

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

Spécialité : Génie Alimentaire



Mémoire de fin de cycle
En vue d'obtention du diplôme

Master

Thème

**Incorporation de la farine du gland de
chêne dans les produits alimentaires.**

Présenté par : M^{elle} : HARZALLAH Sara et M^{elle} : TAARKOUBET Amal

Membres de jury :

M^{me} BEY MAA Présidente

M^{elle} BRAHMI F. MCA Promotrice

M^{me} CHIBANI N. MCB Examinatrice

Année universitaire :2019/2020

Remerciement

Avant tout nous tenons à remercier le bon Dieu, le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donné pour la réalisation de ce modeste travail.

Notre premier mot de remerciements, va naturellement vers notre promotrice M^{elle} BRAHIMI, d'avoir acceptée de diriger ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à exprimer également, notre profonde gratitude à la Co promotrice HADDADOU Sarah pour son soutien et son encouragement ainsi pour ses orientations et ses suggestions.

Nous adressons notre remerciement à l'examineur (examinatrice) d'avoir acceptés d'examiner notre travail.

Nous remercions aussi les membres de jury.

Nous adressons également notre remerciement au président (e) pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider notre jury.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes chers parents pour leur amour et leur support continu
Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde
reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi.*

Mon très cher frère Lamine.

Ma très chère sœur Sonia, son mari et son fils Aylane

A l'âme de ma grand-mère Djamila et mon oncle SADEK

Que Dieu les accueille dans son vaste paradis

*Ma chère grand-mère Aïcha, mon grand-père Lahlou et à toute ma famille : mes
oncles, mes tantes et à mes cousins et cousines.*

A Mon binôme et toute sa famille.

A mes meilleures copines

A mes adorables amies

*Toute la promotion Génie des procédés 2020. Je vous souhaite, à toutes et à tous
bonne continuation et beaucoup de réussite.*

A tous ceux qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

Amal



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ceux qui sont les plus chères au monde, Ma Maman et mon papa, en témoignage de ma grande estime et mon amour pour eux. Je ne les remercierais jamais assez, grâce à eux je suis la personne dont je suis aujourd'hui, ambitieuse et courageuse. Que Dieu me les garde. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur amour, soutien, sacrifice, orientation et leurs prières qui m'accompagnent partout. Leur fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi la meilleure des récompenses.

A mon frère et sœurs, qui m'ont soutenu et qui ont su me reconforter lors mes moments de faiblesse : FERIEL, CHAHINE et ANIS.

*A mes amis, qui ont été mon pilier en particulier HANADI et KATIA
Et à toutes les personnes qui me sont chères et qui m'ont marqué.*

Sara

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction1

Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le chêne

I.1. Historique du gland de chêne.....	3
I.2. Place du chêne dans la classification.....	3
I.3. Présentation du genre Quercus.....	4
I.4. Répartition géographique du chêne.....	5
I.5. Les chênes algériens.....	6
I.6. Le chêne vert.....	6
I.7. Taxonomie du chêne vert.....	8
I.8. Caractéristique botanique du chêne vert.....	9
I.9. Structure et caractéristiques du gland de chêne vert.....	10

Chapitre II : Composition et intérêts du gland de chêne

II.1. Composition chimique du gland de chêne vert et sa valeur nutritionnelle.....	11
II.1.1. matières grasses.....	11
II.1.2. Protéines et acides aminés.....	15
II.1.3. Composés phénoliques.....	16
II.1.4. Autres composés.....	17
II.2. Composition chimique de la farine du gland de chêne.....	18
II.3. Effet thérapeutique et usage alimentaire du gland de chêne vert.....	19

Chapitre III : Valorisation du gland de chêne

III.1. Glands comme aliment de substitution.....	23
III.2. Farines alimentaires.....	24
III.2.1. Farine du gland de chêne.....	25
III.3. Travaux antérieurs sur la valorisation de la farine du gland.....	26
III.3.1. Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands.....	26
III.3.2. Caractérisation biochimique et valorisation de la farine du gland de chêne vert en panification.....	27
III.3.3. Effet des combinaisons farine de glands-eau sur les propriétés technologiques et structure du pain sans gluten.....	30
III.3.4. Effet de la farine du gland sucré sur les produits de pâtisserie irakiens locaux.....	30
III.3.5. Évaluation de la qualité, de la valeur nutritionnelle et de l'antioxydant activité des biscuits sans gluten à base de farine de maïs et de glands ou composites de farine de maïs.....	31
III.3.6. Optimisation des formulations de muffins au gland (<i>Quercus suber</i> L.): effet de l'utilisation hydrocolloïdes par une approche de conception de mélange.....	31
Conclusion.....	33
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

ABTS : 2,2-Azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)

AGS : Acides gras saturés

AGT: Acides gras totaux

AGMI : Acides gras mono insaturés

AGPI : Acides gras polyinsaturés

A_w : Activité de l'eau

Ca : Calcium

Cu : Cuivre

DPPH : Diphényl-1-picrylhydrazyle

Fe : Fer

FRA : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

HLD : Lipoprotéines de haute densité

IG : Indice de gonflement

K : Potassium

LA : Acide linoléique

MC : Maladies cœliaques

Mg : Magnésium

Mn : Manganèse

MS : Matières sèches

MCV : Maladies cardiovasculaires

Na : Sodium

P : Phosphore

PPM : partie par million

Q : Querqus

UV : Ultra visible

VIH : Virus de l'immunodéficience humaine

Zn : Zinc

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Vu d'ensemble.	5
2	Aire du genre Quercus (chênes) dans le monde.	5
3	Distribution du Quercus rotundifoliaet du Quercus ilex dans son aire géographique méditerranéenne.	7
4	Aire de répartition du chêne vert en Algérie.	8
5	Aperçu d'ensemble du chêne vert (Quercus ilex).	9
6	Aperçu d'ensemble du gland de chêne.	10
7	Structures chimiques des principaux alcools aliphatiques présents dans les glands.	15
8	farine de gland.	26
9	Aspect visuel des différents pains.	29

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Distribution géographique et nombre d'espèces chez les différents genres des fagacées.	4
2	Superficies (hectares) du peuplement du genre Quercus en Algérie.	6
3	Place du chêne vert dans la systématique de la flore.	8
4	Composition chimique de gland de chêne vert (% de MS).	11
5	Profil lipidique moyen des glands crus du chêne vert (en % des AGT).	12
6	Comparaison entre les huiles du gland d'olive et de maïs.	13
7	Teneurs en acides aminés des glands.	16
8	Composition de la farine du gland.	19
9	Description sensorielle des pains à base d'un mélange farine boulangère-farine du gland.	29

Introduction

En tant que source énergétique et protéique, les aliments à base de blé demeurent la principale nourriture des humains. A nos jours, la fabrication des produits céréaliers à base de blé est très répandue dans l'industrie agroalimentaire (**Zarroug-Wederni, 2015**). Le blé est moulu en farine qui est transformée dans divers produits de boulangerie tels que les biscuits, le pain, les chappattis, le pain pita, les pâtes et les gâteaux (**Barak et al, 2012**).

Ces dernières années, l'intérêt des consommateurs pour les aliments sans blé est constaté afin de minimiser le risque d'une affection relativement peu connue, la maladie cœliaque (MC). Les chercheurs ont suggéré que la maladie cœliaque peut être traitée en évitant l'ingestion de gluten. Actuellement, les personnes atteintes de cette maladie sont incapables de consommer certains des produits les plus couramment disponibles sur le marché, notamment les pains, les produits de boulangerie et autres produits alimentaires à base de farine de blé (**Rai et al, 2011**).

Les glands 'super-aliments' apparaissent couramment comme ingrédients fonctionnels. Bien que les glands aient un rôle important dans l'alimentation humaine, depuis des milliers d'années, ils ne sont pas largement utilisés aujourd'hui comme aliments ou ingrédients alimentaires, malgré leur vaste disponibilité. Il existe de nombreuses variétés de chênes et leur productivité ainsi que leur composition nutritionnelle est variable en fonction de l'espèce et de l'environnement local (**Zarroug-Wederni, 2015**).

Aujourd'hui, il est important de rechercher des matières premières alternatives pour produire des farines 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 candidat 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 (**Bainbridge, 1987**).

Un effort sérieux pour identifier et propager les meilleurs cultivars de glands de chêne pour ces produits est attendu depuis longtemps. Il est particulièrement approprié que cette recherche soit effectuée en Californie, qui avait autrefois une économie basée sur le gland. Des recherches supplémentaires sur la composition (en particulier les vitamines) et la saveur

Introduction générale

du gland, les recettes, la transformation et la gestion du chêne sont nécessaires (**Bainbridge, 1987**). En outre, la littérature fait état de peu d'application de la farine de gland.

C'est dans cette optique que s'insère notre travail qui porte sur le recensement des travaux visant la possibilité d'incorporer une farine du gland de chêne afin de profiter de ses vertus.

Notre mémoire est composé de trois chapitres : le premier chapitre présente des généralités sur le chêne, le deuxième chapitre clarifie la composition et l'intérêt du gland de chêne, enfin, le troisième chapitre vise la valorisation du gland de chêne.

I.1. Historique d'utilisation du gland de chêne à travers le monde

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^{ème} siècle en Serbie, avec recommandations sur son application et son action bénéfique (**Rakic 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 (**Rakic 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**).

En Algérie, les cotylédons sont soit consommés en tant que fruits secs ou intégrés dans la fabrication du couscous ; un plat très prisé par la population autochtone (**Ait Saada et al, 2017**).

I.2. Place du chêne dans la classification

Le chêne est le nom vernaculaire de nombreuses espèces d'arbres et d'arbustes appartenant au genre *Quercus* (**Bussotti et Grossoni, 1998**). Ils appartiennent à l'ordre des fagales et à la famille des fagacées (**Berrichi, 2011**).

La famille des Fagacées qui appartient au groupe des Angiospermes et à l'ordre des Fagales est proche génétiquement des Cucurbitales, des Rosales, puis des Fabales. Cette famille comprends plus de 1000 espèces sur le globe, et regroupe 8 genres actuellement : *Fagus*, *Castanea*, *Castanopsis*, *Chrysolepis*, *Trigonobalanus*, *Lithocarpus*, *Notholithocarpus* et *Quercus* (Tableau 1) (**Hubert, 2013**).

Tableau 1 : Distribution géographique et nombre d'espèces chez les différents genres des fagacées (**Hubert, 2013**).

Genre	Nombre d'espèces	Répartition Géographique
Castanea	12	Europe, Asie, Amérique du Nord
Castanopsis	100-200	Sud Est Asiatique
Chrysolepis	2	Amérique du Nord (côte Pacifique)
Fagus	13	Europe, Asie, Amérique du Nord (une espèce)
Lithocarpus	300	Asie
Notholithocarpus	1	Amérique du Nord
Quercus	- 300-450 (Quercus) - 150 (Cyclobalanopsis)	- Europe, Asie, Amérique du nord, centrale et du sud, Afrique du nord - Sud de la Chine, Indochine
Trigonobalanus	3	Asie, Amérique du sud (Colombie)

I.3. Présentation du genre Quercus

Le genre Quercus est sans doute un des genres forestiers les plus riches en espèces forestières (**Bussotti et Grossoni, 1998**) et celui qui a la plus grande diffusion dans le monde (**Valero-Galván, 2012**). Cependant, il est très difficile de préciser le nombre totale d'espèces décrites parce qu'il n'y a pas d'accord entre les chercheurs sur la définition des différents taxons (**Bussotti et Grossoni, 1998**), bien que certains d'eux estiment qu'il varie de 300 à 600 espèces (**Valero-Galván, 2012**).

Le genre Quercus est constitué d'arbres généralement grands, bien que des arbustes soient également inclus. Les arbres ont des feuilles qui naissent des deux côtés de la tige (feuilles alternées) et peuvent avoir un feuillage vivace, caduc et marcescent. La forme de leurs feuilles est très variable, même au sein d'un même arbre selon l'endroit où se trouvent les feuilles ou selon l'âge (figure 1)(**Valero-Galván, 2012**).



Figure 1 : Vu d'ensemble d'arbre du genre quercus (Valero-Galván, 2012).

I.4. Répartition géographique du chêne

Les chênes (*Quercus*) occupent 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. Il est implanté essentiellement dans le bassin méditerranéen (Portugal- Espagne- Algérie- France- Italie-Tunisie-Maroc) (Ait Saada et al, 2017). Ils constituent pratiquement à eux seuls, divers types de paysages hautement caractéristiques du monde méditerranéen (Sarir et Benmahioul, 2017). Ils poussent aussi en Asie, en Europe moyenne et en Amérique du nord où les conditions climatiques sont favorables à sa végétation (Figure 2) (Ait Saada et al, 2017).



Figure 2 : Aire du genre *Quercus* (chênes) dans le monde (Keller, 1987).

Ce genre compte plusieurs espèces dont les plus dominantes sont le chêne vert (*Quercus ilex*) et le chêne liège (*Quercus suber* L.). En terme d'occupation du tapis végétal de notre planète, le chêne liège couvre une aire relativement restreinte qui se limite selon Natividate (1956) à seulement 2,5 millions d'ha ; alors que les statistiques disponibles concernant le *Quercus ilex* 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, puis apparait sous forme de peuplements discontinus au proche orient et forme enfin un cercle au Maghreb où il devient prépondérant surtout au Maroc (Ait Saada et al, 2017).

I.5. Les chênes algériens

En Algérie, les chênes représentent un capital forestier où ils couvrent près de 40% de la forêt Algérienne (Tableau 2). Ces derniers jouent un rôle indéniable sur le plan écologique, économique et social (Sarir et Benmahioul, 2017).

Les chênaies comptent parmi les écosystèmes les plus riches sur le plan entomologique, les chênes présents en Algérie sont : *Quercus suber* (chêne liège), *Q. coccifera* (chêne kermés), *Q. afares* (chêne afarés), *Q. faginea* (chêne zeen) et *Q. ilex* (chêne vert) (Juli Pujade -Villar et al, 2010).

Tableau 2 : superficies (hectares) du peuplement du genre *Quercus* en Algérie.

Espèces	Superficie (ha)	Sources
Chêne vert	354 000	(Ait Saada et al, 2017)
Chêne liège	643 000	
Chêne Zeen- Afarés	1 073 723	(FRA, 2010)

Les glands de nombreuses espèces de chênes sont comestibles à l'état brut, tels qu'ils sont récoltés. Des glands sucrés ont été signalés pour le *Quercus ilex* (chêne vert) et le *Quercus suber* (chêne liège) au Maroc et en Algérie (Bussotti et Grossoni, 1998).

I.6. Le chêne vert

Le chêne vert (*Quercus ilex*) encore appelé Yeuse (Benia, 2010) est un arbre monoïque, pollinisé par le vent, qui fait partie des sous-genres sclerophylloids. Cet espèce, comprend deux sous-espèces *ilex* et *ballota* (Valero-Galván, 2012).

Le chêne vert (*Quercus ilex*) comme l'indique la figure 3 présente une vitalité remarquable (Benia, 2010) est constituée avec son abondance, l'un des arbres les plus importants. Il se trouve, principalement dans la partie occidentale de la région méditerranéenne.

En Afrique du Nord Boudy (1955) et Letreuch (1991) mentionnent que, le chêne vert, figure parmi les essences les plus prépondérantes du patrimoine forestier, où il forme le fond de la forêt de plusieurs montagnes (Berrichi, 2011).

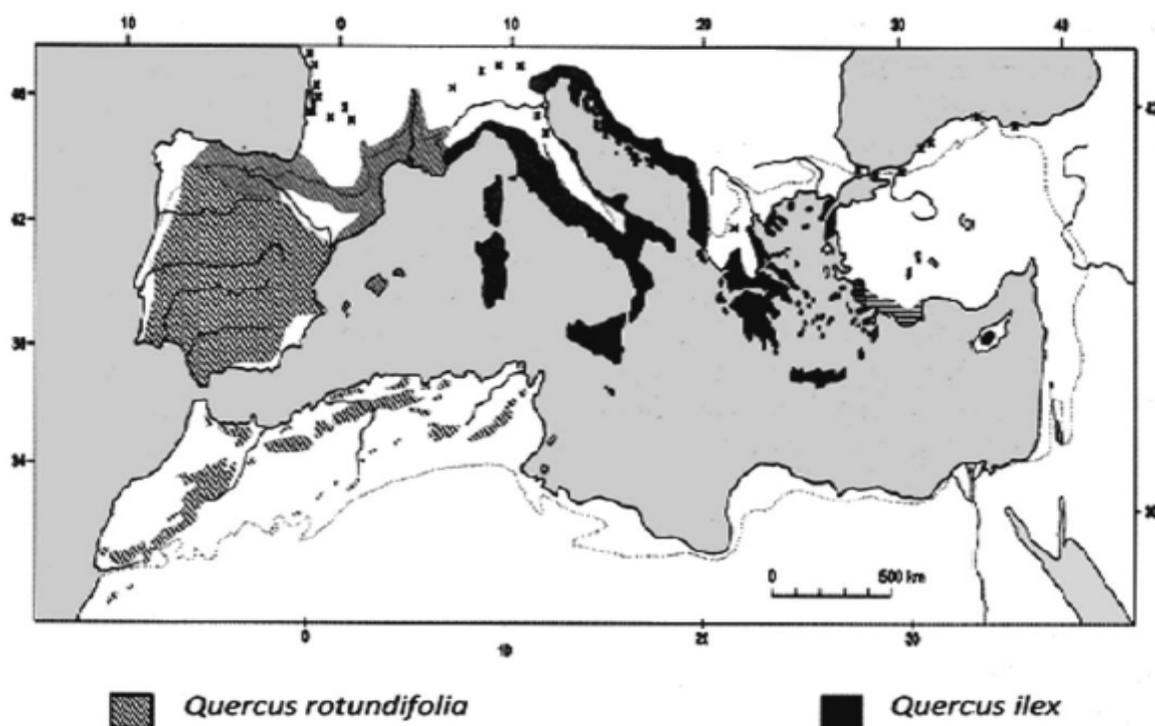


Figure 3 : Distribution du *Quercus rotundifolia* et du *Quercus ilex* dans son aire géographique méditerranéenne (Berrichi, 2011).

En Algérie, le chêne vert est l'une des essences forestières les plus importantes (Berrichi, 2011). Il occupe une superficie non négligeable estimée à 354000 ha. Il s'étend sur la frange nord à partir des piémonts sud de l'atlas saharienne (figure 4). Son aire de répartition est subdivisé en six (06) régions dont: orano-marocaine ; atlas saharien et des hauts plateaux ; algéro-tunisiens ; plateaux constantinois et des aures ; Kabylie et algéro-ouarsénienne (Ait Saada et al,2017)

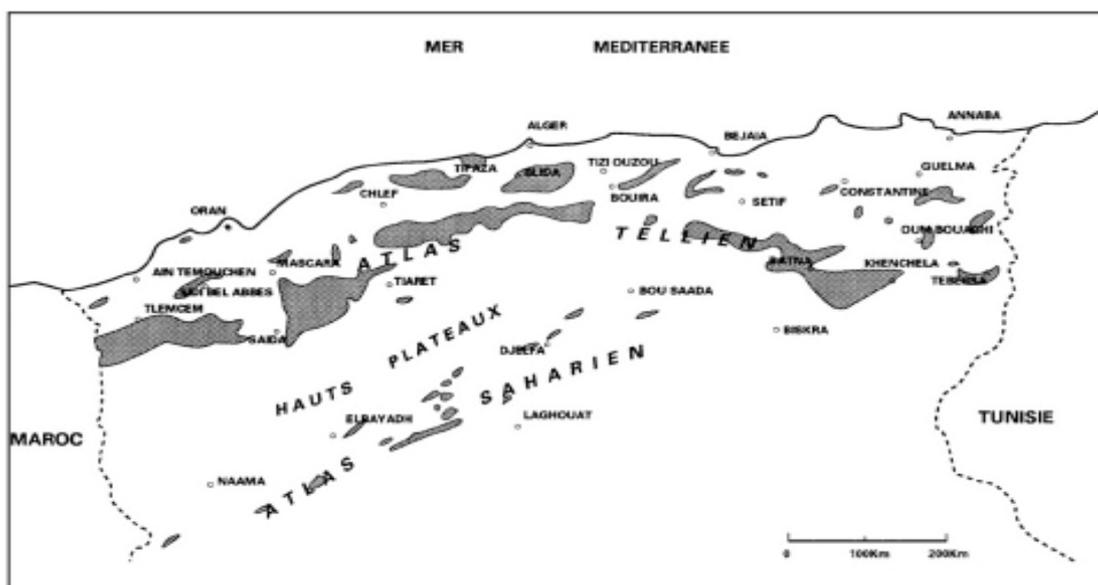


Figure 4 : Aire de répartition du chêne vert en Algérie (Dahmani-Megrerouche, 2002).

I.7. Taxonomie du chêne vert

Dénoté le chêne vert, *Quercus ilex* L. ou bien *Quercus rotundifolia* Lamk, a interminablement constitué un problème taxonomique. En effet, au XVIII^{ème} 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 3.

Tableau 3 : place du chêne vert dans la systématique de la flore (Benia, 2010).

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

I.8. Caractéristiques botaniques du chêne vert

Le chêne vert est un arbre de moyenne dimension, de 5 à 10 mètres de haut, mais qui peut atteindre 20 mètres en milieu humide. Il présente un tronc unique, trapu, tortueux et robuste, à écorce finement fissurée, de couleur brun grisâtre et qui apparaît sous forme de petits carrés (Figure 5) (**Benia, 2010**).

Les branches sont ouvertes, entre érigées et horizontales, robustes et très ramifiées ; la couronne est généralement large, dense et arrondie (**Valero-Galván, 2012**).



Figure 5 : Aperçu d'ensemble du chêne vert (*Quercus ilex*) (**Benia, 2010**). A : chêne vert sur pied ; B : Fleurs (chatons) ; C : fruit (gland) ; D : écorce (tronc).

Le système racinaire est très pénétrant, axonoforme, pivotant et à forte croissance initiale (**Valero-Galván, 2012**). Il est caractérisé par des feuilles plus longues avec un plus grand nombre de nervures (**Berrichi, 2011**). Elles sont alternes, coriaces, petites (3 à 8 cm de long, 1 à 3 cm de large), de forme variable, même au sein d'un même arbre, elles peuvent être entières, dentées ou épineuses, elliptiques, lancéolées et arrondies (**Benia, 2010**).

Les fleurs sont unisexuées (arbre monoïque), les fleurs mâles sont très abondantes et se présentent sous forme de chatons de 4 à 7 cm de long, avec une couleur jaunâtre à reflets

roux. Les fleurs femelles sont solitaires et se situent à l'aisselle des feuilles supérieures (Benia, 2010).

Le plus caractéristique de ce genre est le fruit, appelé gland (Valero-Galván, 2012).

I.9 Structure et caractéristiques du gland de chêne vert

Le fruit du chêne appelé gland, est un akène de forme ovoïde (Valero-Galván, 2012), de dimensions variant de 1 à 3 cm de long. Ils sont regroupés sur un pédoncule commun en nombre de 1 à 5, légèrement pointus au sommet. Ils sont coiffés à leur base arrondie d'une cupule hémisphérique à écailles rapprochées, courtes, de couleur grisâtre (Figures 6) (Benia, 2010).

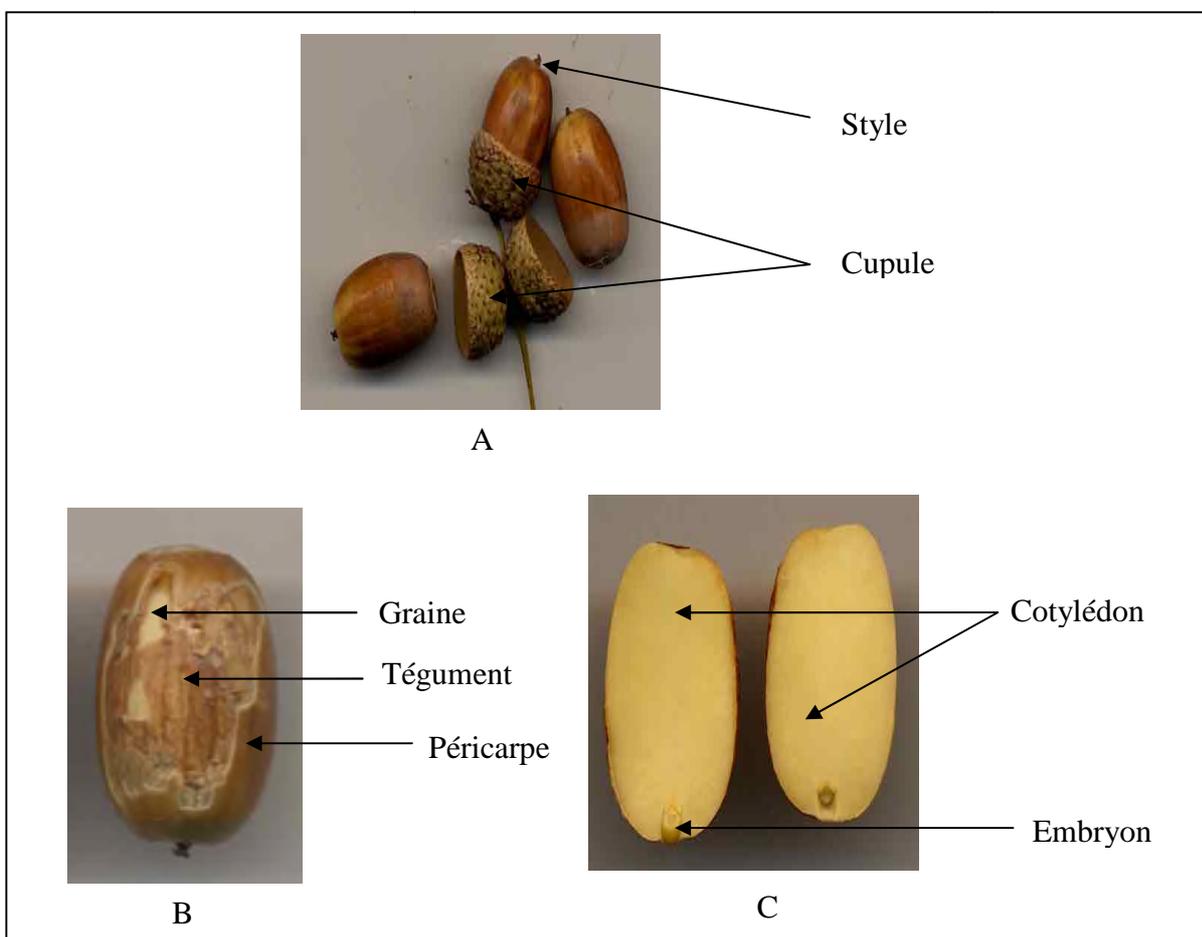


Figure 6 : Aperçu d'ensemble du gland de chêne (Anonyme 1).

(A) : Trois glands dans deux sont sortis de leur cupule. (B) : Une partie du péricarpe enlevé pour montrer la graine libre. (C) : Ouverture de la graine entre les deux cotylédons, le reste de l'embryon est visible en bas (radicule et gemmule).

II.1. Composition chimique du gland de chêne vert et sa valeur nutritionnelle

Les composants et les sous-produits de fruit du chêne, connaissent un regain d'intérêt grâce à leurs caractéristiques nutritionnelles et phytochimique. Par conséquent, il a été proposé comme ingrédient fonctionnel pour la production de pain et de biscuits (Makhlouf et al, 2019).

Dans l'ensemble, les glands de chêne vert sont décrits comme étant riches en eau, en glucides, en protéines et en lipides (Tableau 4) (Silva et al, 2016).

Tableau 4: Composition chimique du gland de chêne vert (% de matière sèche) (Bonfils, 2012).

Composition chimique	Eau	Glucides	Protéines	Lipides	Tannins	Kcal/100 g
Gland de chêne vert	8,7 – 44,6	32,7 – 89,7	2,3 – 8,6	1,1 -31,3	0,1 -8,8	265 -577

II.1.1.Matières grasses

Les glands sont une source de calories en raison de la teneur élevée en matières grasses, en général, ils sont plus caloriques que les grains de céréales (Zarroug-Wederni, 2015).

En raison du développement récent dans les domaines du génie agricole et génétique, de nouvelles cultures sauvages sont utilisées pour obtenir des huiles comestibles. (Vinha et al, 2016).

Selon Edible and Useful Plants of California, de Charlotte Clark, les personnes qui utilisent les glands aujourd'hui s'accordent à dire qu'ils ressemblent à d'autres noix en termes d'huile et de saveur (Rashid et al, 2014). Charef et al. (2008) ont rapporté que la composition en acides gras de l'huile du gland de Q. ilex est similaire à celle de l'huile de Pistacia lentiscus et d'autres huiles végétales comestibles telles que celles obtenues à partir de tournesol, d'arachide, de coton, et d'avocat. En outre, l'huile du gland peut être considérée comme similaire à d'autres huiles végétales telles les huiles d'amarante et du germe de blé, en raison de ses avantages pour la santé et de ses applications industrielles et pharmaceutiques (Al-Rousana et al, 2013).

En outre, plusieurs auteurs ont rapporté que l'huile de gland a une odeur agréable (Makhlouf et al, 2019). L'huile présente dans les glands a un goût comparable à celui de l'huile de l'huile d'olive et contient des niveaux élevés d'acides gras non saturés (même supérieurs à 80%) (Korus et al., 2015). Les principaux acides gras présents dans l'huile du gland sont les acides oléique (56,0-83%), linoléique (3.1-20.0%) et palmitique (7.5-20.0%)

(Lopes et Bernardo-Gil, 2005). D'autre part, il a été révélé que la teneur en acide palmitique (C16 :0) est très intéressante dans les glands du chêne vert cru ; 11,54 % des acides gras totaux (AGT). Ils se sont distingués éventuellement par une forte richesse en acide oléique (C18 :1 n-9) ; 63,3% des AGT. Par ailleurs, les glands semblent constituer une source non négligeable en acides gras essentiels, en occurrence l'acide linoléique (LA ou C18 :2 n-6) avec des teneurs variables de 56,3 à 63,3 % des AGT et l'acide α -linoléique avec des taux variables de 1,06 à 2% des AGT. De plus, les glands du chêne vert s'avèrent contenir de fortes proportions en acides gras mono insaturés (AGMI) et acides gras polyinsaturés (AGPI) ; 65,38 et 18,36 des AGT, respectivement (Tableau 5) (Ait Saada et al, 2017).

Tableau 5 : profil lipidique moyen des glands crus du chêne vert (en % des AGT) (Ait Saada et al, 2017).

Acides gras	Quercus ilex
C16 :0	11,54
C18 :1(n-9)	63,3
C18 :2(n-6)	17,3
C18 :3(n-3)	1,06
Acides gras saturés (AGS)	16,26
Acides gras mono-insaturés (AGMI)	65,38
Acides gras polyinsaturés (AGPI)	18,36

Les profils d'acides gras des huiles de glands obtenues à partir de différentes espèces de Quercus ont montré une forte variation dans les pourcentages d'acides gras saturés, mono insaturés et polyinsaturés. Comme décrit précédemment, les glands sont une source naturelle d'acide oléique neutre et contiennent de grandes quantités d'acide α -linoléique qui est important dans la synthèse des eicosanoïdes , favorisant la diminution des triglycérides sériques sanguins et l'augmentation des taux de cholestérol HDL, les différences de pourcentages de ces acides peuvent être utiles comme empreinte chimique pour différencier les espèces de Quercus (Vinha et al., 2016).

L'huile extraite des glands est reconnue pour sa grande qualité nutritionnelle et sa richesse en composés bioactifs (Makhlouf et al, 2019). Dans les années soixante, l'huile a été valorisée comme matière première pour l'industrie de l'huile alimentaire. En fait, la

législation portugaise inclut l’huile du gland dans la catégorie des huiles alimentaires, bien qu’aucune huile industrielle ne soit produite (**Lopes et Bernardo-Gil, 2005**).

L’huile du gland doit être classée comme une huile non siccative, avec sa densité similaire à celle de l’huile d’arachide, sa viscosité similaire à celle des huiles de maïs, de tournesol et de soja. Alors que, son indice de réfraction, son coefficient d’extinction des UV, sa couleur, son indice de saponification et son indice d’iode sont similaires à ceux de l’huile d’olive (**Lopes et Bernardo-Gil, 2005**).

Le tableau 6 présente de plus amples informations sur l’huile du gland (**Lopes et Bernardo-Gil, 2005**).

Tableau 6 : Comparaison entre les huiles du gland d’olive et de maïs (Lopes et Bernardo-Gil, 2005).

Espèces	Quercus Ilex	Olive	Maïs
Indice de réfraction	1,4701	1,466 – 1,468	1,470 – 1,474
Indice de saponification	189,05	187-196	187-196
Acide oléique %	57,05	83,5-84,4	19-49
Acide palmitique %	12,40	6,9-9,4	8-12
Acide linoléique %	30,50	4,0-4,6	34-62

De nouvelles connaissances sur les caractéristiques et l’évolution oxydative de l’huile du gland après stockage ont été rapportées. Dans une étude menée par Makhoulf et al (2019) sur l’effet du stockage sur la stabilité oxydative des huiles du gland de trois espèces différentes de Quercus. L’huile de glands été soumise à une oxydation pendant 180 jours de stockage dans l’obscurité, avec une augmentation des composés polaires au fil du temps, bien que sa qualité n’a pas été fortement compromise. Ainsi, une assez bonne stabilité contre l’oxydation dans les conditions testées a été mise en évidence. Une composition volatile intéressante, non étudiée auparavant, a été observée. Les composés terpéniques, responsables des arômes floraux et fruités, étaient les volatils les plus abondants dans l’espace de tête de l’huile du gland de chêne vert. Elle présente une grande quantité de composés polaires après stockage et a connu une forte augmentation des constantes d’absorption spectrophotométriques. Les huiles du gland peuvent avoir des caractéristiques particulières et donc être utilisées à des fins différentes (**Makhoulf et al, 2019**).

Une autre étude est menée par **Al-Rousan et al. (2013)** sur la caractérisation des huiles du gland extraites de certaines espèces de *Quercus* méditerranéens. Cette étude visait à identifier la composition des huiles du gland, les échantillons ont été évalués pour leur teneur en huiles, les paramètres physico-chimiques de l'huile, le profil des acides gras, les tocophérols, les composés phénoliques et les stérols.

Cette dernière apporte un nouvel éclairage sur la composition des huiles du gland. Une comparaison étroite avec celle de l'huile d'olive a été exposée, en particulier, en termes de paramètres constants (indice d'iode, valeur de saponification), profil d'acides gras et de stérols. De plus, la teneur en tocophérols de l'huile du gland est supérieure à celle de nombreuses huiles végétales, dont l'huile d'olive, alors que les composés phénoliques sont présents en concentrations notables. Les teneurs importantes en tocophérol, en stérol et en composés phénoliques attribuent la stabilité oxydative à l'huile de gland (**Al-Rousan et al, 2013**).

Lopes et Bernardo-Gil (2015), par exemple, ont caractérisé les teneurs de huile de gland en acides gras, triacylglycérols, stérols, tocophérols et phospholipides extraite avec du n-hexane et par des extractions au dioxyde de carbone supercritique. Peu de différences ont été observées dans les teneurs en acides gras principaux (acide oléique, linoléique et palmitique), triacylglycérols et stérols présent dans les huiles extraites par les différentes procédures (**Vinha et al, 2016**).

Les niveaux détectés de stérols (parmi lesquels le β -sitostérol était le principal composé, représentant plus de 90% des stérols) et d'alcools aliphatiques (figure 7) (en particulier le tétracosanol) sont tout aussi pertinents. Les valeurs rapportées pour les stérols étaient inclusivement plus élevées que celles obtenues dans les huiles d'amande, de soja, d'olive, de pistache et de pin, bien qu'elles soient dans la même fourchette que celles rapportées pour les huiles de sésame et de maïs (**Vinha et al, 2016**).

L'huile du gland est caractérisée par des pourcentages élevés de β -sitostérol, en plus de petites quantités de campestérol, stigmastérol, clérostérol, avénastérol, stigmastadiénol, stigmasténol et avénastérol (**Vinha et al, 2016**).

De même, les glands ont été signalés pour leurs niveaux pertinents d'alcools aliphatiques. Le tétracosanol était le composé le plus abondant de cette classe, mais des pourcentages importants de docosanol, d'hexacosanol et d'octacosanol ont également été trouvés. La présence d'alcools aliphatiques dans l'huile de glands pourrait avoir une importance industrielle (**Vinha et al, 2016**).

En fait, ces composés sont utilisés comme émulsifiants, émoullients et épaississants dans les produits alimentaires et de soins personnels. De plus, les alcools aliphatiques ont également été signalés pour leurs activités antimicrobiennes et antitumorales (Vinha et al, 2016).

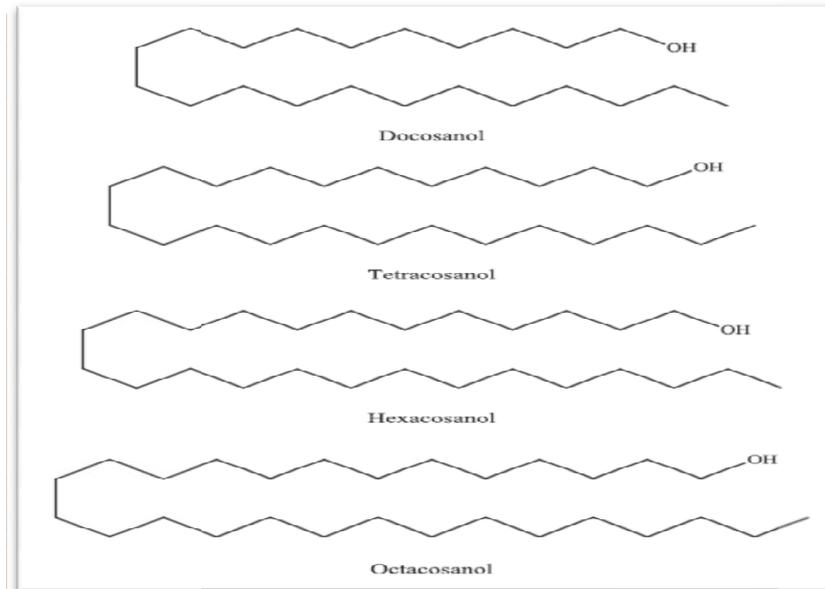


Figure 7: Structures chimiques des principaux alcools aliphatiques présents dans les glands (Vinha et al, 2016).

II.1.2. Protéines et acides aminés

Les glands sont une bonne source de protéines et de minéraux (Zarroug-Wederni, 2015), ils fournissent jusqu'à 600 Kcal et 8 g de protéines pour 100 g (García-Gómez et al, 2017). Ils contiennent de nombreux acides aminés (Tableau 7) (Bainbridge, 1987) y compris des acides aminés essentiels : méthionine et lysine, La richesse relative des glands en lysine les rend intéressants à compléter les céréales graminées (Bonfils, 2012).

Tableau 7: Teneurs en acides aminés des glands (Bainbridge, 1987).

Acides aminés	Glycine	Alanine	Valine	Leucine
Teneur en mg/g	0,98 – 1,37	1,02 – 1,57	0,97 – 1,22	1,69 – 2,08
Acides aminés	Isoleucine	Serine	Thréonine	Méthionine
Teneur en mg/g	0,63 – 0,72	0,94 – 1,23	0,87 – 1,13	0,26 – 0,31
Acides aminés	Phénylalanine	Tyrosine	Lysine	Arginine
Teneur en mg/g	0,90 – 1,09	0,68 – 0,99	1,19 – 1,51	1,48 – 2,25
Acides aminés	Histidine	Proline	Aspartique	Glutamique
Teneur en mg/g	0,71 – 1,05	1,41 – 1,58	2,75 – 3,66	2,75 – 3,66

II.1.3. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont classés dans l'une des 5 catégories de composés phytochimiques présents dans les aliments (les autres catégories sont les caroténoïdes, les alcaloïdes, les composés azotés et les composés organosulfurés), ayant un large éventail d'activités physiologiques, telles que l'activation ou la limitation de l'expression génique associée à certaines maladies ou à la production d'enzymes antioxydantes naturelles (Vinha et al, 2016).

En général, les composés phénoliques sont responsables des fonctions physiologiques, biologiques et biochimiques, principalement en raison de leur forte activité antioxydante, mais aussi en raison de leurs propriétés de stabilisants membranaires. De plus, ces composés sont importants dans l'alimentation humaine pour maintenir un niveau adéquat d'antioxydants (endogènes et exogènes) et pour contrer la production d'espèces réactives de l'oxygène, des espèces réactives de l'azote et des espèces réactives du soufre, ainsi que leur neutralisation ultérieure. Malgré la variabilité phylogénétique, les acides phénoliques (en particulier les acides galliques et éllagique et leurs dérivés), les flavonoïdes (en particulier les flavan-3-ols) et les tanins sont en quelque sorte omniprésente dans toutes les espèces du genre *Quercus*. 31 composés phénoliques ont été identifiés dans *Quercus ilex* (Vinha et al, 2016).

L'activité antioxydante a été principalement attribuée à la présence de grandes quantités de composé phénoliques dans les extraits de gland (Vinha et al, 2016).

D'autre part, Brossa et al. (2009) ont signalé que les flavanols étaient les principaux constituants des feuilles de chêne vert (*Q. ilex*), certains d'entre eux étant exclusivement présents dans cette espèce. De même, Cantos et al. (2003) ont signalé que plusieurs dérivés de l'acide gallique se trouvaient uniquement dans *Q. ilex*.

Les teneurs élevées en tanins donnent un arôme âcre et un goût astringent. Ces composés sont produits dans le cadre du mécanisme de défense contre les parasites et ils ont été largement rapportés comme procurant des avantages pour la santé humaine, en particulier pour leurs propriétés anticarcinogènes et antimutagènes. Les tanins possèdent aussi des activités antioxydantes et antimicrobiennes, ces dernières étant principalement justifiées par leur capacité à inhiber les enzymes hydrolytiques (protéases et carbohydrases), à lier les protéines de transport de l'enveloppe cellulaire et à inactiver les adhérences microbiennes **(Vinha et al, 2016)**.

Cependant, leur activité antinutritionnelle doit toujours être prise en considération, bien que la dose qui cause cet effet négatif soit bien au-delà du niveau qu'une personne ingérerait pendant une prise alimentaire normale. De plus, les teneurs élevées en tanins pourraient être diminuées en soumettant les glands à une procédure de cuisson, réduisant ainsi également leurs propriétés astringentes **(Vinha et al, 2016)**.

Outre l'influence de l'utilisation de différents solvants, les effets potentiels du traitement thermique sur les caractéristiques physiques et nutritionnelles des glands ont également été évalués, après avoir vérifié que des tanins hydrolysables et de l'acide gallique étaient présents dans tous les échantillons et que les teneurs phénoliques non-tannin étaient plus élevées. Dans les échantillons traités thermiquement, tandis que la teneur en tanin a montré une diminution marquée. Une fois les tanins dégradés lors du traitement thermique, et en fonction de l'augmentation de la teneur en composés phénoliques non-tannin (en particulier l'acide gallique), les échantillons traités thermiquement possèdent une activité antioxydante plus élevée que la matière première **(Vinha et al, 2016)**.

II.1.4. Autres composés

La vitamine E (principalement α - et γ -tocophérol) a également été décrite dans le gland **(Gea-Izquierdo et al, 2006)**. En général, le γ -tocophérol est la vitamine la plus abondante, atteignant des niveaux 4,6 à 8,7 fois plus élevés que ceux détectés pour l' α -tocophérol. C'est un point nutritionnel très intéressant, étant donné que le γ -tocophérol est l'isoforme de vitamine E la plus abondante dans l'alimentation de certaines populations. Les glands sont également une excellente source de provitamine A, car il a été rapporté qu'une petite quantité de glands garantirait les besoins quotidiens recommandés en vitamine A, ce qui pourrait être un grand avantage dans certaines régions (en particulier dans certaines régions à faible revenu d'Afrique et d'Asie du Sud-Est. pays) où la carence en vitamine A est un problème courant **(Vinha et al., 2016)**.

De plus, les quantités d'éléments minéraux dans les glands sont également remarquables. Rakić et al. (2006), par exemple, ont décrit des quantités considérables de Fe, Cu, Zn et Mn, en plus de Ca, Mg, P et K (Vinha et al, 2016).

Ces indicateurs nutritionnels démontrent que les glands ont un grand potentiel en tant que nutraceutiques de grande valeur pour les compléments alimentaires ou comme aliments fonctionnels, montrant l'importance de développer de nouvelles alternatives commercialisables pour leur commercialisation et leur valorisation (Vinha et al, 2016).

Néanmoins, leur profil de composés bioactifs pourrait être modulé par des aspects génétiques et physiologiques (tels que le degré de maturation), mais aussi par plusieurs facteurs extrinsèques, tels que la composition du sol, le climat et l'origine géographique. Par conséquent, ces aspects doivent être pris en compte lors de la comparaison des compositions chimiques des glands (Vinha et al, 2016).

Outre la variabilité phylogénétique, le climat et la composition du sol (y compris le microbiote) sont également pertinents car les composés chimiques et les minéraux peuvent produire des changements considérables dans les attributs sensoriels et nutritionnels. Ces données ont été collectées par Canelas et al. (2003), qui ont analysé le noyau (cotylédons) et les téguments de 4 espèces de glands (*Q. suber*, *Q. ilex*, *Q. faginea* et *Q. pyrenaica*) collectés pendant différentes saisons de l'année (été et automne). Les auteurs ont trouvé des différences dans les teneurs en protéines et en matières grasses selon les saisons, les niveaux les plus élevés de protéines et de matières grasses étant obtenus respectivement au printemps et en automne. Malgré ces changements, la teneur en fibres présentait des valeurs similaires pendant toutes les saisons (25% à 35%) (Vinha et al., 2016).

II.2.Composition chimique de la farine du gland de chêne

Pour produire de la farine du gland, les fruits sont traditionnellement séchés ou grillés, pelés et moulus, il s'agissait toujours des glands doux. L'étape suivante peut être la désamérisation ou l'adoucisement de la farine, c'est-à-dire l'extraction du tanin. Les caractéristiques nutritionnelles de la farine sans gluten ont été mentionnées par Silva et al. (2016) : teneur en protéines réduite de moitié (4-5%), teneur en graisses dix fois plus élevée (10-14%) et teneur en fibres alimentaires environ sept fois plus élevée (13-17%) par rapport à la farine de blé (García-Gómez et al., 2017).

La composition de la farine du gland est illustrée dans le tableau ci-dessous (Zarroug-Wederni, 2015).

Tableau 8 : Composition de la farine du gland (Zarroug-Wederni, 2015).

Composants	Valeurs
Cendres (%)	1,62
Humidité (%)	13,50
Protéines(%)	8
Glucides (%)	46
Gluten (%)	0
Lipides (%)	10
K (ppm)	3262
Ca (ppm)	5617
Na (ppm)	2371,5

La farine du gland présente une humidité faible (13,5%), la recherche de la teneur en eau à un intérêt commercial afin de limiter la durée de stockage ou la date limite de consommation. Elle ne contient pas de gluten (0%) ce qui explique la faible proportion en protéines (8%) comparée aux céréales. Ce produit alimentaire est très bon pour les gens qui souffrent de la maladie cœliaque. La teneur en huile de la farine du gland est de 10% (Zarroug-Wederni, 2015).

La farine du gland présente aussi une forte proportion de taux de cendres (1,62% MS). La forte proportion du taux de cendres est expliquée premièrement par le degré de pureté du produit à analyser, deuxièmement elle revient à la proportion des enveloppes présente dans le produit, car les glands sont plus vêtus en enveloppes que le blé (la matière minérale se concentre beaucoup plus dans les enveloppes). D'autres facteurs qui peuvent influencer le taux de cendres tels que : la variété, le stade de maturité des grains, les conditions de la mouture. La recherche de la teneur en cendres présente une importance réglementaire par la mesure du degré de pureté. La farine du gland présente des teneurs élevées en potassium (3262 ppm), calcium (5617 ppm) et sodium (2371,5 ppm) (Zarroug-Wederni, 2015).

II.3.Effet thérapeutique et usage alimentaire du gland de chêne vert

Au cours des dernières décennies, les études concernant l'extraction de composés phytochimiques à partir de produits naturels ont suscité un intérêt particulier. Cependant, il est généralement connu que lorsque des composés naturels aux propriétés biologiques sont combinés, plusieurs interactions peuvent se produire, provoquant des changements dans les

résultats attendus, produisant ainsi des effets synergiques, antagonistes ou additifs. Plusieurs outils pharmacologiques modernes ont été utilisés pour étudier la composition phytochimique et pour valider différents essais afin d'évaluer la bioactivité d'une grande variété de produits naturels **(Vinha et al, 2016)**.

Les composés phénoliques se distinguent comme les composés phytochimiques avec le plus grand nombre d'études rapportées sur les glands. De même, les activités antioxydantes et antimicrobiennes rassemblent le plus grand nombre d'études dédiées. Cependant, il existe un nombre considérable de publications consacrées à d'autres constituants chimiques et à leurs bioactivités **(Vinha et al, 2016)**.

Dans une étude particulière menée par S´anchez-Burgos et al. (2013) les activités antioxydantes et inhibitrices des fruits de gland ont été étudiées en utilisant 3 solvants différents (hexane, méthanol et eau). Les extraits aqueux ont montré l'activité antioxydante la plus élevée, telle que mesurée par les méthodes aux DPPH, Les extraits hexanique et méthanolique ont présenté la plus forte activité inhibitrice contre l'acétylcholinestérase, la butyrylcholinestérase, l' α -amylase et l' α -glucosidase **(Vinha et al, 2016)**.

De même, ces extraits ont montré les taux les plus élevés en polyphénols totaux et en flavonoïdes. Au contraire, l'eau s'est avérée être un meilleur solvant d'extraction des tanins, ce qui pourrait expliquer les meilleurs résultats obtenus avec des extraits aqueux dans une étude menée pour évaluer l'activité antioxydante des feuilles et glands (*Q. robur* et *Q. petraea*). Les mêmes auteurs ont signalé que les glands étaient de précieuses sources de composés phytochimiques pouvant être utilisés dans les industries alimentaire et pharmaceutique **(Vinha et al, 2016)**.

Toori et al. (2013) ont évalué l'activité antioxydante et les effets hépatoprotecteurs des extraits de glands sur les lésions hépatiques induites par le tétrachlorure de carbone chez le rat. Cette étude a montré que le chloroforme et les extraits méthanoliques et aqueux de la couche interne de fruits de chêne (cotylédons) présentaient une activité antioxydante élevée, telle que déterminée par les tests DPPH, ABTS et le pouvoir réducteur de fer. Cette étude a également suggéré d'autres études toxicologiques pour garantir l'utilisation potentielle du gland comme agent antimicrobien et antioxydant naturel **(Vinha et al, 2016)**.

Nourafcan et al. (2013) ont également signalé une activité antibactérienne efficace dans les extraits éthanoliques du gland contre *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli* et *K. pneumoniae*. Enfin, l'activité antibactérienne de différents extraits de *Q. ilex* a été évaluée contre 11 souches de référence et également dans une étude approfondie avec des extraits méthanoliques, où 55 espèces bactériennes ont été criblées **(Vinha et al, 2016)**.

Dans certains pays, les glands et autres parties aériennes des chênes ont été utilisés comme condiments et comme conservateurs alimentaires, en raison de leurs propriétés antimicrobiennes. Cette pratique traditionnelle a été validée scientifiquement, puisque l'extrait éthanolique de glands a présenté de bons résultats dans le contrôle de diverses espèces bactériennes (**Vinha et al, 2016**).

Le gland du chêne possède des index glycémique et insulinémique bas, ce qui le rend intéressant pour la protection contre l'augmentation du glucose sanguin après les repas (**Zarroug-Wederni, 2015**).

Les glands présentent aussi un effet anti- inflammatoire et anti-asthme, et ont un rôle dans la prévention de l'obésité, de la démence et des maladies du foie (**Pasqualone et al, 2019**). Ils sont aussi utilisés contre les maladies cardiovasculaires, le cancer, le VIH, et le diabète (**Zarroug-Wederni et al, 2015**).

En outre, en raison de l'absence de gluten, la farine du gland est proposée comme nouvel ingrédient pour la production d'aliments sans gluten, tels que le pain et les biscuits (**Pasqualone et al, 2019**).

Historiquement, de nombreuses cultures (amérindiennes, européennes, asiatiques ...) ont utilisé les glands comme un aliment de base très consommé: cru, bouilli, grillé sous forme d'huile, soupe, farine, café... Ils peuvent notamment être consommés à la manière des châtaignes grillées (**Zarroug-Wederni, 2015**). Les morceaux de glands sont excellents dans les soupes et les ragoûts (**Bainbridge, 1987**).

Dans certains pays méditerranéens, ils sont considérés comme des fruits comestibles et utilisés dans les glaces et autres desserts, boissons ou liqueurs, le pain, les gâteaux et le café (**Korus et al, 2015**). Les substituts du cacao ou du chocolat étaient également fabriqués à partir de glands torréfiés et moulus et de cacao. Un autre véritable sous-produit du gland est le miel de gland. Il est fabriqué par les abeilles à partir des sécrétions de glands immatures (**García-Gómez et al, 2017**).

Les glands sont aussi utilisés pour fabriquer de nougat, utilisé comme bonbon de Noël, qui consistait en un gland sucré, préalablement pelé, vert ou sec, placé à l'intérieur d'une figue séchée. Ils servent aussi pour élaborer une boisson, traditionnellement utilisée comme médicament principalement pour la diarrhée en faisant bouillir une poignée de glands séchés et décortiqués et pilée en morceaux de taille moyenne dans un demi-litre d'eau (**García-Gómez et al., 2017**). Une liqueur et une boisson épicée sont fabriquées aussi à base de glands (**Bainbridge, 1987 ; García-Gómez et al., 2017**).

Pour obtenir l'huile, les glands étaient écrasés et bouillis dans l'eau, de sorte que l'huile qu'ils contenaient était claire et flottait à la surface, d'où elle était recueillie. L'huile obtenue était destinée à la consommation familiale, à la friture ou aux lampes à huile. Jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, les glands étaient transformés pour produire de l'huile en tant que matière première pour l'industrie alimentaire. Aujourd'hui, l'huile n'est plus produite à un niveau industriel (**García-Gómez et al, 2017**). En Algérie, au Maroc et dans l'est des Etats-Unis, l'huile de gland a été utilisée comme huile de cuisson et comme baume pour les brûlures et les blessures (**Bainbridge, 1987**).

De plus, les alcools aliphatiques contenus dans l'huile de glands peuvent être appliqués industriellement comme émulsifiants, émoullients et épaississants dans les produits alimentaires et de soins personnels (**Vinha et al, 2016**).

En contre partie, les glands de chêne vert sont un élément majeur dans les systèmes d'alimentation de nombreuses espèces sauvages et animales méditerranéennes sangliers ou les écureuils, et sont aussi parfois donnés comme aliments aux cochons (**Valero-Galván, 2012**).

III.1.Glands comme aliment de substitution

L'étude des plantes sauvages alimentaires est en perpétuelle croissance pour valider leur consommation comme alternative à d'autres fruits agricoles ou comme nouvel ingrédient pour l'industrie alimentaire. Cette tendance de recherche actuelle a progressivement désigné les glands comme une ressource précieuse (**Vinha et al, 2016**).

Les glands étaient généralement reconnus pour leur grande importance dans 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. De plus, une augmentation de leur consommation peut avoir un impact positif aux niveaux social et économique (**Vinha et al, 2016**).

En général, ces fruits sont décrits comme un nouvel «aliment sain», contenant environ 48% à 50% d'amidon, 2% à 5% de protéines et généralement une faible teneur en matières grasses, présentant une valeur nutritionnelle plus élevée que les céréales. Leur teneur en amidon et autres glucides, ainsi qu'en fibres, protéines et vitamines (principalement A et E), permet de les utiliser comme une source importante d'énergie alimentaire (**Vinha et al, 2016**).

L'amidon du gland, en particulier, présente une consistance pâteuse élevée, permettant son utilisation comme ingrédient alimentaire, notamment comme agents épaississants et stabilisants. En fait, l'intérêt pour les nouvelles sources d'amidon s'est accru pour renforcer les applications industrielles. Pour cette raison, les glands pourraient être un ingrédient prometteur pour l'industrie alimentaire à fort potentiel d'utilisation commerciale (**Vinha et al, 2016**).

De plus, ce polysaccharide étant présent sous forme d'amidon résistant à un pourcentage élevé, il peut être très utile comme promoteur de croissance prébiotique, constituant une bonne alternative aux autres agents prébiotiques actuels tels que les fructo-oligosaccharides, l'inuline, les isomalto-oligosaccharides, le polydextrose, et lactulose (**Vinha et al, 2016**).

De nombreuses études ont été menées par des chercheurs à travers le monde dans le but de mieux exploiter et valoriser le gland de chêne et prouver sa place dans le marché,

notamment dans les industries agroalimentaires. Parmi les produits du gland les plus valorisés, sa farine.

III.2. Farines alimentaires

De nos jours, différentes sources végétales, y compris les graines, les tubercules et les pulpes de fruits, sont utilisées comme matière première alternative pour la production de farine ou comme ingrédient dans des produits alimentaires, tels que le pain et la pâtisserie **(Vinha et al, 2016)**.

La farine est le produit obtenu par broyage de l'endosperme de grains de céréales non cuits, généralement des grains de blé. Bien que la plupart des farines proviennent de céréales telles que le blé, l'orge ou le seigle, les farines peuvent être extraites du maïs, du riz, des pommes de terre, des haricots, des noix, des racines ou des pseudo-céréales comme le sarrasin, le sorgho, le quinoa, amarante ou mil **(Vizireanu et al, 2018)**.

En général, l'utilisation comestible de farines de différentes sources dépend fortement de leurs propriétés physico-chimiques et fonctionnelles. Les matériaux à base d'amidon ont suscité un intérêt considérable ces dernières années en raison de leur biodégradabilité et de leur faible coût. Comme indiqué précédemment, l'amidon est le principal composant des glands, constituant généralement plus de 50% de l'amande **(Vinha et al, 2016)**.

Selon Kaur et Singh (2007), la fonctionnalité est toute propriété d'un ingrédient alimentaire, sans tenir compte de sa valeur nutritionnelle, ce qui confère un effet avantageux sur son utilisation. La viscosité, la capacité de liaison à l'eau, les capacités d'émulsification et de moussage font partie de ces propriétés. En outre, la fonctionnalité des farines est liée aux composants chimiques déterminés par des facteurs phylogénétiques, les conditions post-récolte et les conditions du sol et du climat **(Vinha et al, 2016)**.

Kinsella (1979) et Prinyawiwatkul et al. (1997) ont souligné que les propriétés fonctionnelles des farines sont également contrôlées par les caractéristiques physico-chimiques des protéines et des constituants de l'amidon. Plusieurs études ont rapporté que la farine du gland est riche en fibres, en plus d'être une bonne source de minéraux (tels que P, K, Ca et Mg), qui ne sont pas disponibles dans la farine de blé **(Rakic et al, 2006)**.

Pour le développement de nouveaux produits à base de farine, leurs propriétés physiques et chimiques doivent être évaluées. Ceci est particulièrement important car il existe plusieurs nouvelles applications potentielles pour la farine du gland. Un exemple est l'importance significative de la farine du gland dans la production de produits de boulangerie

pour les consommateurs atteints de la maladie cœliaque, qui nécessite l'utilisation de matières premières présélectionnées sans protéines spécifiques (**Vinha et al, 2016**).

L'application de maïs, de riz, de plusieurs types de mil et de sorgho, ou de pseudo-céréales comme le sarrasin, l'amarante et le quinoa a déjà été décrite. Ces farines peuvent augmenter considérablement la valeur nutritionnelle des produits de boulangerie, notamment en ajoutant des protéines, des acides aminés essentiels, des vitamines, des macro et micro-éléments et des fibres alimentaires (**Vinha et al, 2016**).

De plus, l'utilisation d'amidon du gland peut également être envisagée dans de nombreuses autres applications industrielles au-delà de l'industrie alimentaire, comme dans le cas des industries du papier, des plastiques, du textile, de la pharmacie et des cosmétiques (**Vinha et al, 2016**).

Dans le cas des produits à base de farines autre que le blé, la teneur en constituants nutritionnellement importants dépend strictement de la formulation exacte. L'évolution démographique et les changements dans les habitudes culinaires ont conduit à la diversification des variétés de farine par l'introduction des différents aliments (**Vizireanu et al, 2018**).

III.2.1. Farine du gland de chêne

Le gland est un aliment négligé par les gens, le bétail, les volailles domestiques et la faune sauvage. Toutefois, les glands sont faciles à collecter, à stocker et à traiter. En plus de la noix et de la farine nutritive (**Bainbridge, 1987**), ses composants et ses sous-produits connaissent un regain d'intérêt grâce à leurs caractéristiques nutritionnelles et phytochimiques (**Makhlouf, 2019**). Les glands, une fois secs, étaient souvent moulus en farine (Figure 8), pour la consommation humaine, il s'agissait toujours des glands doux (**García-Gómez et al, 2017**).

Le broyage des glands en farine peut être effectué avec des fruits frais ou déshydratés, mais la conservation de la farine du gland obtenue à partir de fruits frais peut être difficile, car elle a une teneur élevée en humidité (environ 18%) (**Vinha et al., 2016**).



Figure 8 : Farine du gland (García-Gómez et al, 2017).

La farine du gland peut être substituée à la farine de maïs dans la plupart des recettes (Bainbridge, 1987). En raison de l'absence de gluten, et sa richesse en quantités importantes de minéraux, elle est particulièrement excellente pour la fabrication des biscuits (Rashid et al, 2014). Elle possède aussi un profil nutritionnel intéressant, riche en fibres et en lipides (notamment en acides gras insaturés). Ces faits font des farines du gland une matrice intéressante pour le développement de produits sans gluten (Silva et al, 2016 ;Pasqualone et al., 2019), d'ailleurs elle est excellente dans les soupes et les ragoûts (Bainbridge, 1987).

Le développement de ces nouveaux produits à base de farine du gland permet de les désigner comme un aliment fonctionnel, car ils peuvent être considérés comme une bonne source de composés biologiquement actifs. Cependant, et malgré le fait que la farine de glands présente de bonnes propriétés fonctionnelles et une bonne qualité sensorielle, qui peuvent être des facteurs importants pour son acceptabilité par les consommateurs, les informations disponibles sur ses nutriments et la composition chimique des glands sont loin d'être exhaustives. En conséquence, des recherches supplémentaires devraient être menées pour parvenir à une caractérisation complète de cette matière première, augmentant ainsi ses applications potentielles (Vinha et al, 2016).

Nous allons présenter ci-dessous, les travaux les plus importants qui ont traités l'utilisation de la farine du gland dans l'élaboration de plusieurs produits alimentaires (couscous, pains et gâteaux).

III.3. Travaux antérieurs sur la valorisation de la farine du gland

III.3.1. Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands

Doukani (2015) a réalisé une étude afin de comparer la qualité de deux types de couscous, l'un est préparé par la semoule de blé « Safina » et l'autre par la farine de gland de chêne. Les caractéristiques physiques (granulométrie, humidité, indice de gonflement, activité

de l'eau et indice de couleur), biochimiques (fibres alimentaires, taux de cendres, matière grasse et protéines) et microbiologiques (levures et moisissures, Clostridium sulfite réducteurs et germes totaux) des deux couscous ont été comparées. Les résultats obtenus ont montré que :

- ▶ Le couscous artisanal à base de glands a une structure plus homogène et une surface lisse par contre, le couscous industriel « Safina » est constitué de grains rugueux et a une forme hétérogène.
- ▶ Sur le plan physique, l' A_w du couscous à base de blé dur (0,615) est supérieur à celle du couscous aux glands (0,549) ce qui va augmenter sa durée de vie.
- ▶ L'indice de couleur a montré une coloration jaune plus prononcée pour le couscous « Safina », ce qui attire le consommateur.
- ▶ La qualité culinaire du couscous à base de blé dur (IG=3,43) est plus considérable que celle du couscous aux glands (IG=2,10). Cette différence est due à la faible hydratation au cours de la préparation du couscous des glands par contre la préparation du couscous industriel nécessite plus d'hydratation.
- ▶ Sur le plan biochimique, le couscous aux glands est plus riche en fibres alimentaires (3,13%MS), en cendres (1,54%MS) et en matière grasse (4,46%MS) que le couscous à base de blé dur (0,51%, 0,91% et 3,32%, respectivement). Par contre, le couscous à base de blé dur est plus riche en protéines (14,96%MS) que celui à base de glands (13,54%MS).
- ▶ Sur le plan microbiologique, les deux types de couscous sont conformes aux normes. Les dénombrements des levures et moisissures, des germes totaux et des Clostridium sulfite réducteurs ont montré des valeurs largement inférieures aux seuils déterminés par la réglementation.

III.3.2. Caractérisation biochimique et valorisation de la farine du gland de chêne vert en panification

La composition chimique, rhéologique et phytochimique de la farine du gland de chêne vert (*Quercus Ilex*) et d'évaluation de l'influence de l'incorporation de la farine du gland à différents taux d'incorporation (5%, 10% et 30%) dans la préparation du pain ont été déterminés par **Zarroug-Wederni et al .(2015)**.

Le gland montre une qualité nutritionnelle remarquable. L'étude de l'effet de l'incorporation de la farine du gland en panification a permis de constater des modifications de la farine boulangère sur le plan biochimique et rhéologique :

- ▶ L'humidité du mélange farine/gland diminue en augmentant la quantité de la farine du gland incorporée. Cela est expliqué par la forte capacité de la farine du gland d'absorber l'eau (taux d'hydratation très élevé).
- ▶ L'augmentation du taux d'incorporation de la farine du gland fait augmenter la composition minérale du mélange farine/gland.
- ▶ Une forte diminution dans le taux de gluten est observée lors de l'incorporation de la farine du gland, cela est expliqué par l'absence du gluten dans les grains des glands.
- ▶ Les résultats montrent que lorsque le taux d'incorporation de la farine du gland augmente, les paramètres alvéographiques diminuent.
- ▶ Plus le taux d'incorporation de la farine du gland augmente plus le temps de chute augmente.
- ▶ Le pain à 5% du gland à une structure plus homogène et une surface plus lisse par rapport aux pains à 10 et 30% de gland (Figure 9).

La description des caractéristiques sensorielles des pains et mies préparés par la farine du blé et la farine du gland est représentées dans le tableau 9.

Tableau 9 : Description sensorielle des pains à base d'un mélange farine boulangère-farine du gland (Zarroug-Wederni, 2015).

Pain	Croûte			Mie			Odeur
	Couleur	Texture	Epaisseur	Couleur	Texture	Epaisseur	
Farine boulangère	Brune dorée	Croustillante	Fine	Crémeuse	Alvéolée et élastique	Régulière	Agréable et prononcée
Pain à 5% farine du gland	Rougeâtre	Croustillante	Fine	Crème foncée à brunâtre	Alvéolée	Régulière	Agréable et prononcée
Pain à 10% farine du gland	Beige brunâtre	Croustillante	Peu épaisse	Crème foncée à brunâtre	Peu Alvéolée	Irrégulière	Agréable et prononcée
Pain à 30% farine du gland	Beige pâle	Dure et fissurée	Epaisse	Brune	Compacte	-	Agréable et prononcée



Figure 9 : aspect visuel des différents pains.

A:pain à base de farine boulangère, B: pain à 5% de farine du gland de chêne.
 C : pain à 10% de farine du gland de chêne, D : pain à 30% de farine du gland de chêne.

III.3.3. Effet des combinaisons farine de glands-eau sur les propriétés technologiques et structure du pain sans gluten

Skendi et al. (2018) ont étudié les propriétés nutritionnelles et physiques des pains sans gluten fait de la farine du gland et ont obtenu des produits finaux ayant de bonnes propriétés physico-chimiques, sensorielles et texturales. Les pains sans gluten ont été développés à partir de farine de riz et d'amidon de maïs avec addition de farine du gland à différentes proportions (5, 15, 25%).

Les découvertes les plus importantes de la présente étude sont :

- ▶ Les pains sans gluten enrichis de glands répondent mieux aux préférences sensorielles que les pains de riz en termes de couleur (la teinte brune a été améliorée) et ont également été améliorés sur le plan nutritionnel en termes de composés phénoliques totaux.
- ▶ Il a été observé que l'ajout de farine de glands diminuait significativement le volume spécifique des pains préparés avec la même quantité d'eau.
- ▶ L'augmentation de la concentration de la farine de glands a significativement diminué la surface cellulaire moyenne produisant une mie plus uniforme et plus dure.
- ▶ Il a été conclu que l'incorporation de farine de glands dans la recette de pain sans gluten en combinaison avec la teneur en eau appropriée pourrait donner un produit avec une meilleure couleur, un volume et une texture de mie améliorés ainsi qu'une quantité accrue de composés phénoliques.

III.3.4. Effet de la farine du gland sucré sur les produits de pâtisserie irakiens locaux

Rashid et al. (2014) ont incorporé de la farine de gland sucrée dans différentes proportions pour développer des produits de pâtisserie irakiens locaux (ku-licha) ayant des caractéristiques sensorielles intéressantes.

Les découvertes les plus importantes de leur étude sont:

- ▶ La farine du gland peut être utilisée pour fabriquer des produits de boulangerie et être le substitut de la farine de blé (utilisation de 15% en remplacement de la farine de blé).
- ▶ La farine utilisée a amélioré la qualité de la cuisson en termes de qualité des caractéristiques sensorielles.

- ▶ La farine du gland utilisée dans les produits de boulangerie (kulicha) possède un exhausteur de goût naturel qui peut être utilisé pour d'autres produits de boulangerie. C'est également un conservateur «naturel» qui empêche ou limite l'utilisation d'additifs.
- ▶ Il a été conclu que les tannins qui se trouvent en grande quantité dans la farine du gland sont efficaces pour inhiber la détérioration microbienne et cela conduit à une prolongation de la durée de conservation des produits de boulangerie.

III.3.5. Évaluation de la qualité, de la valeur nutritionnelle et de l'activité antioxydante des biscuits sans gluten à base de farine de maïs et de glands ou composites de farine de maïs

Korus et al. (2017) ont évalué l'effet de la substitution partielle de la farine de maïs par différents niveaux de farine de glands dans la formulation de biscuits et ont signalé la haute qualité nutritionnelle, antioxydante et sensorielle des produits contenant 40% de farine de gland.

Les points les plus importants de leur étude sont :

- ▶ Le remplacement partiel de la farine de maïs par la farine du gland a entraîné une réduction significative du volume des biscuits et une augmentation de leur dureté.
- ▶ Les biscuits préparés étaient significativement plus foncés que les témoins.
- ▶ La teneur en protéines des biscuits avec addition de farine du gland ne différait pas significativement par rapport aux biscuits témoins.
- ▶ La teneur en fibres alimentaires a augmenté avec l'ajout des farines de glands.
- ▶ La teneur en polyphénols totaux dans les biscuits avec addition de farine de gland a augmenté.
- ▶ Il a été constaté que la farine du gland a contribué à une grande amélioration de l'activité anti-oxydante des biscuits par rapport aux échantillons témoins.
- ▶ Il a été conclu que le taux de substitution de la farine maïs par celle de glands le plus favorable ne doit dépasser 40%.

III.3.6. Optimisation des formulations de muffins au gland (*Quercus suber* L.)

Dans une étude récente menée par **Masmoudi et al. (2020)**, la farine du gland était utilisée comme ingrédient sans gluten pour produire des muffins. Il a été noté que :

- ▶ Le volume des muffins a augmentée de manière significative lors de l'ajout de la farine de gland.

- ▶ L'ajout de la farine du gland a contribué à une augmentation de viscosité du muffin. La viscosité de la pâte a été liée à sa capacité à retenir l'air pendant la cuisson: faible consistance de pâte.

Dans la présente étude nous avons recensé et synthétisé l'ensemble des travaux de recherche qui ont traité la valorisation du gland de chêne. Il s'agit essentiellement de la possibilité de leurs applications dans le domaine alimentaire que ce soit au niveau industriel ou artisanal.

Nous avons au préalable conclu que les farines du 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.

En outre, l'ensemble des résultats obtenus par plusieurs recherches et investigations que nous avons rapportés nous confirme bien leurs diverses utilisations sous différentes formes et leur contribution à l'enrichissement de plusieurs denrées alimentaires (couscous, pains et gateaux) ce qui rend ces dernières plus riches et plus intéressantes sur le plan nutritif.

En continuité à ce travail, il serait intéressant de faire des tests de cuisson et des tests de dégustation pour mieux évaluer la qualité organoleptique surtout pour les pains aux glands. Il est important d'examiner la structure interne du pain au gland (amidon, protéines...). Toutefois, d'autres investigations maintiennent des réflexions concernant la fabrication des pâtes alimentaires, des gâteaux, des galettes, spécialement pour les personnes qui sont allergiques au gluten (malades cœliaques).

A

Ait saada D., Ait chabane O., Selselet-attou G., Boudroua K et Kedam R., 2017. Essais nutritionnels de la farine des glands en alimentation du poulet de chair (caractéristiques organoleptiques- biochimiques- digestives et diététiques). Salon National sur l'investissement dans le Domaine des forêts .p1-29.

Al-Rousan W.M., Ajo R.Y., Al-Ismail K.M., Attlee A., Shaker R. R. and Osaili T. M., 2013. Characterization of Acorn Fruit Oils Extracted from Selected Mediterranean Quercus Species. 554-560.

B

Bahmani Mahmoud., Forouzan Shirin., Fazeli-Moghadam Ezatollah., Rafieian Kopaei Mahmoud., Adineh Ahmad and Saberianpour Shirin, 2015. Oak (*Quercus branti*): An overview. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 7(1), p 634-639.

Bainbridge David A., 1987. Use of Acorns for Food in California: Past, Present, Future. Dry Lands Research Institute, University of California, Riverside. From the Selected Works of David A Bainbridge. Pp. 453-458.

Benia Farida., 2010. 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. Thèse de Doctorat d'état es- sciences. Université Ferhat Abbas. Sétif. 229 p.

Bernardo-Gil, M. G., Lopes, I. M. G., Casquilho, M., Ribeiro, M. A., Esquível, M. M., & Empis, J., 2007. Supercritical carbon dioxide extraction of acorn oil. The Journal of Supercritical Fluids, 40(3), 344–348.

Berrichi M., 2011. Détermination des aptitudes technologiques du bois de *Quercus rotundifolia* lamk et possibilités de valorisation. Thèse Doctorat en forestier. Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen Algérie, 149 p.

Bonfils M., 2012. Les glands de chêne. Las Encatadas011300 Festes ST. André. France.

Boudy P., 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord, Ed : librairie agricole, horticole, forestière et ménagères, Paris, 505p.

D

Dahmani-Megrerouche Malika., 2002. Typologie et dynamique des chênaies vertes en Algérie. Article forêt méditerranéennes t. XXIII, n° 2, p 117-132.

Doukani K, 2015. Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 13/ Juin 2015, Pages 02 à 11.

F

FRA (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).Rapport national, Algérie.2010.

G

García-Gómez, E., Pérez-Badía, R., Pereira, J., & Puri, R. K., 2017. The Consumption of Acorns (from *Quercus* spp.) in the Central West of the Iberian Peninsula in the 20th Century. *Economic Botany*, 71(3), 256–268.

H

Hubert François., 2013. Reconstructions phylogénétiques du genre *Quercus* à partir de séquences du génome nucléaire et chloroplastique. Thèse de doctorat, université de Bordeaux I, 285p.

K

Keller R., 1987. Différentes variétés de chênes et leur répartition dans le monde. École nationale du génie rural, des eaux et des forêts. Laboratoire de recherches sur les produits forestiers I.N.R.A. - C.R.F. 14, rue girardet, 54042 nancy cedex (france). *Connaissance Vigne Vin*, 21, N° 3, p191-229.

Korus Jaroslaw., Witzak Mariusz., Ziobro Rafał., Juszczak Lesław., 2015. The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. *Eur Food Res Technol*. DOI 10.1007/s00217-015-2417-y.

Korus, A., Gumul, D., Krystyjan, M., Juszczak, L., & Korus, J., 2017. Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites. *European Food Research and Technology*, 243(8), 1429–1438.

L

Lopes, I. M. G., & Bernardo-Gil, M. G., 2005. Characterisation of acorn oils extracted by hexane and by supercritical carbon dioxide. *European journal of lipid science and technology*, 107(1), 12–19.

M

Makhlouf, F. Z., Squeo, G., Difonzo, G., Faccia, M., Pasqualone, A., Summo, C., Barkat, M., Caponio, F., 2020. Effects of storage on the oxidative stability of acorn oils extracted from three different *Quercus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

Masmoudi, M., Besbes, S., Ali Bouaziz, M., Khlifi, M., Yahyaoui, D., & Attia, H., 2020. Optimization of acorn (*Quercus suber* L.) muffin formulations: Effect of using hydrocolloids by a mixture design approach. *Food Chemistry*, 127082.

P

Pasqualone, A., Makhlouf, F. Z., Barkat, M., Difonzo, G., Summo, C., Squeo, G., & Caponio, F., 2019. Effect of acorn flour on the physico-chemical and sensory properties of biscuits. *Heliyon*, 5

Pignone, D., & Laghetti, G., 2010. On sweet acorn (*Quercus* spp.) cake tradition in Italian cultural and ethnic islands. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57(8), 1261–1266.

Pujade-Villar Juli., Boukreris Fatima., Saimi Fethi., Bouhafs Fatima et Bouhraoua Rachid-tarik., 2010. Cynipidés gallicoles (Hymenoptera, Cynipidae) trouvées sur *Quercus suber* et *Q. faginea* dans le massif forestier de Hafir-Zarieffet (Tlemcen, Algérie) Et mise à jour de la connaissance des Cynipini algériens. *Articulo de investigacion*, 34 (1-2), p183-198.

R

Rakić S., Povrenović D., Tešević V., Simić M & Maletić R., 2006. Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 416–423.

Rashid Rafiq Mohamed Salih., Sabir Dlr Amin and Hawramee Othman K., 2014. Effect of sweet acorn flour of common oak (*Quercus aegilops* L) on Locally Iraqi pastry (Kulicha) products. *Journal of Zankoy Sulaimani-Part A, Special Issue*, Vol. 16, 2014. P 244-249.

S

Sarir Razika et Benmahioul Benamar., 2017. Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes (chêne vert, chêne liège et chêne zéen) cultivés en pépinière. *Agriculture and Forestry Journal*. Vol. 1, Issue 1, pp. 42-48.

Silva S., Costa E M., Borges A., Carvalho A. P., Monteiro, M. J., & Pintado, M. M. E., 2016. Nutritional characterization of acorn flour (a traditional component of the Mediterranean gastronomical folklore). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(3), 584–588.

Skendi, A., Mouselimidou, P., Papageorgiou, M., & Papastergiadis, E., 2018. Effect of acorn meal-water combinations on technological properties and fine structure of gluten-free bread. *Food Chemistry*, 253, 119–126.

V

Valero Galván., 2012. Variabilidad poblacional en encina (*quercus ilex* subsp. *ballota* (desf.) samp.): morfometría, espectroscopía de infrarrojo cercano y proteómica. tesis doctoral. universidad de córdoba. 179p.

Vinha, A. F., Barreira, J. C. M., Costa, A. S. G., & Oliveira, M. B. P. P., 2016. 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(6), 947–981.

Vizireanu Camelia., Istrati Daniela Ionela., Pricop Eugenia., Constantin Oana Emilia., Dima Felicia., 2018. Farine : production, variétés et nutrition. modern technologies, in the food industry. p 323.

Z

Zarroug-Wederni Youkabed., Mejri Jamel., Bouanzi Hanna., El felah Mouldi., Hassouna Mnasser., 2015. Caractérisation biochimique et valorisation de la farine du gland de chêne vert en panification. p1-9.

Références électroniques :

Anonyme 1: <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/fruits/gland.htm> (Biologie et Multimédia - UFR des sciences de la vie - Sorbonne université).

Résumé

Cette étude a été réalisée afin de synthétiser l'ensemble des travaux de recherche qui ont traité la valorisation du gland de chêne, un fruit inexploité en alimentation humaine, en le transformant en farine puis en divers denrées alimentaires. La farine du gland se caractérise par un profil nutritionnel intéressant. Plusieurs études ont révélé la richesse de la farine du gland en fibres et en lipides, l'absence de gluten a fait de cette farine une matrice intéressante pour le développement de divers produits sans gluten destinés aux consommateurs atteints des maladies cœliaques. Ces études apportent un nouvel éclairage sur la possibilité de l'incorporation de la farine du gland sous diverses formes pour la production et l'enrichissement des diverses denrées alimentaires. En raison de ces vertus nous encourageons les recherches sur cet aliment oublié et sa valorisation pour la production de farine ou comme ingrédient dans les produits alimentaires.

Mots clés : Gland de chêne, farine de gland, composition chimique, effets biologiques, valorisation

Abstract

This study was carried out in order to synthesize all the research work that has treated the valuation of the oak acorn, an untapped fruit in human food, by transforming it into flour and then into various foodstuffs. oak flour is characterized by an interesting nutritional profile. Several studies have revealed the richness of acorn flour in fiber and lipids, the absence of gluten has made this flour an interesting matrix for the development of various gluten-free products intended for consumers with celiac disease. These studies shed new light on the possibility of incorporating gland meal in various forms for the production and fortification of various foodstuffs. Because of these virtues we encourage research into other alternative raw materials, other than wheat, for the production of flour or as an ingredient in food products.

Key words: Oak acorn, acorn flour, chemical composition, biological effects, valuation.