

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie  
Département de Génie des procédés

## Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine: Science et Technologie Filière : Génie des Procédés  
Spécialité : Génie Alimentaire

Présenté par

M<sup>elle</sup> Braik Salima et M<sup>elle</sup> Chenine Houda

*Thème*

*Essai d'élaboration d'un biscuit à base de la farine  
du chêne complet et évaluation de sa qualité*

Soutenue le 03/07/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
M <sup>me</sup> BRAHMI Fatiha	MCA	Université de Bejaia	Présidente
M <sup>me</sup> BEY Zakia	MAA	Université de Bejaia	Examinatrice
M <sup>me</sup> ARKOUB Lynda	MCA	Université de Bejaia	Encadreur

Année Universitaire : 2021/2022

# Remerciements

*Tout d'abord, nous exprimons nos remerciements au bon Dieu de nous avoir donné le courage et la force pour terminer notre travail et pour sa bienveillance.*

*Nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements et notre sincère gratitude à notre promotrice Dr. ARKOUB L. pour la qualité de son encadrement, sa constante disponibilité, son sérieux, ses encouragements et ses conseils très précieux nous sommes très reconnaissantes de la confiance qu'elle nous a accordé.*

*Nous tenons d'autre part à remercier Dr BRAHMI F. et Mme BEY Z. pour bien vouloir nous accorder de leur temps précieux, pour commenter, discuter et juger notre travail.*

*Nous présentons nos sincères remerciements aux personnels de laboratoire d'hygiène de la wilaya surtout: Mme Nabila responsable de laboratoires microbiologique et aux ingénieurs de laboratoire de la faculté de Technologie pour leur encouragements, et leur accueils durant toute la durée de pratique afin de mener bien ce projet.*

*Nos vives gratitudes s'adressent à tous ceux qui ont participé de loin ou de près, à la réalisation de notre mémoire de fin de cycle.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail:*

*A la mémoire de mon très cher Père Braïk Melek qui me manque terriblement, j'aurais aimé que tu sois là présent à mes coté en ce moment tu m'avais toujours fait preuve d'amours de soutient, d'encouragement et d'affection. Tu es toujours présent dans mon esprit, dans mon cœur cher papa tu as toute mes pensées je ne t'oublierais jamais. Que ton âme repose en paix, et que le paradis soit ta demeure éternelle.*

*A la femme qui à éclairé ma vie, maman qui est la plus chère au monde et à la quelle je ne saurais jamais exprimer ma gratitude et ma connaissance en quelques lignes. Que Dieu vous protège en parfaite santé et vous donne une longue vie.*

*A mes chers frères : Mebrouk et Lounis qui n'ont pas de soucis pour m'encourager et d'aider.*

*A toutes mes chères sœurs, ma belle sœur et cousines : Lynda , Lilia, Safia, Kahina samira, Assia, Nadia, Siham, Sabrina, Katia, Nabila et Sarah.*

*A ma chère binôme et amie Chenine Houda pour sa patience sa gentillesse etsa générosité tout le long de nos études, ainsi à toute sa famille.*

*A toute la promotion Génie Alimentaire (2021/2022)*

***Salima***

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents Abdenour et Houria qui ont travaillé dur pour moi et qui n'ont jamais arrêté de m'encourager et sont toujours à mes côtés dans la joie et la peine dans la vie et surtout dans mes études Que dieu vous garde pour nous.*

*A mon mari Mohammadi Khaled qui a été mon soutien et qui a su m'encourager et me motiver dans les moments difficiles que dieu le garde pour moi.*

*A mes frères et leurs femmes, Fahim, Mahdi, Hamida et Chahra*

*A mon petit frère Walid*

*A ma belle familles, ma belle mère Hayat mon beau père Nacir qui m'ont toujours soutenu.*

*A mes belles sœurs Anissa Souhila et ma petite princesse Nesrine*

*A mes tantes et mes oncles*

*A mes copines*

*A ma chère binôme Braik Salima pour sa patience et sa gentillesse, ainsi à toute sa famille.*

*A toute la promotion de Génie Alimentaire 2021-2022*

***Houda***



## Liste des abréviations

## Liste des figures

## Liste des tableaux

Introduction.....	1
-------------------	---

### *Synthèse bibliographique*

#### **I. Généralités sur le chêne**

I.1. Historique.....	3
I.2. Généralités.....	3
I.3. Répartition géographique.....	4
I.3.1. Répartition dans le monde.....	4
I.3.2. Répartition en Algérie.....	5
I.4. Taxonomie du chêne vert.....	6
I.5. Variétés et sous-espèces.....	6
I.6. Description botanique.....	7
I.7. Structure et caractéristiques anatomiques.....	8
I.8. Composition chimique et valeur nutritionnelle.....	9
I.9. Usage du gland de chêne.....	11
I.10. Conservation du gland.....	12
I.10.1. Conservation des glands entiers.....	12
I.10.2. Conservation de la farine du gland.....	13
I.11. Propriétés antioxydants des glands de chêne.....	13
I.12. Intérêts nutritionnels et effets thérapeutiques.....	14

#### **II. Généralités sur le biscuit**

II.1. Historique.....	15
II.2. Définition.....	15
II.3. Classification.....	15
II.3.1 En fonction de l'état de pâte.....	16
II.3.2 En fonction de la teneur en matières grasses.....	16
II.3.3 En fonction de la teneur en sucre.....	16
II.4. Technologie de fabrication des biscuits.....	16
II.4.1. Préparation des matières premières.....	16

II.4.2. Fabrication des biscuits.....	17
II.5. Apport nutritionnel des biscuits.....	19
II.6. Critère de qualité des biscuits.....	20
II.6.1. Qualité organoleptique.....	20
II.6.2. Qualité hygiénique.....	21
II.6.3. Qualité nutritionnelle.....	21

***Partie expérimentale***

***III. Matériel et méthodes***

III.1. Echantillonnage.....	23
III.2. Traitement des échantillons.....	23
III.3. Préparation des biscuits.....	24
III.4. Méthodes d'Analyses.....	26
III.4.1. Caractéristiques morphologiques du chêne.....	26
III.4.2. Analyses physico-chimiques des farines.....	26
III.4.2.1. Détermination du pH.....	26
III.4.2.2. Détermination de la teneur en eau.....	26
III.4.2.3. Détermination de l'acidité titrable.....	27
III.4.2.4. Détermination de la teneur en sucres.....	27
III.4.2.5. Détermination du degré Brix.....	28
III.4.2.6. Dosage de la teneur en protéine .....	28
III.4.2.7. Détermination du degré de brunissement non enzymatique (BNE).....	29
III.5. Screening phytochimique des farines.....	29
III.6. Extraction et dosage des antioxydants.....	30
III.6.1. Extraction des composés phénoliques.....	30
III.6.2. Dosage des composés phénoliques.....	30
III.6.3. Dosage des flavonoïdes.....	31
III.6.4. Dosage des flavonols.....	31
III.6.5. Dosage des tannins condensés (proanthocyanidines).....	31
III.7. Evaluation de l'activité antioxydante.....	32
III.7.1. Inhibition du radical DPP° (2,2-diphenyl 1-picrylhydrazyl).....	32
III.7.2. Inhibition du radical ABTS°.....	32
III. 8. Propriétés fonctionnelles des farines et des biscuits.....	33

III.8.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE).....	
III.8.2. Capacité d'absorption en huile (CAH), en lait entier (CALE) et en lait totalement écrémé (CALTE) .....	33
III.8.3. Capacité de gonflement (CG).....	34
III.9. Analyse microbiologique.....	34
III.10. Analyse sensorielle.....	35

#### ***IV. Résultats et discussion***

IV.1. Caractéristiques physiques.....	36
IV.2. Propriétés physico-chimiques des farines étudiées.....	36
IV.2.1. pH et acidité.....	36
IV.2.2. Humidité.....	37
IV.2.3. Brix.....	37
IV.2.4. Teneur en sucres.....	38
IV.2.4.1. Sucres totaux.....	38
IV.2.4.2. Sucres réducteurs.....	38
IV.2.4.3. Sucres non réducteurs.....	38
IV.2.5. Protéines.....	39
IV.2.6. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE).....	39
IV.3. Screening phytochimique.....	39
IV.4. Antioxydants.....	40
IV.4.1. Polyphénols totaux.....	40
IV.4.2. Flavonoïdes.....	41
IV.4.3. Flavonols.....	42
IV.4.4. Tanins condensés.....	43
IV.5. Activité antioxydante .....	44
IV.5.1. Activité antiradicalaire DPPH° .....	44
IV.5.2. Activité antiradicalaire ABTS <sup>°+</sup> .....	45
IV.6. Propriétés fonctionnelles des farines et des biscuits.....	45
IV.6.1. Capacité d'adsorption en eau (CAE).....	45
IV.6.2. Capacité d'adsorption d'huile (CAH).....	46
IV.6.3. Capacité d'absorption de lait entier « CALE » et de lait totalement écrémé « CALTE ».....	47
IV.6.4. Capacité de gonflement « CG ».....	47
	48

IV.6.5. Clarté des farines.....	
IV.7. Analyses des biscuits élaborés.....	49
IV.7.1. Caractéristiques physiques des biscuits.....	49
IV.7.2. Humidité des biscuits.....	49
IV.7.3. Qualité microbiologique des biscuits.....	50
IV.7.4. Qualité sensorielle des biscuits.....	51
IV.7.4.1. Préférence globale.....	51
IV.7.4.2. Caractéristiques du produit.....	52
Conclusion.....	53
Références bibliographiques	
Annexes	

## *Liste des abréviations*

**Abs:** Absorbance

**AFNOR:** Association Française de Normalisation

**ANOVA:** Analysis Of Variance (Analyse de la variance)

**DPPH:** 2, 2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl

**EAG:** Equivalant Acide Gallique

**EQ:** Equivalent Quercétine

**HPLC:** Chromatographie Liquide à Haute Performance

**IBNE:** Indice de Brunissement Non Enzymatique

## *Liste des figures*

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Photographie d'arbre du chêne ( <i>Quercus ilex</i> L. subsp. <i>Rotundifolia</i> Lam.)	4
<b>2</b>	Distribution du <i>Quercus ilex</i> L. dans son aire géographique méditerranéenne	4
<b>3</b>	Répartition du chêne ( <i>Quercus ilex</i> L. subsp. <i>rotundifolia</i> Lam.) en Algérie	5
<b>4</b>	Différent parties du chêne vert	8
<b>5</b>	Coupe longitudinale dans un gland de chêne pédonculé	9
<b>6</b>	Différents types de biscuits en fonction de la teneur en farine, en matières grasses et en sucres	15
<b>7</b>	Digramme général de fabrication de biscuit	19
<b>8</b>	Photographie des glands du chêne étudiés	23
<b>9</b>	Différentes étapes de préparation des farines du chêne	24
<b>10</b>	Photographie des différents types de biscuits élaborés	25
<b>11</b>	Diagramme de fabrication du biscuit	25
<b>12</b>	Forme libre et réduit de DPPH	31
<b>13</b>	Photographie de l'évaluation sensorielle	34
<b>14</b>	Teneurs en composés phénoliques des différentes farines	40
<b>15</b>	Teneurs en flavonoïdes des différentes farines	42
<b>16</b>	Teneurs en flavonols des différentes farines	42
<b>17</b>	Teneurs en tanins condensés des différentes farines	43
<b>18</b>	Activité antioxydante des différents extraits de farines	44
<b>19</b>	Taux d'humidité des biscuits élaborés	49
<b>20</b>	Préférence globale des biscuits élaborés	51
<b>21</b>	Caractérisation sensorielle des biscuits élaborés	51

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Place du chêne vert dans la systématique de la flore	6
<b>II</b>	Composition chimique de gland de chêne	10
<b>III</b>	Modifications physico-chimiques durant la cuisson des biscuits	18
<b>IV</b>	Contribution des biscuits aux apports nutritionnels	20
<b>V</b>	Composition et valeur nutritionnelle d'un biscuit sec	21
<b>VI</b>	Analyses microbiologiques	34
<b>VII</b>	Caractéristique physique de variété étudiée de chêne	35
<b>VIII</b>	Paramètres physico-chimiques des farines étudiées	36
<b>IX</b>	Caractérisation phytochimique des extraits de farines étudiées	40
<b>X</b>	Propriétés fonctionnelles des différentes farines et des biscuits élaborés	45
<b>XI</b>	Caractéristiques physiques des biscuits étudiés	48
<b>XII</b>	Résultats d'analyses microbiologiques des biscuits	50

# *Introduction*

Les aliments à base de blé en tant que source énergétique et protéique demeurent parmi les principales sources pour l'organisme humain. La fabrication de produits issus de blé et spécialement le blé dur tels que les semoules, pâtes alimentaires, couscous industriel...etc est très développée et répandue dans les industries agroalimentaires (Beaux, 2001). La possibilité d'obtenir un aliment à partir d'autres produits reste une alternative intéressante dans le but de les valoriser et d'améliorer la qualité du produit obtenu (Doukani, 2015).

Les glands de chêne (*Quercus ilex* subsp. *Rotundifolia* Lam.) apparaissent couramment comme ingrédients fonctionnels qui est autre fois considéré comme une nourriture des pauvres, avant la généralisation des céréales, le pain à base de ce fruit pulvérisé a constitué la nourriture privilégié de la population européenne (Rakić *et al.*, 2006), mais actuellement il n'est consommé que par quelques populations et que dans certains pays parmi les quelles figure l'Algérie. Les analyses approximatives ont révélé la composition chimique de glands est semblable à celle de céréales et que les protéines du gland sont plus nutritives que celles de beaucoup de variétés de céréales (Baumgras, 1944). En outre, le gland peut être considéré comme une bonne source d'antioxydants et de sels minéraux.

Aujourd'hui, il est important de rechercher des matières premières alternatives pour produire des aliments fonctionnels sans gluten qui pourraient être utilisées comme ingrédients fonctionnels dans de nombreux aliments tels que les produits de boulangerie ou pâtisserie. La farine de gland pourrait être un bon ingrédient pour développer de tels produits (Masmoudi *et al.*, 2020)

Les farines de gland possèdent un profil nutritionnel intéressant, riche en fibres et en lipides (notamment en acides gras insaturés) tout en ne possédant pas de gluten. Ces faits font des farines du gland une matrice intéressante pour le développement de produits sans gluten (Silva *et al.*, 2016). D'autre part, étant un aliment énergétique de premier ordre, riche notamment en amidon, le marché actuel du gland pourrait être considérablement développé et fournir de nouveaux revenus aux populations rurales. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui a pour but d'étudier la possibilité de valorisation des glands de chêne vert en les transformant en farine incorporable, ce dernier peut être utilisé pour l'élaboration d'un produit alimentaire qui est un biscuit ou gâteaux secs.

Dans ce travail nous avons essayé de répondre à cette problématique: Est-ce que les produits préparés à base de la farine de châtaigne (grillé et non grillé) obtenus peuvent être appréciés par les dégustateurs? Et existe-il une initiative pour remplacer les produits fabriqués à base de blé ? Par conséquent, pour réaliser cette étude trois parties vont être traitées:

- La première partie est une étude bibliographique synthétisant les connaissances sur le gland de châtaigne et quelques généralités sur le biscuit.

- La deuxième partie est une description de des matières premières (farine de châtaigne non grillée et grillée) ainsi que du matériel utilisé et des méthodes suivies au cours de l'étude;

- La troisième partie rapporte la discussion des résultats obtenus , en commençant par l'effet de la grillade sur les propriétés physico-chimiques, teneurs en antioxydants et l'activité antioxydante des farines de châtaigne (grillé et non grillé) et du blé, et propriétés fonctionnelles des farines et biscuits élaborés. En terminant par l'évaluation de la qualité microbiologique et organoleptique de biscuits élaborés à base des différentes farines.

*Synthèse  
bibliographique*

## **I. Généralités sur le chêne**

### **I.1. Historique**

Les glands ont joué un rôle important dans les débuts de l'histoire de l'humanité et ont été une source de nourriture pour de nombreuses cultures dans le monde entier où ils servent comme aliments notamment pour les pauvres (Rashid *et al.*, 2014). Bien qu'il soit généralement aperçu comme un aliment pour animaux, ce fruit est un élément important de la tradition gastronomique et médicinale des régions où se trouvent ces espèces (Silva *et al.*, 2016). L'utilisation de glands dans l'alimentation humaine a été signalée depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle en Serbie, avec recommandations sur son application et son action bénéfique (Rakić *et al.*, 2006). Ils ont constitué la nourriture privilégiée de la population européenne (Ait Saada *et al.*, 2017) et faisaient partie du régime alimentaire local pour un certain temps, fournissant jusqu'à 25% des aliments consommés par les classes les plus pauvres d'Italie et d'Espagne (Rakić *et al.*, 2006). Ils sont consommés sous forme de gâteaux, de pain et comme substitut de café (Ait Saada *et al.*, 2017). Les indiens d'Amérique du nord consomment de nos jours les glands de chêne sous forme de bouillies, de pain et des gâteaux (Ait Saada *et al.*, 2017).

### **I.2. Présentation**

Le Chêne (*Quercus ilex subsp. Rotundifolia* Lam.) est une espèce sempervirente de la famille des Fagacées. Il est considéré comme l'une des espèces les plus caractéristiques de la région méditerranéenne (Schwarz, 1940; Quezel, 1976; Ogaya et Penuelas, 2007). C'est une variété forestière qui possède ses caractéristiques morphologiques propres et ne peut être confondue avec les autres chênes tels que le chêne liège (Figure 1).

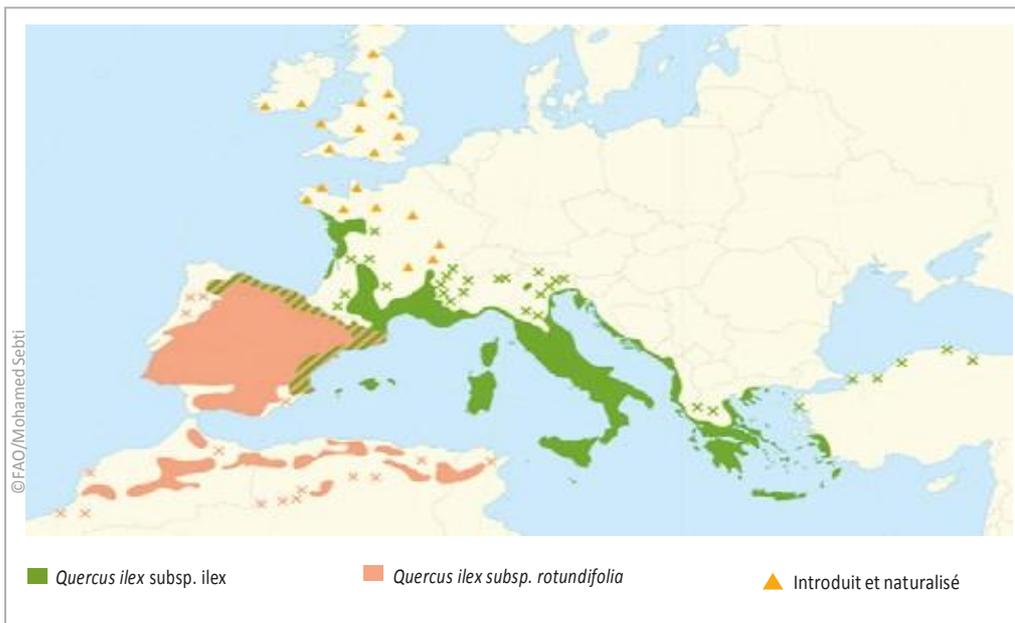


**Figure 1:** Photographie d'arbre du chêne (*Quercus ilex* L. subsp. *Rotundifolia* Lam).anonyme1

### I.3. Répartition géographique

#### I.3.1. Répartition dans le monde

Le chêne (*Quercus*) occupe une place remarquable parmi tous les peuplements forestiers; avec 33% de la superficie mondiale boisée, soit près de la moitié des feuillus, qui représentent 66% du total (CNRS, 1975). Il est implanté essentiellement dans le bassin méditerranéen (Portugal- Espagne- Algérie- France- Italie- Tunisie-Maroc) et pousse aussi en Asie, en Europe moyenne et en Amérique du nord où les conditions climatiques sont favorables à sa végétation (Figure 2). Ce genre renferme plusieurs espèces dont les plus dominantes sont le chêne vert (*Quercus ilex*) et le chêne liège (*Quercus subert*) (Solymos, 1993).

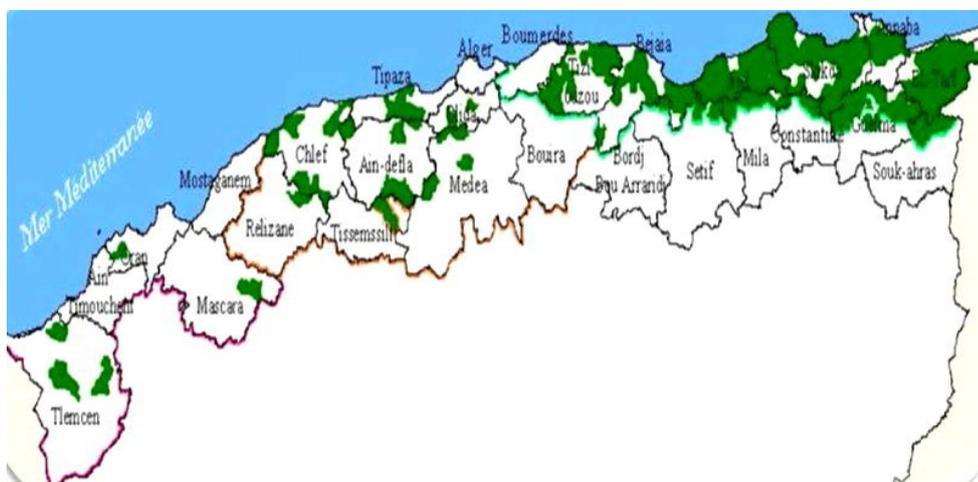


**Figure 2:** aire de répartition de quercus ilex (Caudullo et al.,2017)

En terme d'occupation du tapis végétal de notre planète, le chêne liège couvre une aire relativement restreinte qui se limite selon Natividale (1956) à seulement 2,5 millions d'ha; alors que les statistiques disponibles concernant le chêne vert sont rares et ne sont pas tellement rigoureuses. Mais, en général, il semble couvrir d'immenses territoires au Portugal et en France méridionale, en Italie, en Grèce et s'étend jusqu'à la mer adriatique, et apparaît sous forme de peuplements discontinus au proche orient et forme enfin un cercle au Maghreb où il devient prépondérant surtout au Maroc (Barbero and Loisel, 1980)

### **I.3.2. Répartition en Algérie**

Le chêne occupe une très grande partie de la surface forestière Algérienne; il couvre des superficies étendues notamment dans l'Atlas saharien que l'Atlas Tellien où il forme de belles forêts en Kabylie et sur les monts de Tlemcen (Figure 3) (Benia, 2010). En Algérie, sa superficie potentielle représente 354.000 ha (B.N.E.F, 1984); (Belaroussi, 1991)). Aussi, l'estimation de la place du chêne dans la forêt Algérienne, peut paraître en de çà de réalité devant cette difficulté à distinguer entre forêt mixte et pré-forêt (Barbero *et al.*, 1992). Du point de vue biogéographique, le chêne s'étend à toute l'Algérie du nord allant du littoral l'Atlas saharien et de la frontière Marocaine à la frontière Tunisienne. Il est assez bien représenté sur le versant sud du massif du Djurdjura (900 m à 1400 m) dans le sous secteur de la petite Kabylie.



**Figure 3:** Répartition du chêne (*Quercus ilex* L. *subsp.* *rotundifolia* Lam.) en Algérie (INRF, 2010).

#### **I.4. Taxonomie du chêne vert**

Dénoté le chêne vert *Quercus ilex* L. ou bien *Quercus rotundifolia* Lam. Interminablement constitué un problème taxonomique. En effet, au XVIII<sup>ème</sup> siècle une première distinction basée, sur le type de gland (amer ou doux) est tentée par certains chercheurs. Par la suite, d'autres fondent la différence entre les deux espèces sur les caractères morphologiques de leurs feuilles (Berrichi, 2011). La classification de cette espèce est donnée en Tableau I.

**Tableau I:** Place du chêne vert dans la systématique de la flore (Benia, 2018)

<b>Règne</b>	<i>Végétal</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Trachéophytes</i>
<b>Sous-Embranchement</b>	<i>Ptéropsidés</i>
<b>Classe</b>	<i>Angiospermes</i>
<b>Sous classe</b>	<i>Dicotylédones</i>
<b>Ordre</b>	<i>Fagales</i>
<b>Famille</b>	<i>Fagaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Quercus</i>
<b>Sous genre</b>	<i>Sclérophyllody</i>
<b>Espèce</b>	<i>Quercus ilex</i>

#### **I.5. Variétés et sous-espèces**

*Quercus ilex subsp. rotundifolia* Lam. Donne lieu à un polymorphisme important. Les variétés qu'on a pu distinguer sont très nombreuses; il existe environ une cinquantaine et leur classification est basée sur la forme de la feuille, du pétiole, des rameaux, de la cupule et de la saveur du gland (Camus, 1936). De nos jours une distinction tend à prévaloir, entre *Quercus ilex* et une espèce voisine *Quercus rotundifolia*. Elle est basée essentiellement sur la forme des feuilles; longues et abondamment nervurées pour *Quercus ilex*, rondes et pauvrement nervurées pour *Quercus rotundifolia*, et une autre différence réside essentiellement dans le nombre de nervures 6 à 7 chez *Quercus rotundifolia* et 8 à 9 et plus chez *Quercus ilex* (Barbero and Loisel, 1980). Les anciennes appellations *Quercus rotundifolia* Lam. et *Quercus ballota* Desf. sont désormais considérées comme une sous-espèce nommée *Quercus ilex subsp. ballota* et composée de plusieurs variétés:

- La variété *planifolia*: les feuilles de taille 4 cm, planes, rondes, entières ou presque, vert sombre dessus et dessous, glabres sauf quelques poils stellaires dessous; écorce lisse.
  - La variété *ballota*: les feuilles ovales-elliptiques, 1,5 fois plus longues que larges.
  - La variété *parviflora*: les feuilles lancéolées, entières, de 2-3 × 0,7 cm, à pubescence blanc-jaune.
  - La variété *grandifolia*: les feuilles de taille 6 × 4 cm;
  - La variété *macrocarpa*: très gros glands allongés, comestibles; Espagne du Sud.
- Cette sous-espèce est communément appelée "Chêne vert à glands doux". Elle est cultivée dans le bassin méditerranéen, en particulier en Algérie et présente les mêmes exigences climatiques que le chêne vert "standard" et ses fruits, au goût comparable aux châtaignes, sont d'autant plus doux que le climat est chaud (Barbero et Loizel, 1980).

### **I.6. Description botanique**

- **La taille:** le chêne est un arbre dont la taille est généralement de 8 m à 10 m mais il peut atteindre 20 m à 22 m de hauteur et 2 à 3 m de tour dans certaines régions (Amat *et al.*, 1989).
- **L'houpier:** il est constitué d'un couvert épais et des ramifications serrées et denses. Il est de forme arrondie ou ovale lorsque l'arbre est isolé et de forme élancée ou même en chandelle en peuplement serré (Amat *et al.* 2008).
- **Le tronc:** il est court, souvent tortueux à écorce écaillée (écailles petites et plus ou moins carrées), finement fissurée, peu épaisse et de couleur noirâtre.
- **Le rameaux:** la ramification est forte et abondante; les branches principales sont brunâtres robustes et à écorce lisse. Les rameaux âgés sont superficiellement crevassés. Les jeunes ramures de l'année sont couvertes d'un tomenteux dense, court et persistant. (Rameau *et al.*, 2008).
- **L'écorce:** elle est peu épaisse, grise et assez lisse au jeune âge. Elle se crevasse par la suite et forme de petites écailles polygonales gris brunâtres ou noirâtres.
- **L'enracinement:** les racines sont profondément pivotantes avec nombreuses racines latérales, traçantes et drageon antes jusqu'à un âge avancé (Rameau *et al.*, 1989).
- **Les fleurs:** le chêne est une espèce monoïque (chaque individu porte à la fois des organes mâles et femelles mais sur des fleurs séparées) (Rameau *et al.*, 2008) et vraisemblablement dotée d'un système d'auto-incompatibilité (Yacine et Lumaret, 1988; Michaud *et al.*, 1992 in Salmon, 2004). Les chatons des fleurs mâles sont allongés et

pubescents, très abondants et parfois recouvrent entièrement l'arbre d'une couleur jaune à reflets roux. Les fleurs femelles sont verdâtres, minuscules, plus discrètes, situées à l'extrémité des rameaux et groupées par 2 ou 3. La floraison a lieu entre Avril et Mai et la dispersion du pollen est anémophile. La structure particulière des fleurs mâles (chatons) facilite la libération des grains de pollen par le vent (Rameau *et al.*, 1989).

• **Les feuilles:** elles sont simples, alternées, pétiolées et persistantes, pendant 3 à 4 ans. Le limbe est coriace, de taille et de forme variables, les feuilles sont de couleurs pâle, poilues sur les deux faces, puis vert foncé, glabres ou à poils plus ou moins épars, luisantes sur la face supérieure vert grisâtre et tomenteuses sur la face inférieure (Figure 4). La durée de vie des feuilles du chêne est de deux années (parfois même trois années) et leur répartition est aléatoire sur les rameaux selon l'âge de l'arbre. Ainsi, on distingue les chênes verts à feuilles oblongues et les chênes à feuilles arrondies (Amat *et al.*, 2008).

• **Le fruit (glands):** elles sont verdâtres puis brunâtres (Figure 4), de forme très variable: ovoïdes subcylindriques, globuleux; leur longueur varie de 1 à 3 Cm et leur diamètre de 1 à 1,5 Cm, ils sont entourés à la base par involucre en cupule à écailles toutes appliquées et identiques (Rameau *et al.*, 1989). Ils sont amers dans le Nord, doux et comestibles dans les régions Sud dont les arbres sont appelés généralement chênes *ballotes*. La fructification de l'espèce est annuelle (Octobre - Novembre - Décembre), elle débute vers l'âge de 12 ans, mais elle n'est suffisante et soutenue qu'à partir de 15 à 20 ans en conditions pionnières. Elle ne devient abondante qu'entre 50 et 100 ans (Boudy, 1952).

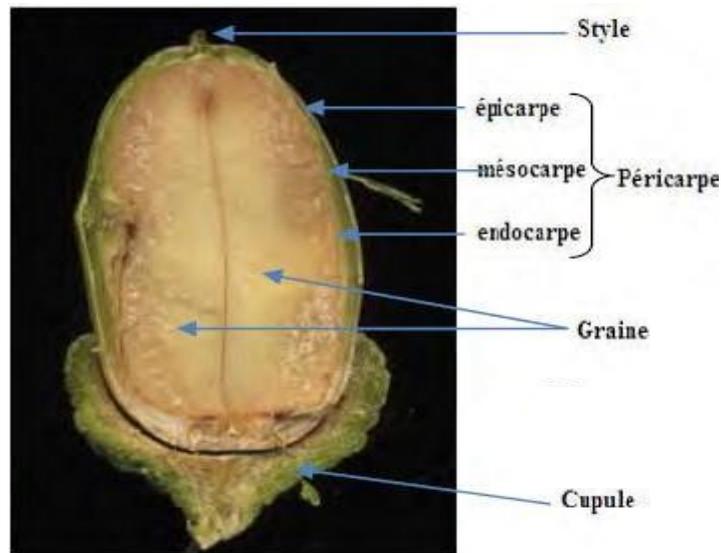


**Figure 4:** Différent parties du chêne vert (Anonyme 2).

### **I.7. Structure et caractéristiques anatomiques**

Le gland est un fruit sec ou akène. Il est constitué d'une graine enveloppée par un péricarpe assez coriace de couleur brune, le péricarpe est formé de trois couches: vers l'extérieur par un épiderme externe ou épicarpe; vers l'intérieur par l'endocarpe; au centre par

le mésocarpe. Le hile constitue la partie basale du gland; c'est la zone la plus perméable du péricarpe. Le micropyle représente la partie distale. La graine est protégée par un tégument assez mince et nervuré, elle comprend deux cotylédons qui cache du côté du micropyle un d'une radicule embryon composé, d'une tigelle et d'une gemmule (Figure 5).



**Figure 5:** Photographie de la coupe longitudinale du gland de chêne (Medjmadj, 2014).

### **I.8. Composition chimique et valeur nutritionnelle**

Le gland de chêne constitue une source nutritionnelle très importante pour les ruminants et la volaille, c'est un aliment énergétique vu sa richesse en amidon (Afratane, 1990), il est riche en vitamine A et C et pauvre en B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>, qui sont respectivement de 2,1 mg/kg et 0,8 mg/kg (Tableau II) (Foudhil, 1990).

Le gland de chêne est riche en calcium, en potassium, fer et en sodium, et contient des traces de magnésium, possède un index glycémique et insulinémique bas, ce qui le rend intéressant pour la protection contre l'augmentation du glucose sanguin après les repas (Belarbi 1990). Il est ainsi riche en acides gras essentiel (oléique: 66.8%) (Belarbi, 1990). Du côté pharmacologique, l'écorce astringente et tonique est employée contre les diarrhées, angines, affections chroniques de la rate et cirrhose du foie et autrefois comme contre poison.

La teneur en matière grasse du gland de chêne rapportée par la littérature est très variable Il semble que les variétés de gland Algérien sont plus riches en lipides (Foudhil, 1990; Belarbi, 1990). Cette particularité est susceptible d'influencer favorablement leurs efficacités énergétiques mais peut s'avérer néfaste à leur conservation (Bouderoua, 1995).

**Tableau II:** Composition chimique de gland de chêne (Arab *et al.*, 2009).

Constituant	Unité de mesure	Valeur tirées de la bibliographie
Matière sèche	%	<b>76,04</b>
Matière organique	%MS	<b>97,68</b>
Matière minérale	%MS	<b>2,32</b>
Matière grasse	%MS	<b>7,62</b>
Matière azotée totale	%MS	
Cellulose brute	%MS	<b>22,84</b>
Protéines	%MS	<b>6,75</b>
Lipides	%MS	<b>7-14.4</b>
Cendres	%MS	<b>1,81</b>
Phosphore	%MS	<b>0,22</b>
Calcium	%MS	<b>0,1</b>
Composés phénoliques	%MS	<b>0,75</b>
Amidon	%MS	<b>65,43</b>
Energie	Kcal/kg MS	<b>4283</b>
Acide gras		<b>66,8</b>
Acide oléique		<b>13,5</b>
Acide linoléique		<b>18,4-23</b>
Acide stéarique	% de MG	–
Acide linoléique	% de MG	–
Acide palméoléique	% de MG	
Vitamines		
Vitamine B <sub>1</sub>		<b>0,002</b>
Vitamine B <sub>2</sub>		<b>0,112</b>
Vitamine B <sub>3</sub>	mg/100g	<b>0,118</b>
Vitamine B <sub>5</sub>		<b>0,715</b>
Vitamine B <sub>6</sub>		<b>0,528</b>
Vitamine B <sub>9</sub>		<b>0,528</b>
Vitamine C		<b>15-50</b>

L'analyse des acides gras a montré que les lipides du gland de chêne vert contient

83,3% d'acides gras insaturés dont 65,5% d'acides gras mono insaturés (AGMI) et 17,85% d'acides gras poly insaturés (AGPI), cette composition apporte les acides gras essentiels  $\omega$ 3 et  $\omega$ 6 qui sont indispensables à la vie avec un rapport AGPI/AGS de 1,07 (Benguettaf, 2012).

Les matières minérales de la farine de gland sont constituées par divers sels, potassium, sodium, phosphore, calcium, et contient des traces de magnésium. Cependant, elle possède une faible teneur en phosphore qui est de 0,08-0,13% (Kekos *et al.*, 1985).

La protéine du gland apporte une quantité importante en Arginine, Acide aspartique, Acide glutamique et Phénylamine. Cependant, elle est pauvre en acides aminés essentiels notamment en Lysine comparativement à la protéine de l'œuf (6,5 % de lysine) (Piccolo *et al.* 1983).

En outre, le gland de chêne est une source de tanins, ces derniers sont des facteurs antinutritionnels, ce sont des composés phénoliques qui présentent de fortes activités antimicrobiennes et antifongiques, ce qui explique leur rôle particulier au niveau de péricarpe du fruit (Larbier and Leclercq, 1992) Les effets antinutritionnels des tanins semblent dépendre de leurs degrés de polymérisation (Kaysi and Melcion, 1992). Les substances anti nutritionnelles sont des substances qui par différents mécanismes entraînent des effets déprimants de la nutrition. Cette réaction consécutive, soit à la décomposition ou l'inactivation de certains nutriments, soit la diminution de la quantité ingérée, soit à la réduction de l'utilisation digestive. Les tanins peuvent être classés en deux groupes: les tanins condensés et les tanins hydrolysables, ces deux types coexistent souvent dans un même fruit ou tissu. La teneur en tanins dans l'espèce *Quercus ilex* (chêne vert) varie de 0,70 à 8,90% (MS) (Kekor et Kaukios, 1985). Ils existent en quantité importante à côté des glucides, notamment dans les fruits verts au cours de la maturation, ils dispersent en même temps que les sucres s'accumulent (Leraillez, 1952). Leurs teneurs en tanins permettent d'affirmer que les espèces algériennes du gland de chêne vert et de chêne liège sont utilisables en alimentation animale sans risque potentiel d'intoxication (Ait Saada, 1997).

### **I.9. Usage du gland de chêne**

En Algérie, comme dans certains pays méditerranéens, le gland de chêne vert est utilisé en alimentation humaine et animale et même dans certaines transformations biotechnologiques (François et Philippe, 1999).

➤ **En alimentation humaine:** seul le gland doux de variété *ballota* est utilisé en

alimentation humaine jusqu'à la deuxième guerre mondiale, les pénuries de blé et de l'orge ont poussé les populations d'Algérie et du Maroc à utiliser la farine du gland pour la préparation de couscous, un délicieux pain de glands "riche et huileux et de bouilles (Mezali, 1985; Bonfils, 2012). Actuellement le gland doux comestible est utilisé en alimentation humaine et fait l'objet de commerce non négligeable dans certaines régions d'Algérie (Kheddoum, 2005).

➤ **En alimentation animale:** les populations riveraines des chênaies utilisent les glands séchés en bouillies pour l'engraissement des ovins. L'intérêt de leur utilisation réside dans leurs richesses en amidon. Toutefois, les apports en protéines et en vitamines des glands demeurent faibles (Kheddoum, 2005). Le gland de chêne vert constitue une grande source nutritionnelle pour beaucoup d'animaux, dans ce sens plusieurs travaux sur les aptitudes nutritionnelles des régimes à base de gland de chêne ont été effectués (Zegai et Medouni, 2013).

➤ **En industrie agroalimentaire:** cette perspective est en cours d'évolution notamment en Algérie, bien qu'il n'existe quasiment pas d'industrie spécialisée dans la transformation du gland de chêne, des recherches encouragent aujourd'hui cette démarche de valorisation de produits du terroir autre que la transformation artisanal mais de développer ce concept à l'échelle industrielle. Le gland possède également des substances actives (polyphénols dont les tanins et flavonoïdes) permettant son utilisation dans la préparation d'aliments fonctionnels (Rakić *et al.*, 2006).

➤ **Autres usages:** le bois de chêne vert, lourd, dur, compact, homogène excellent bois de chauffage, il permet également de fabriquer un charbon de bois de très bonne qualité (Becker *et al.*, 1982).

## **I.10. Conservation du gland**

Les bonnes fructifications du chêne interviennent tous les 2 à 10 ans. Il est donc nécessaire de mettre au point des bonnes techniques de conservation afin de d'assurer un approvisionnement régulier et une utilisation permanente.

### **I.10.1. Conservation des glands entiers**

Dans le but de leur utilisation dans le domaine alimentaire, plusieurs techniques ont été élaborées:

➤ Séchages des glands à l'ombre durant quelques jours: les glands sont étalés sur un

lit de feuilles sèches et recouverts des feuilles mortes et de paille ce procédé rudimentaire permet la conservation des glands à l'aire (Boleslaw *et al.*, 1994).

➤ Conservation des glands dans l'eau salée (4% de NaCl) en milieux gazeux (éther-sulfurique, vapeurs d'alcools, sulfure de carbone) ou en silos (Boleslaw *et al.*, 1994).

➤ Conservation dans des sachets en polyéthylène épais à atmosphère modifiée. Cette méthode a été mise au point par Marcelin et Leteinturier (1974) à une température comprise entre -1 et +4, dans une solution de méthylthéophanate pendant 16 h.

➤ Traitement des glands par la chaleur à 41°C, pendant trois heures puis conservation à -1°C qui est une technique proposée par Muller et Masembert (INRA, 1984).

Ces différents procédés de conservation assurent aux glands la préservation de leurs qualités organoleptiques et nutritionnelles en bloquant la germination et en réduisant le niveau d'infection de ces derniers.

### **I.10.2. Conservation de la farine du gland**

La farine du gland est riche en amidon (60,5%). Ce type de produit constitue un milieu favorable à la prolifération microbienne. Ainsi certains micro-organismes utilisent les composés organiques carbonés comme source de carbone et d'énergie pour leur développement. La préparation de la farine du gland en vue de sa conservation se fait par séchage.

### **I.11. Propriétés antioxydantes des glands de chêne**

Le rôle des antioxydants piègeurs de radicaux libres a attiré beaucoup d'attention non seulement des scientifiques mais aussi la grande partie de la population à large consommation des antioxydants naturels contenus dans les fruits, légumes, épices et suppléments alimentaires (Rakic *et al.*, 2005).

Les glands étaient généralement reconnus pour leur grande importance pour l'économie rurale en tant que composants de l'alimentation animale; Cependant, leur valeur nutritionnelle et leur contenu phytochimique élevé ont suscité l'intérêt de nombreux chercheurs à la recherche d'aliments sous-évalués à intégrer dans l'alimentation humaine.

En outre, une augmentation de leur consommation peut avoir un impact positif aux niveaux social et économique. La majorité des rapports décrivant l'activité biologique des glands mettent l'accent sur leur forte activité antioxydante, qui pourrait être liée à d'autres fonctions biologiques, telles que les propriétés antimutagène, anticarcinogène, anti-inflammatoires et anti-âge et à la réduction des risques ou des symptômes des maladies cardiovasculaires, du diabète et d'infections microbiennes. L'activité antioxydante

est principalement attribuée à la présence de grandes quantités de composés phénoliques dans les extraits de gland (Vinha *et al.*, 2016b).

En fait, les tocophérols et les composés phénoliques, tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins (qui ont été rapportés comme forts antioxydants naturels) sont considérés comme le principal agent bioactif composés dans les glands.(Vinha *et al.*, 2016a).

Les glands de toutes les espèces doivent être testé et ajusté pour leur activité anti-oxydante. Les auteurs ont caractérisé phénoliques individuels dans les fruits de *Quercus* ont montré que ces composés phénoliques peuvent êtres responsables de nombreux avantages pour la santé, et sont très utiles dans l'industrie alimentaire car ils peuvent être utilisé comme complément alimentaire ou comme conservateur au lieu des antioxydants synthétique (Molina-García *et al.*, 2018).

#### **I.12. Intérêts nutritionnels et effets thérapeutiques**

Autrefois, la farine faite à partir de glands est très utilisée car elle permet une bonne croissance en particulier chez les enfants. En Corée, une sorte de gelée est faite à partir de la farine de glands, appelée "Dotorimuk" (Dunham, 2009) Torréfiés, elle peut aussi servir à faire un "café", et peut aider à traiter les brûlures d'estomac, la diarrhée, l'incontinence urinaire (Fernald *et al.*, 1996). Il est aussi plus riche en calories que le blé ou le maïs (Dunham, 2009).

## II. Généralités sur le biscuit

### II.1. Historique

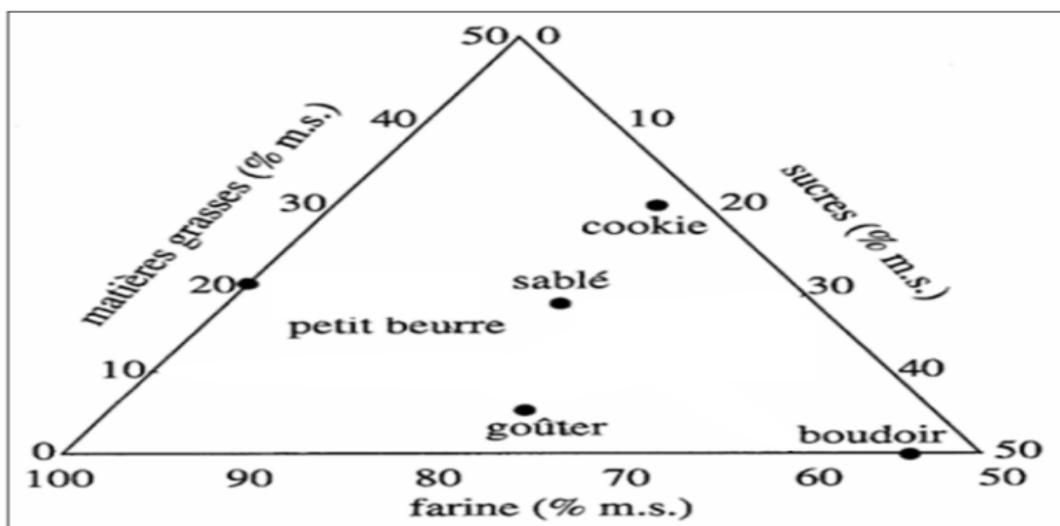
Les origines des biscuits et gâteaux remontent à une dizaine de milliers d'années lorsque la bouillie de céréales devient galette, premier aliment susceptible d'être conservé. Au début c'était des produits consommés par les Pharaons égyptiens, les grecs et les romains. En effet, la biscuiterie est d'origine égyptienne, environ 2500 ans avant JC. Le mot biscuit est cité par Jean de Joinville, un chroniqueur français, qui a parlé de ces petits biscuits 2 fois. (Kaboré, 2012).

### II.2. Définition

L'origine du mot biscuit est "*Bis-Cuit*", qui signifie subir une double cuisson (Kaboré, 2012). En effet, ce procédé exige que les pâtons soient d'abord cuits comme le pain, puis placés dans les compartiments au-dessus du four pour réduire leur teneur en humidité. C'est un aliment à base d'ingrédients suivant : farines alimentaires, matières grasses, matière sucrante, les œufs, l'arôme et d'autres ingrédients. La composition des biscuits varie énormément selon leur type (Armand and Germain, 1992).

### II.3. Classification

Certains sont classés en fonction de leur teneur en matières grasses, de leur teneur en sucre et de leur méthode de formation. Une autre classification est l'état de la pâte en pâte liquide, molle ou dure. Certains classent les biscuits par noms de groupe tels que biscuits, biscuits mous, biscuits durs et craquelins. Une variété de forme et de texture peut être produite en changeant les proportions de la farine, de sucre et de la matière grasse (Figure 6) (Maache-Rezzoug Et Al., 1998).



**Figure 6:** Différents types de biscuits en fonction de la teneur en farine, en matières grasses et en sucres (Fustier, 2006).

### **II.3.1 En fonction de l'état de pâte**

En fonction de l'état de la pâte, les biscuits sont classés en trois groupes:

Les pâtes dures ou semi-dures donnent naissance au type de biscuits secs sucrés et salés: casse croûte, sablés, petit beurre. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60 % de la consommation de biscuits;

Les pâtes molles c'est une pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que boudoirs et d'articles moelleux tels que génoises, madeleines. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses qui représentent environ 26,5 % de la consommation de biscuits.

Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières Grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes (Soulef, 2010) qui représentent environ 10,5 % de la consommation de biscuit.

### **II.3.2 En fonction de la teneur en matières grasses**

Selon la teneur en matière grasse, les biscuits sont classés en :

- Biscuits à teneur faible;
- Biscuits à teneur moyenne ;
- Biscuits à teneur élevée en graisse (biscuits en gouttes, déposés et extrudés).

### **II.3.3 En fonction de la teneur en sucre**

Selon la teneur en sucre, les biscuits sont classés en:

- Biscuits à faible teneur en sucre;
- Biscuits à teneur moyenne;
- Biscuits à forte teneur en sucre (principalement dans la catégorie roto-moulé).

## **II.4. Technologie de fabrication des biscuits**

### **II.4.1. Préparation des matières premières**

Chaque type de biscuit a ses matières premières propres à sa fabrication. En général, les matières premières utilisées dans les biscuits sont:

**a) La farine:** est le produit à base de blé tendre industriellement pure et nettoyée . La farine est l'ingrédient de base dans la préparation du biscuit.

**b) Les matières sucrantes:** le sucre est le deuxième élément important dans la fabrication des biscuits. Il représente de 15 % à 25 % dans la formule d'un biscuit sec, et

plus de 25 % en pâtisserie industrielle. Le saccharose, ajouté à l'état cristallin, est le plus employé. En plus de son pouvoir sucrant, il contribue à la formation des arômes, de la texture, de la coloration et à la conservation des biscuits. Il a également une fonction plastique (Feillet, 2000).

**c) La matière grasse:** en biscuiterie, présente généralement d'origine végétale (margarine, huiles végétales, graisses végétales). La matière grasse est un ingrédient très important dans la fabrication des biscuits. Elle est d'habitude de nature semi-solide à température ambiante pour qu'elle se mélange bien et sans problème avec les autres ingrédients. Elle contribue à la plasticité de la pâte, joue le rôle d'un lubrifiant et influe la machinabilité de la pâte et les qualités texturales et gustatives du biscuit après cuisson. La capacité de la matière grasse à disperser les constituants du mélange est dû à l'insolubilité de cette matière dans l'eau (Maache-Rezzoug Et Al., 1998).

La principale fonction de la matière grasse est la fabrication des produits plus tendre. Elle lubrifie la structure en se dispersant dans la pâte durant le pétrissage ce qui empêche la formation du réseau glutineux, résultant en une matrice moins élastique. La formation de ce réseau glutineux est inhibée si la matière grasse couvre la farine avant qu'elle s'hydrate. Après cuisson les propriétés organoleptiques désirées pour ces produits se caractérisent par une texture moins dure, une tendance à se fondre dans la bouche (Fustier, 2006).

**d) Ingrédients liquides:** l'eau et le lait les deux ingrédients liquides les plus essentiels dans la fabrication de la pâte de biscuits. L'eau est nécessaire pour la solubilisation des autres ingrédients et le lait améliore la structure et la texture de la pâte, stimule la saveur acquise aux biscuits.

**e) Le sel:** c'est le chlorure de sodium (NaCl), il est soluble dans presque tous les liquides, son rôle est de :

- Accélérer le ramollissement de la croûte;
- Conserver les ingrédients et protéger l'aliment;
- Réguler le goût de biscuit (Kiger and Kiger, 1968).

**f) L'œuf:** les œufs et les ovoproduits constituent les ingrédients fondamentaux de nombreux produits de biscuiterie et biscotterie. Ils ont une influence prépondérante sur la dorure, la légèreté, l'impression en bouche et le goût du produit. ([www.biscossuisse.ch](http://www.biscossuisse.ch)).

### **II.4.2. Fabrication des biscuits**

La fabrication des biscuits commence par le mélange des ingrédients secs et liquides afin d'obtenir une pâte de texture bien déterminée.

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

**b) Pétrissage:** après avoir terminé le pommadage, on introduit dans le pétrin, la totalité de farine, ensuite, on procède au pétrissage de la pâte (durée de 4 à 5 min), pour obtenir une pâte homogène a la fois assez souple (Armand et Germain, 1992).

**c) Façonnage et découpage de la pâte:** le laminage est la première opération de mise en forme de la pâte pétrie. Il consiste à façonner la pâte (formation d'un ruban d'épaisseur déterminée) en la faisant passer entre un train de laminoirs (Feillet, 2000).

**d) Cuisson:** c' est un processus durant lequel se déroulent de multiples réactions biochimiques et physico-chimiques complexes: dénaturation des protéines, gélatinisation partielle de l'amidon, expansion de la pâte par réduction et dilatation thermique de gaz, évaporation de l'eau, et formation de la couleur (réaction de Maillard) (Armand et Germain, 1992). La cuisson est conduite dans des fours tunnels de plusieurs dizaines de mètres (pouvant dépasser la centaine; constitués de plusieurs sections (se différenciant par leur température et leur humidité) (Feillet, 2000). Le Tableau III résume les modifications physico-chimiques durant la cuisson des biscuits.

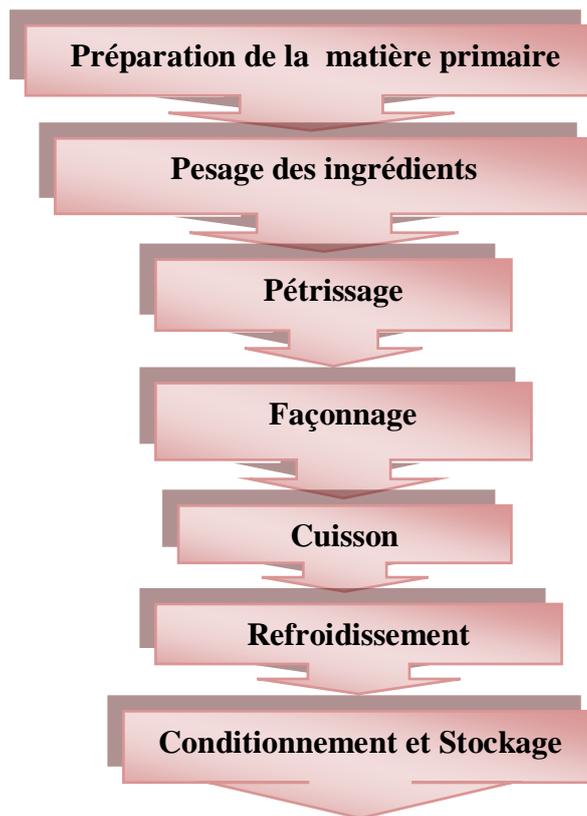
**Tableau III:** Modifications physico-chimiques durant la cuisson des biscuits  
(Boudreau *et al.*, 1992).

Température (°C)	Modifications physico-chimiques
32 à 38° C	Formation d'une pellicule à la surface du biscuit
32 à 49° C	Dégagement du gaz carbonique
32 à 66° C	Expansion du pâton par le gaz carbonique
32 à 99° C	Expansion du pâton par l'air, le gaz carbonique et la vapeur d'eau.
52 à 93° C	Gélatinisation partielle de l'amidon et dénaturation réversible des protéines
63 à 74° C	Evaporation d'arômes.
74 à 121°C	Dénaturation irréversible des protéines.
149 à 205° C	Caramélisation des sucres.

188 à 205° C	Dextrinisation ou formation d'une surface luisante.
--------------	---

e) **Refroidissement:** les biscuits sortants du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre, pendant quelque minutes, des ventilateurs sont utilisés pour éliminer l'humidité (Cheblaoui et Yahiatene, 2016).

f) **Conditionnement:** les biscuits ont besoin d'un emballage pour les protéger de l'oxygène (O<sub>2</sub>), des odeurs et de la lumière. Il existe différents types d'emballage qui sont utilisés pour la conservation des biscuits comme : le carton, l'aluminium et le plastique, sous forme de barquettes ; cylindrique et rectangulaire (Dugourd, 2009).



**Figure 7:** Digramme général de fabrication de biscuit.

### **II.5. Apports nutritionnels des biscuits**

Les biscuits sont habituellement composés de farine, de sucre, de matières grasses, d'eau, de sel et de levure chimique. Cette diversité dans la composition des biscuits leur confère un pouvoir nutritionnel intéressant (Ait Ameer, 2006). Dans les biscuits secs, il y'a une prédominance des matières céréalières environ 72%, de l'amidon 51,5% (SNBF, 2001). Ils contiennent une bonne teneur en protéines et en fibres. Les biscuits secs se distinguent des autres produits céréaliers par leur faible teneur en eau: 1 à 5% contre 15

à 30% pour les gâteaux et 35 à 40% pour les pains (Ait Ameer, 2006). Du fait de leur teneur faible en eau, les biscuits secs ont une densité énergétique élevée. La teneur en lipides des biscuits secs est estimée à 12 % (Ait Ameer, 2006). En effet, les biscuits apportent aux enfants 3,9 % des apports en glucides complexes et 2,5 % pour les fibres (SNBF, 2001). Les quantités de nutriments indiquées sont des valeurs moyennes, ces valeurs peuvent varier pour différents types de biscuit sec (Salemy, 2016). Chez les adultes, ces valeurs sont réduites à la baisse du fait de la baisse de la consommation. Les biscuits contribuent aux apports en glucides de 1,7 % et 0,9 % des fibres. La contribution des biscuits aux apports en lipides et glucides est remarquable (tableau ). Les apports en lipides sont de l'ordre de 4,7 % chez les enfants et 2,1 % chez les adultes. Les apports en glucides simples sont de 4,5 % chez les enfants et 2,9 % chez les adultes (Ait Ameer, 2006).

**Tableau IV:** Contribution des biscuits aux apports nutritionnels (Ait Ameer , 2006).

<b>Apport nutritionnel</b>	<b>Glucides complexe</b>	<b>Fibres</b>	<b>Lipides</b>	<b>Glucides simples</b>	<b>Energie</b>
<b>Enfants</b>	3.9 %	2.5%	4.7%	4.5%	3.6%
<b>Adultes</b>	1.7 %	0.9%	2.1%	2.9%	1.8%

### II.6. Critère de qualité des biscuits

Dans les procédés industriels, dont font partie les industries de la biscuiterie, la productibilité des lignes dépend du respect des critères de qualité des produits fabriqués. Un biscuit de bonne qualité doit répondre à des critères de qualité organoleptique, hygiénique et nutritionnelle.

#### II.6.1. Qualité organoleptique

a) **Texture** : porte une part importante dans l'appréciation qualitative d'un biscuit sec par le consommateur. Elle est en outre un indicateur de la fraîcheur du produit;

b) **Couleur**: c'est un indicateur visuel est très important. La couleur du biscuit est due à la bonne cuisson.

c) **Poids**: c'est le diamètre moyenne qui permet une bonne présentation du biscuit et pour attirer l'attention de consommateur.

g) **Goût**: c'est le principal indicateur de la qualité du biscuit et joue un rôle très dans l'acceptation de produit par les consommateurs.

### **II.6.2. Qualité hygiénique**

La qualité hygiénique est un critère primordial pour la protection de santé de la du consommateur et pour une longue durée de conservation du biscuit lui même. La qualité hygiénique des biscuits est d'une part liée à celle de la matière première mise en œuvre et des ingrédients entrant dans la composition de la pâte, notamment la qualité microbiologique des œufs et des poudres de lait; car ils représentent un milieu de développement favorable pour plusieurs espèces de micro-organismes pathogènes tels que les salmonelles. D'autre part, elle est liée à l'emballage du produit de point de vue nature du papier d'emballage et procédé de fermeture d'un paquet (Haoua et Tingali, 2007).

### **II.6.3. Qualité nutritionnelle**

Chaque aliment a sa valeur nutritionnelle telle que le biscuit, la qualité nutritionnelle d'un aliment est déterminée par la quantité et la qualité des nutriments (glucides, lipides, protéines, vitamines et sels minéraux) nécessaires au bon fonctionnement vital de l'organisme (Haoua et Tingali, 2007). Le Tableau V donne la composition nutritionnelle détaillée d'un biscuit sec, sans précision d'après la Table de composition nutritionnelle des aliments, Ciquial (2020).

*Partie*  
*expérimentale*

*Matériel*  
*et*  
*Méthodes*

Le présent travail a été réalisé dans sa majorité au niveau du laboratoire pédagogique de génie alimentaire du département de génie des procédés de la faculté de technologie à l'université de Bejaia, par contre les analyses microbiologiques ont été réalisés au sein de laboratoire hygiène alimentaire de la willaya et les analyses sensorielles de biscuit ont été réalisé au sein de laboratoire d'analyses sensorielles de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Bejaia.

#### **III.1. Echantillonnage**

Les glands du chêne (*Quercus ilex subsp rotundifolia Lam*) proviennent du village Bouzguan commune de la Wilaya de Tizi Ouzou. Ils ont été cueillit manuellement et au hasard dans le même champ mais dans des différents arbres au mois de novembre 2021 puis triés afin d'éliminer les pièces présentant des blessures ou des infections.



**Figure 8:** Photographie des glands du chêne étudiés.

#### **III.2. Traitement des échantillons**

Les glands du chêne ont été bien lavés et essuyés, puis ils sont épluchés pour les débarrasser de leurs enveloppes externes et enfin ils ont été découpés en deux morceaux et devisé en deux lots. Le premier lot subi un séchage dans une étuve ventilée à 40°C pendant 5 jours, une autres quantité de gland à été grillé dans un four porté à une température de 180°C pendant 10 min. Ensuite les glands de chêne non grillé et grillé ont été concassés à l'aide d'un mortier, broyés à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une farine passés par un tamis de 250 µm afin de garder la même granulométrie. Les farines obtenus ont été mises dans des bocaux en verre bien fermé a fin d'éviter l'absorption du

l'humidité, puis conservées à température ambiante pendant 2 mois (Figure 9).



**(1) Découpage      (2) Séchage à l'étuve (40°C/5j)      (3) Grillade au four (180°C/10 min)**



**(4) Broyage et tamisage**



**(5) Stockage dans des bocaux**



**FCNG**



**FCG**

**(6) Farines du chêne**

**Figure 9:** Différentes étapes de préparation des farines du chêne.

*FCNG : Farine du chêne non grillé; FCG : Farine du chêne grillée.*

### **III.3. Préparation des biscuits**

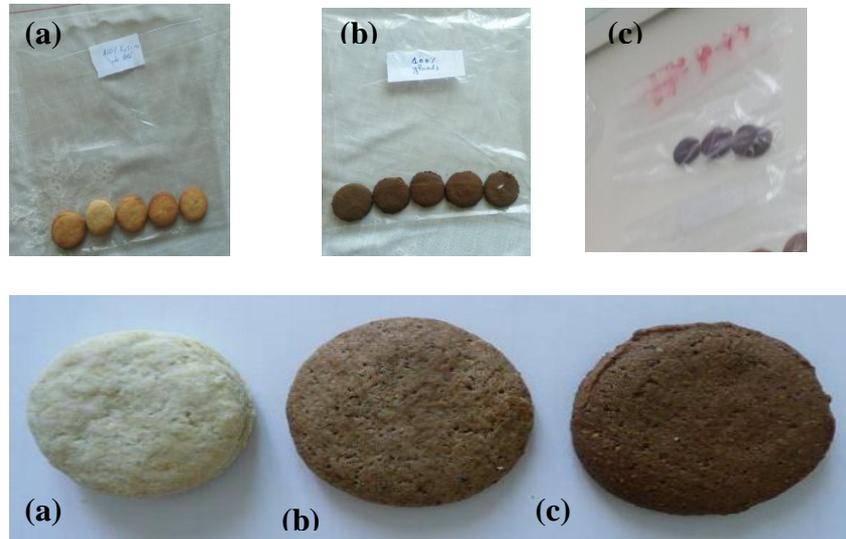
Trois biscuits ont été élaborés un à base de farine de blé et deux autres à base de glands du chêne (Non torréfié et torréfié) nommés comme suit:

- **BFB:** Biscuit à 100 % Farine de blé ou biscuit témoin;
- **BFCNG:** Biscuit à 100% Farine du Chêne non Grillé;
- **BFCG:** Biscuit à 100% Farine du Chêne Grillé.

Les biscuits ont été préparés selon la recette donnée par {Sheikh, 2020 #123}. En effet, pour 100 g de la farine, on exporte 35 g du sucre fin, 2 mL du lait, un œuf, 25 g de la margarine, 1 g de bicarbonate de sodium, 1 g de vanille et 0,5 g sel. Les

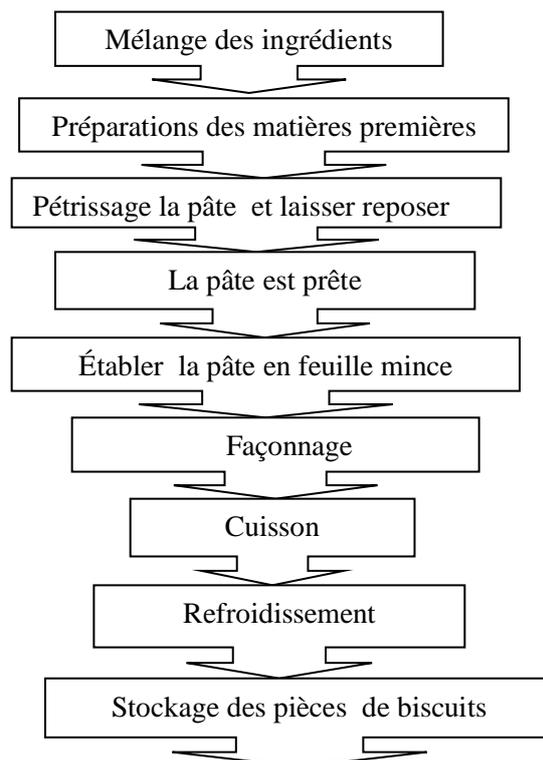
### III. Matériel et méthodes

ingrédients ont été mélangés. La pâte a été étalée en une feuille mince d'épaisseur uniforme et a été coupée en utilisant un emporte pièce pour obtenir des disques de 30 mm de diamètre et de 5 mm d'épaisseur. Les pièces ont été placées sur un plateau allant au four et sont cuites à 180°C pendant 10 à 15 minutes dans un four. Les biscuits bien cuits ont été retirés du four, laissés refroidir à température ambiante pendant 30 minutes, puis on emballés et conservés à température ambiante dans des sacs en polypropylène pour des études microbiologique et sensorielle (Figure 10 et 11).



**Figure 10:** Photographie des différents types de biscuits élaborés.

(a) : BFB, (b) : BFCNG, (c): BFCG.



**Figure 11** : Diagramme de fabrication du biscuit.

### **III.4. Méthodes d'Analyses**

#### **III.4.1. Caractéristiques morphologiques du chêne**

Les caractéristiques physiques ont été évaluées sur quelques pièces choisis au hasard sur les quelles ont été déterminés:

- La couleur appréciée visuellement;
- La consistance déterminée au toucher;
- Les dimensions des fruits (longueur et largeur);
- Le poids, au moyen d'une balance analytique de précision de  $\pm 0,001$  g. Le poids moyen (en gramme) du fruit est obtenu selon la formule suivante:

$$P_m = P_t / n$$

D'où:

**P<sub>m</sub>**: Poids moyen d'un fruit (g);

**P<sub>t</sub>**: Poids total de l'échantillon (g)

**n**: Taille de l'échantillon.

#### **III.4.2. Analyses physico-chimiques des farines**

##### **III.4.2.1. Détermination du pH**

Le pH des différents échantillons est déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode (Afnor, 1982) On prend 3 g de échantillon est ajustée avec de l'eau distillée à un volume de 25 mL, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 min suivi d'une filtration. Le filtrat récupéré permet de mesurer les valeurs du pH à l'aide d'un pH mètre.

##### **III.4.2.2. Détermination de la teneur en eau**

Afin de déterminer la teneur en eau des différents échantillons, on pose 5 g du échantillon subi une dessiccation dans une étuve portée à  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant 4 heures (Doymaz *et al.*, 2004) . La teneur en eau est calculée selon la formule suivante:

$$H (\%) = [(M_1 - M_2) / P] \cdot 100$$

H (%): Humidité en pourcentage;

M<sub>1</sub>: Masse de la capsule + masse de la matière fraîche (g);

M<sub>2</sub>: Masse de la capsule + masse de la matière sèche (g);

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

#### **III.4.2.3. Détermination de l'acidité titrable**

L'acidité titrable est déterminée par la méthode (AFNOR, 1974). Elle consiste à peser environ 5 g d'échantillon et les placer dans une fiole conique avec 25 mL d'eau distillée chaude, récemment bouillie, refroidie, puis bien mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène. Après avoir chauffé le contenu au bain Marie pendant 30 min, refroidir, transvaser le contenu dans une fiole conique jaugée de 250 mL et ajuster le volume avec l'eau distillée récemment bouillie, puis filtrer.

Afin de déterminer l'acidité, prélever 25 mL du filtrat et les verser dans un bécher, ajouter deux à trois gouttes de la phénolphthaléine tout en agitant et verser à l'aide d'une burette la solution d'hydroxyde de sodium à N/9 jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante et noter le volume de la soude versée. L'acidité est déterminée par la formule suivante:

$$\text{Acidité titrable (\%)} = (250 \cdot V_1 \cdot 100) / (V_0 \cdot M \cdot 10)$$

Soit:

M: Masse du produit prélevé (g);

V<sub>0</sub>: Volume de la prise d'essai (mL);

V<sub>1</sub>: Volume de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé (0,1N) (mL).

#### **III.4.2.4. Détermination de la teneur en sucres**

La teneur en sucres des différents échantillons a été déterminée selon la méthode (AFNOR, 1982). 10 g de l'échantillon sont introduits dans un bêcher de 100 mL, 2,5 mL d'acétate de zinc (30%) sont additionnés, le volume est ajusté à 2/3 du volume du bêcher avec de l'eau distillée. Le mélange est agité à plusieurs reprises et laissé reposer pendant 15 min, puis ajusté avec de l'eau distillée jusqu'à 100 mL suivi d'une homogénéisation. La solution est filtrée et le filtrat obtenu est récupéré.

##### **➤ Dosage des sucres réducteurs**

Le dosage des sucres réducteurs, prélever 5 mL de la solution de Fehling I et de solution de Fehling II puis ajuster le volume jusqu'à 100 mL avec de l'eau. Après un chauffage jusqu'à ébullition, titrer la solution de Fehling avec le filtrat obtenu précédemment jusqu'à ce que la couleur bleu disparaisse, puis ajouter quelques gouttes de bleu de méthylène et continuer le titrage jusqu'à apparition d'une couleur rouge brique. Noter le volume de filtrat dépensé pour le titrage et calculé le taux de sucres réducteurs selon la formule suivante:

$$\text{Sucres réducteurs} = [240 / V (V_1 - 0,05)]. 10 / 100$$

Soit:

V: Volume de la solution mère (mL);

V<sub>1</sub>: Volume du filtrat dépensé (mL).

➤ **Dosage des sucres totaux**

Pour effectuer le dosage des sucres totaux, ajouter à 50 mL du filtrat 5 mL d'HCl pur et porter au bain marie à 70°C pendant 5 min. En présence de la phénolphthaléine à 1%, neutraliser avec de la soude à 10 N et on procède de la même manière que le dosage des sucres réducteurs. Les sucres totaux sont déterminés par la formule suivante:

$$\text{Sucres totaux} = [500 / V (V_2 - 0,05)]. 10 / 100$$

Soit:

V: Volume de la solution mère (mL);

V<sub>2</sub>: Volume du filtrat dépensé (mL).

**III.4.2.5. Détermination du degré Brix**

Le degré Brix ou le résidu sec soluble (déterminé par réfractométrie) est la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans des conditions déterminées de préparation et de température. Cette concentration est déterminée par la méthode d'AFNOR (1970) et exprimée en pourcentage de masse. Elle consiste à mélanger 1 g d'échantillon avec 10 mL d'eau distillée et bien mélanger. Puis, prendre une goutte du mélange et la placer sur la surface du prisme du réfractomètre. Ensuite, abattre le deuxième prisme sur le premier, ce qui permet d'obtenir une couche uniforme de liquide. Cette dernière est interprétée en dirigeant le réfractomètre vers une source lumineuse, où deux zones apparaissent: une est claire et l'autre est sombre, la limite entre les deux zones indique la grandeur de la réfraction.

**III.4.2.6 Dosage de la teneur en protéines**

**a) Principe :**

La méthode de Bradford est un dosage colorimétrique, basé sur le changement d'absorbance du colorant (bleu de comassie) ce réactif rouge/brun à l'état libre et convertir en forme bleu caractéristique du complexe formé entre les groupements NH<sub>3</sub><sup>+</sup> des protéines et ceux de réactif (Bradford, 1976).

Le changement d'absorbance est proportionnel à la quantité de colorant lié, indiquant donc la concentration en protéines dans l'échantillon.

**b) Mode opératoire :**

0.1 ml d'échantillon de la poudre était prélevé ensuite 2ml de réactif de bleu de comassie (0.1N) était ajouté à l'échantillon, suivis par lecture de son absorbance à 612 nm. Une

courbe d'étalonnage servant de références préférence ; préparée dans les conditions réactionnel est réalisée avec BSA( Bovine sérum Albumine) et les résultats sont exprimées en mg équivalant d'albumine pour 100 ml de la poudre.

#### **III.4.2.7 Détermination du degré de brunissement non enzymatique (BNE)**

L'estimation du degré de brunissement non-enzymatique est déterminée selon la méthode de(Davoodi *et al.*, 2007). 50 mL d'alcool absolu (60%) sont ajoutés à 2,5 g d'échantillons. Après 12 h, la solution est filtrée avec du papier Whatman N°4 et son absorbance (DO) est mesurée à 420 nm en utilisant l'alcool (60%) comme blanc. L'indice de brunissement est exprimé comme la valeur de l'absorbance à 420 nm.

### **III.5. Screening phytochimique des farines**

Des tests en tube sont réalisés sur les farines végétales afin de déterminer de manière préliminaire la nature des différents métabolites secondaires qu'elles contiennent. Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation. L'analyse est effectuée sur une solution à 20% selon la méthode de Paris et Nothis (1978) *In* Bourahla et Ougabe (2017).

➤ **Identification des tanins totaux** : A 5 mL d'infusé, on ajoute quelques gouttes d'une solution de FeCl<sub>3</sub> à 5%. La réaction positive donne une coloration bleue noire.

➤ **Identification des glucosides**: A 2 g de poudre végétale, ajouter quelques gouttes de l'acide sulfurique. La formation d'une coloration rouge brique ensuite violette indique leur présence.

➤ **Identification des mucilages**: Introduire 1 mL de l'extrait dans un bécher puis ajouter 5ml d'alcool absolu et laisser agir pendant 10min. La réaction positive se traduit par l'apparition d'un précipité floconneux.

➤ **Identification des irridoïdes**: Pour la recherche des irridoïdes, on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 2 mL d'infusé, et on chauffe le mélange sur une plaque chauffante. Une coloration bleue est obtenue en leur présence.

➤ **Composés réducteurs**: Introduire 1 mL d'extrait dans un tube à essai, ajouter 2ml de liqueur de Fehling (1mL réactif A et 1 mL réactif B), incubé l'ensemble pendant 8 min dans un bain marie bouillants. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la

présence des composés réducteurs.

➤ **Identification de l'amidon:** A 2g de poudre végétale, ajouter quelques gouttes de la solution d'iode (I2). On observe l'apparition d'une coloration bleue violette lorsque la réaction est positive.

➤ **Terpénoïdes :** Un volume de 5 mL d'extrait est ajouté à 2ml de chloroforme et 3 mL d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et une couleur marron à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.

➤ **Saponoside :** Diluer 100 mg de la poudre végétale dans 40 ml d'eau distillée.

Agiter la suspension pendant 15 min. Une couche, de 2 cm, de mousse indique, la présence de saponosides.

### **III.6. Extraction et dosage des antioxydants**

#### **III.6.1. Extraction des composés phénoliques**

L'extraction des composés phénoliques a été réalisée selon la méthode de Benmeziane-Derradji *et al.* (2018). 5 g d'échantillon sont additionnés de 100 mL d'éthanol 80 suivi d'une agitation pendant 40 min et une filtration afin de récupérer l'extrait éthanolique utilisé pour le dosage des antioxydants et l'évaluation de l'activité antioxydante.

#### **III.6.2. Dosage des composés phénoliques**

Le dosage des composés phénoliques a été effectué suivant la méthode décrite par Nickavar *et al.* (2008). Brièvement, 0,2 mL sont mélangés à 1mL du réactif Folin-Ciocalteu (dilué au 1/10) et incubé à température ambiante. Après 10 min, 0,8 mL de solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (75 g/L) sont ajoutés. La solution finale est bien mélangée et gardée à l'obscurité pendant 2 heures à température ambiante.

L'absorbance est lue à 765 nm et la teneur en composés phénoliques est exprimée en milligramme Equivalent Acide Gallique par 100 g de Matière sèche (mg EAG/100 g MS) on se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe II).

#### **III.6.3. Dosage des flavonoïdes**

La teneur en flavonoïdes est déterminée par colorimétrie selon la méthode décrite

par **Kim et al. (2003)**. Dans un tube à essai de 10 mL sont introduits successivement 250 µL de filtrat et 1 mL d'eau distillée. Au temps initial (0 min) sont ajoutés 75 µL d'une solution de NaNO<sub>2</sub> (5%), après 5 min, 75 µL d'AlCl<sub>3</sub> (10 %) sont ajoutés. Après 6 min, 500 µL de NaOH (1N) et 2,5 ml d'eau distillée sont ajoutés successivement au mélange.

L'absorbance est mesurée à 510 nm et les résultats sont exprimés en mg Equivalent Catéchine/ g de matière sèche (mg EC/g MS) en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe II).

#### **III.6.4. Dosage des flavonols**

La teneur en flavonols est déterminée selon la méthode de (Djeridane *et al.*, 2006) A 500 µL d'extrait sont ajoutés 500 µL d'eau distillée, 500 µL de chlorure d'aluminium (2%) et 500 µL d'acétate de sodium (50g/L). Après 30 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 440 nm. Les concentrations en flavonols ont été exprimées en milligramme Equivalent Quercétine par 100g de matière sèche (mg mg EQ/100g MS) et déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage de la Quercétine (Annexe II).

#### **III.6.5. Dosage des tannins condensés (proanthocyanidines)**

La teneur en pro anthocyanidines des extraits est déterminée selon la méthode décrite par Vermerris et Nicholson(2006). Un volume de 2ml de sulfate de fer est ajouté à 200µL d'extrait. Les tubes sont incubés à 95°C pendant 15 min. L'absorbance est mesuré à 530 nm.

Les résultats obtenus sont exprimés en mg Equivalent Cyanidinepar 100 g de matière sèche (mg EC/100g), sont calculés selon la formule:

$$C \text{ (mg EC/100 g)} = \text{Abs. MM. FD. 1000} / \epsilon. L$$

D'où:

**Abs:** Absorbance à 530 nm;

**MM:** Masse molaire de la cyanidine (287,24 g/mol);

**FD:** Facteur de dilution;

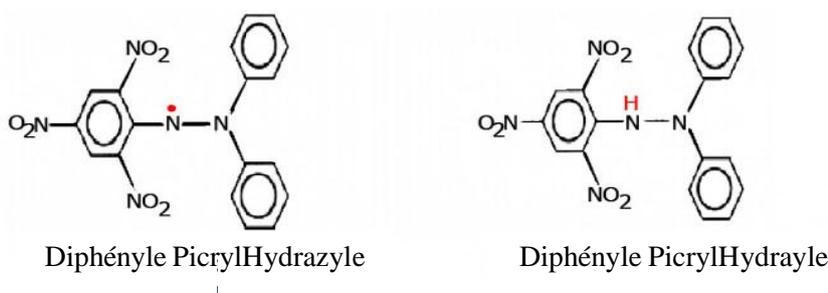
**L:** Trajet optique;

**ε:** Coefficient d'extinction molaire de la cyanidine ( $\epsilon=34\ 700 \text{ L. mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ).

## III.7. Evaluation de l'activité antioxydante

## III.7.1. Inhibition du radical DPPH° (2,2-diphényl 1-picrylhydrazyl)

Le radical DPPH° est stable à température ordinaire et présente une couleur mauve bien caractéristique. Les antioxydants présents dans l'échantillon le réduisent entraînant une décoloration au jaune (Figure 12). L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Sánchez-Moreno *et al.*, 1998)



**Figure 12:** Forme libre et réduit de DPPH (Molyneux, 2004)

L'activité antiradicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical diphénylpicryl-hydrazyl (DPPH°), par don d'atomes d'hydrogènes ou d'électrons (Molyneux, 2004). Le protocole utilisé dans cette méthode est celui de Milardović *et al.* (2006). Il consiste à mélanger 2,9 mL de la solution DPPH° ( $6 \times 10^{-5}$ ) avec 100  $\mu$ L de chaque extrait; la mesure de la réaction de réduction de la solution du DPPH° a été faite à 517 nm après 30 min d'incubation. Les résultats sont exprimés par la moyenne

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \frac{[\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}}]}{\text{Abs}_{\text{Contrôle}}} \cdot 100$$

de trois mesures. Le pourcentage de neutralisation du radical de DPPH° est calculé selon la formule ci-dessous :

Où

**Abs<sub>Contrôle</sub>**: Absorbance du contrôle à 515 nm;

**Abs<sub>Echantillon</sub>**: Absorbance de l'échantillon à 515 nm.

III.7.2. Inhibition du radical ABTS<sup>o+</sup>

Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS a été évalué par la méthode de Reet *al.* (1998), qui consiste à additionner 2 mL de la solution d'ABTS ( $\text{Abs}_{734\text{nm}} = 0,700 \pm$

0,020) à 20 µL de l'extrait. La lecture de l'absorbance est mesurée, à partir de la première minute pendant 6 minutes, à 732 nm.

$$\text{Activité antiradicalire (\%)} = [ (\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}}) / \text{Abs}_{\text{Contrôle}} ] \cdot 100$$

Où

**Abs<sub>Contrôle</sub>**: Absorbance du contrôle à 515 nm.

**Abs<sub>Echantillon</sub>**: Absorbance de l'échantillon à 515 nm.

### III. 8. Propriétés fonctionnelles des farines et des biscuits

#### III.8.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE)

La CAE est estimée d'après la méthode de (Diomande *et al.*, 2017) Une quantité de 1g de farine de gland est pesée et introduite dans un tube à centrifugeuse. Les tubes contenant la poudre ont été pesés et les masses sont notées (me). Ensuite, une quantité de 10 mL d'eau distillée a été ajoutée dans chaque tube et le tout a été agité pendant 30 minutes. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 35 minutes à 4000 tpm grâce à une centrifugeuse. Le surnageant de chaque tube est versé et les nouvelles masses sont notées (me'). La capacité d'absorption d'eau de l'échantillon est déterminée selon la formule suivante:

$$\text{CAE} = (\text{me}' - \text{me}) \times 100 / \text{PE}$$

Avec

**me**: Masse du tube contenant la farine avant centrifugation

**me'**: Nouvelle masse du tube contenant la poudre après centrifugation

**PE**: Prise d'essai (g).

#### III.8.2. Capacité d'absorption en huile (CAH), en lait entier (CALE) et en lait totalement écrémé (CALTE)

Le même protocole que celui de la mesure de la CAE a été suivi, sauf que l'eau a été remplacée par l'huile, le lait entier et le lait totalement écrémé pour la mesure des capacités **CAH**, **CALE** et **CALTE**, respectivement. Les capacités d'absorptions sont alors déterminées selon la formule :

$$(\text{CAH}) = (\text{CALE}) = (\text{CALTE}) = (\text{me}'' - \text{me}) \times 100 / \text{P}$$

Où :

**me** : Masse du tube contenant la farine avant centrifugation ;

me'' : Nouvelle masse du tube contenant la farine après centrifugation et étuvage ;

P : Poids de la prise d'essai.

### **III.8.3. Capacité de gonflement (CG)**

La méthode décrite par Robertson et al. (2000) a été utilisée pour la mesure de la CG. Brièvement, 200 mg (P) de chaque échantillon de farine de lentilles sont hydratés et mélangés à un volume connu d'eau distillée dans une éprouvette graduée. Après 18 h d'incubation, le volume final (V) est mesuré. La CG est définie par le rapport du volume (mL) occupé par la farine de lentilles gonflée sur le poids sec initial de celle-ci :

$$CG \text{ (ml/g)} = V/P$$

Où :

V : Volume finale après 18h ;

P : Poids initial de farine de lentilles

### **III.8.4. Clarté des farines**

La clarté des farines de lentilles a été mesurée selon la méthode de Craig et al. (1989) In Traore (2016). Une masse de 0.1 g d'échantillon a été dissoute dans 10 mL d'eau distillée contenus dans un tube à centrifuger. Le mélange a été homogénéisé par l'utilisation d'un vortex puis chauffé dans une eau bouillante (100°C) pendant 30 min. Au cours du chauffage, le mélange a été homogénéisé à chaque 5 min. Après ce traitement thermique, le mélange a été refroidi sur la paillasse pendant 10 min. La clarté des gels des échantillons a été déterminée par la mesure de la transmittance (%T) à 650 nm au spectrophotomètre contre un témoin contenant de l'eau distillée.

### **III.9. Analyse microbiologique**

Le contrôle microbiologique des biscuits élaborés est effectué au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaia et selon les directives générales de normes Algérienne pour le dénombrement des micro-organismes (JORA, 2017). Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que les biscuits préparé présentent une qualité hygiénique et commerciale supérieure. Le Tableau VI suivant résume l'ensemble de germes recherchés et dénombrés (Annexe VI).

**Tableau VI:** Analyses microbiologiques (JORA, 2017).

<b>Germes recherchés</b>	<b>Milieux utilisés</b>	<b>Température d'incubation</b>	<b>Durée d'incubation</b>
--------------------------	-------------------------	---------------------------------	---------------------------

Germes totaux	PCA	37	48 h
Coliformes fécaux	VRBL	44	24 h
<i>Staphylococcus aureus</i>	Chapman	37	48 h
Salmonelles	Hektoen	37	72h
Levures et Moisissures	Sabouraud	37	3 à 5 jours

### **III.10. Analyse sensorielle**

Une évaluation sensorielle, peut être un test de préférence ou un test d'acceptabilité, le test de préférence consiste à comparer deux ou plusieurs produits pour choisir le préféré ou pour les ordonner selon la préférence du sujet, alors que le test d'acceptabilité consiste à accorder une note sur une échelle à chacun des produits de l'étude (Schlich *et al.*, 2010).

#### **➤ Préparation des échantillons et codage**

Afin d'évaluer la qualité organoleptique des biscuits, nous avons préparé trois échantillons de biscuits, dont l'un est préparé à base d'une farine de blé (BFB: témoin) et deux autres biscuits préparés avec la farine des glands de chêne (BFCNG et BFCG) dont les conditions de préparation des trois biscuits sont les mêmes à savoir: quantités de sucre, margarine, levure, œuf ...etc. ainsi que la durée et température de cuisson.

Les échantillons sont numérotés: **1** (BFCG), **2** (BFCNG) et **3** (BFB) et présentés au hasard dans une assiette jetable avec un gobelet d'eau pour les jurys composés de 46 dégustateurs dont 5 sont des experts et 41 sont des jurys naïfs (Figure 13).

#### **➤ Recueil des résultats**

Le recueil des résultats est effectué sur une fiche ou questionnaire remplie par chaque dégustateur (Annexe II).



**Figure 13:** Photographie de l'évaluation sensorielle.

*Résultats*  
*et*  
*discussion*

#### IV.1. Caractéristiques physiques

Les résultats de la mesure des caractéristiques physiques du chêne (*Quercus rotundifolia* L.) étudié sont récapitulés dans le Tableau VII.

**Tableau VII:** Caractéristique physique de variété étudiée de chêne.

Paramètre	Fruits ( <i>Quercus ilex subsp. rotundifolia</i> Lam.)
Couleur	Marron
Consistance	Dure
Poids du fruit entier (g)	3,91 ± 1,04
Longueur (Cm)	4,53 ± 0,24
Largeur (Cm)	2,05 ± 0,59

Le Tableau VII indique que la longueur des glands de chêne est de 4,53 Cm qui est supérieur à ceux rapporté par Galvan *et al.* (2011) (22,81-40,35 mm) pour le chêne vert (*Quercus ilex subsp. ballota*). Cependant, le diamètre du gland de chêne étudié est égal à 2,05 Cm qui est proche à celui mentionnée par Foshat *et al.* (2011) pour les glands de chêne (*Quercus suber* L.). En outre, Le poids moyen du gland de chêne étudié est de 3,91 g concorde avec l'intervalle rapporté par Galvan *et al.* (2011) (2,41-6,12 g) pour le chêne vert.

Les propriétés morphologiques de la matière végétale sont des critères très important dans l'industrie agroalimentaire par exemple plus le poids de la matière est grand, plus sa composition chimique est élevée. La différence dans les dimensions des matières premières végétales pourrait être liée à la différence dans l'environnement écologique et la variabilité génotypique et phénotypique (Kadri *et al.* 2015).

#### IV.2. Propriétés physico-chimiques des farines étudiées

Les résultats de la caractérisation physico-chimiques des trois échantillons de farines analysées (Farine du Blé « FB », Farine du Chêne Non Grillé « FCNG » et Farine du Chêne Grillé « FCG ») sont résumés dans le Tableau VIII. Ces valeurs représentent la moyenne des trois répétitions effectuées pour chaque paramètre.

##### IV.2.1. pH et acidité

Le potentiel d'hydrogène (pH) est la mesure de l'activité chimique des ions hydrogènes en solution. C'est un paramètre déterminant l'aptitude des aliments à être conservés.

**Tableau VIII:** Paramètres physico-chimiques des farines étudiées.

<b>Paramètre/Echantillon</b>	<b>FB</b>	<b>FCNG</b>	<b>FCG</b>
<b>Ph</b>	5,85 ± 0,09 <sup>b</sup>	5,90 ± 0,02 <sup>b</sup>	6,04 ± 0,02 <sup>a</sup>
<b>Acidité (%)</b>	ND	0,121 ± 0,008 <sup>a</sup>	0,089 ± 0,008 <sup>b</sup>
<b>Humidité (%)</b>	14,80 ± 1,71 <sup>a</sup>	11,47 ± 0,31 <sup>b</sup>	9,09 ± 0,68 <sup>c</sup>
<b>Brix (%)</b>	2,17 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,37 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>c</sup>
<b>Sucres totaux (%)</b>	74,82 ± 0,64 <sup>a</sup>	57,15 ± 0,65 <sup>b</sup>	51,82 ± 0,54 <sup>c</sup>
<b>Sucres réducteurs (%)</b>	9,28 ± 0,60 <sup>b</sup>	14,92 ± 0,05 <sup>a</sup>	9,28 ± 0,60 <sup>b</sup>
<b>Sucres non réducteurs (%)</b>	65,54 ± 1,07 <sup>a</sup>	42,23 ± 0,65 <sup>b</sup>	42,54 ± 0,30 <sup>b</sup>
<b>Protéines (%)</b>	10,78 ± 0,17 <sup>a</sup>	7,98 ± 0,09 <sup>b</sup>	7,67 ± 0,06 <sup>c</sup>
<b>BNE (Abs à 420nm)</b>	0,044 ± 0,004 <sup>c</sup>	0,366 ± 0,003 <sup>b</sup>	0,452 ± 0,011 <sup>a</sup>

**FB:** Farine du blé; **FCNG:** Farine du Chêne Non Grillé; **FCG:** Farine du Chêne Grillée. **ND:** Non Déterminée. Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a>b>c$ .

Le pH des aliments constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération. Les résultats obtenus (Tableaux ) montrent que les trois échantillons de farines analysées présentent des différences significatives à  $p<0,05$  dans les valeurs du pH notées et elles oscillent entre 5,85 ± 0,09 (FB) et 6,04 ± 0,02 (FCG). En outre, la farine de blé présente le pH le plus faible avec une valeur de (5,85 ± 0,09), ce résultat est proche de ceux rapporté par Mesias et Morales (2017) qui ont montré que le pH de la farine de blé est de l'ordre de 6,1 ± 0,1.

Nous constatant que la torréfaction a provoqué une augmentation significative du pH de la farine du chêne. Des résultats similaires ont été observé par de Lim et Kim (2018) où ils ont noté une augmentation du pH des graines de ginkgo biloba après un traitement de torréfaction à 150°C pendant 30 min.

Quant à l'acidité, celle-ci a montré une légère diminution significative ( $p<0,05$ ) après la torréfaction de 0,121 ± 0,008 % à 0,089 ± 0,008 % pour les poudres des glands du chêne non grillé et grillé, respectivement; montrant ainsi une tendance inverse par rapport au changement du pH. Ces valeurs sont inférieures à celle rapportées par Lim et Kim (2018), qui ont observé, eux aussi, une diminution de l'acidité de 1,70 ± 0,15 % à 0,43 ± 0,08 % après la torréfaction des graines de ginkgo biloba à 150°C pendant 30 min. Cette différence peut s'expliquer par la variation de la composition en acides organiques qui peut être affectées par divers facteurs comme la variété, les conditions de

croissances, la maturité, la saison, l'origine géographique, la fertilisation, le type de sol, les conditions de stockages, le taux d'exposition au soleil et la période de récolte (Al-farsi *et al.* 2005; Ahmed *et al.* 1995; Youssef *et al.* 1992).

#### **IV.2.2. Humidité**

La teneur en eau est un critère de qualité utilisé essentiellement pour estimer le degré d'humidité des farines. Elle notifie la stabilité du produit contre les risques d'altération au cours de la conservation, notamment microbiologiques. Les résultats obtenus montrent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les teneurs en eau des différents échantillons étudiés, dont la farine de blé présente le taux d'humidité le plus élevé avec une valeur de  $14,80 \pm 1,71$  % suivie de la FCNG et FCG avec des valeurs de  $11,47 \pm 0,31$  % et  $9,09 \pm 0,68$  %, respectivement (Tableau VIII). Ces résultats sont confirmés par Doukani and Tabak (2015) lors de sa comparaison entre le couscous à base de glands de chêne industriel, il a constaté que le couscous à base des glands présente un taux d'humidité faible (10,85%) par rapport au couscous de blé. En outre, le taux d'humidité obtenu de la farine de blé est proche à ceux apportés par Calvel (1984) (14% à 15,5%). La variation de la teneur en eau est due aux conditions environnementales (pluie et humidité), à la durée de maturation, au moment de la récolte et à la durée de stockage (Avallone *et al.*, 1997)

La diminution du taux d'humidité pour la FCG s'explique par le traitement thermique qui provoque le départ de l'eau par évaporation (Boudebza et Ouchtati, 2018). La faible teneur en humidité de la FCG indique sa stabilité plus élevée, en comparaison avec la FCNG, contre la détérioration microbienne puisque la plupart des micro-organismes d'altération survivent, se développent et se multiplient à des niveaux d'humidité plus élevés.

#### **IV.2.3. Brix**

Les résultats obtenus pour l'indice de réfraction varient significativement ( $p < 0,05$ ) (Tableau VIII). Selon le taux de Brix, les farines analysées peuvent être classées comme suit: FCNG > FB > FCG. En outre, aucun résultat n'a été rapporté sur les taux de Brix de *Quercus rotundifolia*. Quant à la torréfaction, elle a provoqué une diminution significative du taux de Brix dans le chêne grillé; ceci est confirmé par Arkoub-Djermoune *et al.* (2016) qui ont noté que la grillade diminue le taux de Brix après la grillade de

l'aubergine. Cette diminution peut s'expliquer par la participation des sucres dans la réaction de Maillard.

#### **IV.2.4. Teneur en sucres**

##### **IV.2.4.1. Sucres totaux**

Les teneurs en sucres totaux des farines analysés sont présentées dans le Tableau VIII. Les résultats du taux de sucres totaux varient significativement à  $p < 0,05$ . Selon le taux de sucres, les farines sont classées comme suit:  $FB \geq FCNG \geq FCG$  avec des teneurs  $74,82 \pm 0,64 \%$ ;  $57,15 \pm 0,65 \%$  et  $51,82 \pm 0,54 \%$ , respectivement cela veut dire que les farines utilisées sont riches en sucres.

La farine de blé renferme un taux de 74,82% en sucres totaux cette valeur est comprise dans l'intervalle (65-75%) cité par Hemery *et al.* (2007). En outre, la différence enregistrée dans le taux des sucres totaux dans FCNG et FCG est dû au traitement de la torréfaction qui a fait diminuer le taux de sucre. Ceci peut s'expliquer par l'implication de sucres dans différentes réaction ayant eu lieu au cours de la torréfaction. Dans les travaux de Agume *et al.* (2017) sur la farine de soja, une diminution de 2,88% des sucre totaux après un traitement de torréfaction (27,8% avant et 27% après la torréfaction).

##### **IV.2.4.2. Sucres réducteurs**

Les teneurs en sucres réducteurs des différentes farines présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) (Tableau VIII). La FCNG présente la teneur la plus élevée avec un taux de  $14,92 \pm 0,05 \%$  suivie de la FCG et de la FB qui présentent la même teneur avec un taux de  $9,28 \pm 0,6 \%$  en sucres réducteurs. Ces résultats sont plus élevées à ceux rapportés par Molavi *et al.* (2015) qui est de  $3,28 \pm 0,03\%$  cette différence est dû a l'effet de la température et/ou la durée de séchage favorisant et phénomène de brunissement non enzymatique.

##### **IV.2.4.3. Sucres non réducteurs**

Les taux de sucres non réducteurs des farines analysées varient significativement à  $p < 0,05$ . Le taux le plus élevé est noté dans la FB ( $65,54 \pm 1,07 \%$ ) suivi de la FCG et la FCNG avec un taux respectifs  $42,54 \pm 0,30 \%$  et  $42,23 \pm 0,65 \%$  (Tableau VIII). De plus,

les résultats obtenus montrent que la torréfaction n'a aucun effet significatif sur le taux des sucres non réducteurs du chêne étudié.

#### **IV.2.5. Protéines**

Les taux de protéines des échantillons de farines analysées présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) dont la FB présente la teneur la plus élevée avec une valeur de  $10,78 \pm 0,17$  %, suivi de la FCNG et FCG avec des taux respectifs de  $7,98 \pm 0,09$  et  $7,67 \pm 0,06$  %. Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Belarbi (1990) et Gaussein et Rouquette (1949) sur le chêne vert qui sont de l'ordre de 5,93 % et 6,21%, respectivement. Ceci peut s'expliquer par des différences variétales, l'origine géographique et/ou les conditions climatiques. La teneur en protéine enregistré pour la farine de blé est appréciable puisqu'elle demeure dans la gamme acceptable de 10,5 à 14% qui est la valeur recommandée pour une farine à pain (Keran *et al.*, 2009).

Les résultats indiqués dans le Tableau VIII montrent que la grillade a provoqué une légère diminution du taux de protéines dans le chêne grillé due à la sensibilité des protéines au traitement thermique.

#### **IV.2.6. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE)**

Les résultats de l'indice de brunissement non enzymatique sont présentés dans le Tableau VIII. Le degré de BNE des différentes farines ont présenté des différences significatives ( $p < 0,05$ ), la FCG a présenté l'IBNE le plus élevé de  $0,452 \pm 0,011$  suivi par la FCNG et la FB avec des indices de  $0,366 \pm 0,003$  et  $0,044 \pm 0,004$ , respectivement.

Le brunissement observé dans les FCG et FCNG est dû essentiellement à la réaction du Maillard qui a eu lieu pendant le séchage et/ou durant traitement thermique en particulier pour le chêne grillé. D'après Piccino (2011), les réactions de dégradation d'origine thermique sont à l'origine de ce brunissement. La plus commune est la réaction de Maillard qui est initiée par la combinaison entre un sucre réducteur et un acide aminé. De même, l'IBNE noté dans les farines concorde avec celui trouvé par Arkoub-Djermoune *et al.* (2016), ces auteurs ont rapporté qu'après la grillade des aubergines l'indice de BNE augmente avec un pourcentage de 48.89%.

### **IV.3. Screening phytochimique**

La détermination de la présence de certaines molécules biochimiques dans la farine des glands de chêne grillé ou non et la farine de blé a donné les résultats mentionnés dans le Tableau IX.

Les résultats des tests phytochimiques des extraits des farines du chêne (non grillé et grillé) ont révélé la présence de tanins totaux, glucosides, terpénoïdes, amidon en abondance et les composés réducteurs, par contre on a détecté l'absence des Mucilages, des irridoides et de saponosides. A l'inverse, pour la FB les seuls composés dont on a détecté leur présence sont l'amidon et les glucosides. Ces résultats sont en accord avec ceux rapporté par Kumaran and Citarasu (2015); sur la présence de quelques composés phytochimiques dans le soja tels que les tanins, les terpénoïdes et les glycosides.

**Tableau IX:** Caractérisation phytochimique des extraits de farines étudiées.

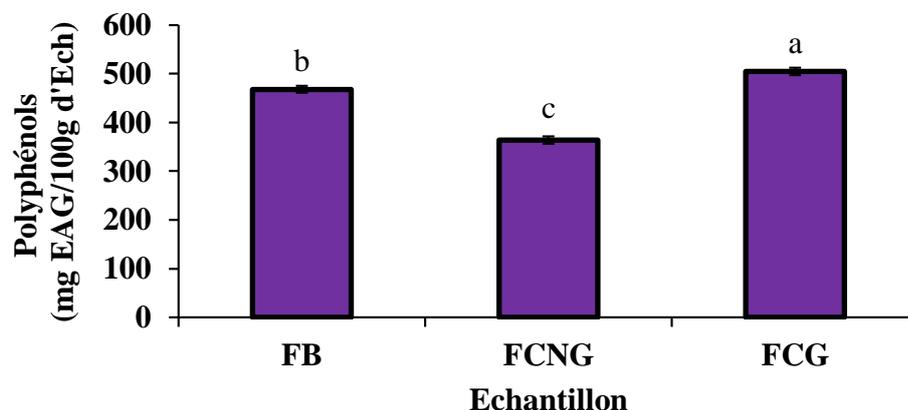
Composés/Echantillon	FB	FCNG	FCG
<b>Tanins totaux</b>	-	++	++
<b>Glucosides</b>	++	++	++
<b>Mucilages</b>	-	-	-
<b>Irridoïdes</b>	-	-	-
<b>Terpénoïdes</b>	-	++	++
<b>Saponosides</b>	-	-	-
<b>Amidon</b>	++	+++	+++
<b>Composés réducteurs</b>	-	++	++

(-): Absence; (++): Présence; (+++): Abondance.

#### IV.4. Antioxydants

##### IV.4.1. Polyphénols totaux

Les teneurs en composés phénoliques des farines analysées présentent des différences significatives à  $p < 0,05$ . La Figure 14 montre que la FCG est plus riche en polyphénols avec une teneur de  $504,35 \pm 8,30$  mg EAG/100g d'Ech, suivie par la FB et FCNG avec des teneurs de  $468,06 \pm 4,19$  mg EAG/100g d'Ech et  $363,55 \pm 7,59$  mg EAG/100g d'Ech, respectivement.



**Figure 14:** Teneurs en composés phénoliques des différentes farines.

**FB:** Farine du blé; **FCNG:** Farine du Chêne Non Grillée; **FCG:** Farine du Chêne Grillée.

Le taux de composés phénoliques dans les farines des glands de *Quercus rotundifolia* présentent des valeurs très inférieures à celles rapportées par Yizhong *et al.* (2004) qui est de l'ordre de 1253 mg EAG/100g. La variation enregistrée dans la teneur en composés phénoliques diffère selon l'origine géographique de l'échantillon, la saison de sa récolte et la variété (Ranalli *et al.* 2006; Li *et al.* 2009). De plus les solvants, les conditions d'extraction en terme de température et le nombre d'étapes d'extraction ne peuvent pas être exclus pour expliquer des différences dans les résultats obtenus Benmeziane *et al.* (2014).

La teneur en polyphénol augmente significativement ( $p < 0,05$ ) dans l'échantillon de FCG comparativement à la FCNG. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Arkoub-Djermoune *et al.* (2016), Girgin *et al.* (2015), McDougall *et al.* (2010), Sahlin *et al.* (2004) et Turkmen *et al.* (2005).

Bernhardt et Schlich (2006) et McDougall *et al.* (2010) suppose que le traitement thermique peut augmenter l'extraction et donc la biodisponibilité des composés phénoliques à cause de ramollissement et la rupture des parois cellulaires, ce qui a causé l'augmentation de la concentration de ces composés.

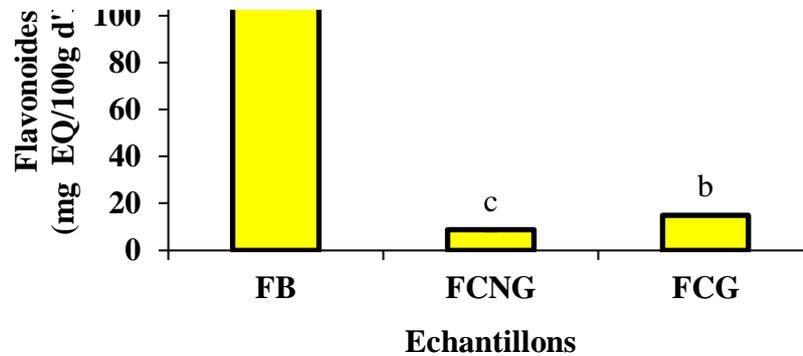
#### **IV.4.2. Flavonoïdes**

La Figure 15 montre que la FB présente la teneur la plus importante en flavonoïdes avec une valeur de  $121,43 \pm 4,90$  mg EQ/100g d'Ech suivie des farines FCG et FCNG qui ont révélé des concentrations en flavonoïdes faibles et significativement différentes qui sont respectivement  $14,92 \pm 0,11$  et  $8,69 \pm 0,51$  mg EQ/100gd'Ech.

Les taux de flavonoïdes notés pour les farines FCG et FCNG sont inférieurs à ceux enregistrés par Youkabed *et al.* (2015) qui ont noté un taux de l'ordre de 138,8 mg EC/100 g MS. En revanche, les valeurs sont inférieures à celle rapportée par Karimi *et al.* (2014). Ces différences sont probablement dues à des différences variétales, à l'origine géographique et à la méthode d'extraction et/ou à la sensibilité de la méthode de dosage.

Après torréfaction, le taux de flavonoïdes augmente significativement ( $p < 0,05$ ) dans l'échantillon de FCG. Selon Olivera *et al.* (2008), cette augmentation est liée à la

perte de l'intégrité des tissus, des membranes des cellules et des organites après traitement thermique ce qui facilite leur extraction.

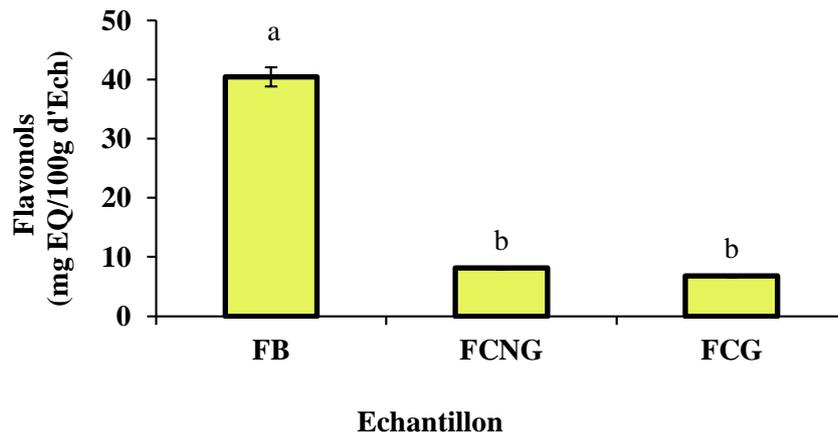


**Figure 15:** Teneurs en flavonoïdes des différentes farines.

*FB: Farine du blé; FCNG: Farine du Chêne Non Grillée; FCG: Farine du Chêne Grillée. Les résultats sont classés par ordre décroissant; a>b>c.*

#### IV.4.3. Flavonols

L'analyse statistique a révélé des différences significatives ( $p < 0,05$ ) dans la teneur en flavonols entre les différents échantillons de farines analysés (Figure 16). La teneur la plus élevée est enregistrée dans la farine de blé avec une valeur de  $40,47 \pm 1,63$  mg EQ/100 g d'Eq, suivie des FCNG et FCG avec des teneurs  $8,12 \pm 0,26$  et  $6,78 \pm 0,23$  mg EQ/100 g d'Eq, respectivement. Contrairement aux flavonoïdes, la torréfaction n'a aucun effet significatif sur la teneur en flavonols du chêne.



**Figure 16:** Teneurs en flavonols des différentes farines.

**FB:** Farine du blé; **FCNG:** Farine du Chêne Non Grillée; **FCG:** Farine du Chêne Grillée.

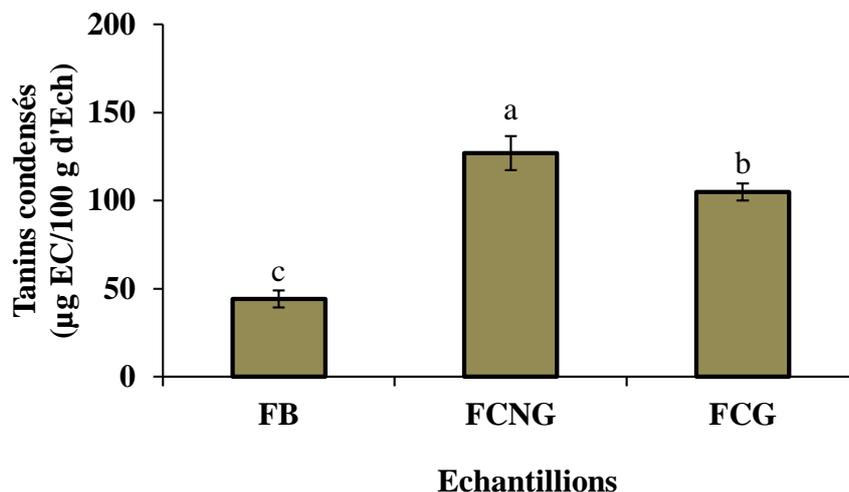
Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b$ .

#### IV.4.4. Tanins condensés

Les teneurs en tanins condensés consignées dans la Figure 17 présente des différences significatives à ( $p < 0,05$ ) entre les farines analysées. La FCNG présente le taux le plus élevée en tanin condensés qui est de de l'ordre de  $126,92 \pm 9,55 \mu\text{g EC}/100\text{g d'Ech}$  suivi la FCG avec un taux de  $104,85 \pm 4,77 \mu\text{g EC}/100\text{g d'Ech}$  ensuite la farine de blé avec le taux le plus faible comparativement à la farine du chêne qui de l'ordre de  $44,14 \pm 4,77 \mu\text{g EC}/100 \text{ g d'Ech}$ . La teneur en tanin condensés des glands dépend de l'espèce végétale et la maturation du fruit.

La torrification a un effet négatif sur la teneur en tanins condensés du chêne. Des résultats similaires ont été noté par Rakić *et al.* (2006) qui ont constaté que le séchage de *Quercus cerris* avec une augmentation de la température de  $70^\circ\text{C}$ , puis à  $200^\circ\text{C}$  pendant 15 minutes, la teneur en tanins diminue avec des taux respectifs de 11,69 à 8,55%. D'après ces auteurs, cela est lié à la nature des tanins que renferme le gland de chêne dont il s'agit de tanins hydrolysables.

Par ailleurs, El Mahi *et al.* (2016), suggèrent que la réduction du taux des tanins condensés est due au brunissement enzymatique parce qu'ils subissent une oxydation, après ils sont transformés en polymères anthocyanidoliques.



**Figure 17:** Teneurs en tanins condensés des différentes farines.

*FB: Farine du blé; FCNG: Farine du Chêne Non Grillée; FCG: Farine du Chêne Grillée.*

*Les résultats sont classés par ordre décroissant; a>b>c.*

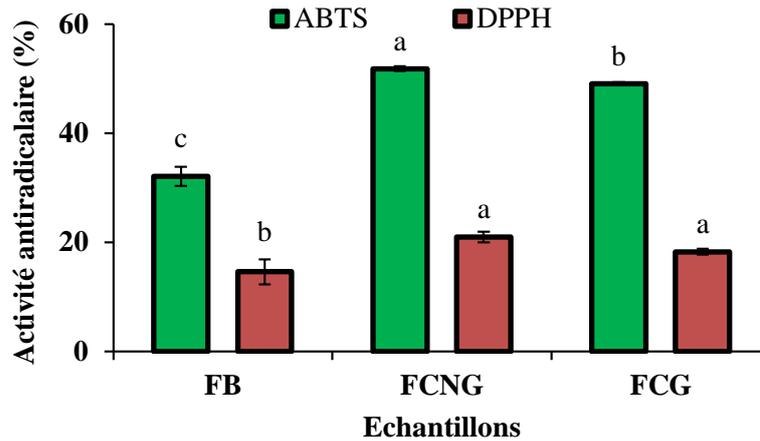
#### **IV.5. Activité antioxydante**

##### **IV.5.1. Activité antiradicalaire DPPH°**

Le DPPH° est un radical organique relativement stable qui a été largement utilisé dans la détermination de l'activité antioxydant des différents extraits de plantes (Sharififar *et al.*, 2009) .

La Figure 18, montre que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH° le plus élevé est noté dans l'extrait de FCNG. Ces valeurs sont inférieures à ceux obtenus par Cantos *et al.* (2003) sur *Quercus ilex*. Ces différences sont probablement attribuées à des différences variétales, au solvant d'extraction et/ou à la méthode de détermination et la structure des composés phénoliques présents dans les échantillons.

De plus, les résultats obtenus montrent que la torréfaction n'a aucun effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur l'activité antiradicalaire DPPH. Selon Thamer *et al.* (2018), la température du séchage peut affecter l'activité antioxydante car la plupart des composés antioxydants sont de nature phénolique. D'ailleurs, certaines interactions entre les composants devraient avoir lieu pendant le traitement thermique, telles que la dégradation de groupes hydroxyle de cycle B des flavonoïdes (Sichel *et al.*, 1991), la libération de certains composés (Jeong *et al.* 2004). D'autres études ont montré que le traitement thermique de certains légumes comme le brocoli (Zhang and Hamauzu, 2004), les légumes verts (Obob, 2005) et les épinards (Amin *et al.* 2006) s'accompagne d'une diminution de l'activité antiradicalaire.



**Figure 18:** Activité antioxydante des différents extraits de farines.

**FB:** Farine de blé; **FCNG:** Farine de Chêne Non Grillée; **FCG:** Farine de Chêne Grillée.  
Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b > c$ .

#### IV.5.2. Activité antiradicalaire ABTS<sup>o+</sup>

La Figure 16 montre que les extraits des poudres des glands (FCNG et FCG) ont donné les activités antiradicalaires les plus élevées avec des taux respectifs  $51,84 \pm 0,424 \%$  et  $49,10 \pm 0,216 \%$ . Cependant, dans l'extrait de FB on a enregistré le pourcentage d'inhibition le plus faible avec un taux de  $32,10 \pm 1,74 \%$ . En outre, la torréfaction a provoqué une diminution significative ( $p < 0,05$ ) de l'activité antiradicalaire dans FCG, Cette diminution de l'activité antiradicalaire peut être due à la diminution de la teneur en flavonoïdes dans la FCG. Inversement, les résultats rapportés par Dewanto *et al.* (2002); Huang *et al.* (2006) et Arkoub-Djermoune *et al.* (2016) sur la tomate grillée et frittée ou ils ont noté une augmentation de l'activité antiradicalaires. Cette différence peut s'expliquer par les différences existantes entre les matrices alimentaires et/ou à la température et le temps du traitement thermique.

#### IV.6. Propriétés fonctionnelles des farines et des biscuits

Ce test est réalisé pour le but de les résultats obtenus concernant les propriétés fonctionnelles des différentes farines et biscuites à la base de la farine de blé et la farine de chêne torréfiées et non torréfiées présentes dans le Tableau X.

**Tableau X:** Propriétés fonctionnelles des différentes farines et des biscuits élaborés

Propriété / Echantillon	Farine			Biscuit		
	FB	FCNG	FCG	BFB	BFCNG	BFCG
CAE (%)	$81,67 \pm 1,53^c$	$145,00 \pm 6,08^b$	$286,00 \pm 1,73^a$	$190,00 \pm 1,73^b$	$160,67 \pm 1,15^c$	$229,33 \pm 4,62^a$

<b>CAH (%)</b>	85,67 ± 2,08 <sup>b</sup>	91,67 ± 6,03 <sup>b</sup>	123,67 ± 6,43 <sup>a</sup>	97,67 ± 2,52 <sup>c</sup>	111,67 ± 9,07 <sup>b</sup>	122,00 ± 0,0a,b
<b>CALTE(%)</b>	77,00 ± 1,00 <sup>c</sup>	137,33 ± 2,31 <sup>b</sup>	261,67±4,93 <sup>a</sup>	223,00 ± 6,36 <sup>b</sup>	179,0 ± 4,24 <sup>c</sup>	235,33 ± 7,07 <sup>a</sup>
<b>CALE (%)</b>	76,00 ± 1,00 <sup>c</sup>	156,00 ± 6,93 <sup>b</sup>	297,67 ± 3,51 <sup>a</sup>	201,33 ± 17,9 <sup>b</sup>	157,67 ± 5,77 <sup>c</sup>	242,67 ± 11,55 <sup>a</sup>
<b>CG (%)</b>	21,25 ± 0,05 <sup>c</sup>	22,5 ± 0,05 <sup>a</sup>	29,5 ± 0,05 <sup>a</sup>	25,58 ± 0,08 <sup>c</sup>	26,0 ± 0,1 <sup>b</sup>	29,5 ± 0,05 <sup>a</sup>
<b>Clarté (%)</b>	0,161±0,011 <sup>b</sup>	0,329±0,011 <sup>c</sup>	0,109±0,007 <sup>a</sup>	/	/	/

*Les résultats sont classés par ordre décroissant; a>b>c.*

**FB:** Farine du blé; **FCNG:** Farine du Chêne Non Grillé; **FCG:** Farine du Chêne Grillée.

**BFB:** Biscuit à Farine du blé; **BFCNG:** Biscuit à Farine du Chêne Non Grillé; **BFCG:** Biscuit à Farine du Chêne Grillée.

**CAE:** Capacité d'Absorption d'Eau; **CAH:** Capacité d'Absorption d'Huile; **CALTE:** Capacité d'Absorption du Lait Totalement Ecrémé; **CALE:** Capacité d'Absorption de Lait Entier; **CG:** Capacité de Gonflement.

#### **IV.6.1. Capacité d'adsorption en eau (CAE)**

La capacité d'absorption d'eau CAE de la farine présente une influence sur les propriétés fonctionnelles et sensorielles des aliments préparés. Des CAE élevés des farines composites et suggérées utiles pour les produits de boulangerie et les produits cuits au four sert à améliorer la pâte, prévenir le rassissement et réduire le taux d'humidité (Okpala *et al.*, 2013).

Le Tableau X montre que la FCG présente une CAE très importante avec un taux (286,00%) par rapport à la FCNG qui a présenté une capacité de (145,00%) suivie de la FB avec une capacité très inférieure de l'ordre de 81.61%, ce qui veut dire que la FCG a une affinité plus élevée pour l'eau. La même tendance a été notée dans le BFCG avec un taux plus élevé de 229,33 % suivie du BFB et BFCNG avec des taux de 190 % et 160,67%, respectivement; ce qui confirme que la FCG a plus d'affinité pour l'eau. Shafi *et al.* (2016) ont montré que la CAE de la poudre de la châtaigne est de l'ordre de 102.8, qui est largement inférieur à celle trouvée dans la présente étude. On conclut que la FCG et BFCG sont plus hydrophiles que la FB.

Après la grillade, la CAE a significativement augmenté ( $p < 0,05$ ) ceci est expliqué par Kadan *et al.* (2003) dans leur étude de sur la farine du riz qui a montré que la CAE augmente avec l'augmentation de la température. Selon ces auteurs, cela peut s'expliquer par l'association de la CAE à la solubilité et à la lixiviation de l'amylose ainsi qu'à la perte de la structure cristalline de l'amidon qui est engendrée par des traitements thermiques tels que la grillade, ce qui explique les résultats trouvés dans l'étude présente.

#### **IV.6.2. Capacité d'adsorption d'huile (CAH)**

La capacité d'absorption d'huile (CAH) est la capacité de la farine à absorber l'huile, ce qui est important car l'huile agit comme un arôme retenu et améliore la sensation dans la bouche (David *et al.* 2015).

Le Tableau X montre que la CAH est plus élevée dans la FCG avec un taux de 123,67% suivie de la FCNG et FB avec des taux plus au moins importants 91,67 % et 85,67%, respectivement, Ces résultats sont inférieurs à ceux trouvés par (Shafi *et al.*, 2016) pour la CAH de la farine de blé qui était de 140 %.

La CAH des biscuits élaborés varie avec les mêmes allures que les farines étudiées où nous avons obtenu une CAH plus importante dans la BFCG avec un taux de 122 % comparativement au BFCNG et BFB avec des taux respectifs de 111,67 % et 97,67 %. Selon Sangnark and Noomhorm (2004), les changements dans les propriétés de rétention d'huile pouvaient être attribués à la modification de la structure physique d'un produit, de là on peut conclure que la présence des chaînes latérales non polaires dans les farines, qui se lient aux chaînes latérales de carbone de l'huile, est l'une des raisons des différentes capacités de rétention d'huile des farines (Adebowale *et al.*, 2002).

#### **IV.6.3. Capacité d'absorption de lait entier « CALE » et de lait totalement écrémé « CALTE »**

D'après le Tableau X nous constatons que la FCG a la CALE et CALTE la plus élevée (297,67 %; 261,67 %) que la FCNG (156 % ; 137,33 %) suivi de la FB avec un taux faible qui est de (76 % ; 77 %). La torréfaction a augmenté significativement les CALE et CALTE de la farine du chêne. En effet, la CALE et CALTE des biscuits (BFCG et BFB) varient avec la même allure que les farines (FCG et FB) ou on a observé des CALE et CALTE très importantes dans BFCG respectives de 242,67 % et 235,33% ; puis BFB avec des taux respectifs de l'ordre de 201,33 % et 223 %. Cependant, le BFCNG a une CALTE plus élevée que la CALE avec des taux de 179 % et 157,67%, respectivement.

Becker *et al.* (2014) ont montré que l'indice d'absorption du lait a augmenté de 6,26 fois après l'extrusion de la farine de riz et qu'en comparant l'indice d'absorption du lait avec celui d'absorption de l'eau, il y a eu une augmentation des valeurs, indiquant qu'il y avait une plus grande absorption du lait (98 %) dans la farine extrudée par rapport à la farine native dans les trois génotypes de riz étudiés. Aucune étude sur la capacité de l'absorption du lait ne se trouve dans la littérature sur la farine de glands de chêne.

#### **IV.6.4. Capacité de gonflement « CG »**

Les résultats obtenus sur CG montrent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les différentes farines étudiées (Tableau X). La FCG présente la CG la plus élevée avec un pourcentage de 29,5 %, suivie des FCNG et FB avec des taux respectifs de 22,5 % et

21,25 %. Oppong *et al.* (2015) ont trouvé une valeur inférieure à celle trouvée dans la présente étude pour la farine de blé (7,50 %). En outre, Correia et Beirao-da-Costa (2011) ont rapporté que la poudre des glands de chêne (*Quercus rotundifolia*) et de chêne (*Quercus suber*) a un indice de gonflement de 10,2% et 10,4%, respectivement très inférieur à ceux trouvés dans notre échantillon. Ceci permet de conclure que la grillade a amélioré la CG.

D'une façon similaire aux farines, le biscuit élaboré à base de FCG présente une CG plus importante (29,5%) que les biscuits élaborés à base de FCNG et FB avec des taux respectifs de 25,58 % et 26%, ce qui confirme que les résultats trouvés pour la farine la FCG qui a la capacité de gonflement la plus importante.

Invesement, Romero and Zhang (2019) ont noté une CG dans la farine de blé de 9.6 % qui est inférieure à celle trouvée dans la présente étude. Selon Balagopaln *et al.* (2010), les liaisons à l'intérieur des granules se relâchent en raison de l'augmentation de la température ce qui fait que les granules assimilent l'eau et gonflent. En outre, la CG des farines dépend de la taille des particules, des variétés et des types de méthodes de traitement ou d'opérations unitaires explique que la différence de valeurs de CG est due à la différence des forces de liaison au sein des granules de la farine. La CG des farines dépend de la taille des particules, des variétés et des types de méthodes de traitement (Chandra *et al.*, 2015).

#### **IV.6.5. Clarté des farines**

La finesse de la pâte est une caractéristique très recherchée de la farine utilisée comme épaississant dans les denrées alimentaires de l'industrie agroalimentaire car elle affecte directement la brillance et l'opacité des aliments (Mweta *et al.*, 2008). Les résultats illustrés dans le Tableau X montrent une diminution significative ( $p < 0,05$ ) des taux de transmittance des farines. La FCNG marque le taux de transmittance le plus élevé avec une valeur de 0,329 % suivi des FB et FCG avec des taux respectifs de 0,161 % et 0,109 % respectivement; ce qui mène à conclure que la clarté de FCG est plus élevée que celle de la FB et FCNG vu qu'elle présente le pourcentage de transmittance le plus faible, donc une bonne clarté. La dispersion facile d'amidon à faible teneur en amylose influence sur l'augmentation de la transmittance et sur la clarté (Ghasemzadeh and Ghavidel, 2011). En conclusion, la dextrinisation de l'amidon intervenant en cours de la torréfaction serait responsable d'une diminution de la viscosité et l'augmentation de la clarté.

#### IV.7. Analyses des biscuits élaborés

##### IV.7.1. Caractéristiques physiques des biscuits

Les résultats de diverses dimensions physiques des biscuits élaborées sont présentés dans le Tableau XI.

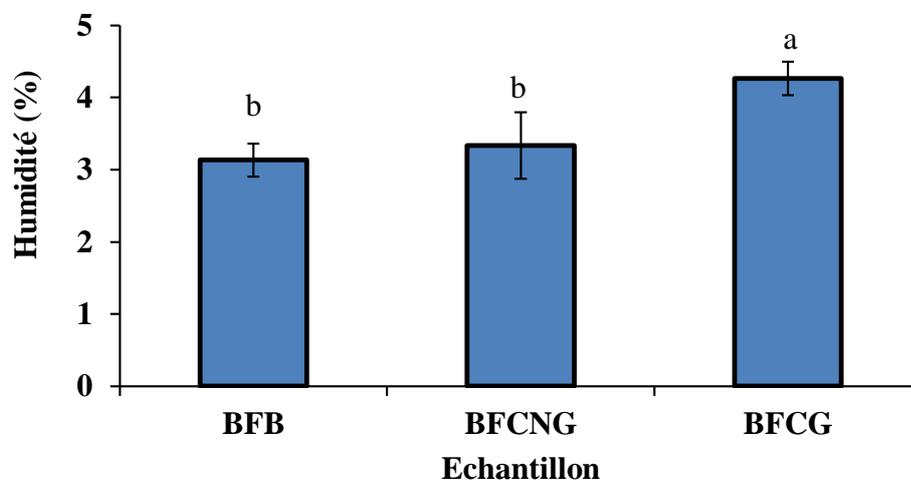
**Tableau XI:** Caractéristiques physiques des biscuits étudiés.

Paramètre	BFB	BFCNG	BFCG
Couleur	Jaune	Marron foncé	Marron
Diamètre	4,04 ± 0,13 <sup>a</sup>	3,76 ± 0,11 <sup>b</sup>	3,56 ± 0,05 <sup>c</sup>
Epaisseur	0,50 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,34 ± 0,05 <sup>b</sup>
Poids	6,20 ± 0,44 <sup>b</sup>	6,00 ± 0,70 <sup>b</sup>	5,20 ± 0,44 <sup>b</sup>

**BFB:** Farine du blé; **BFCNG:** Farine du Chêne Non Grillée; **BFCG:** Farine du Chêne Grillée. Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b$ .

##### IV.7.2. Humidité des biscuits

La Figure 19 montre que le biscuit élaboré à base de FCG présente le taux d'humidité le plus élevé avec une valeur moyenne de  $4,27 \pm 0,23$  % suivie des BFCNG et BFB sans aucune différence significative à  $p < 0,05$  avec des teneurs respectives de  $3,33 \pm 0,46$  % et  $3,13 \pm 0,23$  %. L'augmentation de la teneur en humidité peut être due à la diminution de la teneur en protéines dans le BFCG. Selon Saadoudi (2019), il y'a une corrélation entre la diminution de la teneur en eau des produits de boulangerie et la diminution de sa teneur en protéines.



**Figure 19:** Taux d'humidité des biscuits élaborés.

**BFB:** Farine du blé; **BFCNG:** Farine du Chêne Non Grillée; **BFCG:** Farine du Chêne Grillée. Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b$ .

**IV.7.3. Qualité microbiologique des biscuits**

La surveillance microbiologique est nécessaire pour apprécier la qualité microbiologique d'un produit alimentaire afin de protéger la santé du consommateur. D'après les résultats d'analyses microbiologiques obtenus des biscuits élaborés (Tableau XII), nous concluons que les biscuits préparés sont conformes aux normes recommandés par JORA N°39 du juillet 2017 vue l'absence totale des germes pathogènes: *Escherichia-coli*, *Staphylococcus Aureus* et *Salmonella*. Cela est dû à une bonne pratique d'hygiène (matériels utilisées, des locaux et du personnel) sans oublié également l'efficacité du traitement thermique, qui élimine les formes sporulés.

Bien que la richesse des biscuits en sucres présente un facteur qui favorise le développement des levures et moisissures, une absence totale de ces dernières a été enregistrée, cela est dû à la température élevée de cuisson. Les résultats obtenus sont favorisés par une bonne conservation des échantillons ce qui a permet l'obtention d'un produit alimentaire sain caractérisé par une charge microbienne réduite. Cela indique que les biscuits élaborés sont de bonne qualité microbiologique.

**Tableau XII:** Résultats d'analyses microbiologiques des biscuits.

		<b>Durée (jours)</b>			
<b>Germes recherchés</b>	<b>Biscuit</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>	<b>3 à 5 jours</b>
<b>Germes totaux</b>	<b>BFB</b> <b>BFCNG</b> <b>BFCG</b>	Abs	Abs	/	/
<b>Coliformes fécaux</b>	<b>BFB</b> <b>BFCNG</b> <b>BFCG</b>	Abs	Abs	/	/
<i>Staphylococcus aureus</i>	<b>BFB</b> <b>BFCNG</b> <b>BFCG</b>	Abs	/	/	/
<b>Salmonelles</b>	<b>BFB</b> <b>BFCNG</b> <b>BFCG</b>	Abs	Abs	Abs	/
<b>Levures et moisissures</b>	<b>BFB</b> <b>BFCNG</b> <b>BFCG</b>	Abs	Abs	Abs	Abs

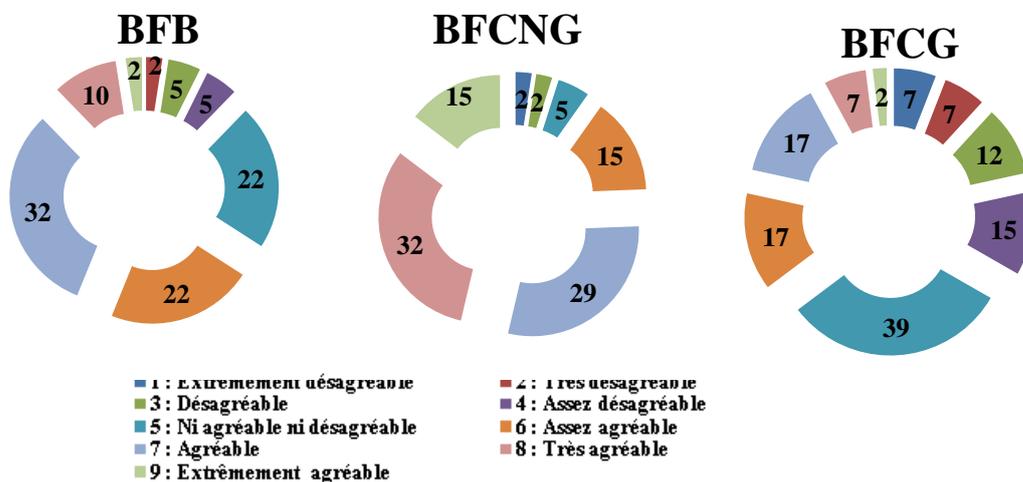
**BFB:** Farine du blé; **BFCNG:** Farine du Chêne Non Grillée; **BFCG:** Farine du Chêne Grillée.

#### IV.7.4. Qualité sensorielle des biscuits

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale des biscuits. Le panel de dégustation est constitué de 47 sujets (femmes et Homme âgés de 23 à 50 ans) entre enseignants et étudiants d'université de Bejaia, invités selon leur motivation, intérêt et disponibilité pour participer au test de dégustation.

##### IV.7.4.1. Préférence globale

La Figure 20 montre le pourcentage de préférence pour chaque biscuit, nous constatons que tous les biscuits élaborés sont plus au moins appréciés par les dégustateurs et le BFCNG qui est le plus apprécié avec un taux de 32% correspondant au caractère « Très agréable » et un taux d'appréciation considérable de 29 % pour la mention « agréable » comparativement aux BFCG et BFB qui sont moyennement appréciés avec la caractéristique « ni Agréable ni désagréable » et des taux respectifs de 39 % et 22%.



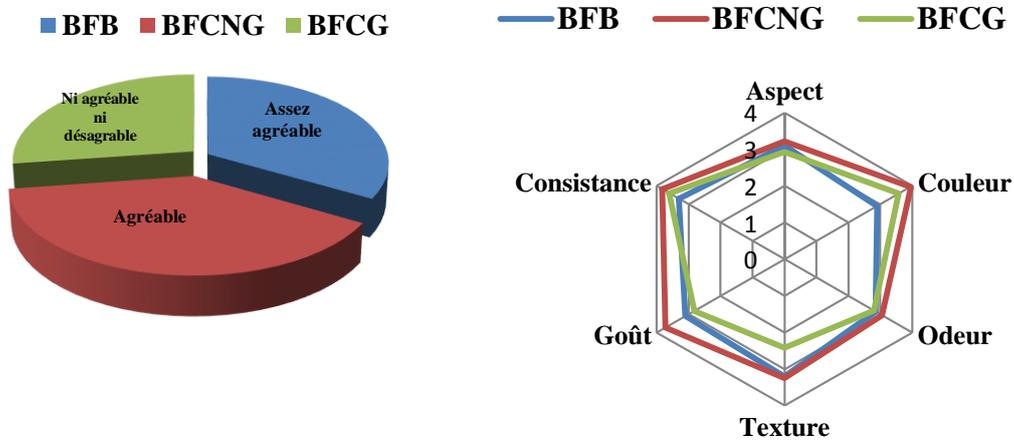
**Figure 20:** Préférence globale des biscuits élaborés.

**BFB:** Farine du blé; **BFCNG:** Farine du Chêne Non Grillée; **BFCG:** Farine du Chêne Grillée.

##### IV.7.4.2. Caractéristiques du produit

D'après la Figure 21 les caractéristiques prédominantes du BFCNG est agréable possédant un aspect lisse, une couleur foncée, une odeur et une texture moyenne, un goût fort et consistance, suivi du BFCG avec un caractère ni agréable ni désagréable caractérisé par un aspect lisse, une couleur foncée, une odeur et une texture moyenne, un goût moyen

et une consistance moyenne. Enfin le BFB, il est assez agréable caractérisé par un aspect lisse, une couleur peu foncée, une odeur, une texture, un goût moyen et une consistance peu légère. De plus, les présentent des caractéristiques semblable sauf qu'une différence très remarquable dans la texture a été noté entre le BFCNG et le BFCG qui est plus dure que le BFCNG.



**Figure 21:** Caractérisation sensorielle des biscuits élaborés.

*Conclusion*

Ce travail a pour but de valoriser le fruit inexploité à l'alimentation humaine, qui est le gland de chêne vert (*Quercus ilex subsp. Rotundifolia Lam*). A travers cette étude, nous avons tenté d'apporter une contribution modeste en examinant l'effet de la grillade sur les propriétés physico-chimiques (pH, humidité, acidité, protéines, sucres totaux, sucres réducteurs, Brix, BNE), sur la teneur en principaux antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols et les tanins condensés), sur l'activité antioxydante (DPPH° et ABTS°) et les propriétés fonctionnelles. Ces farines ont été utilisées comme ingrédient remplaçant la farine de blé utilisées dans la préparation des biscuits. Les biscuits obtenus ont été étudiés quant à leurs caractéristiques physiques, les taux d'humidité, les propriétés fonctionnelles et leurs qualités microbiologiques et organoleptiques on utilisant un biscuit à base de farine de blé comme témoin.

Les résultats obtenus ont montré des variations significatives ( $p < 0,05$ ) des propriétés physico-chimiques entre les trois farines analysées, les teneurs en polyphénols totaux et tanins condensés sont important dans le trois extraits éthanoliques, tandis les teneurs flavonoïdes, flavonols de la FB est plus élevé avec des taux respectifs 121,43 mg EQ/100g d'Ech et 40,48 mg EQ/100g d'Ech par rapport a la poudre de chêne ( grille et non grillé) avec des teneurs 14,92 mg EQ/100g d'Ech et 8,691mgEQ/100g d'Ech, respectivement. En outre, nous avons observé que le taux de polyphénols le plus élevé est noté dans l'extrait de FCG (504.354mg EAQ/100g d'Ech) suivie le 'extrait de FCNG (468,06 mg EAQ/100gd'Ech) et FB (363,55 mg EAQ/100 g d'Ech). Quant aux tannins, l'extrait de FB est plus riche en tanins (126,233 µg EC/100 g d'Ech) comparativement aux extraits de FCG (104.850µg EC/100g d'Ech) et l'extrait de la FCNG (44.150µg EC/100gd'Ech). En outre, l'activité antiradicalaire (DPPH° et ABTS<sup>+</sup>) la plus élevée est enregistrée dans les extrait de farine du chêne (non torréfié et torréfié) par rapport à l'extrait de FB.

Les résultats obtenus montrent que la farine de glands, qu'elle soient grillée ou non, est une bonne source de molécules bioactives, notant que la torréfaction a un effet tantôt positif ( augmentation des polyphénols totaux et flavonoïdes) et tantôt négatif (diminution en flavonoles et tannins condensées ) tout en diminuant l'activité antiradicalaire ABTS<sup>+</sup> et sans aucun effet significatif sur l'activité antiradicalaire DPPH°. En revanche, la torréfaction avait des effets divers sur les propriétés fonctionnelles des farines et biscuits étudiées. Les résultats obtenus ont montré que la FCG et le BFCG analysés

présentent les CAE, CAH, CALTE, CALE et CG les plus élevées par rapport aux autres farines (FB, FCNG) et biscuits (BFB, BFCNG).

L'analyse microbiologique a révélé que les biscuits analysés présentent une qualité microbiologique satisfaisante. En outre, l'évaluation de la qualité sensorielle des biscuits élaborés par les consommateurs naïfs (41 personnes) ainsi que pour des jurys experts (5 personnes), a montré l'acceptabilité et l'appréciation des dégustateurs des biscuits préparés avec une préférence particulière pour le BFCNG; ce qui prouve que la farine de gland pourrait devenir une bonne alternative à la farine de blé.

Afin de compléter ce travail, il serait toujours souhaitable de poursuivre les travaux pour plus de résultats pertinents, en ce sens :

- Elargir l'étude de l'effet de la torréfaction sur la qualité nutritionnelle (minéraux, vitamines et fibres) de la farine des glands du chêne;
- Formulation d'autres biscuits à base de farines composites afin d'optimiser le meilleur taux d'incorporation de la farine de gland de chêne;
- Utiliser des techniques plus performantes (HPLC et l'UPLC) afin d'identifier les substances bioactives de la farine de glands;
- Faire d'autres recherches plus approfondies dans le but d'innover et standardiser un nouveau produit et le mettre sur le marché.

*Références  
bibliographiques*

- AFNOR. 1974. Recueil des Normes Françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits. Ed: AFNOR. pp 1-322.
- AFNOR, 1982. Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. *AFNOR 325*
- Afraitane K, 1990.** Contribution à l'étude biochimique du fruit du chêne liège (*Quercus-suber.L*) de la surbie de la MAMORA. Thèse de Doctorat 3eme cycle ENS Rabat Maroc. 125 p. 75-80.
- AGUME, A.S.N., NJINTANG, N.Y. and MBOFUNG, C.M.F. 2017. Effect of soaking and roasting on the physicochemical and pasting properties of soybean flour. *Foods* **6**, 12.
- AIT AMEUR, L. 2006. Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard: intérêt de la fluorescence frontale. In, PhD thesis, Inst. Natl. Agronomique Paris Grignon, France.
- Ait Saada D., 1997. Essai nutritionnels des farines de gland en alimentation du poulet de chair.
- AIT SAADA, D., AIT CHABANE, O., SELSELET-ATTOU, G., BOUDEROUA, K. and KEDDAM, R. 2017. Essais nutritionnels de la farine des glands en alimentation du poulet de chair (Caractéristiques organoleptiques-biochimiques-digestives et diététiques). *Salon National de l'Investissement dans le Domaine des Forêts-Parc National de Tlemcen 24 et 25 Décembre 2017*. <http://ebiblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/724>.
- Amat J. P., Dorize L., Le coeur C., 2008. Eléments de géographie physique. Cours, documents, travaux dirigés. Ed. Bréal, France. Pp 1-463.
- ARKOUB-DJERMOUNE, L., BOULEKBACHE-MAKHLouF, L., ZEGHICHI-HAMRI, S., BELLILI, S., BOUKHALFA, F. and MADANI, K. 2016. Influence of the thermal processing on the physico-chemical properties and the antioxidant activity of a solanaceae vegetable: eggplant. *Journal of Food Quality* **39**, 181-191.
- ARMAND, B. and GERMAIN, M. 1992. Le Blé: éléments fondamentaux et transformation. *Presses Université Laval*, 9-188.

- AVALLONE, R., PLESSI, M., BARALDI, M. and MONZANI, A. 1997. Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of food composition and analysis* **10**, 166-172.
- BARBERO, M. and LOISEL, R. 1980. Le chêne vert en région méditerranéenne. *Revue forestière française* **32**, 531-543.
- BARBERO, M., LOISEL, R. and QUÉZEL, P. 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio* **99**, 19-34.
- BAUMGRAS, P. 1944. Experimental feeding of captive fox squirrels. *The Journal of Wildlife Management* **8**, 296-300.
- BEAUX, M.-F. 2001. Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux.
- Becker M., Picard J -F., Timbale J. (1982). Larousse des arbres, arbustes et arbrisseaux de l'Europe méditerranéenne. Paris : Larousse, p137.
- BECKER, F.S., EIFERT, E.D.C., SOARES JUNIOR, M.S., TAVARES, J.-A.S. and CARVALHO, A.V. 2014. Physical and functional evaluation of extruded flours obtained from different rice genotypes. *Ciência e Agrotecnologia* **38**, 367-374.
- Belarbi M., 1990. Contribution à l'étude des composés chimiques des glands des différentes espèces. Mémoire de Magistère en biologie. Université de Tlemcen. P187.
- BELAROUSSI, M. 1991. Intelligent real-time microcontroller of pulsewidth modulation controlled three-phase induction motors. In, Robert Gordon's Institute of Technology.
- Benguettaf Radhia, Benaouda S, 2012. Caractérisation du gland de chêne vert (*Quercus ilex*), et essais d'incorporation dans l'aliment de volaille, en vue de l'amélioration de la valeur nutritionnelle de l'œuf., Thèse de Doctorat Université de Boumerdes. p54-66.
- BENIA, F. 2018. Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. In.
- BENMEZIANE, F., DJAMAI, R., CADOT, Y. and SERIDI, R. 2014. Optimization of extraction parameters of phenolic compounds from Algerian fresh table grapes, (*Vitis Vinifera*). *International Food Research Journal* **21**.
- BERRICHI, M. 2011. Détermination des aptitudes technologiques du bois de *Quercus rotundifolia* Lamk et possibilités de valorisation. In, Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid.

- BOLESZAW, S., CLAUDINE, M. and MARC, B. 1994. Graines des feuillus forestiers: de la récolte au semis. *INRA. Paris. 250p.*
- BOUDEROUA, K. 1995. Caractéristiques biochimiques et aptitudes nutritionnelles des farines de glands de chêne vert et du chêne liège en alimentation du poulet de chair. *Mémoire de magister en sciences agronomiques, Institut National Agronomique (INA), EL-Harrach. Alger 107.*
- Boudy P., 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord, Ed : librairie agricole, horticole, forestière et ménagères, Paris, 505p.
- CAMUS, A. 1936. Quelques Fagacées nouvelles de l'Inde et de l'Indo-Chine. *Bulletin de la Société Botanique de France* **83**, 343-345.
- CANTOS, E., ESPÍN, J.C., LÓPEZ-BOTE, C., DE LA HOZ, L., ORDÓÑEZ, J.A. and TOMÁS-BARBERÁN, F.A. 2003. Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus* spp.), the main dietary constituent of free-ranged Iberian pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 6248-6255.
- Caudullo, G., Welk, E. et San-Miguel-Ayanz, J. 2017. *Chorological maps for the main European woody species*. Data in Brief 12. 662-666. Doi: 10.1016/j.dib.2017.05.007
- CHANDRA, S., SINGH, S. and KUMARI, D. 2015. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of food science and technology* **52**, 3681-3688.
- CNRS (Centre National de Recherche Scientifique). 1975. La flore du bassin d'Afrique du Nord. *vol. I Monocotyledonae*
- CORREIA, P. and BEIRÃO-DA-COSTA, M.L. 2011. Effect of drying temperatures on starch-related functional and thermal properties of acorn flours. *Journal of food science* **76**, E196-E202.
- CRAIG, J. and BABALUK, J. 1989. Relationship of condition of walleye (*Stizostedion vitreum*) and northern pike (*Esox lucius*) to water clarity, with special reference to Dauphin Lake, Manitoba. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **46**, 1581-1586.
- DAVOODI, M.G., VIJAYANAND, P., KULKARNI, S. and RAMANA, K. 2007. Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and

- storage stability of tomato powder. *LWT-Food Science and Technology* **40**, 1832-1840.
- DEWANTO, V., WU, X., ADOM, K.K. and LIU, R.H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**, 3010-3014.
- DIOMANDE, M., KOKO, A., KOUAME, K., BEUGRE, G. and BOHOUA, L. 2017. Evaluation des propriétés fonctionnelles et activité antioxydante d'amandes de mangue produites en Côte d'Ivoire. *International Journal of Advancements in Research & Technology* **6**, 6-29.
- DJERIDANE, A., YOUSFI, M., NADJEMI, B., BOUTASSOUNA, D., STOCKER, P. and VIDAL, N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry* **97**, 654-660.
- DOUKANI, K. 2015. Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. *Nature & Technology*, 2.
- DOUKANI, K. and TABAK, S. 2015. Profil Physicochimique du fruit "Lendj"(Arbutus unedo L.). *Nature & Technology*, 51.
- DOYMAZ, I., GOREL, O. and AKGUN, N. 2004. Drying characteristics of the solid by-product of olive oil extraction. *Biosystems Engineering* **88**, 213-219.
- DUNHAM, S.B. 2009. Nuts about acorns: A pilot study on acorn use in Woodland period subsistence in the eastern Upper Peninsula of Michigan. *The Wisconsin Archeologist* **90**, 2.
- EL MAHI, F.Z. 2016. Contribution à l'étude des métabolites nutritionnels et fonctionnels des glands de différentes espèces de chênes de la région de Tessala (Algérie). Mise au point de techniques de détoxification hydrothermique.
- FEILLET, P. 2000. *Le grain de blé: composition et utilisation*. Editions Quae.
- FERNALD, M.L., KINSEY, A.C. and ROLLINS, R.C. 1996. *Edible wild plants of eastern North America*. Courier Corporation.
- Foudihl M., 1990. Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle du gland. Possibilité de son incorporation dans l'alimentation animale. Mémoire d'ingénieur agronome I.N.E.S de biologie Tizi-Ouzou. P 98.
- François L., Phylippe L, 1999. L'œuf et les ovo produits. Technique de l'ingénieur.

- FUSTIER, P. 2006. Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, decoupage et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits.
- GHASEMZADEH, R. and GHAVIDEL, R.A. 2011. Processing and assessment of quality characteristic of cereals-legumes composite weaning foods. In *2011 International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics. IPCBEE IACSIT Press, Singapore, Vol 5* pp. 1-3.
- HEMERY, Y., ROUAU, X., LULLIEN-PELLERIN, V., BARRON, C. and ABECASSIS, J. 2007. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science* **46**, 327-347.
- JEONG, C.-H., HOPKE, P.K., KIM, E. and LEE, D.-W. 2004. The comparison between thermal-optical transmittance elemental carbon and Aethalometer black carbon measured at multiple monitoring sites. *Atmospheric Environment* **38**, 5193-5204.
- KABORÉ, N. 2012. Optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chair orange. *Mémoire de licence professionnel en agroalimentaire, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso*.
- KADAN, R., BRYANT, R. and PEPPERMAN, A. 2003. Functional properties of extruded rice flours. *Journal of food science* **68**, 1669-1672.
- KAYSI, Y. and MELCION, J. 1992. Traitements technologiques des protéagineux pour le monogastrique: exemples d'application à la graine de féverole. *INRA Productions animales* **5**, 3-17.
- Kekos D, et Koukios E.G. 1985. Acidshydrolysats of acronpolyssacharids as substrats for Candida utilis "Growth". biotechnology letters. Volume VII n°05, p345-348. ATHENS, Greece.
- Kekor D., Kaukios B., 1985. Acid hydrolysate of acorn polysacharid as substance of Canada utilis growth, Biotechnology Letters. Athens. Vol 9. P345-348.
- KERAN, H., SALKIĆ, M., ODOBAŠIĆ, A., JAŠIĆ, M., AHMETOVIĆ, N. and ŠESTAN, I. 2009. The importance of determination of some physical–chemical properties of wheat and flour. *Agriculturae Conspectus Scientificus* **74**, 197-200.
- Kheddam R, 2005. Acceptabilité et digestibilité des glands de chêne vert et chêne liège. Thèse de Magistère en science agronomique I.N.A Alger.

- KIGER, J.L. and KIGER, J.-G. 1968. *Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime: par JL Kiger... JG Kiger*. Dunod.
- KIM, D.-O., JEONG, S.W. and LEE, C.Y. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry* **81**, 321-326.
- UMARAN, T. and CITARASU, T. 2015. Phytochemical screening, bioautography and antibacterial evaluation of the methanolic extract of Glycine max (Soybean). *screening* **9**, 10-16.
- LARBIER, M. and LECLERCQ, B. 1992. Nutrition et alimentation des volailles. *Nutrition et alimentation des volailles*, 1-358.
- LERAILLEZ, P. 1952. conservation industrielle des fruits.
- LI, X., XING, Y., JIANG, Y., DING, Y. and LI, W. 2009. Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC film to inactivate food pathogens. *International journal of food science & technology* **44**, 2161-2168.
- LIM, H.-B. and KIM, D.-H. 2018. Effects of roasting conditions on physicochemical properties and antioxidant activities in Ginkgo biloba seeds. *Food science and biotechnology* **27**, 1057-1066.
- MAACHE-REZZOUG ET AL. 1998. Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering* **35**, 23-42.
- MASMOUDI, M., BESBES, S., BOUAZIZ, M.A., KHLIFI, M., YAHYAOU, D. and ATTIA, H. 2020. Optimization of acorn (*Quercus suber* L.) muffin formulations: Effect of using hydrocolloids by a mixture design approach. *Food Chemistry* **328**, 127082.
- MESÍAS, M. and MORALES, F.J. 2017. Effect of different flours on the formation of hydroxymethylfurfural, furfural, and dicarbonyl compounds in heated glucose/flour systems. *Foods* **6**, 14.
- Mezali H, 1985. Quotidien national horizon in plaidoyer pour Tazrout. Deuxième partie. 10 Aout 1985. P9
- MOLAVI, H., KERAMAT, J. and RAISEE, B. 2015. Evaluation of the cake quality made from acorn-wheat flour blends as a functional food.
- MOLINA-GARCÍA, L., MARTÍNEZ-EXPÓSITO, R., FERNÁNDEZ-DE CÓRDOVA, M. and LLORENT-MARTÍNEZ, E. 2018. Determination of the phenolic profile

- and antioxidant activity of leaves and fruits of Spanish *Quercus coccifera*. *Journal of Chemistry* **2018**.
- MOLYNEUX, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol* **26**, 211-219.
- MULTON, J.-L. 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés; céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux, v. 1-2.
- NATIVIDADE, J. 1956. Subériculture, édition française de l'ouvrage portugais. *Subericultura. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy, France*.
- OBOH, G. 2005. Effect of blanching on the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables. *LWT-Food Science and Technology* **38**, 513-517.
- OKPALA, L., OKOLI, E. and UDENSI, E. 2013. Physico-chemical and sensory properties of cookies made from blends of germinated pigeon pea, fermented sorghum, and cocoyam flours. *Food science & nutrition* **1**, 8-14.
- OLIVERA, F., GOODMAN, P.S. and TAN, S.S.-L. 2008. Contribution behaviors in distributed environments. *Mis Quarterly*, 23-42.
- OPPONG, E. and CATO, A.C. 2015. Effects of glucocorticoids in the immune system. *Glucocorticoid signaling*, 217-233.
- PICCINO, S. 2011. Rôle des constituants chimiques du café vert, du terroir et des traitements post-récolte sur la qualité aromatique du Bourbon Pointu. In, Université de la Réunion.
- Rakić S., Povrenovic D., Tes E., M. Simić., R. Maletic. 2005. Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering* 74 (2006) 416– 423.
- RAKIĆ, S., POVRENOVIĆ, D., TEŠEVIĆ, V., SIMIĆ, M. and MALETIĆ, R. 2006. Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering* **74**, 416-423.
- Rameau J. C., Mansion D., Dume G., Gauberville C., Bardat., Bruno E., Keller R. 2008. Flore forestière française : Guide écologique illustré. Ed. Institut pour ledéveloppement forestier, Paris. pp 1- 2432.
- Rameau J. C., Mansion D., Dume G., Timbal J., Lecointe A., Dupont P., Keller R. 1989. Flore forestière française : Guide écologique illustré. Ed. Institut pour ledéveloppement forestier, Paris. pp 1-1792

- RASHID, R.M.S., SABIR, D.A. and HAWRAMEE, O.K. 2014. Effect of sweet acorn flour of common oak (*Quercus aegilops* L.) on locally Iraqi pastry (kulicha) products. *J Zankoy Sulaimani* **16**, 244-249.
- RANALLI, A., CONTENTO, S., LUCERA, L., DI FEBBO, M., MARCHEGIANI, D. and DI FONZO, V. 2006. Factors affecting the contents of iridoid oleuropein in olive leaves (*Olea europaea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**, 434-440.
- ROMERO, H.M. and ZHANG, Y. 2019. Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten-free pasta formulation. *Journal of Agriculture and Food Research* **1**, 100001.
- SAADOUDI, M. 2019. Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits alimentaires à base du fruit de *Zizyphus lotus* L. In, UB1.
- SÁNCHEZ-MORENO, C., LARRAURI, J.A. and SAURA-CALIXTO, F. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **76**, 270-276.
- SANGNARK, A. and NOOMHORM, A. 2004. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. *Food research international* **37**, 66-74.
- SCHLICH, P., DEGLAIRE, A., CORDELLE, S., URBANO, C., BIGUZZI, C. and MARTIN, C. 2010. Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité. *Innovations Agronomiques* **10**, 95-114.
- SHAFI, M., BABA, W.N., MASOODI, F.A. and BAZAZ, R. 2016. Wheat-water chestnut flour blends: effect of baking on antioxidant properties of cookies. *Journal of food science and technology* **53**, 4278-4288.
- SHARIFIFAR, F., DEHGHN-NUDEH, G. and MIRTAJALDINI, M. 2009. Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry* **112**, 885-888.
- SICHEL, G., CORSARO, C., SCALIA, M., DI BILIO, A.J. and BONOMO, R.P. 1991. In vitro scavenger activity of some flavonoids and melanins against O<sub>2</sub>– dot. *Free Radical Biology and Medicine* **11**, 1-8.
- SILVA, S., COSTA, E.M., BORGES, A., CARVALHO, A.P., MONTEIRO, M.J. and PINTADO, M.M.E. 2016. Nutritional characterization of acorn flour (a traditional component of the Mediterranean gastronomic folklore). *Journal of Food Measurement and Characterization* **10**, 584-588.

- THAMER, M., LEE, T.C., WASSE, H., GLICKMAN, M.H., QIAN, J., GOTTLIEB, D., TONER, S. and PFLEDERER, T.A. 2018. Medicare costs associated with arteriovenous fistulas among US hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases* **72**, 10-18.
- Vermerris W. et Nicholson R. 2008. Phenolic compound chemistry: Families of phenolic compound and means of classification. Ed. The Netherlands. pp 1-267.
- VINHA, A., COSTA, A., BARREIRA, J.C., PACHECO, R. and OLIVEIRA, M.B.P. 2016a. Chemical and antioxidant profiles of acorn tissues from *Quercus* spp.: Potential as new industrial raw materials. *Industrial Crops and Products* **94**, 143-151.
- VINHA, A.F., BARREIRA, J.C., COSTA, A.S. and OLIVEIRA, M.B.P. 2016b. A new age for *Quercus* spp. fruits: review on nutritional and phytochemical composition and related biological activities of acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **15**, 947-981.
- YIZHONG, C., QIONG, L., MEI, S. and HAROLD, C. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of traditional 112 Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci* **74**, 2151-2184.
- Youkabed Z., MEJRI J., BOUANZI H., Mouldi EF., Mnasser H. 2015. Caractérisation biochimique et valorisation de la farine du gland de chêne vert en panification. Inrat Tunisie .P90.
- YOUMNA, B. and NASSIMA, O. 2018. Valorisation des noyaux de datte dans la fabrication d'un café décaféiné.
- YOUSSEF, M.A. 1992. Agile manufacturing: a necessary condition for competing in global markets. *INDUSTRIAL ENGINEERING-NEW YORK THEN ATLANTA NORCROSS-AMERICAN INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS INCORPORATED-* **24**, 18-18.
- Zegai A, Medouni H, 2013. Essais d'incorporation du gland de chêne vert (*Quercus ilex*. l), caroube (*ceratonia siliqua.l*) et écorces d'orange dans l'aliment de poulet de chair en substitution partielle au maïs. Thèse de doctorat Génie des Procédés, option de qualité et conservation des aliments. p83-101.

ZHANG, D. and HAMAUZU, Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry* **88**, 503-509.

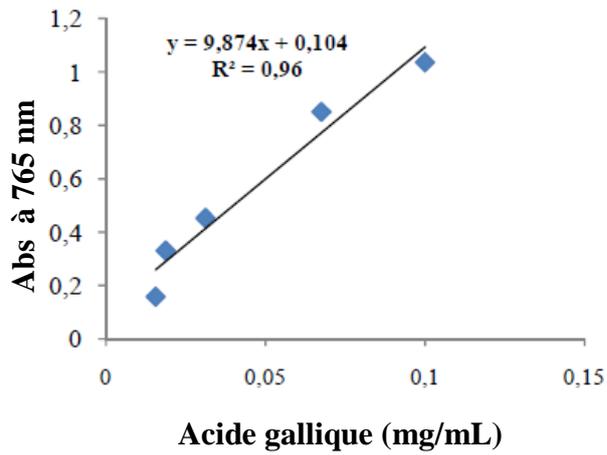
**Références électroniques :**

**Anonyme1:** <https://monjardinmamaison.maison-travaux.fr/plantes/arbres-arbustes/chene-conseils-varietes-envergure>

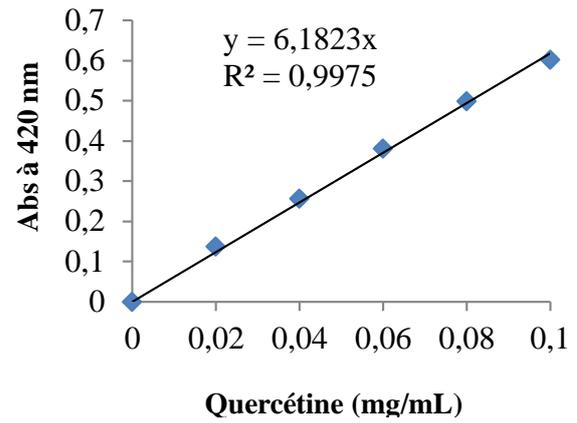
**Anonyme2 :** L'Algérie profonde / Actualités Thème d'un séminaire à l'université Saâd-Dahleb Comment revaloriser les produits agricoles du terroir .

# *Annexes*

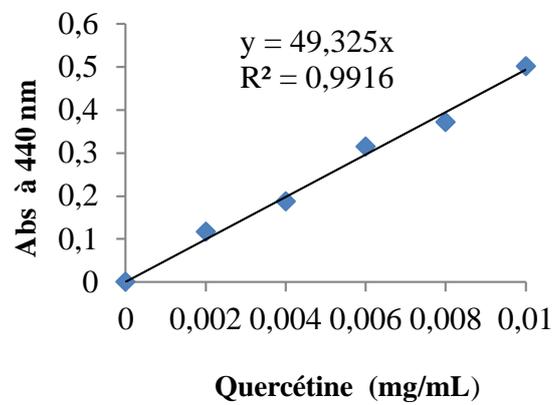
## Annexe I: Courbes d'étalonnage



**Figure 1:** Courbe étalon pour le dosage des polyphénols.



**Figure 2:** Courbe étalon pour le dosage des flavonoïdes.



**Figure 3:** Courbe étalon pour le dosage des flavonols.

## Annexe II: Questionnaire d'analyse sensorielle des biscuits (Panel expert)

Date :.....

Age :.....

Profession :.....

Sexe : F ou M

Dans le cadre d'une analyse sensorielle des biscuits à base de farine des glands du chêne plus un témoin, 3 échantillons vous sont présentés codés 1, 2 et 3, il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement, puis répondre aux questions qui suivent en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée.

**NB:** Après la dégustation de chaque échantillon, rincez la bouche avec de l'eau.

### 1-Test visuel

#### A. L'Aspect du biscuit est-il :

- (1) Très lisse
- (2) Lisse
- (3) Peu lisse
- (4) Rugueux
- (5) Très rugueux

Echantillon	1	2	3
Note			

#### B. La couleur du biscuit est-elle:

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

Echantillon	1	2	3
Note			

#### C. L'odeur du biscuit est-elle:

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

Echantillon	1	2	3
Note			

**D. La texture du biscuit est-elle:**

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

Echantillon	1	2	3
Note			

**2- Sensation en bouche:****A. Le goût du biscuit est-il:**

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

Echantillon	1	2	3
Note			

**B. La consistance du biscuit est-elle:**

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

Echantillon	1	2	3
Note			

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

Echantillon	1	2	3
Note			

**4- Quels sont les paramètres qui ont motivé votre préférence ?**

- (1) La couleur du biscuit
- (2) L'odeur du biscuit
- (3) Le goût du biscuit
- (4) La texture du biscuit
- (5) La consistante du biscuit
- (6) Autres (mentionnez)

Echantillon	1	2	3
Note			

**\*Merci pour votre coopération \***

## Annexe II (Suite) : Questionnaire de l'analyse hédonique d'un biscuit à base de farine de glands du chêne

Nom : .....

Prénom : .....

Age : .....

Sexe : F ou M

Niveau d'étude ou profession : .....

Date : .....

Dans le cadre d'une analyse sensorielle des biscuits à base du poudre de glands du chêne plus un témoin, 3 échantillons vous sont présentés codés 1, 2 et 3, il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement, puis répondre aux questions qui suivent en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée pour chaque paramètre :

**NB :** Veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

<i>Paramètre</i>  <i>Pots</i>	<u>Aspect :</u>		<u>Couleur :</u>		<u>Odeur :</u>		<u>Texture :</u>	
	Critère représentatif	Note 1-5						
<b>1</b>								
<b>2</b>								
<b>3</b>								

<i>Paramètre</i>  <i>Pots</i>	<u>Consistance :</u>		<u>Goût :</u>	
	Critère représentatif	Note 1-5	Critère représentatif	Note 1-5
<b>1</b>				
<b>2</b>				
<b>3</b>				

**1- Préférence générale :**

Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 à 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 à celui le plus préféré selon l'échelle présentée ci-dessous:

- 1 : Extrêmement désagréable,
- 2 : Très désagréable,
- 3 : Désagréable,
- 4 : Assez désagréable,
- 5 : Ni agréable ni désagréable,
- 6 : Assez agréable,
- 7 : Agréable,
- 8 : Très agréable,
- 9 : Extrêmement agréable.

Echantillon	1	2	3
Note			

**2- Paramètre ayant motivé la préférence générale :**

- Quelles sont les caractéristiques organoleptiques qui ont motivé votre préférence:

La couleur

La consistance

Le goût

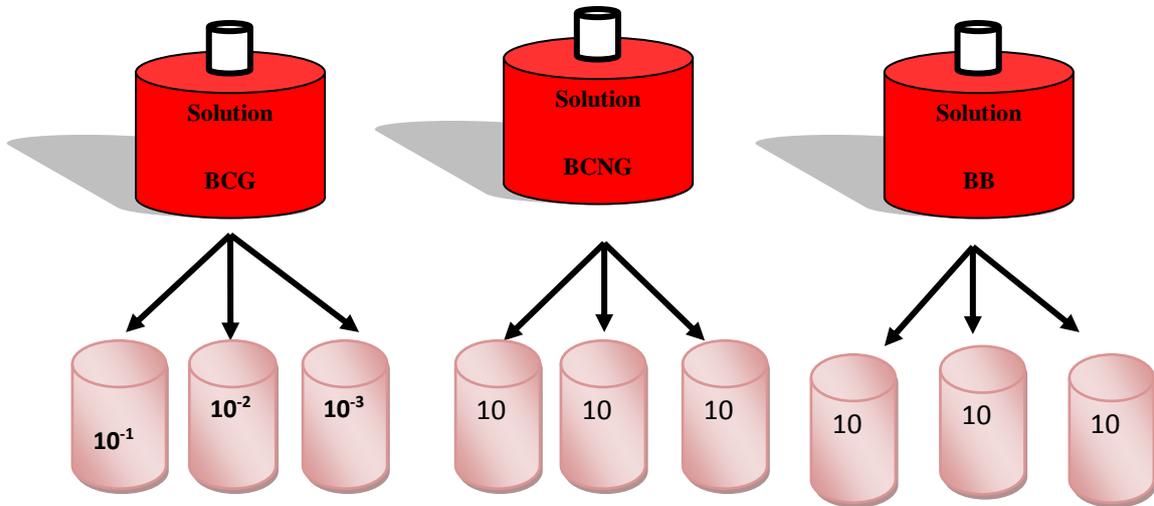
L'odeur

La Texture

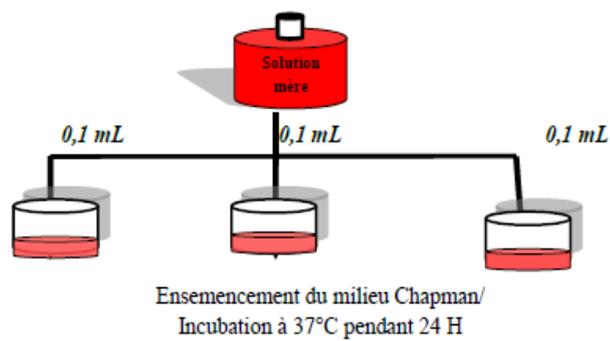
**\*Merci pour votre coopération \***

Annexe III: Analyse microbiologique

Préparation des solutions mères et des dilutions ( $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ )

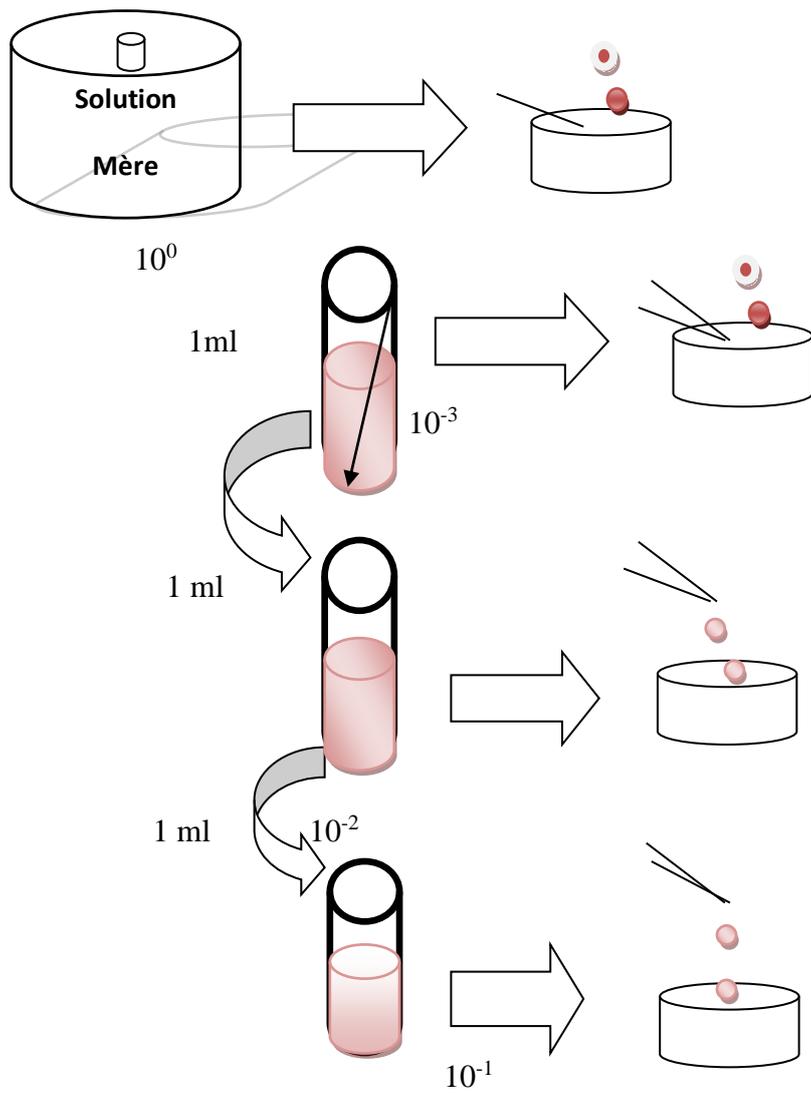


Préparation des solutions mères et des dilutions ( $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ )



Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

Annexe III (suite): Analyse microbiologique

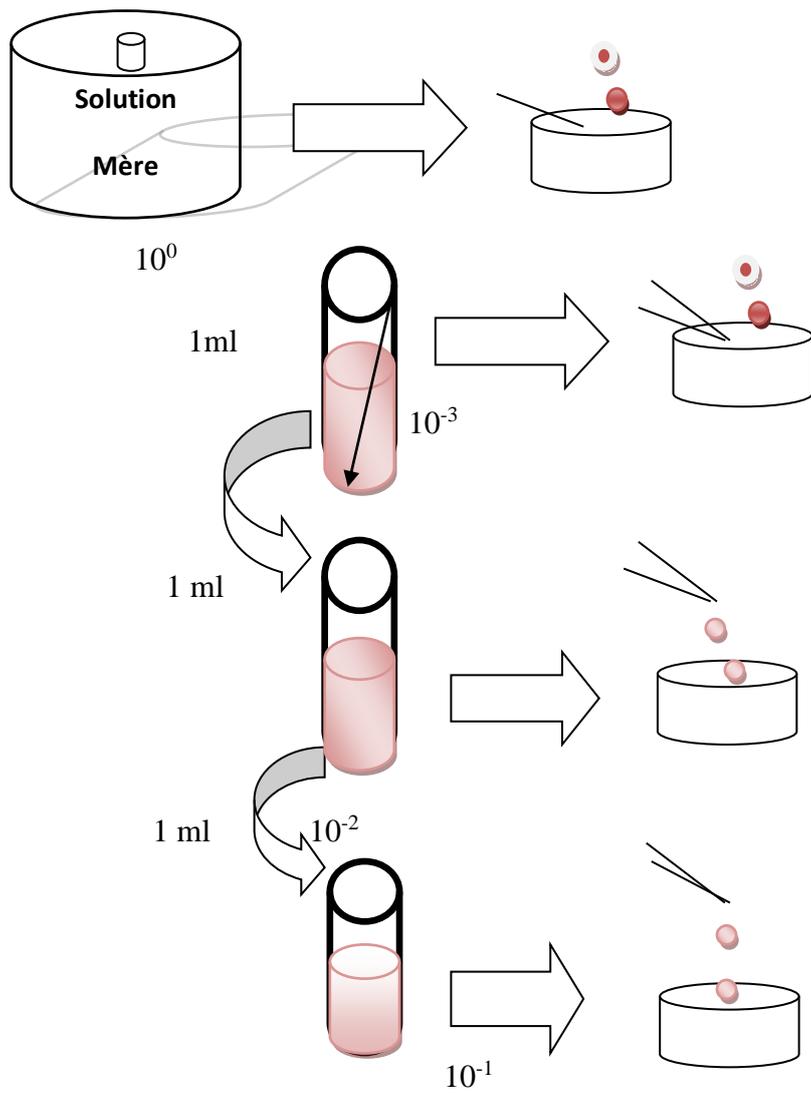


Milieu d'ensemencement PCA

Incubation à 37°C (48 h)

Dénombrement des germes totaux

Annexe III (suite): Analyse microbiologique

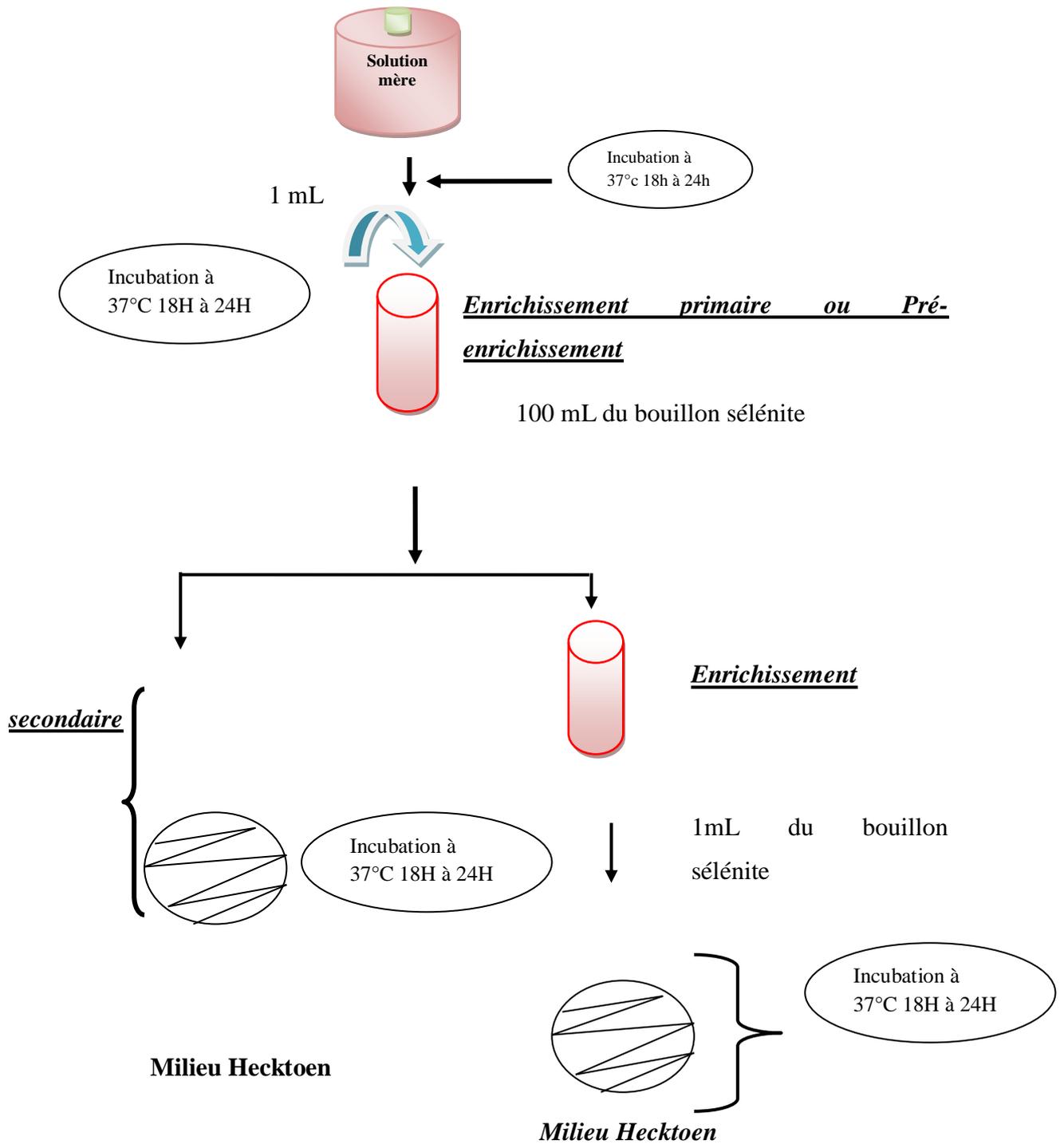


Milieu d'ensemencement VRBL

Incubation à 44°C (24 h)

Dénombrement des coliformes fécaux

Annexe III (suite): Analyse microbiologique

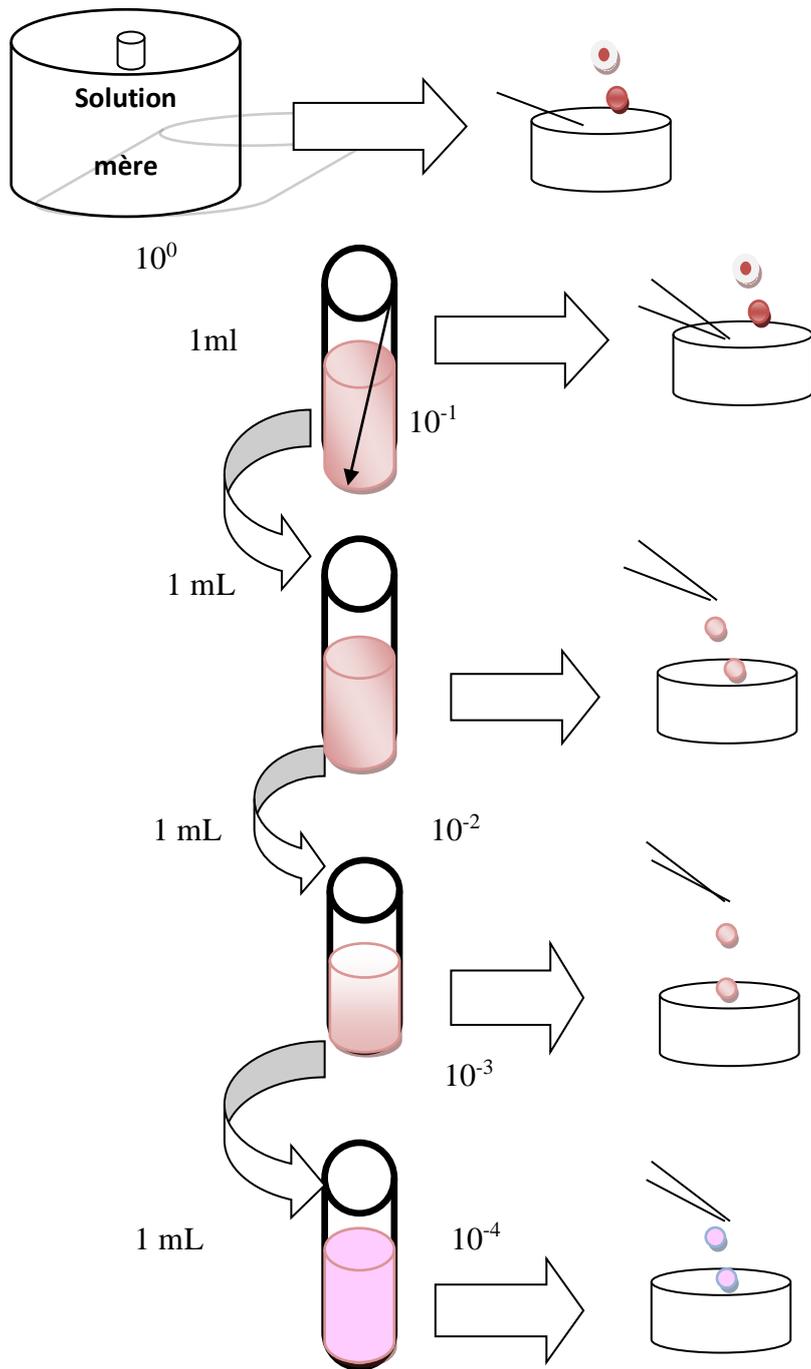


Ensemencement du milieu de culture

Recherche des salmonelles

Annexe III (suite): Analyse microbiologique

Annexe III (suite): Analyse microbiologique



Ensemencement du milieu de culture Sabouraud

Dénombrement des levures et moisissures

**Annexe III (Suite):** Photographies de l'analyse microbiologique des biscuits.



## Résumé

L'objectif principal de la présente étude est l'élaboration d'un biscuit à base de farine de gland du chêne « *Quercus rotundifolia* » torréfiée et non torréfiée en vue de sa valorisation on le transformant d'abord en farine puis en un produit alimentaire fini: Biscuit (gâteaux secs) fonctionnels. En premier lieu, une évaluation de l'effet de la torréfaction sur la qualité physico-chimique (pH, acidité, humidité, sucre totaux, sucre réducteur, protéines et BNE), les propriétés fonctionnelles et antioxydantes ainsi que leurs contenus en certaines molécules bioactives des farines préparées a été réalisé. En second lieu, la détermination du taux d'humidité, l'évaluation de la qualité microbiologique et sensorielle a été réalisé sur biscuits élaborés: biscuit à base de farine de chêne non grillée (BFCNG) et le biscuit à base de farine de chêne grillée (BFCG) contre un biscuit témoin préparé à base de farine de blé (BFB). Les résultats des analyses physico-chimiques des farines obtenus sont conformes aux normes de Codex Alimentarius. En outre, les résultats du dosage des antioxydants ont montré la richesse des extraits des glands du chêne en substances bioactives (polyphénols, flavonoïdes, flavonols et tanins condensés) présentant une bonne activité antioxydante. La torréfaction a provoqué une augmentation significative des teneurs en polyphénols, flavonoïdes, cependant une diminution significative des taux de flavonols et des tanins condensés a été constatée dans l'échantillon de farine grillée. De plus, l'analyse microbiologique a montré l'absence des germes de contamination comme indiqué dans le Journal officiel Algérien N°39 en 2017 ce qui confirme que les biscuits élaborés présentent une qualité microbiologique satisfaisante. Sur le plan organoleptique, tout les biscuits élaborés ont été appréciés par les dégustateurs par ordre croissant suivant: BFCNG > BFCG > BFB avec un taux d'appréciation plus élevé pour le biscuit préparé à base de farine du chêne non grillée (BFCNG). En conclusion, les farines de glands (non grillée ou grillée) peuvent être utilisées avantageusement comme ingrédient naturel dans la fabrication des biscuits pour obtenir un produit fonctionnel qui a été bien apprécié par les consommateurs.

**Mots clés:** *Quercus rotundifolia*; Physico-chimie; antioxydants; activité antioxydante; Grillade; Biscuit.

## Abstract

The main objective of this study is the development of a biscuit made from roasted and unroasted oak acorn flour "*Quercus rotundifolia*" with a view to its valorization by transforming it first into flour and then into a food product. finished: Biscuit (dry cakes) functional. First, an evaluation of the effect of roasting on the physico-chemical quality (pH, acidity, humidity, total sugar, reducing sugar, proteins and NEBI), the functional and antioxidant properties as well as their content in certain bioactive molecules in flours has been made. Secondly, the determination of the humidity level, the evaluation of the microbiological and sensory quality was carried out on elaborate biscuits: biscuit made from unroasted oak flour (BFCNG) and the biscuit made from roasted oak flour (BFCG) against a control biscuit prepared with wheat flour (BFB). The results of the physico-chemical analyzes of the flours obtained comply with Codex Alimentarius standards. In addition, the results of the antioxidant assay showed the richness of oak acorn extracts in bioactive substances (polyphenols, flavonoids, flavonols and condensed tannins) with good antioxidant activity. Roasting caused a significant increase in polyphenol and flavonoid contents, however a significant decrease in flavonol and condensed tannin levels was observed in the roasted flour sample. In addition, the microbiological analysis showed the absence of contamination germs as indicated in the Algerian Official Journal N°39 in 2017 which confirms that the cakes produced have a satisfactory microbiological quality. On the organoleptic level, all the biscuits prepared were appreciated by the tasters in the following ascending order: BFCNG > BFCG > BFB with a higher rate of appreciation for the biscuit prepared with untoasted oak flour (BFCNG). In conclusion, acorn flour (unroasted or toasted) can be advantageously used as a natural ingredient in the manufacture of biscuits to obtain a functional product that has been well appreciated by consumers.

Keywords: *Quercus rotundifolia*; Physico-chemical; antioxidants; antioxidant activity; Grilling; Biscuit.

## ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو إعداد بسكويت مصنوع من دقيق البلوط المحمص وغير المحمص بهدف تثمينه عن طريق تحويله أولاً إلى دقيق ثم إلى منتج غذائي نهائي: البسكويت (كعك جاف وظيفي). أولاً، تقييم لتأثير التخميص على الجودة الفيزيائية والكيميائية (درجة الحموضة، الحموضة، الرطوبة، الخصائص الوظيفية ومضادات الأكسدة بالإضافة إلى محتواها في بعض الجزيئات النشطة بيولوجياً أعد (BNE)، السكر الكلي، تقليل السكر، البروتينات و ثانياً، تم تحديد مستوى الرطوبة وتقييم الجودة الميكروبيولوجية والحسية على البسكويت المتقن: البسكويت المصنوع من دقيق البلوط غير المحمص الدقيق والبسكويت المصنوع من دقيق البلوط المحمص مقابل التحكم في البسكويت المحضر من دقيق القمح. نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية للدقيق التي تم الحصول عليها تتوافق مع معايير. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت نتائج فحص مضادات الأكسدة ثراء مستخلصات البلوط في المواد النشطة بيولوجياً (البوليفينول، تسبب التخميص في زيادة معنوية في مستويات البوليفينول والفلافونويد، ولكن الفلافونويد، الفلافونولات والعفص المكثف) مع نشاط جيد كمضاد للأكسدة لوحظ انخفاض معنوي في مستويات الفلافونول والتانين المكثف في عينة الدقيق المحمص. بالإضافة إلى ذلك، أظهر التحليل الميكروبيولوجي عدم وجود جراثيم ملوثة كما هو مبين في الجريدة الرسمية الجزائرية والتي تؤكد أن البسكويت المنتج له جودة ميكروبيولوجية مرضية. من وجهة نظر حسية، تم تقدير جميع أنواع البسكويت المحضرة من قبل المتذوقين بالترتيب التصاعدي التالي: مع معدل تقدير أعلى للبسكويت المحضر من دقيق البلوط غير المحمص. في الختام، يمكن استخدام دقيق البلوط (غير المحمص أو المحمص) بشكل مفيد كمكون طبيعي في صناعة البسكويت للحصول على منتج وظيفي يحظى بتقدير جيد من قبل المستهلكين.

الكلمات الدالة: ؛ كيمياء فيزيائية؛ مضادات الأكسدة؛ النشاط المضاد للأكسدة؛ شواء؛ بسكوي.