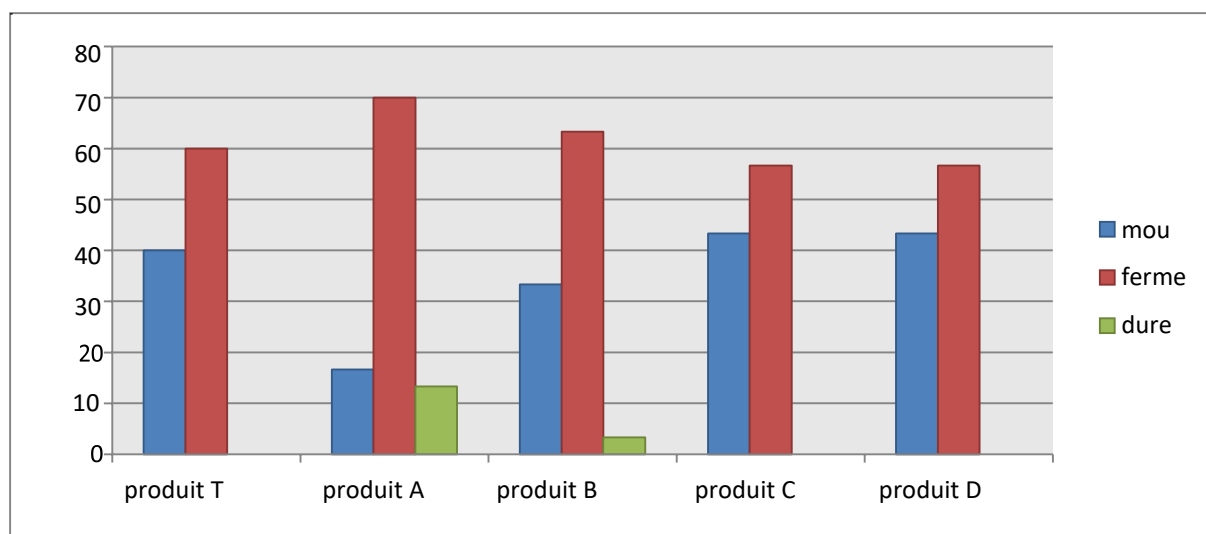
Et pour le caractère plastique c'est le produit A qui a le pourcentage le plus élevé 44% suivie par le produit B, le produit T, produit D et en dernier le produit C.

Et pour le caractère caoutchouteux les pourcentages varient entre 12 à 30,76.

Ces résultats peuvent être justifiés par le taux en protéine qui va se transformer en polymères après le chauffage. (Totosaus *et al.*, 2002).

### II.6.5. Résultats de la texture

Les résultats du test de dégustation pour la fermeté sont résumés dans la figure 20.



**Figure 20.** Résultats de la texture.

C'est le caractère sensoriel le plus étudié. Il est simple à évaluer (simple morsure avec les dents ou compression avec le doigt) et peut souvent être corrélé avec des paramètres rhéologiques et physico-chimiques (Maurer., 1996).

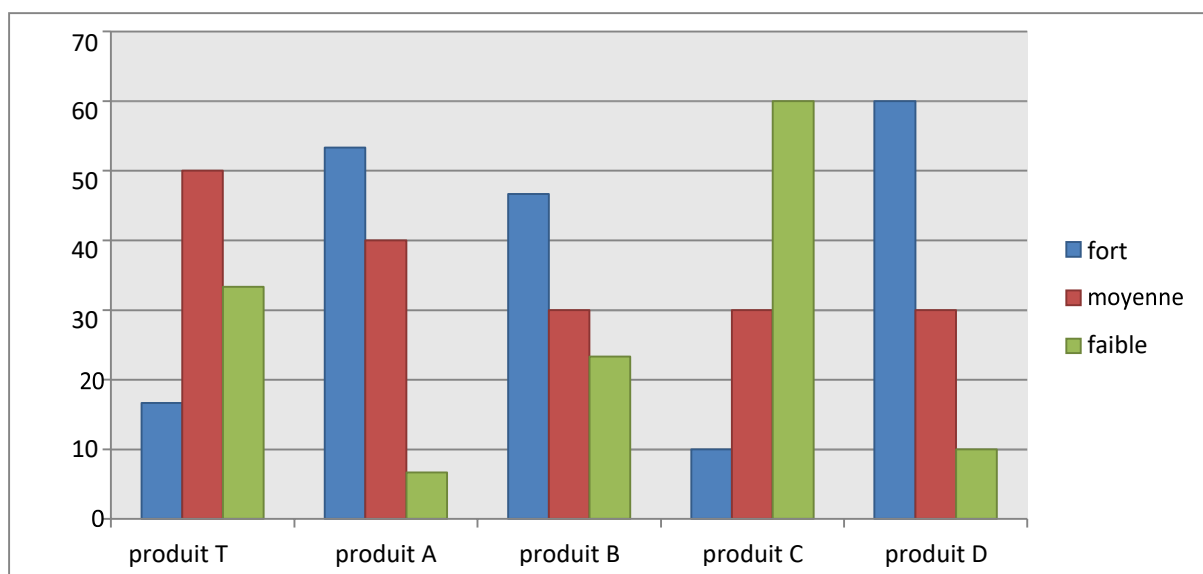
Le produit le plus ferme pour les dégustateurs c'est le produit A avec un pourcentage de 70%, suivie par le produit B avec un taux de 63.33% puis le témoin à 60%.

Le produit le plus dur c'est le produit A avec un pourcentage de 13.33, suivie par le produit B avec un pourcentage très faible 3.33%.

Ces résultats peuvent être justifiés par le taux de sucre c'est-à-dire qu'un taux élevé en sucre peut causer la dureté des madeleines et même le taux de gluten qui va nous aider à avoir un biscuit mou (Mamat et Hill., 2018).

### II.6.6. Les résultats d'odeur

Les résultats du test de dégustation pour l'odeur sont mentionnés dans la figure 21.



**Figure 21** : Résultats d'odeur.

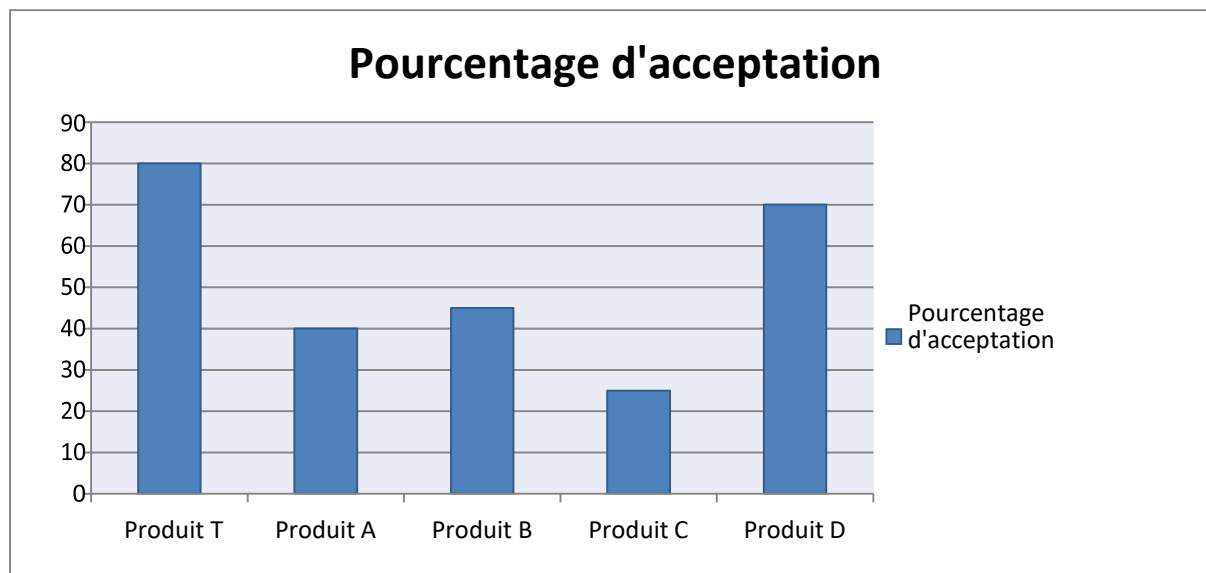
L'odeur variée selon le pourcentage d'incorporation des farines

L'odeur possède un impact considérable sur l'appréciation finale du produit fini, l'imperceptibilité de l'odeur est en partie due à la cuisson en raison de l'élévation de la température qui provoque la volatilité des composés aromatiques (Fellows., 2000).

Pour la farine de caroube et de lentille rouge ont des odeurs plus fortes que celle des dattes c'est pour ça que le produit D et A et B ont des pourcentages élevés en odeur forte.

### II.6.7. Les résultats d'acceptabilité globale

Les résultats de test de dégustation pour l'acceptation du produit sont motionnés dans la figure 22.



**Figure 22.** Résultats d'acceptation globale des madeleines.

D'après les résultats trouvés nous remarquons que le produit Témoin et le produit D sont les plus acceptés avec des pourcentages de 80 % et 70 % respectivement, donc le produit D est le plus accepté de nos essais par les 30 dégustateurs sur les 6 critères.

#### Discussion

Effectivement, pour l'ensemble des participants, c'est la première fois qu'ils assistent à une séance de dégustation et d'autre part c'est la première fois qu'ils dégustent des biscuits à base de farine de dattes, et farine de lentille rouge et farine de caroube.

On constate que les dégustateurs ont été attirés par la couleur. Cependant, ils ont pour la majorité, montré une certaine volonté et une curiosité vis-à-vis de ces produits nouveaux.

Il y a une série de réactions biochimiques qui se développent particulièrement lors de la fabrication des biscuits et qui sont responsables de modifications de la couleur, de la texture et de l'élaboration de l'arôme et du goût. Il s'agit principalement de :

-La réaction de Maillard.

-La caramélisation des sucres.

-L'oxydation des lipides (**Chevallier, 1998**).

Sur le plan biochimique, il y a des modifications physico-chimiques mises en jeu dans le biscuit au cours de la cuisson mais aussi au cours du stockage. Ces changements sont essentiellement d'ordre moléculaire et sont principalement causés par les transformations hydro-thermiques qui affectent les constituants majoritaires de la pâte :

-Cristallisation des sucres.

--Gélatinisation de l'amidon.

Dénaturation des protéines.

-Auto-oxydation des lipides (**Chevallier, 1998**).

Les réactions chimiques sont capitales pour le développement des qualités organoleptiques du produit et conditionnent son acceptabilité par le consommateur. Il s'agit de:

-La réaction de caramélisation des sucres suite à une température élevée (plus de 100°C).

-L'auto oxydation des lipides activée par la chaleur et l'oxygène de l'air lors du stockage.

-La réaction de Maillard ou brunissement non enzymatique entre les acides aminés et les sucres en présence d'une température élevée. En effet, dès les premières minutes de cuisson, la matière grasse fond et probablement même lors du repos de la pâte, puisque selon (**Feillet, 2000**), cette température varie entre 15 et 50°C. Durant le processus de cuisson, la température de cuisson de nos madeleines atteinte 180°C , provoquant ainsi la dégradation des glucides intrinsèques (amidon), et ajoutés (saccharose, fructose et glucose) dans notre cas farine de dattes par caramélisation (**Hodge, 1953**), mais aussi l'oxydation des matières grasses (En même temps, les protéines réagissent avec ces produits de dégradation : composés carbonylés issus de la dégradation des sucres et lipides oxydés (hydroperoxydes ou/et aldéhydes) selon la réaction de Maillard (**Mechraoui et Belkhadem., 2009**). Ces trois réactions interagissent donc dans la matrice biscuitière, chacune d'elle dépend de la température, de la teneur et de l'activité de l'eau, du ph ces paramètres sont conditionnés par la cuisson. Ces réactions sont responsables du développement de la couleur, de l'aspect et des saveurs des biscuits, mais elles entraînent également une diminution de la valeur nutritionnelle des biscuits en bloquant et/ou en détruisant les acides aminés essentiels. (**Ait Ameur, 2006**). Le sucre présente une grande importance dans la définition de la résistance du biscuit à la fracture après la cuisson et sa capacité à la



déformation suite au stockage, cet effet est attribué à la recristallisation du sucre durant cette période de stockage. La nature du sucre joue aussi un rôle dans le développement de la texture. En effet, la granulométrie du sucre (sucre glacé, cristallisé), peut provoquer des défauts (**Mechraoui et Belkhadem., 2009**).

# Conclusion

---

## Conclusion

---

Les substances naturelles occupent de plus en plus une place de choix en agroalimentaire. Le caroubier, les dattes, et les lentilles rouges aussi constituent une véritable source naturelle dont il faut tirer le maximum de profit pour améliorer l'industrie alimentaire, le choix de ces matières premières revient d'une part à la richesse nutritionnelle de ces variétés surtout en protéines et d'autre part à leur disponibilité et à leur faible coût.

Le but de ce travail c'est de préparer des madeleines enrichies par de différentes farines (caroubier, dattes ainsi les lentilles rouges) selon le plan de mélange afin d'avoir un aliment fonctionnel. Le travail qu'on a pu réaliser, nous a permis de faire des différentes analyses sur les matières premières et sur le produit fini et de conclure que ce dernier répond aux normes.

Les analyses fonctionnelles ont démontré que nos farines ont des capacités d'absorption d'eau et d'huile considérable et même une capacité de gonflement appréciable.

Les analyses physico-chimiques de la matière première montrent que les farines utilisées présentent un faible taux d'humidité ce qui leur confère une longue durée de conservation, de plus la teneur en protéines appréciable et la faible teneur lipidique favorisent un stockage sans qu'il y ait un risque de rancissement.

Aussi la composition chimique de nos farines, a montré qu'elles présentent la qualité d'un produit noble, liée directement à sa richesse en sucres et en polyphénols et surtout en fibres pour la farine de caroube et celle des dattes.

Les résultats d'analyses microbiologiques indiquent que nos farines sont dépourvues de toutes les bactéries, ceci indique la bonne qualité conformément aux normes algériennes.

Selon les résultats des analyses physiques des biscuits préparés on a choisi les 4 recettes des madeleines en se basant sur le paramètre de volume, justifiant ça par le modèle mathématique obtenu :

$$Y = 39,25 X_1 + 25,43 X_2 + 24,02 X_3 + 8,8 X_1 X_2 + 73,78 X_1 X_3 + 164,86 X_2 X_3 + 684,72 X_1 X_2 X_3 .$$

Une série d'analyses était répétée sur les mélanges des farines pour les biscuits choisis les résultats obtenus montrent que la valeur nutritionnelle de ces derniers a été améliorée par l'addition des farines d'enrichissement.

## Conclusion

---

Les résultats obtenus de l'analyse sensorielle et organoleptiques appliqués démontre que les madeleines dont les pourcentages sont les suivants (25g de farine de blé, 50g de farine de caroube, et 12,5g de farine de datte et 12,5g de farine de lentille rouge), ont reçu la plus grande acceptabilité par rapport aux autres madeleines.

En perspective de cette étude, il serait souhaitable de :

- Etudier la qualité biochimique et nutritionnelle de ce produit.
- Faire une étude économique sur le coût de ces produits élaborés.
- L'industrialisation de ces madeleines en Algérie.

## Références bibliographiques

---

- **AACC, 2000.** Official Methods of Analysis. 9<sup>ème</sup> édition. American Association of Cereal Chemistry. États-Unis, St. Paul., Minnesota.
- **Aafi, 1996).** Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*). Centre Nationale de la Recherche Forestière. Rabat (Maroc), pp : 10.
- **Abi Azar R, 2007.** Complexation des Protéines Laitières par les Extraits de Gousses Vertes de Caroubier: Propriétés technologiques des coagulums obtenus. PhD Dissertation, AgroParisTech, Paris, 195 p.
- **Adsule R. N., Kadam S. S et Leung H. K., 1989.** “Lentil in Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization”. Salunkhe, D. K., Kadam, S. S., eds. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 131–152.
- **Agrahar-Murugkar D., Gulati P., Kotwaliwale N., Gupta C., 2015.** Evaluation of nutritional, textural and particle size characteristics of dough and biscuits made from composite flours containing sprouted and malted ingredients.
- **Aihara H, 1971.** Acid and alcaline, GOMF Oroville.
- **Aït- Aneur L, 2001.** Analyse du processus de diffusion des sucres, des acides organiques et de l'acide ascorbique dans le système : Mech-Degla/Jus de citron. *Mémoire de magister, Option : génie Alimentaire. Université de Boumerdes, 80 p.*
- **Aït Chitt M., Belmir M., Lazrak A., 2007.** Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture, N° 153, IAV Rabat, pp 1-4.
- **Al Farsi.** Compositional and functional, characteristics of dates, syrups, and their by-products, journal of food chemistry .Vol.104, pp 943-947.
- **Albanell E., Caja G., Plaixats J., 1991.** Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. Cahiers Options Mediterranean 16, pp 135–136.
- **Ali K., Yousif H.M., Alghzawi., 2000.** Processing and characterization of carob powder. Food Chemistry. Pp 283-287.
- **Al-Shahib W. and Marshall R. J., 2003.** The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future. Food Sci. Nutr, pp 247-259.
- **Amarowicz R., Estrella I., Hernandez T., Duenas M., Troszyn´ ska A., Kosinska A., 2009.** “Antioxidant activity of a red lentil extract and its fractions.” *International Journal of Molecular Sciences*, 10, pp 5513–5527.

## Références bibliographiques

---

- **Amarowicz R., Estrella I., Hernandez T., Robredo S., Troszyn'ska A et Pegg R.B. 2010.** "Free radical-scavenging capacity . antioxidant activity and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*)". *Food chemistry*, 121, pp 705-711.
- **Amellal C.H, 2008.** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en Génie Alimentaires. Université M'Hamed Bougara Boumerdes, Algérie, 164 p.
- **Amellal-Chibane H, 2008.** Aptitudes Technologiques de Quelques Variétés.
- **Armand B., Germain M ., 1992 :** « le blé : éléments fondamentaux et transformation » *Ed saint Foy* .PP : 439-440.
- **Avallone R., Plessi M., Baraldi M., Monzani A., 1997.** Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins ». *J. Food Comp. Anal.*, 10 (2), pp 166-172.
- **Avallone R., Plessi M., Baraldi M., Monzani A., 1997:** « Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins ». *J. Food Comp. Anal*, pp 166-172.
- **Ayza F.A., Torun H., Ayza S, Sanz C., Gruz J., 2007.** Determination of chemical composition of carob pod ». *Jornal of food quality*. pp 8-9.
- **Battle I., Tous J. 1988.** Lineas de investigati3n sobre el algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) en el IRTA, Cataluña (España). In: Brito de Carvalho JH, ed. I Encorto Linhas de Investiga3o de Alfarroba. AIDA, Oeiras: AIDA, pp 92-104.
- **Bejiga G, 2006.** *Lens culinaris* Medik. Record from Protabase. *Brink, M. & Belay, G. (Editors)*. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- **Bejiga G, 2006.** *Lens culinaris* Medik.. Record from Protabase. *Brink, M. & Belay, G. (Editors)*. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- **Benamara S., Chibane H., et Boukhelifa M., 2004.** Essai de formulation d'un yaourt naturel aux dattes. *Revue Industrie Agricole et Alimentaire. Actualités techniques et scientifiques, N°1.11-14p.*
- **Benatallah L, 2009.** Couscous et pain sans gluten pour malades coeliaques : Aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes. Sciences Alimentaires. Université Mentouri de Constantine institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agroalimentaires, 173 pages.

## Références bibliographiques

---

- **Benatallah L, 2009.** Couscous et pain sans gluten pour malades coliaques : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, université Mentouri constantine., 161p.
- **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, pp 675–683.
- **Berrougui H, 2007.** Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*), une richesse nationale aux vertus médicinales. Maghreb Canada Express 5, 20.
- **Biguzzi C, 2013.** L'amélioration de la qualité nutritionnelle est-elle compatible avec le maintien de la qualité sensorielle ? L'exemple des biscuits. Thèse de doctorat en Sciences de l'Alimentation. Université De Bourgogn, 238 p.
- **Biner B., Gubbuk H, Karhan M, Aksu M, Pekmezci M., 2007.** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua L.*) in Turkey. Food Chemistry 100, pp 1453–1455.
- **Biner B., Gubbuk H., Karhan M et Aksu M. et Pekmezci M., 2007.** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua L.*) in Turkey, Food Chemistry, N°100, pp 1453-1455.
- **Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M., 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.
- **Blair R, 2008.** Nutrition and feeding of organic poultry. Cabi Series, CABI, Wallingford, UK.
- **Block G, 1992.** A role for antioxidants in reducing cancer risk. Nut.Rev, 50, pp 207-213.
- **Block G., Langsteh L., 1994.** Antioxidants vitamins and disease prevention. Food Technol, pp 80-84.
- **Booij, 1992.** Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix Dactylifera.L*) .journal of fruits Vol,47,N°6, pp 667-677.
- **Bouabidi H, 1996.** Suivi des Caractéristiques Microbiologiques et Physico- chimiques des Jus des Dattes Conserves par Irradiation Gamma., Mémoire de fin d'études, Tunisie.
- **Boubker Nasser, Jamel Elhadouri., 2015.** Caractérisation physico-chimique des graines de blé tendre sous traitement herbicide, vol 10, N° 2.

## Références bibliographiques

---

- **Boudrar C., Bouzid L., Nait larbi H., 1997.** Etude des fractions minérale et glucidique de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation. *Mémoire d'Ingénieur, INA. El Harrach, 60 p.*
- **Bourgeois C.M., Larpent J. P., 1996.** Microbiologie Alimentaire : aliments fermentés et fermentations alimentaires (Tome 2). Edition Techniques et documentations, 623 p.
- **Bradford M., 1976.** Quantification of protein concentration by the Bradford method in the presence of pharmaceutical polymers V 72, Issues 1–2, pp248-254.
- **Branen A.L., Davidson P.M., Katz B., 1980.** Antimicrobial properties of phenolics antioxydants and lipids. *Food Technol*, pp 42-63.
- **Bravo L., Grados N., Calixto F.S. 1994.** Composition and Potential Uses of Mesquite Pods (*Prosopis pallid L*) : Comparison with Carob Pods (*Ceratonia siliqua L.*). *J. Sci Food Agric.*, 65, pp 303-306.
- **Brink M., Belay G., 2006.** Céréales et légumes secs, ressources végétales de l'Afrique tropicale. Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas. P: 102.
- **Buelguedj M., 2001.** Caractéristiques des cultivars de dattes dans les palmeraies du Sud-EstAlgérien, N° 11., INRAA. El-Harrach, Alger, 289 p.
- **CACI, 2015.** Analyse Statistique du Marche Mondial de la Datte et Place de l'Algérie. République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère du Commerce. Chambre Algérienne de Commerce et d'Industrie Exposé présenté par M. KADRI Saadane, Secrétaire Général Chambre Algérienne de Commerce et d'Industrie 22 Mars 2015.
- **Calvel R., 1984.** La boulangerie moderne. Editions EYROLLES, 10<sup>ème</sup> Édition, Paris. 460p.
- **Chahota R.K., Kishore N., Dhiman K.C., Sharma T.R., Sharma S.K., 2007.** Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micro macro sperma genepool of lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Euphytica* **156**: 305–310.
- **Chaira N., Mrabet A., Ferchichi A., 2009.** Evaluation of antioxidant activity, phenolics, sugar and mineral contents in date palm fruits. *Journal of food biochemistry*, pp 390-403.
- **Cheblaoui Y et Yahiaten N., 2016 :** « Contribution à la diversification de l'alimentation pour l'enfant coeliaque : fabrication de farine- Biscuit sans gluten ».PP :15-16.



## Références bibliographiques

---

- **Chehat F, 2007.** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger.
- **Chene A, 2001.** La farine. Journal de l'ADRIANOR, pp 3-8.
- **Cieslik E., Greda A., Adamus W. 2006.** Contents of polyphenols in fruit and vegetables. Food Chemistry, 94,pp 135-142.
- **CODEX STAN, 152-1985, 4p.**
- **Correia P.R., Beirao-da-Costa M.L., 2011.** Effect of drying temperatures on starch-related functional and thermal properties of acorn flours. *Journal of Food Science*, **76(2)** pp 196-202.
- **Cuadrado C., Grant G., Rubio L. A., Muzquiz M., Bardocz S., Puzsai A. 2002.** “Nutritional utilization by the rat of diets based on lentil (*Lens culinaris*) seed meal or its fractions“. *J. Agric. Food Chem*, (50), 4371–4376.
- **Custódio L., Escapa A.L., Fernandes A, Fajardo A., Rosa A, Albericio F, Neng N Nogueira J.M.F., Romano A., 2011.** Phytochemical profile antioxidant cytotoxic activities of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) germ flour extracts, *Plant Foods Human Nutrition* 66 pp 78–84.
- **Dakia P.A, Blecker C., Robert C., Wathelet B. et Paquot M., 2008.** Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids* Vol. 22, N°5, pp 807-818.
- **Dakia P.A, C. Blecker, C. Robert, B. Wathelet and M. Paquot, 2008.** Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment *Food Hydrocolloids* Vol. 22, N°5, pp. 807-818.
- **Devi A., Khatkar B.S., 2016.** Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review. *Journal of Food Science and Technology*.
- **Dhaouadi K., Raboudi F., Estevan C., Barajoun E., Vilanova E., Hamdaoui M. and Fatouch S., 2011.** Cell Viability Effects and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Tunisian Date Syrup (Rub El Tamer) Polyphenolic Extracts. *J.Agric.Food Chem.* **59**, pp 402 406.
- **Didier R., Stéphane W., 2017.** Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques*, INRAE, p 60.
- **Djerbi M, 1994.** Précis de Phoéniculture FAO., pp 192.

## Références bibliographiques

---

- **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N., 2006.** Antioxydant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolics compounds. *Food Chemistry*, 97, pp 654-660.
- **Duchateau G., Folking M., 1995.** Sur la thréalosémie des insectes et sa signification. *Arch. Int. Physiol. Biochem*, pp 306-322.
- **Eke-Ejiofor J., Beleya E.A., Onyenorah N.I., 2014.** The effect of processing methods on the functional and compositional properties of jackfruit seeds flour. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, pp 166-173.
- **Espiard E, 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits., *Ed. Lavoisier.*, pp 147-155.
- **FAO, 2012** Ecocrop database.
- **FAO, 2012.** FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **Fernandez-Orozco R., Zieliński H., Piskula M. K., 2003.** Contribution of low molecular weight antioxidants to the antioxidant capacity of raw and processed lentil seeds. *Food/Nahrung*, pp 291- 299.
- **Feuillet., Pierre., 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation. *Editions QUAE*. P 308.
- **Ford R., Rubeena., Redden R. J., Materne M., Taylor P. W. J., 2007.** Lentil. In Chittarajan, K., *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*.
- **Fredot E, 2005.** Connaissance des aliments : Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Edition Lavoisier, Paris, 424 p.
- **Ghaderi-Ghahfarrokhi M., Sadeghi-Mahoonak A. R., Alami M., Mousavi Khanegah A., 2017.** Effect of processing treatments on polyphenol removal from kernel of two Iranian acorns varieties. *International Food Research Journal*, pp 86-93.
- **Gharnit N, 2003.** Caractérisations et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) originaire de la province de chefchaou en (Nord-ouest du Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.
- **Gilles P, 2000.** Cultiver le palmier dattier .Ed. CIRAS, 110 p.
- **Göhl B, 1982.** The feed in the tropics. FAO, Production and Animal Health Division, Rome, Italy.
- **GOUPY J., CREIGHTON L., 2002.** Introduction au plans d'expériences 3eme L'usine nouvelle, 304p.

## Références bibliographiques

---

- **Gouvernement du Canada.**, 2019. Fer. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/nutriments/fer.html>.
- **Graille J**, 2003. Lipides et corps gras alimentaires. Ed. Tec et Doc-Lavoisier, 389 p.
- **Guggenbichler J.P**, 1983. Adherence of enterobacteria in infantile diarrhea and its prevention. *Infection*, 11, pp 239-242.
- **Haddadi H**, 2005. Détermination de l'activité antioxydant de quelques fruits. Mémoire de magister. Université de Béjaia (F SNV), 76 p.
- **Hanachi S., Khitri D., Benkhalifa A., Brac de Perrière R.A.**, 1998. Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. 225 p.
- **Haoua R., TINGALI R.**, 2007. « Essai d'incorporation de lactosérum en poudre dans la fabrication du biscuit type "Petit BIMO" » ,35 p.
- **Hegazy N.A., Kamil M.M., Hussein A.M.S., Bareth G.F.**, 2014. Chemical and technological properties of improved biscuit by chestnut flour. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, pp 7-15.
- **Henk J., Zwir E., Rik L.**, 2003. Caroténoïdes et flavonoïdes contre le stress oxydatif. Arome. Ingrédients. Additifs N°44, pp 42-45.
- **Hui Y.H., Corke, H., De Leyn, I., Nip, W.K. et Cross, N.**, 2006. Bakery Products Science and Technology. 1ère édition. *Blackwell Publishing Professional*, 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014, USA, 575 p.
- **ICTF**, 2001. Contrôle de la qualité des Céréales et des protéagineux. Guide pratique ICTF. Laboratoire de qualité des céréales.
- **Iipumbu L., Sigge G.O., Britz T.J.**, 2008. Compositional analysis of locally cultivated carob (*Ceratonia Siliqua*) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors. South Africa : Faculty of AgriSciences, department of Food Sciences, Stellenbosch University.
- **Imad A., Abdul wahab K.A., Robinson R. K.**, 1995. Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chem.*, (54), pp 305-309.
- **Issar K**, 2011. Studies on extraction and characterization of dietary fibre from apple pomace and its utilization for preparation of fibre enriched products. Thèse de doctorat en Horticultur (Technologie post-récolte) Collège d'Horticulture.Université Dr Yashwant Singh Parmar de l'Horticulture et de la Foresterie, Nauni, Solan – 173 230 (H.P.), Inde, 145 p.
- **ITDAS**, 2014. Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne,

## Références bibliographiques

---

- Algérie. Biland'activités 2012-2013. p331.
- **JORA : 032 du 23 mai 2004.** Méthodes officielles d'analyses physico-chimiques relatives aux céréales et produits dérivés.
  - **Karkacier M., Artık N., 1995.** Determination of physical properties, chemical composition and extraction conditions of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). *Gıda* 20 (3), pp 131–136.
  - **Kendri S, 1999.** Caractéristiques biochimiques de la biomasse "*Saccharomyces cerevisiae*" produite à partir des dattes " Variété Ghars ". *Mémoire d'Ingénieur. Département d'agronomie. Batna, 51 p.*
  - **Khalil K.E, Abd-El-Bari M.S., Hafiz N.E., Entsou Y.A., 2002.** Production, evaluation and utilization of dates syrup concentrate (Debis). *Egypt.J.Food.Sci.*30N°2, pp 179-203.
  - **Khatkar B.S, 2017.** Soft wheat products and processes. Thèse de doctorat en Technologie Alimentaire. Université Guru Jambheshwarde Science et Technologie, 107p.
  - **Kiger J.L., Kiger J.G., 1967.** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.
  - **Klunklin W, 2018.** Development of biscuits using purple rice flour, defatted green lipped mussel powder and spices. Thèse de doctorat. Université de Lincoln, 186p.
  - **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*, pp 373–7.
  - **Lardy G., Anderson V., 2009.** Alternative feeds for ruminants. General concepts and recommendations for using alternative feeds. North Dakota State University Fargo, AS-1182 (Revised) 24 p.
  - **Lassoued-Oualdi N, 2005.** Structure alvéolaire des produits céréaliers de cuisson en lien avec les propriétés rhéologiques et thermiques de la pâte : Effet de la composition. Thèse de doctorat en Sciences Alimentaires. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires « ENSIA ». AgroParisTech, 163 p.
  - **Ma Z., Boye J.I., Simpson B.K., Prasher S.O., Monpetit D., Malcolmson L., 2011.** Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, **44(8)**, pp 2534-2544.

## Références bibliographiques

---

- **Mamat H., Hill S.E., 2014.** Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 1998-2005.
- **Mamat H., Hill S.E., 2018.** Mini Review: Structural and functional properties of major ingredients of biscuit. *International Food Research Journal*. PP 462-471.
- **Manach C., Scalbert A., Morand C., Remezy C., Jimenez L., 2004.** Polyphenols :Food sources and bioavailability .*Journal American of Clinical Nutrition*, 79, 5, pp 727-747.
- **Manoharr S.R., Rao H.P., 2002.** Interrelation ship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *FoodResearch International*, **35**: 807-813.
- **Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E., Kefalas P., 2005.** Phénolique profil and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Journal Food Chemistry*. Vol 89, pp411-420.
- **Marakis S, 1996.** Carob bean in food and feed: current status and future potentials-A critical appraisal. *J Food Sci Technol*. 33, pp 365-383.
- **Masmoudi N, 2000.** Essai de production de biomasse "*Saccharomyces cerevisiae*" à partir des dattes "Ghars". Mémoire d'Ingénieur. Département d'agronomie. Batna, 52 p.
- **Matallah M, 1970.** Contribution à la valorisation de la datte algérienne. Mem. Ing. INA, EL Harrach, Alger, 113p.
- **Mateos-Aparicio I., Redondo-Cuenca A., Villanueva-Suárez M.J., 2010.** Isolation and characterisation of cell wall polysaccharides from legume by-products: okara (*soymilk residue*), pea pod and broad bean pod. *Food Chemistry*, pp 339-345.
- **Maurer, K., 1996.** Etude rhéologique et texturale de dispersions alimentaires. Essai de quantification de leur complexité structurale au moyen du concept de géométrie fractale. 'Institut National Polytechnique de Lorraine., 137p.
- **Mela D.J., Langley K.R., Martin A., 1994.** Sensory assessment of fat content: effect of emulsion and subject characteristics. *Appetite*, 1, pp 67-81.
- **Mezian S, 2011.** Influence du procédé de congélation sur les levures et les propriétés techno fonctionnelles des pâtes sucrées (type Kougelhopf). Thèse de doctorat en Procédés Biotechnologiques et Alimentaires. École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Université de Nancy, 123p.
- **Mohtadji-Lamballais C, 1989.** Les aliments. Edition Maloine, Paris, 203 p.

## Références bibliographiques

---

- **Molyneux P, 2004.** The use of the stable free radical diphenyl picryl hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity Songklanakarin J. Sci. Technol., pp 211-219.
- **Morelle J, 2003.** L'oxydation des aliments et la santé. *Ed. Nouvelle imprimerie Laballery.* Paris, 250 p.
- **Morelle J, 2003.** L'oxydation des aliments et la santé. *Ed. Nouvelle imprimerie laballery,* Paris, 250 p.
- **Munier P, 1973.** Le palmier dattier., *Ed.Maison neuve et la rose.,* Paris. 25-28-31-32-40-48-141-142-221-367p.
- **Ndangui C.B, 2015.** Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoeabatatas.Lam*) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat en Co-tutelle en Procédés et Biotechnologiques Alimentaires. Université de Lorraine et Université Marien Ngouabi. 134 p.
- **Ndangui C.B, 2015.** Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoeabatatas.Lam*) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat en Co-tutelle en Procédés et Biotechnologiques Alimentaires. Université de Lorraine et Université Marien Ngouabi. 134 p.
- **Ndangui C.B, 2015.** Production et caractérisation de farine de patate douce(*Ipomoeabatatas.Lam*) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat en Co-tutelle en Procédés et Biotechnologiques Alimentaires. Université de Lorraine et Université Marien Ngouabi. 134 p.
- **Ndangui C.B, 2015.** Production et caractérisation de farine de patate douce. Optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat en Co-tutelle en Procédés et Biotechnologiques Alimentaires. Université de Lorraine et Université Marien Ngouabi. 134 p.
- **Ndhlala A.R., Kasiyamhuri A., Mupure C., Chitindingu K., Benhura M.A.,Muchuweti M., 2006.** Phenolic composition of *Flacourtia indica*, *Opuntia megacantha*and *Sclerocarya binea*.
- **Norme algérienne N.A. 1132-1990 (I.S.O. 712) :** Détermination de la teneur en eau.
- **Norme algérienne N.A.733-1990(I.S.O.2171) :** Détermination des cendres.
- **Norme Française XP P 18-540., 1997.** Granulats - Définitions, conformité, spécifications, indice de classement, pp 15-540.
- **Norme françaises EN ISO 734-1, 2000, soxhlet :** Détermination de matière grasse.

## Références bibliographiques

---

- **Norme Françaises V 08-059** – Dénombrement des levures et des moisissures par comptage des colonies à 25°C – Méthode de routine.
- **Norme françaises AFNOR 1980 : V 04,206** Déterminations de l'acidité titrable.
- **Norme françaises AFNOR V 05-109, 1970** : Détermination conventionnelle du résidu sec soluble (méthode réfractométrique).
- **Norme françaises ISO 06888** – dénombrement des staphylocoques coagulants.
- **Norme françaises NF V05-101 Janvier 1974** : Détermination de PH mètre.
- **NOUI Y, 2007**. Caractérisation physico-chimique comparative des deux tissus constitutifs de la pulpe de datte Mech-Degla. Thèse de Magister spécialité génie alimentaire, Université de Boumerdès. 62 p.
- **Ocheme O.B., Adedeji O.E., Lawal G., Zakari U.M., 2015**. Effect of germination on functional properties and degree of starch gelatinization of sorghum flour. *Journal of Food Research*, pp 159-165.
- **Oppong D., Eric A., Osei K.S., Badu E., Skyi P., 2015**. Proximate composition and some functional properties of soft wheat flour. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, pp 2347-6710.
- **Ouazib M, 2016**. Effet de traitements sur les paramètres nutritionnels et fonctionnels du pois chiche produit localement : impact sur les propriétés rhéologiques, physicochimiques et sensorielles de pain à base de pois chiche. Thèse de doctorat en Science de la Nature et de la Vie. Université A.MIRA-BEJAIA, 114 p.
- **Ourlis T, 2002**. Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologiques et Biochimiques du fruit de quelques cultivars de palmier dattier "Phoenix dactylifera" dans la région de Sidi Okba (Biskra). Thèse de Magister. Département d'Agronomie. Batna, 73 p.
- **Parsaei M., Goli M., Abbasi H., 2018**. Oak flour as a replacement of wheat and corn flour to improve biscuit antioxidant activity. *Food Science and Nutrition*, pp 253-258.
- **Petit M. D., Pinilla J. M., 1995**. Production and Purification of a Sugar Pods Syrup from Carob Pods *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 28, pp 145-152.
- **Peyront G, 2000**. Cultiver le palmier dattier, Groupe de recherche et d'information (G.R.I.D.A.O). Montpellier, 109-129 p.
- **PNNS, 2007**. Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides Etapes 1 et 2 du mandat.

## Références bibliographiques

---

- **Rabia., Hati., 2006.** Diagnostic sur l'utilisation des produits de palmier dattier en médecine traditionnelle et en cosmétique dans la région d'Ouargla. Thèse d'ingénieur. ITAS, université d'Ouargla, 89p.
- **Rakic S., Povrenovic D., Tesevic V., Simic M., Maletic R., 2006.** Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering*, pp 416-423.
- **Reynes M., Bouabidi H., et Rouissi M B., 1994.** Caractérisation des principales variétés de datte cultivées dans la région du Djérid en Tunisie. *Journal of Fruits*, Vol. 49, pp.289-298.
- **Rezanejad F, 2007.** Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of *Thuja orientalis* L. (Cupressaceae) Grana, pp 205-213.
- **Ribéreau-Gayon P., 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. *Ed. Dunod.Paris*, 23p.
- **Rice-Evans C., AMiller N.J., Paganga G., 1995.** Structure-Antioxidants Activity. Relationships Of Flavonoids and Phenolic Acids. *Free Radical Biology and Medicine*.Pp 933 956.
- **Richardson N.I., Booth D.A., Stanley N.L., 1993.** Effect of homogenization and fat content on oral perception of low and high viscosity model creams. *J. Sensory Stud.*, 8, pp 133-143.
- **Rodriguez Vaquero M.J., Alberto M.R., Manaca de Nadra M.C., 2007.** Antibacterial effect Of phenolic compounds from different wines. *Food Control*, 18,pp 93-107.
- **Romulus M. B., Camelia V., Rodica D., Felicia D., 2012.** The use of pseudo-cereals flours in bakery utilisation de farines des pseudo-céréals dans la boulangerie, pp 177 – 186.
- **Saadoudi M, 2019.** Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits alimentaires à base du fruit de *Zizyphus lotus* L. Thèse de doctorat en sciences. Université Hadj Lakhdar Batna 01 (UHB1), Algérie, 140 p.



## Références bibliographiques

---

- **Sawaya W.N., Khalil J .K., Sati W.M., Al-Shalat A., 1983.** Physical and Chemical Characterization of Three Saudi Date Cultivars at Various Stages of development. *Can. Ins. Food Sci. Technol. J.* 16, 2, pp 87-93.
- **Scalbert A., Morand C., Manach C., Rémésy C., 2002.** Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomed Pharmacother*, 56, pp276-282.
- **Scalbert A., Williamson G., 2000.** Chocolate:Modern Science Investigates an ancient. *Medicine Dietary Intake and Bioavailability of polyphenols. Journal of Nutrition*, pp 20732085.
- **Serrem C.A, 2010.** Development of soy fortified sorghum and bread wheat biscuits as a supplementary food to combat protein energy malnutrition in young children. Thèse de doctorat en Sciences des Aliments. Université de Pretoria, Afrique de Sud. 193 p.
- **Serrem C.A, 2010.** Development of soyfortified sorghum and bread wheat biscuits as a supplementary food to combat protein energy malnutrition in young children. Doctoral thesis. Department of Food Science. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria, South Africa.
- **Sharma A, 2013.** Tea catechins: their stability and roles in the biscuit making process and effects on biscuit quality. Thèse de doctorat en Science et Technologie Alimentaire.Université Nationale de Singapour, 226 p.
- **Sozer N., Cicerelli L., Heinio R. L., Poutanen K., 2014.** Effect of wheat bran addition on in vitro starch digestibility, physicomechanical and sensory properties of biscuits. *Journal of Cereal Science*, 60, pp 105-113.
- **Tajini F., Bouali Y., Ouerghi A., 2020.** Etude de la qualité nutritionnelle de fruit de Phoenix dactylifera L. : mesure des paramètres biochimiques, *Revue Nature et Technologie*, pp 39-49.
- **Totosaus A., Montejano J,G., Juan A., Salazar J.A., Guerrero, I., 2002.** A review of physical and chemical protein-gel induction *International Journal of Food Science & Technology*, Vol 37 (6), pp 589-601.
- **Toutain G, 1977.** Eléments d'agronomie saharienne : de la recherche au développement. Ed. JOUVE, Paris, 276 p.
- **Vioque J., Alaiz M., Giron-Calle J., 2012.** Nutritional and functional properties ofVicia faba protein isolates and related fractions. *Food chemistry*, pp 67-72.

## Références bibliographiques

---

- **Wu X., Beecher G., Holden J., Haytowitz D., Gebhardt S. and Prior R. 2004.** Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem*, pp, 4026–4037.
- **Youssef H.M.K.E., Mousa R.M.A., 2012.** Nutritional assessment of wheat biscuits and fortified wheat biscuits with citrus peels powders. *Food and Public Health*, pp 55-60.
- **Zhou W, 2014.** Bakery Products Science and Technology. 2ème édition. Wiley blackwell, 776 p.
- **Zidani S, 2019.** Influence des techniques de séchage sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles de la pomme locale. Thèse de doctorat en sciences. Université Hadj Lakhdar Batna 01 (UHB1), Algérie, 134 p.
- **Zohary D, 1972.** The wild progenitor and the place of origin of the cultivated lentil *Lens culinaris*. *Economic Botany*. **26**: 326–332.
- **Zouari R., Besbes S., Ellouze-Chaabouni S., Ghribi-Aydi D., 2016.** Cookies from composite wheat–sesame peels flours: dough quality and effect of *Bacillus subtilis* SPB1 biosurfactant addition. *Food Chemistry*, pp 758-769.

## Résumé

Le but de ce travail est de préparer des biscuits enrichis par de différentes farines (farine de caroube, farine de datte et farine de lentille rouge) en utilisant le plan de mélange. Ces farines ont une bonne alternative à celle de blé parce qu'elles possèdent une forte concentration en sucres naturels qui donne une grande valeur énergétique, et donc pour éliminer le sucre blanc.

Nos recettes ont été élaborées par le plan de mélange. Les analyses fonctionnelles, physico-chimiques et microbiologiques effectuées sur les matières premières et les recettes élaborées montrent que ces dernières sont de bonne qualité.

Nous avons étudié quatre modèles de biscuit chacun est préparé en pourcentages différents :

**Témoin** : 100g de farine de blé

**Le produit A** contient 25% farine de blé, 37,5% de farine de lentille rouge, farine de datte 37,5% et 0% de farine de caroube.

**Le produit B** est le point au centre de plan de mélange qu'il contient 25% de chaque farine.

**Le produit C** contient 25% de farine de blé, 12,5% de farine de caroube, 12,5% de farine de lentille rouge et 50 %de farine de datte.

**Le produit D** contient 25% de farine de blé, 50% de farine de caroube, 12,5% de farine de datte et 12,5% farine de lentille rouge.

En effet, l'analyse sensorielle réalisée a montré que le biscuit D élaboré (madeleines) est très bien apprécié par les dégustateurs et possèdent une meilleure caractéristique organoleptique. Ces résultats restent préliminaires méritent d'être suivis par d'autres travaux afin de créer une formule qui répond aux exigences.

**Mots clés** : biscuit enrichi- farine de blé- farine de caroube- farine de datte- farine de lentille rouge- plan de mélange.

## Abstract

The goal of this work is to prepare biscuits enriched with different flours (carob flour, date flour and red lentil flour) using the mixing plan. These flours have a good alternative to that of wheat because they have a high concentration of natural sugars which gives a great energy value, and therefore to eliminate white sugar.

Our recipes have been developed by the mixing plan. The functional, physico-chemical and microbiological analyzes carried out on the raw materials and the recipes developed show that the latter are of good quality.

We have studied four models of cookie each is prepared in different percentages:

**Control**: 100g wheat flour

**Product A** contains 25% wheat flour, 37.5% red lentil flour, 37.5% date flour and 0% carob flour.

**Product B** is the point in the center of the mixing plane that it contains 25% of each flour.

**Product C** contains 25% wheat flour, 12.5% carob flour, 12.5% red lentil flour and 50% date flour.

**Product D** contains 25% wheat flour, 50% carob flour, 12.5% date flour and 12.5% red lentil flour.

Indeed, the sensory analysis carried out showed that the elaborated D biscuit (madeleines) is very well appreciated by tasters and has a better organoleptic characteristic. These results remain preliminary and deserve to be followed by further work in order to create a formula that meets the requirements.

**Key words**: fortified biscuit - wheat flour - carob flour - date flour - red lentil flour - mixing plan.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو إعداد بسكويت بمختلف أنواع الدقيق ( دقيق الخروب ودقيق التمر ودقيق العدس الأحمر) باستخدام خطة الخلط، هذا الدقيق له بديل جيد عن القمح لأنه يحتوي على نسبة عالية من السكريات الطبيعية التي تعطي قيمة كبيرة للطاقة، وبالتالي الاستغناء عن السكر الأبيض. تم تطوير وصفاتنا من خلال خطة الخلط، تبين التحليلات الوظيفية والفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية التي أجريت على المواد الأولية والوصفات المطورة أن الأخيرة ذات نوعية جيدة.

لقد درسنا أربعة وصفات ، تم إعداد كل منها بنسب مختلفة:

المنتج الأصلي: 100 غ دقيق قمح

يحتوي المنتج A: على 25% دقيق قمح، 37.5% دقيق تمر و0% دقيق خروب، 37.5% دقيق عدس أحمر

المنتج B: هو النقطة الموجودة في وسط مستوي الخلط التي تحتوي على 25% من كل دقيق.

يحتوي المنتج C: على 25% دقيق قمح، 12.5% دقيق خروب، 12.5% دقيق عدس أحمر، 50% دقيق تمر.

يحتوي المنتج D: على 25% دقيق قمح، 50% دقيق خروب، 12.5% دقيق تمر و 12.5% دقيق عدس أحمر.

في الواقع ، أظهر التحليل الحسي الذي تم إجراؤه أن بسكويت D المُحضر (مادلين) يحظى بتقدير جيد جدًا من قبل المتذوقين وله خاصية حسية أفضل.

تظل هذه النتائج أولية وتستحق أن يتبعها مزيد من العمل من أجل إنشاء صيغة تلبية المتطلبات.

**الكلمات المفتاحية**: البسكويت المدعم - دقيق القمح - دقيق الخروب - دقيق التمر - دقيق العدس الأحمر - خطة الخلط