

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

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

MASTER

Thème

*Effet du séchage du gland de chêne sur sa
composition chimique et ses activités biologiques*

Présenté par :

HADDADOU Sarah & DJEFFAL Yacine

Soutenu le : **29/06/2019**

Devant le jury composé de :

M ^{me} BOULEKBACHE-MAKHLOUF L	Professeur	Présidente
M ^{elle} BRAHMI F	MCA	Encadreur
M ^{me} FELLA S	MAA	Examinatrice

Année universitaire: 2018/2019

Remerciements

On tient à exprimer nos vifs remerciements et notre sincère gratitude à notre promotrice M^{elle} BRAHMI, qui a veillé au bon déroulement de ce travail et pour son suivi, ses conseils et ses remarques.

Notre reconnaissance va à l'égard de M^{me} Boulekbache pour l'honneur qu'elle nous a fait d'accepter de présider le jury.

Nos remerciements vont également à M^{me} FELLA pour l'honneur qu'elle nous a fait d'accepter de juger ce travail.

A M^{me} GUENDOZ pour sa gentillesse et sa générosité ainsi que toute l'équipe du laboratoire d'analyses instrumentales surtout à Sarah, Sana et les autres membres de 3BS .

M^r le directeur général des MOULINS DE LA SOUMMAM DE SIDI AICH de nous avoir accepté au sein de cette entreprise ainsi que tous le personnel, particulièrement M^{elle} KHALDI HASSIBA pour son suivi, sa coopération efficace et pour son soutien le long de notre stage pratique.

Nos vive gratitude à tous ceux qui ont participé de loin ou de près à l'élaboration de notre mémoire de fin de cycle.



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

***Ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour
à tous ceux qui m'ont soutenu dans mes périodes
difficiles***

***Ma très chère mère, femme courageuse, généreuse et pleine
d'amour, qui m'a toujours soutenu dans mes moments difficiles,
encouragée, choyée, même gâtée et à qui je dois ma sensibilité, et mon
courage.***

***A mon papa que je remercie de m'avoir transmis ce caractère de
Leader ainsi que cette forte personnalité.***

***A mes frères et sœurs pour leur aides et leur bonnes ambiances : LIZA,
DALIA ,YANIS et MAHDI.***

***Mes collègues du laboratoire d'analyses instrumentale et son
personnel,***

***A ma meilleure amie AMINA qui, malgré la distance me donne
beaucoup d'amour, de motivation, et de courage et qui me manque
énormément !***

***A ma choupinette DIHIA pour sa bonne humeur sa générosité et sa
fidélité qui me donne tant de force pour avancer***

***A ma très chère cousine NABILA, cette petite femme pleine d'ambition,
et qui est pour moi un exemple, celle qui a su m'encourager et me faire
part de ses expériences.***

***Toutes les personnes qui me sont chères, qui comptent dans ma vie,
qui m'ont aidé et marqué***

***Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce
travail.***

SARAH



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

***Ma mère et mon père qui m'ont aidé et permis d'en arrivé la
que Dieu me les garde***

A ma sœur

A ma famille

***Ainsi qu'à tous mes amis et à toutes les personnes qui ont participé de
prêt ou de loin à l'aboutissement de ce travail***

QLF

Yacine

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

I. Synthèse bibliographique

I.1. Aperçu sur l'histoire du gland de chêne	3
I.2. Définition	3
I.3. Aire de répartition du chêne.....	4
I.4. Variétés de chênes Algériens	5
I.4.1. Chêne liège.....	5
I.4.2. Chêne Zeen	6
I.4.3. Chêne kermès.....	7
I.4.4. Chêne Afarès.....	7
I.5. Chêne vert	8
I.5.1. Nomination et taxonomie du chêne vert	8
I.5.2. Caractères botaniques du chêne vert.....	8
I.5.3. Structure et caractéristiques anatomiques du gland de chêne vert.....	9
I.5.4. Composition chimiques du gland de chêne vert et sa valeur nutritionnelle	9
I.5.5. Intérêt nutritionnel du gland de chêne vert et effet thérapeutique	11
I.5.6. Usage du gland de chêne vert	12
I.5.7. Travaux antérieurs sur le chêne vert.....	12

II. Matériel et méthodes

II.1. Lieu et période du travail.....	13
II.2. Echantillonnage	13
II.3. Traitement des échantillons	13
II.4. Préparation des extraits bruts.....	14
II.5. Dosage des antioxydants	14

II.5.1 Dosage des polyphénols totaux	14
II.5.2 Dosage des flavonoïdes	15
II.5.3 Dosage des Tannins	15
II.6. Détermination du pouvoir antioxydant.....	16
II.6.1 Test de piégeage du radical libre DPPH [•] (2,2-diphényl 1-1picrylhydrazyl).....	16
II.1. Lieu et période du travail.....	13
II.2. Echantillonnage	13
II.3. Traitement des échantillons	13
II.4. Préparation des extraits bruts.....	14
II.5. Dosage des antioxydants	14
II.5.1 Dosage des polyphénols totaux	14
II.5.2 Dosage des flavonoïdes	15
II.5.3 Dosage des Tannins	15
II.6. Détermination du pouvoir antioxydant.....	16
II.6.1 Test de piégeage du radical libre DPPH [•] (2,2-diphényl 1-1picrylhydrazyl)	16
II.6.2. Pouvoir réducteur	17
II.7. Analyses physico-chimiques des poudres	17
II.7.1 Humidité ou teneur en eau (NF V 03-706).....	17
II.7.2. Taux de cendre (taux de la matière minérale) (NF V 03-720)	18
II.7.3. Dosage du gluten (ISO 7495)	18
II.7.4. Détermination de l'indice de sédimentation de ZELENY (ISO 3093 :1982)	19
II.7.5. Détermination de l'acidité grasse (NF V03-712)	19
II.7.6 Détermination de l'indice de chute de HAGBERG (NF V 03-703).....	20
II.8. Analyse sensorielle	21
II.8.1. Jurys.....	21
II.8.2. Questionnaires	21
II.8.3. Préparation de l'échantillon modèle et codage.....	22
II.9. Etude statistique.....	22
II.9.1. Pour l'analyse sensorielle	22
II.9.2. Pour les autres expériences.....	22

III. Résultats et discussion

III.1. Détermination du rendement d'extraction.....	23
III.2. Dosage des composés phénoliques	23

III.2.1. Dosage des polyphénols totaux	23
III.2.2. Dosage des flavonoïdes	25
III.2.3. Dosage des tannins	26
III.3. Activité antioxydante	27
III.3.1. Test au DPPH	27
III.3.2. Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium.....	29
III.4. Corrélation entre les différents paramètres d'activités antioxydants	31
III.5. Résultats des analyses physico-chimiques.....	32
III.5.1. Taux d'humidité.....	32
III.5.2. Taux de cendre.....	33
III.5.3. Taux de gluten.....	34
III.5.4. Indice de chute de HAGBERG (faling number).....	34
III.5.5. Indice de Zeleny.....	35
III.5.6. Acidité grasse.....	35
III.6. Analyse sensorielle.....	36
III.6.1. Caractérisation de produit.....	36
III.6.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP).....	39
III.6.3. Cartographie de préférence PREFMAP.....	41
Conclusion et perspectives.....	43
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des abréviations

AGPI: Acide Gras Polyinsaturé

AGMI: Acide Gras Mono Insaturé

AL: Aire Libre

BSA: Sérum Albumine Bovine

DPPH: 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

EAG: Equivalant Acide Gallique

EAT: Equivalant Acide Tannique

EQ: Equivalent Quercétine

IC₅₀: Concentration Inhibitrice à 50%

MG: Matière Grasse

MM: Matière Minérale

MS: Matière Sèche

PM: Poids Moléculaire

pH: Potentiel d'Hydrogène

SDS: Sodium Dodecyl Sulfate

TCA: Acide TrichlorAcétique

TEA: Triéthanolamine

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Situation du genre Quercus dans le monde.	4
02	Répartition géographique du chêne vert en Algérie.	5
03	Différent parties du chêne vert.	9
04	Coupe longitudinale dans un gland de chêne pédonculé.	9
05	Comparaison de la valeur nutritionnel entre le maïs le riz et le gland de chêne pour une portion de 100 g.	11
06	Cueillette des glands du chêne vert.	13
07	Différentes étapes du traitement du blanc de gland du chêne en farine.	14
08	Forme libre et réduit de DPPH.	16
09	Teneurs en polyphénols totaux des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures.	23
10	Teneurs en flavonoïdes des échantillons du gland de chêne séchés à différentes températures.	25
11	Teneurs en tannins des différents extraits d'échantillons du gland de chêne séché à différentes températures.	26
12	Inhibition du radical DPPH [*] exprimée en IC ₅₀ (µg/mL) des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures.	28
13	Effet de la concentration sur le pouvoir réducteur des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures	29
14	IC ₅₀ (µg/mL) de pouvoir réducteur des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures.	30
15	Taux d'humidité des échantillons du gland de chêne séchés à différentes températures.	32
16	Taux de cendres des échantillons du gland de chênes séchés à différentes températures.	33
17	Comparaison entre les couleurs des fractions minérales de la farine du gland du chêne vert (A) et du blé tendre (B).	34

18	Pouvoir discriminant par descripteur.	37
19	Coefficient des modèles des deux échantillons de gâteaux 1et 2.	38
20	Corrélation entre les variables et les facteurs.	40
21	Profil des classes créées.	41
22	Carte de préférence PREFMAP	42

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Classification botanique des espèces du chêne.	5
II	Dénomination et photographies de différentes parties du chêne liège.	6
III	Dénomination et photographies de différentes parties du chêne Zeen.	6
IV	Dénomination et photographies du chêne Kermès.	7
V	Dénomination et photographies du chêne Afarès.	8
VI	Composition chimique du gland de chêne vert.	10
VII	Composition du gland de chêne vert en acide gras.	11
VIII	Rendements d'extraction par l'éthanol 40%, v/v des échantillons séchés à différentes températures.	23
IX	Coefficients de corrélation entre les différents tests effectués.	31
X	Indice de chute de la farine de gland séché à différentes températures.	34
XI	Indice de Zeleny pour les échantillons du gland de chêne séchés différentes température.	35
XII	Résultats des teneurs en matière grasse des échantillons du gland de chêne traités thermiquement.	35
XIII	Moyenne ajustées par produits	39

Introduction

En tant que source énergétique et protéique, les aliments à base de blé demeurent la principale nourriture des humains. La fabrication de produits issus de blé et spécialement le blé dur tels que les semoules, pâtes alimentaires, couscous industriel...etc. est répandue dans l'industrie agroalimentaire (**Bar, 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 (**Camara 1992**).

Le fruit du chêne, appelé le gland, fait partie des aliments oubliés. Autrefois considéré comme la nourriture des pauvres, avant la généralisation des céréales, le pain à base de ce fruit pulvérisé a constitué la nourriture privilégiée de la population européenne (**Rakić et al., 2006**), mais il n'est maintenant consommé que dans un petit nombre de pays.. Les analyses approximatives ont révélé la composition chimique de glands pour être 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.

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 dans les produits alimentaires.

Dans le but de mieux exploiter les principes actifs et la conservation des produits naturels il est favorable de les traiter à des températures adaptées, en effet Le séchage des aliments est une technique très importante pour l'industrie alimentaire et offre des possibilités de développement d'ingrédients, de principes actifs et de nouveaux produits pour les consommateurs. Ces dernières années, de nombreux progrès technologiques ont été réalisés associé au séchage industriel des aliments (**Moses et al., 2014**).

Nous sommes aussi appelés en réalisant ce travail à répondre à une problématique d'importance majeure : Quelle est la température du séchage qui va mieux conserver les composants du gland de chêne et est-ce que les produits préparés à base de la farine obtenue peuvent être appréciés par le dégustateur ? et peut-il être une initiative pour remplacer les produits faits à base de blé ?

Par conséquent, pour réaliser cette étude deux volets vont être traité:

Le premier porte sur une synthèse bibliographique qui va nous permettre d'avoir, entre autre, un aperçu sur l'échantillon choisi dans cette étude.

Le deuxième sur la partie pratique qui est scindée en matériel et méthodes où va être décrite la démarche expérimentale suivie, et la partie résultats et discussion qui va traiter et interpréter les données obtenues. Dans cette partie, des échantillons des glands de chêne vont être séché à différentes températures : à l'air libre, 30, 40, 50 et 60 °C afin de connaître l'effet du traitement thermique sur sa composition phénolique, son activité antioxydante et sa valeur nutritionnelle. La poudre obtenue va être ensuite utilisée pour l'élaboration d'un produit alimentaire fini (gâteaux secs),

Ce travail va être ensuite terminé par une analyse sensorielle et une conclusion et de futures perspectives.

Synthèse bibliographique

I.1. Aperçu sur l'histoire du gland de chêne

D'après **De Hingh (2000)** dans le préhistorique des communautés agricoles, les glands ont pu jouer un rôle de nourriture substituée ou réservée pour les mauvais temps, ou pour les urgences, en cas de manque de céréales, parfois mélangés avec ces dernières. Les croyances, l'économie et la culture des groupes humains sont souvent fondées sur des matières premières locales dominantes. D'ailleurs, c'est la culture du chêne qui a dominé la culture du bouleau chez les amérindiens des grands lacs aux USA (**Karg et Haas, 1996**). Les récits Celtes sont les plus nombreux (grec "drûs" = druide = chêne), mais toutes les autres régions utilisèrent le chêne, tant pour le tannage que pour l'alimentation. Entre le XI^{ème} et le XIV^{ème} siècle, la population mangeait du pain de seigle, d'orge ou d'avoine quand le blé se faisait rare. Quand le volume du pain était insuffisant, un tiers d'argile et de la paille est ajouté à la farine. C'était ce qui s'appelait les "pains de famine". La farine du gland était utilisée dans les régions très forestières et montagneuses (**Rakić et al., 2006**) pour la plupart toxiques car ils contiennent des tanins. Il faut donc les extraire avant de les broyer en farine, deux recettes ont été utilisées tel qu'il a été décrit par **Smith et Huron, 1923**: la première consiste à enfermer les glands concassés dans un sac en toile de jute (ou toute autre fibre laissant passer l'eau) et de plonger le sac dans une rivière, sans oublier de poser quelques pierres dessus, trois jours plus tard, les glands, lavés par la rivière, ne devraient plus être amers et donc comestibles. L'autre recette, plus rapide, consiste à jeter les glands concassés dans une marmite remplie d'eau et de porter à ébullition. Peu à peu, l'eau se teintera d'une couleur marron. Quand la couleur ne change plus, l'eau n'est jetée et l'opération est recommencée. Et ce, autant de fois que nécessaire pour que l'eau reste claire, il faut compter trois ébullitions.

I.2. Définition

Le chêne est le nom vernaculaire de nombreuses espèces d'arbres et d'arbustes appartenant au genre *Quercus*, et à certains genres apparentés de la famille des Fagacées. Il est l'un des genres forestiers les plus riches avec 200 à 600 espèces (**Bussotti et Grossoni, 1998**). Leur interprétation taxonomique précise est souvent délicate en raison des nombreuses formes intermédiaires résultant de l'introgression entre espèces (**Kremer Antoine et al 2002**). Divers représentants du genre *Quercus* jouent un rôle plus ou moins important dans la constitution des forêts méditerranéennes (**Kremer et al., 2002**).

I.3. Aire de répartition du chêne

Le chêne (*Quercus*) occupe une place remarquable parmi tout 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 1).



Figure 1 : Situation du genre *Quercus* dans le monde (Romuald, 2007).

Ce genre compte plusieurs espèces dont les plus dominantes sont le chêne vert (*Quercus ilex*) et le chêne liège (*Quercus subert* L) (Solymos, 1993).

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'immense territoires au Portugal et en France méridionale, en Italie, en Grèce et s'étend jusqu'à la mer adriatique, et apparait sous forme de peuplements discontinus au proche orient et forme enfin un cercle au Maghreb où il devient prépondérant surtout au Maroc (Barbero et Loisel, 1980).

En Algérie, le chêne vert (*Quercus ilex*) occupe une place importante et s'étend sur la frange nord à partir des piémonts sud de l'atlas saharienne. Son aire de répartition est subdivisé en six (06) régions dont: l'Orano-marocaine ; Atlas saharien et des hauts plateaux ;

Algéro-tunisiens ; plateaux constantinois et des autres ; Kabylie et Algéro-ouarsénienne (Letreuch-Belarouci, 1991) (Figure 2).

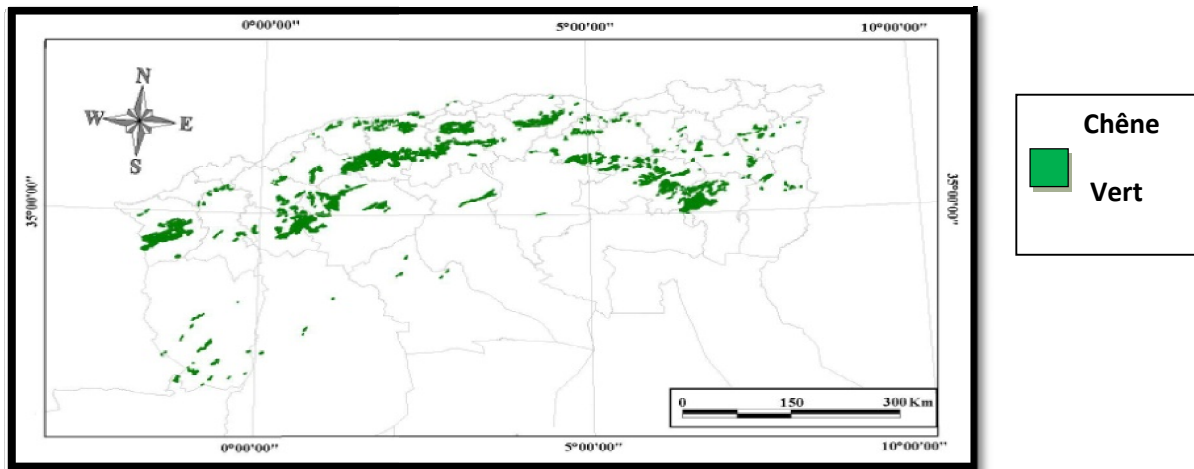


Figure 2. Répartition géographique du chêne vert en Algérie (Letreuch-Belarouci, 1991).

I.4. Variétés de chênes Algériens

En Algérie, les chênes (vert, liège, zeen, kermès et afarès) représentent un capital forestier, ils couvrent des superficies étendues notamment dans le Nord et le Nord-Est, soit environ 40% de la forêt Algérienne (Alatou, 1994).

La classification botanique de ces chênes est donnée par Quezel et Santa (1962, 1963) comme le montre le tableau suivant :

Tableau I : Classification botanique des espèces du chêne (Quezel et Santa, 1962, 1963).





Classification
<p>Embranchement : Trachéophytes Sous embranchement : Pteropsides Classe : Angiosperme Sous classe: Fagales Famille : Fagaceae Genre : Quercus Espèce : <i>Quercus suber</i>, <i>Quercus faginea</i>., <i>Quercus coccifera</i> L., <i>Quercus afares</i> Pomel, <i>Quercus ilex</i></p>

I.4.1. Chêne liège

Le chêne-liège (*Quercus suber*) est un arbre à la cime arrondie et au feuillage persistant. Il produit une écorce épaisse de liège et ses feuilles sont ovales. Le feuillage est vert foncé sur le dessus et grise en-dessous. Il est assez rustique et va jusqu'à 22 mètres de

hauteur (**Barbero et Loisel, 1980**). La dénomination et les photographies des différentes parties sont illustrés dans le tableau suivant :




Tableau II : Dénomination et photographies de différentes parties du chêne liège.

Dénomination			
<p>Nom commun : -Français : Chêne liège -Anglais : Cork-Oak, Cork Tree -Arabe : El Fernane Nom vernaculaire en Algérie : Fernane (Younsi, 2006)</p>			
Photographies de différentes parties			
			
tronc	gland	feuilles	arbre

I.4.2. Chêne Zeen

Le chêne Zeen (*Quercus faginea*) possède des feuilles caduques et un gland de maturation annuelle (**Boudy, 1950**). La dénomination et les photographies de différentes parties sont illustrées dans le tableau III.




Tableau III : Dénomination et photographies de différentes parties du chêne Zeen.

Dénomination		
<p>Nom commun : -Français : Chêne zeen -Arabe : Zen Nom vernaculaire en -Algérie : Zehn, Techt</p>		
Photographies de différentes parties		
		
arbre	feuilles	glands

I.4.3. Le chêne kermès

Arbuste de petite taille (max 2-3m), parfois confondu avec le houx ou le chêne vert, en buisson, poussant dans les terrains ouverts, pierreux, calcaires, et donc en particulier dans la garrigue. Il présente des feuilles coriaces et piquantes, d'un vert luisant, et les cupules des glands sont couvertes d'écaillés aigües et redressées (Dobignard A. et Chatelain C., 2010), ses caractères botaniques et son nom vernaculaire figure dans le tableau suivant :




Tableau IV: dénomination du chêne Kermès

Dénomination		
<p>Nom commun : Chêne kermès, Chêne des garrigues. Nom anglais : Kermes oak Nom arabe : Qirmiz Nom vernaculaire en Algérie : Kerrouch el Kermès, (Dobignard A. et Chatelain C., 2010) Nom scientifique : <i>Quercus coccifera</i> L.</p>		
Photographies de différentes parties		
		
feuilles	gland	arbre

I.4.4. Le chêne Afarès

Le chêne Afarès, est un arbre à feuillage caduc de la famille des Fagacées, du genre *Quercus*, endémique d'Algérie et de Tunisie. Le nom vernaculaire arabe, Afares, . (Boudy ., 1955) Les caractères botaniques ainsi que sa classification taxonomique figure dans le tableau qui suit :

Tableau V : classification et caractères botaniques du chêne Afarès

Dénomination		
<p>Nom scientifique : <i>Quercus afares</i> Pomel (Boudy P., 1955)</p> <p>Nom commun :</p> <p>-Français : <i>Chêne afarès</i></p> <p>-Arabe : Ballout el afrass</p> <p>Nom vernaculaire en Algérie :</p> <p>Afares, Afarez, Afaris</p>		
Photographies de différentes parties		
		
Arbre	feuilles	gland

I.5 Chêne vert

En Algérie, le chêne vert (*Quercus ilex*) est l'une des essences forestières les plus importantes

I.5.1 Nominatation et taxonomie du chêne vert

Dénoté le chêne vert et en Anglais evergreen oak, *Quercus ilex* L. ou bien *Quercus rotundifolia* Lamk, a interminablement constitué un problème taxonomique, après l'individualisation sur la base de fruits de deux variétés dont une *genuina* P, à gland amères et une *ballota* à gland doux, la distinction des deux taxons: *Quercus ilex* L. et *Quercus rotundifolia* Lamk a été dans un premier temps fondée sur les critères morphologique notamment (**Dahmani, 1997**). Pour *Quercus ilex* L : les feuilles sont étroites or que pour *Quercus rotundifolia* Lamk les feuilles sont plus larges.

I.5.2 Caractères botaniques du chêne vert

L'arbre du chêne vert dispose d'un tronc court et d'un houppier très développé et globuleux. Son écorce est grise et lisse (**Boudy,1950**). Ses feuilles persistantes, alternes, coriaces et mesurant de 3 à 9 cm, ont une marge dentée ou lisse, parfois à bord enroulé et avec un pétiole court et vert foncé. Ces feuilles sont luisantes sur le dessus, pubescentes et blanchâtres en dessous, il s'agit d'une espèce monoïque, comprenant des fleurs unisexuées,

les mâles étant de petits chatons, ses fruits sont des glands bruns, mesurant entre 1 et 3 cm de longueur (Figure3) (Haichour, 2009).



Figure 3 : différent parties du chêne vert (anonyme .1)

I.5.3 Structure et caractéristiques anatomiques du gland de chêne vert

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 embryon composé d'une radicule, d'une tigelle et d'une gemmule (Figure 3). (Anonyme .2).

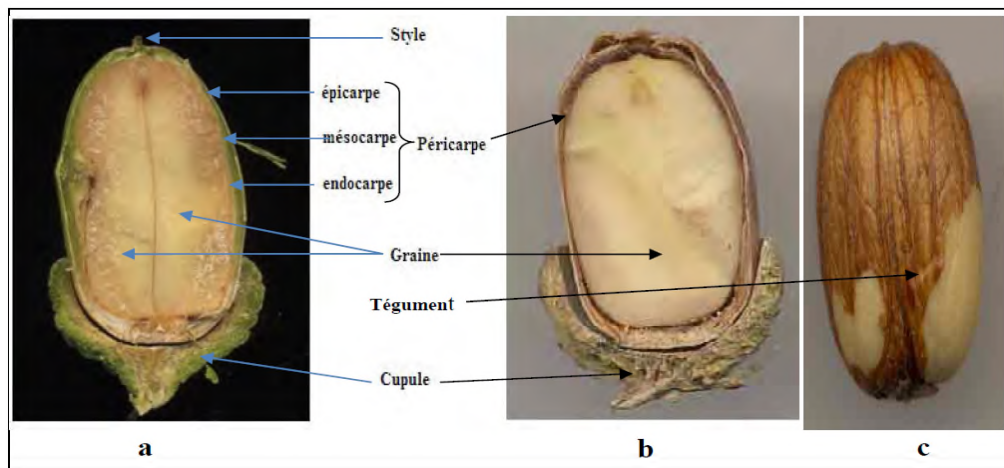


Figure 4: Coupe longitudinale dans un gland de chêne pédonculé (a : montrant les deux cotylédons de la graine, b: passant entre les cotylédons et montrant l'axe embryonnaire : graine isolée. Une partie de son tégument a été enlevée).

I.5.4 Composition chimiques du gland de chêne vert et sa valeur nutritionnelle

Le gland de chêne vert constitue une source nutritionnelle très importante pour les ruminants et la volaille, c'est un aliment énergétique vu sa richesse en amidon, il est riche en

vitamine A et C et pauvre en vitamine B1, B2, qui sont respectivement de 2,1 mg/kg et 0,8 mg/kg (Foudhil, 1990).

Le tableau suivant nous montre la composition chimique globale du gland de chêne vert.

Tableau VI : Composition chimique du gland de chêne vert (% de MS).

Composition chimique	Eau	MS	MM	Amidon	Protéine	MG	Tanins	Sucre reducteur	Référence
Glands de chêne vert	35,58	64,42	1,92	57	5,93	11	8,8	3,67	Belarbi,1990
	43	57	2.21	45	5,11	7,5	8,5	7,67	Foudhil, 1990
	36,64	63,36	1,65	45,47	5,31	8,98	8,95	2,62	Boudroua, 1995

Le gland de chêne vert est riche en calcium, en potassium, fer et en sodium, et contient des traces de magnésium, possède un index glycémique et insulémique bas, ce qui le rend intéressant pour la protection contre l'augmentation du glucose sanguin après les repas (Belarbi 1990).

Les tanins 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, 1992). Les effets antinutritionnels des tanins semblent dépendre de leurs degrés de polymérisation (kaysi et Melcion, 1992).

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 (Cheftel, 1980 ; Scalbert et Haslam, 1989).

La teneur en tanins dans l'espèce *Quercus ilex* (chêne vert) varie de 0.70 à 8.90% (MS) (Ait Saada, 1997 ; Boudroua 1995 ; Kekor et Kaukios, 1985). 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).

La teneur en matière grasse du gland de chêne vert rapportée par la littérature est très variable (Tableau VII). 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 (Boudroua 1995). L'analyse des acides gras a montré que les lipides du gland de chêne vert contiennent 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 ω_3 et ω_6 qui sont indispensables à la vie avec un rapport AGPI/AGS de 1,07 (Benguettaf, 2012).

Le tableau ci-dessous illustre la teneur en pourcentage en acides gras selon la littérature.

Tableau VII : Composition du gland de chêne vert en acide gras (% de MG) (Bouderoua Belarbi, 1990 ; Benguettaf, 2012).

Acide gras	Oléique	linoléique	palmitique	Stéarique	Linoléinique	Palmétoléique
Teneur en %	48-63	16,5-17	12,1-13	3-6	1-5	<0,5
	66,8	13,5	18,4-23	-	-	0,1

I.5.5. Intérêt nutritionnel du gland de chêne vert et effet thérapeutique

Autrefois, la farine faite à partir de glands était très utilisée, elle servait à donner de l'embonpoint aux femmes et permettait une bonne croissance aux 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 Kinsey, 1943).

Il est aussi plus riche en calories que le blé ou le maïs (figure5) (Dunham, 2009), ce qui le rendrait très intéressant pour aider les peuples malnutris à travers le monde.

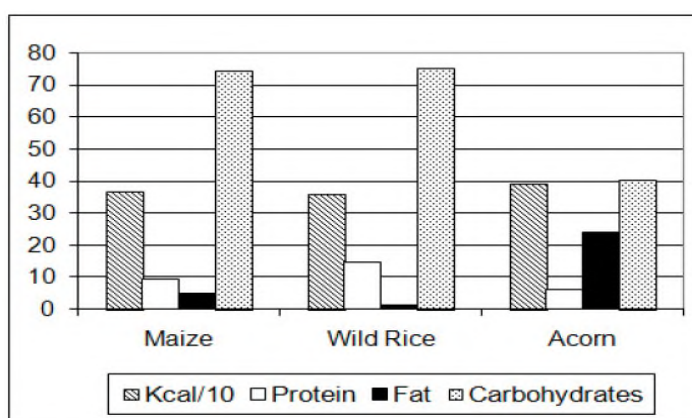


Figure 5. Comparaison de la valeur nutritionnel entre le maïs le riz et le gland de chêne pour une Portion de 100g (Kcal= kilocalories /10) (Dunham, 2009).

I.5.6 Usage du gland de chêne vert

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 (**Kheddam, 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 (**Kheddam, 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 (**Anonyme 2**).

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.5.7 Travaux antérieurs sur le chêne vert

L'analyse phytochimique de différentes parties de l'arbre du chêne *Quercus* a été l'objet de quelques études via la composition du fruit en acides gras, en acides aminés et dosage quantitatif des protéines, en éléments minéraux et en fibres de l'amidon (**Salmon,**

2004). En outre, les résultats d'une étude sur les feuilles de l'arbre de chêne ont montré qu'elles sont riches en acide quinique libre et en acide shikimique (**Equipe de recherche associée au C.N.R.S, 1973**). En outre, l'écorce des chênes qui renferment les tanins sert à la fabrication de produits cosmétiques et surtout dans le tannage du cuir (**Dilem, 1982**). Les glands du chêne vert produisent aussi une quantité suffisante d'alcool qui peut être employé notamment dans les moteurs à explosion (**Camus, 1945**).

Matériels et Méthodes

II.1. Lieu et période du travail

Le présent travail a été réalisé dans sa majorité dont les tests analytique et biochimique au niveau du laboratoire d'analyses instrumentales de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Bejaia par contre les analyses physico-chimiques ont été réalisés au sein de la filiale les moulins de la Soummam du groupe Agrodive à Sidi Aiche.

II.2. Echantillonnage

Les glands du chêne vert (*Quercus ilex*) proviennent du village Larbaa commune de Chemini de la Wilaya de Bejaia. Ils ont été cueillit manuellement et au hasard dans différents champs et différents arbres (Figure) en mois de décembre, puis trié afin d'éliminer ceux qui présentent des blessures ou de trous.



Figure 6 : Cueillette des glands du chêne vert

II.3. Traitement des échantillons

Les glands du chêne ont été bien lavés soigneusement à l'eau afin de se débarrasser de la terre. Ils sont ensuite, épluchés pour séparer les écorces, et les débarrasser de leurs enveloppes et enfin ils ont été découpés en petits morceaux afin de faciliter leur séchage.

Le séchage a été réalisé à différentes températures dans une étuve ventilée qui sont 30, 40, 50, et 60 °C. En parallèle, une quantité de gland a été séchée à l'aire libre à la température du laboratoire (environ 25 °C),

Ensuite les blancs du gland de chêne séchés ont été concassés à l'aide d'un mortier, broyés au broyeur électrique afin d'obtenir une farine, puis passés par un tamis 250 µm de porosité afin de garder la même granulométrie pour toute les poudres obtenues (Figure 6).

Les farines ont été séparées selon les températures du séchage et mises dans des sacs hermétiques bien fermés pour qu'ils n'absorbent pas de l'humidité, puis conservées à température ambiante et à l'abri de la lumière.



Figure 7 : Différentes étapes du traitement du blanc de gland du chêne en farine.

II.4. Préparation des extraits bruts

Une quantité de 5 g de poudres de chaque échantillon est macérée dans 100 mL d'éthanol 40% en utilisant une plaque d'agitation à 500 rpm pendant 24 h. Après filtration, les solutions ont été évaporées à sec dans une étuve à 40 °C. Les résidus secs pesés sont reconstitués par le solvant correspondant et les extraits obtenus sont conservés dans des flacons ombrés en verre dans un réfrigérateur à -4 °C jusqu'à utilisation ultérieure (**Brahmi et al., 2012**).

II.5. Dosage des antioxydants

II.5.1 Dosage des polyphénols totaux

- **Principe**

Les polyphénols totaux ont été déterminés par spectrophotométrie en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu. Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué d'un mélange de deux acides: acide phosphotungstique $H_5O_{41}PW_{12}$ et acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols pour former un complexe bleu stable d'oxydes de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximum est au voisinage de 760 nm, est proportionnelle à la quantité des composés phénoliques présents dans les extraits végétaux (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

La quantification des polyphénols totaux a été faite à l'aide d'une courbe d'étalonnage à différentes concentrations d'acide gallique (**Annexe 3.1**) et sont exprimées en milligramme (mg) équivalent d'acide gallique par gramme (g) du poids de la matière sèche (mg EAG/ g MS).

- **Protocole**

La méthode adoptée pour le dosage des composés phénoliques totaux est celle décrite par **Dorman et ses collaborateurs (2003)** en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Un volume de 100 µL de chaque extrait dilué avec l'éthanol 40% est introduit dans des tubes à essais, le mélange (6 mL d'eau distillée, 500 µL de Folin-Ciocalteu et 1,5 mL de carbonate de sodium à 20%) est ajusté à 10 mL avec l'eau distillée. Les tubes sont agités à l'aide d'un vortex et incubés pendant 2 h. L'absorbance est mesurée à 760 nm en utilisant un spectrophotomètre UV/ Vis.

II.5.2 Dosage des flavonoïdes

- **Principe**

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (**Ribéreau-Gayon et al., 1972**).

- **Protocole**

La méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) citée par **Djeridane et al. (2006)** est utilisée pour quantifier les flavonoïdes totaux dans les extraits de chaque échantillon.

Un volume de 1 mL d'extrait dilué est mélangé avec le même volume de la solution de trichlorure d'aluminium à 2%, l'ensemble est agité à l'aide d'un vortex puis incubé à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 15 minutes, après incubation, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 430 nm contre un blanc.

La teneur en flavonoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage préparée avec la quercétine par gramme (g) du poids de la matière sèche (mg EQ/ g MS) (**annexe 3.2**).

II.5.3 Dosage des Tannins

- **Principe**

Les Tannins ont la propriété de précipiter les protéines (**Guignard, 2000**). Le principe de cette méthode est basé sur la formation du complexe tannin-protéines. L'utilisation de la BSA (albumine du sérum de bœuf) dans le dosage des tannins en milieu acide, permet de séparer ces derniers des autres polyphénols présents (**Ribéreau –Gayon, 1968**).

Le complexe ainsi formé : chlorure ferrique-tannins, est déterminé par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 510 nm (**Hagerman et al., 1978**).

- **Protocole**

Un volume de 0,5 mL de la solution BSA est ajouté à 0,5 mL de chaque extrait. Après agitation et incubation pendant 24 heures à 4°C, le mélange est centrifugé à 14000 tours /minutes pendant 15 minutes. Le surnageant est ensuite jeté, le précipité est dissout dans 2 mL de la solution SDS/TEA et additionné de 0,5 mL de chlorure ferrique (FeCl₃). L'absorbance est mesurée à 510 nm.

La concentration en tannins est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide tannique (**Annexe 3.3**).

II.6. Détermination du pouvoir antioxydant

Le pouvoir antioxydant est estimé par deux approches: l'activité anti-radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur.

II.6.1 Test de piégeage du radical libre DPPH[•] (2,2-diphényl 1-picrylhydrazyl)

- **Principe**

Le radical DPPH[•] (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl) 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 8). L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (**Sanchez-Moreno et al., 1998**).

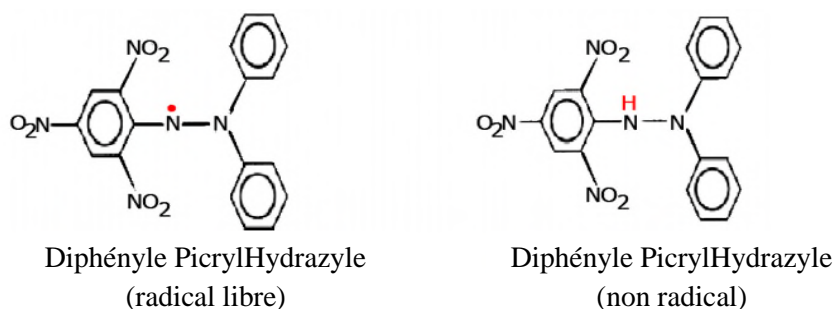


Figure 8: Forme libre et réduit de DPPH (Molyneux, 2004).

- **Protocole**

A un volume de 2000 µL de différentes dilutions, 150 µL de la solution du radical 2-2-diphényl 1-picryl-hydrazyl (DPPH) sont ajoutés. L'absorbance est mesurée à 517 nm après une incubation de 60 min à l'obscurité (**Boskou et al., 2006**).

Le pourcentage d'inhibition des radicaux libres DPPH* (%I) a été calculé selon la formule:

$$\%I = (1 - \text{Absorbance échantillon} / \text{Absorbance Blanc}) \times 100$$

II.6.2. Pouvoir réducteur

- **Principe**

Le pouvoir réducteur mesure l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique du complexe ferricyanure – Fe³⁺ en fer ferreux. Cette réduction se traduit par une coloration verte dont l'intensité est proportionnelle au pouvoir réducteur (**Zhan et al. 2006**)

- **Mode opératoire**

Le protocole décrit par **Zhan et al. (2006)** a été utilisé; 1 mL de chaque extrait à différentes concentrations est ajouté à 2,5 mL du tampon phosphate (0,2 M, pH 7) auquel sont ajoutés 2,5 mL de ferricyanure de potassium (1%) ; le mélange est incubé à 50°C pendant 30 min. Après l'incubation 2,5 mL d'acide trichloro-acétique (10%) ont été introduits. Enfin, 2,5 mL du mélange sont ajoutés à 2,5 mL d'eau distillée et 0,5 mL de chlorure ferrique (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm, Les résultats sont exprimés en µg/mL en utilisant une courbe d'étalonnage préparée dans les mêmes conditions (**Annexe 3**).

II.7. Analyses physico-chimiques des poudres

II.7.1 Humidité ou teneur en eau (NF V 03-706)

- **Principe**

La teneur en eau est la perte de masse exprimée en pourcentage subie par le produit lors de son séchage à une température comprise entre 130 et 133 °C dans une étuve multicellulaire (Chopin) pour une durée de 1h30, à pression atmosphérique normale.

- **Protocole**

Sur une balance analytique, peser 5 g de chaque échantillon dans des coupelles et mettre dans un dessiccateur, pour le transférer directement vers l'étuve multicellulaire à 130 °C pendant 120 min.

Les résultats de l'humidité sont exprimés selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100$$

H : Teneur en eau (humidité) exprimé en %.

P1 : Masse de la coupelle vide exprimée en (g).

P2 : Masse de la coupelle additionnée à celle de la prise d'essai en (g).

P3 : Masse totale après étuvage en (g).

II.7.2. Taux de cendre (taux de la matière minérale) (NF V 03-720)

- **Principe**

Les cendres constituent le résidu minérale obtenu après incinération a 900 °C pendant 2 heures (céréales et produits de mouture) ou à 550 °C (issues, germes, légumineuses) jusqu'à combustion complète de la matière organique de la prise d'essai dans une atmosphère oxydante. La teneur en matières minérales est déterminée par la pesée du résidu.

- **Protocole**

Sur une balance analytique, peser 4 g de chaque échantillon dans des coupelles aux quelles quelque gouttes d'éthanol sont ajoutées. Et mettre dans un four à moufle à 900 °C pendant 2 heures.

Les résultats du taux de cendres sont exprimés selon la formule suivante :

$$\text{Taux de cendre \%} = \frac{P3 - P1}{P2 - P1} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

P1 : Masse de la coupelle vide exprimée en (g).

P2 : Masse de la coupelle additionnée à celle de la prise d'essai en (g).

P3 : Masse totale après étuvage en (g).

H : Teneur en eau (humidité) exprimée en % de chaque échantillon

II.7.3. Dosage du gluten (ISO 7495)

- **Principe**

L'extraction du gluten se fait par malaxage mécanique d'un mélange de farine et d'une solution de chlorure de sodium, suivi d'un lavage et d'un rinçage avec la même solution et l'eau distillée, respectivement. La centrifugation du gluten est effectuée à travers une grille perforée et la pesée à l'état humide. A après dessiccation dans le module de séchage de type GLUTORK à 150°C pendant 04 minutes, le gluten sec est pesé.

- **Protocole**

Prendre 10 g de farine à base de glands, la déposer dans la chambre de lavage, lui ajouter 4,5 mL de la solution de chlorure de sodium (2%) à l'aide d'une pipette automatique puis démarrer le cycle de mélange et de lavage, après 5 min de malaxage on récupère le gluten sans le déformer.

Dans le gluten index, placer la boule de gluten à l'intérieur de la cassette de centrifugation, retirer cette dernière pour avoir le gluten et le peser ; le reste du gluten à l'intérieur de la filière est le gluten résiduel, son pourcentage représente le gluten index. Le total : gluten ayant traversé et le gluten résiduel constitue le gluten humide.

Enfin, mettre en marche le Glutork à 150 °C et mettre la boule de gluten dans le centre. Une fois le séchage est terminé, peser l'échantillon qui correspond au gluten sec.

La teneur en gluten humide s'exprime en pourcentage de la matière directement sans séchage par la formule suivante :

$$\text{GH}\% = (M_1 / M_0) \times 100$$

M₁ : masse de la pâte

M₀ : masse de la prise d'essai en grammes

$$\text{GS}\% = (M_2 / M_0) \times 100$$

M₂ : masse de la galette

M₀ : masse de la prise d'essai en grammes

II.7.4. Détermination de l'indice de sédimentation de ZELENY (ISO 3093 :1982)

- **Principe**

Il est basé sur le gonflement de la fraction protéique d'une quantité de farine.

- **Mode opératoire**

Peser 3,2 g de farine, ajouter 50 mL de Bromophénol, laisser en contact pendant 05 secondes puis pendant 05 minutes, ajouter 25 mL de réactif de Zeleny et agiter le mélange et laisser le reposer encore 05 minutes.

Le volume de dépôt exprimé en millilitres représente l'indice de Zeleny.

II.7.5. Détermination de l'acidité grasse (NF V03-712)

- **Principe**

Mise en solution des acides gras dans l'éthanol à 95 % (v/v) à la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote du surnageant par l'hydroxyde de potassium (0,05 N).

- **Mode opératoire**

Introduire dans le tube de centrifugeuse 05 g de produit, ajouter 30 mL d'éthanol à 95%, procéder ensuite à une agitation à l'aide d'un agitateur mécanique pendant 01 heure.

Procéder alors à une centrifugation successive à deux minutes chacune, juste après, prélever 20 mL de surnageant à la solution alcoolique et l'introduire dans une fiole. Ajouter à ce surnageant 05 gouttes de phénophtaléine, titrer avec la solution de KOH (0,05 N) jusqu'au virage de la coloration au rose pale.

L'acidité grasse, exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche, est donnée par la formule suivante :

$$A = (7.35 (V_1 - V_0) C / M) \times (100 / 100 - H).$$

C : Concentration en moles par litre, de la solution d'hydroxyde de potassium.

M : Masse en grammes de la prise d'essai.

V₁ : Le volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de potassium utilisée pour la détermination.

V₀: Volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de potassium utilisée pour l'essai témoin.

H : Teneur en eau de l'échantillon pour l'essai.

II.7.6 Détermination de l'indice de chute de HAGBERG (NF V 03-703)

- **Principe**

Repose sur la mesure de la viscosité d'un empois, formé par la gélatinisation d'une suspension aqueuse (empois d'amidon) de produit ou de mouture intégrale placée dans un bain d'eau bouillante, l'évolution de sa viscosité liée à l'activité des enzymes (α amylase) est appréciée par le temps mis par un agitateur pour traverser la préparation sous l'effet de son propre poids.

- **Mode opératoire**

La lecture se fait avec un tableau d'humidité qui correspond à la masse du produit à utiliser, ensuite ajouter 25 mL d'eau distillée, puis agiter 30 agitations et le mettre au bain Marie qui contient un viscosimètre où il y'a un compteur qui va calculer le temps de chute.

L'indice de chute de HAGBERG s'exprime en (s), il globalise la durée d'agitation de la préparation (60 secondes) et celle de la chute de l'agitateur T'.

$$T (\text{sec}) = 60 \text{ sec} + T'$$

T : Temps de chute d'HAGBERG en secondes.

T' : Temps de chute de l'agitateur en secondes.

II.8. 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**), deux catégories de jury ont réalisé cette évaluation, un jury expert pour une analyse sensorielle et un public naïf pour une analyse hédonique au sein de laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaïa.

II.8.1. Jurys

Une analyse sensorielle considère le jury comme instrument de mesure (**Delacharlerie et al., 2008**).

pour une analyse sensorielle : Un groupe de jury de dégustation expert composé de 12 personnes, enseignants et techniciens âgés de 30 à 60 ans, formé et entraîné à une évaluation sensorielle au sein de l'université de Bejaïa, ce groupe de jury a effectué une analyse sensorielle des deux échantillons du gâteau fabriqué par les farines de gland de chêne.

pour une analyse hédonique : Pour effectuer une analyse hédonique, 120 sujets naïfs ont participé à la dégustation des deux échantillons du gâteau, le jury qui a participé à ce test est constitué majoritairement des étudiants de l'université de Bejaïa.

II.8.2. Questionnaires

D'après **Delacharlerie et al. (2008)**, le questionnaire doit être le plus claire possible, et toutes les explications et instructions nécessaires doivent s'y trouver.

Deux questionnaires ont été préparés, un pour le test d'analyse sensorielle : les descripteurs sont la couleur, l'odeur, la texture au touché et en bouche, le gout et la consistance. Il comporte deux échelles de notation, de 1 à 5 et une autre de préférence de 1 à 9 pour une analyse hédonique, voir l'annexe 4 et 5 .

II.8.3. Préparation de l'échantillon modèle et codage

Afin d'évaluer les farines du gland de chêne, nous avons préparé 02 échantillons de gâteaux, dont l'un est préparé a base d'une farine normale (farine GMC), et l'autre avec la

farine du gland de chêne, dont les mêmes conditions sont fixées pour la préparation des deux gâteaux a savoir : quantités de sucre, levure, œuf ...etc. ainsi que la durée et température de cuisson.

Les échantillons ont été numérotés **1** : pour gâteau à base de farine du gland de chêne et **2** pour les gâteaux préparés avec une farine ordinaire, présentés au hasard dans une assiette jetable qui porte les gâteaux sablés ainsi qu'un gobelet d'eau, fournis pour les jurys experts et naïfs.

II.9. Etude statistique

II.9.1. Pour l'analyse sensorielle

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traitées en utilisant le logiciel XL STAT version 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistique. Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Les principales fonctionnalités de ce logiciel utilisées pour interpréter les résultats de l'évaluation sensorielle effectuée sont :

- Caractérisation de produit.
- Analyse en composante principale (ACP).
- Classification ascendante hiérarchique (CAH).
- Carte de préférence (PRFMAP).

II.9.2. Pour les autres expériences

Toutes les déterminations sont menées en triple. Les résultats sont exprimés par la moyenne \pm écart type. Les résultats ont fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) suivie d'une comparaison multiple des moyennes grâce au logiciel STATISTICA version 5.5 et la comparaison des données est prise à la probabilité $P < 0,05$.

Résultats et discussion

III.1. Détermination du rendement d'extraction

Dans cette étude, le rendement d'extraction par macération a été déterminé par rapport au poids de la matière végétale (broyat) utilisée pour l'extraction à l'éthanol 40%, v/v de concentration à différentes températures. Les résultats sont représentés dans le **tableau VIII**.

Tableau VIII: Rendements d'extraction par l'éthanol 40%, v/v des échantillons séchés à différentes températures.

	Air libre	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
Rendement (%)	4,8	7,2	2,0	2,4	9,4

Les résultats obtenus montrent que le rendement d'extraction des glands séchés aux différentes températures se situent entre 2,0 et 9,4%. Les glands séchés à 60 °C présentent un meilleur rendement avec une valeur de 9,4%, suivie des glands séchés à 30 °C pour une valeur de 7,2%. Tandis que, les plus faibles rendements d'extraction sont attribués aux trois échantillons séchés à l'air libre, 50 et 40 °C avec des valeurs de 4,8, 2,4% et 2%, respectivement.

III.2. Dosage des composés phénoliques

III.2.1. Dosage des polyphénols totaux

Dans le but de montrer l'impact de la température sur la teneur en polyphénols totaux (PPT) et de déterminer la température qui donne un meilleur résultat, la méthode au Folin-Ciocalteu est utilisée. Les teneurs en polyphénols totaux révélées dans les extraits des glands de chêne séchés à différentes températures, sont rapportées dans la **figure 9**.

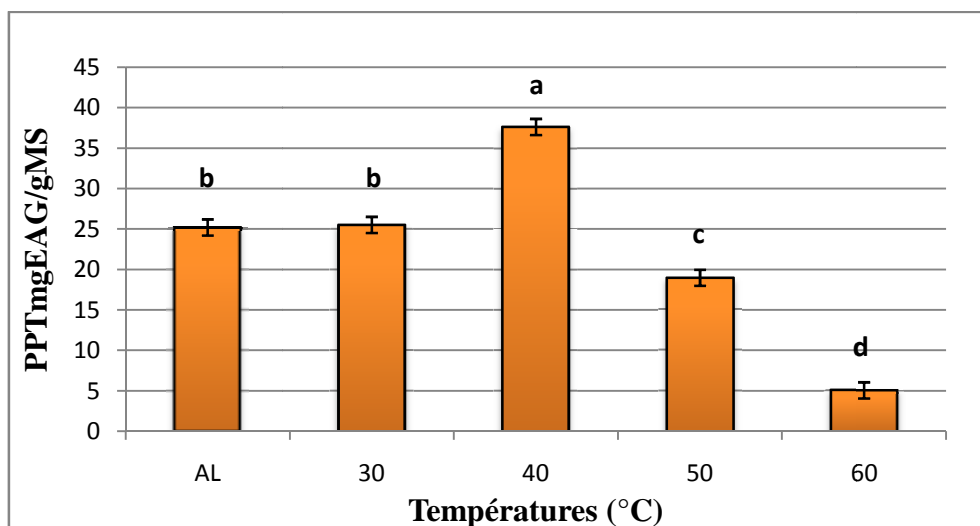


Figure 09 : Teneurs en polyphénols totaux des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures.

PPT : polyphénols totaux, AL : Air Libre. EAG : Equivalent acide gallique, MS : Matière sèche. Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

D'après la **figure 09**, l'extrait de l'échantillon séché à 40 °C a enregistré le taux le plus important en PPT ($37,64 \pm 1,44$ mg EAG/g MS), suivi des extraits des échantillons séchés à l'air libre et à 30 °C, respectivement sans différences significative à $P \leq 0,05$ avec des teneurs de $25,22 \pm 3,09$ et $25,53 \pm 1,66$ mg EAG/g MS. Par contre, à partir de 50 °C la teneur en polyphénols totaux diminue ($19,00 \pm 0,98$ mg EAG/g MS), pour enregistrer enfin la plus faible teneur pour l'extrait de l'échantillon séché à 60 °C avec une valeur seulement de $5,08 \pm 0,70$ mg EAG/g MS.

Selon **Arslan et Özcan (2008)**, le temps nécessaire au séchage aurait pu induire l'augmentation du contenu phénolique des échantillons. Les mêmes auteurs ont également signalé que le séchage accélère la libération des composés phénoliques liés lors de la décomposition des constituants cellulaires.

Selon une étude menée par **Vega-Gálvez (2009)** sur l'effet du séchage du poivron rouge sur les teneurs en composés phénoliques, l'augmentation de la température du séchage a un effet important sur le contenu phénolique, leur formation à haute température (90°C) pourrait être due à la disponibilité de précurseurs de molécules phénoliques par interconversion non enzymatique entre elles. La même explication a été donnée par **Chen et al en 2010** lors de leur étude sur le séchage des agrumes à différentes températures (de 50 à 100 °C). Ils ont indiqué que des composés phénoliques de faible poids moléculaire pourraient être formés après un chauffage à 100 °C tels que les acides caféique et *p*-coumarique.

Une autre hypothèse a été suggérée par **Madrau et al. (2009)** lors du séchage d'abricots à 55 et 75 °C. Ces auteurs ont indiqué une modification de la concentration des composés phénoliques dont deux acides hydroxycinnamiques : chlorogénique et néochlorogénique qui sont faibles à 55°C mais qui augmentent à 75 °C. Ils ont suggéré que cela est due à l'activité de la polyphénoloxidase (PPO) qui est active aux températures de 55°C-60°C induisant ainsi la dégradation de ces deux acides phénoliques mais qui est inactive à des températures de 75°C- 80°C. Cela justifie probablement les faibles teneurs en PPT obtenues dans cette présente étude avec les extraits des échantillons séchés à l'air libre et à 30 °C. Toutefois, la diminution des teneurs en séchant les échantillons à 50 et 60°C peut être expliquée par leur destruction. En effet, il a été rapporté que l'extension de la période d'exposition à des températures élevée supprime la plupart des composés phénoliques sensibles à la chaleur et entraîne leur lixiviation à travers l'eau libre évaporée lors du séchage ou de la cuisson, tandis que les composés thermostables peuvent être retirés en quantité limitée. (**Ghaderi-Ghahfarrokhi et al. 2017**)

III.2.2. Dosage des flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes dans les extraits du gland de chêne sont rapportées dans le **figure 10** où la mise en évidence de l'effet de la température du séchage du gland de chêne sur leur teneur en flavonoïdes est représentée.

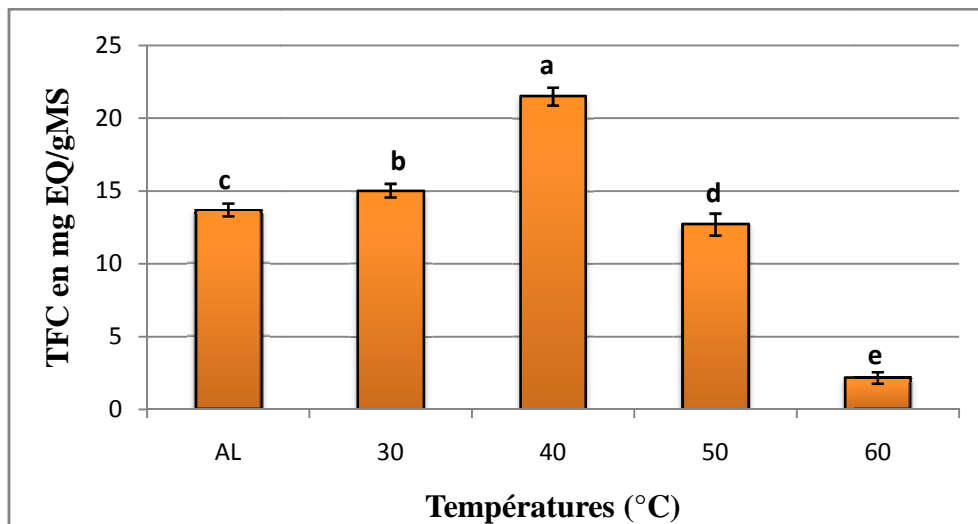


Figure 10: Teneurs en flavonoïdes des échantillons du gland de chêne séchés à différentes températures.

PPT : polyphénols totaux, AL : Air Libre. EQ : Equivalent quercétine, MS : Matière sèche. Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

La **figure 10** montre que l'extrait de l'échantillon séché à 40 °C a la teneur la plus importante en flavonoïdes avec une valeur de $21,49 \pm 0,61$ mg EQ/g MS, suivi des extraits d'échantillons séchés à l'aire libre et à 30 °C qui ont révélé des concentrations moyennes en flavonoïdes avec une différence significative à $P \leq 0,05$ et qui sont de $13,71 \pm 0,43$ et $15,14 \pm 0,46$ mg EQ/g MS, respectivement. L'échantillon séché à 50 °C a permis d'extraire une concentration moyenne en flavonoïdes qui est de $12,7 \pm 0,75$ mg EQ/g MS. Par contre, l'échantillon séché à 60 °C n'a pas permis d'extraire une quantité élevée en flavonoïdes et qui elle est seulement de $2,17 \pm 0,39$ mg EQ/g MS.

Des études menées sur d'autres fruits et légumes ont montré que le traitement thermique influe sur les teneurs en composés phénoliques, telle que celle des flavonoïdes (**Edwards et al., 2013**).

L'augmentation de la teneur en flavonoïdes lors du séchage des glands du chêne à 40 °C a été expliquée lors de l'étude sur le séchage de différents agrumes à des températures de 50° à 100 °C menée par **Chen et al** en **2010**. Et a démontré que la teneur en flavonoïdes totaux de zeste d'orange a diminué lorsque la température de chauffage est basse (<80° C) et augmente avec une température de chauffage plus élevée (>100°C) mais la teneur en

flavanones glycosylés totaux de l'échantillon chauffé à 150 °C était inférieure à celle de celui séché à 120 °C. Par conséquent, un traitement à une température élevée (>100 °C) pourrait détruire les flavonoïdes de zeste d'agrumes suite aux interactions entre les composants pendant leur traitement thermique., **Madrau et al. (2009)** ont également démontré que les flavonoïdes ne sont pas dégradés par le même mécanisme que les acides phénoliques; c'est-à-dire qu'ils ne sont pas de substrats directs pour la PPO qui n'agit pas directement sur les glycosides.

III.2.3. Dosage des tannins

L'impact de la température du séchage sur la teneur en tannins du gland de chêne a été également déterminé et les valeurs trouvées sont rapportées dans la **figure 11**.

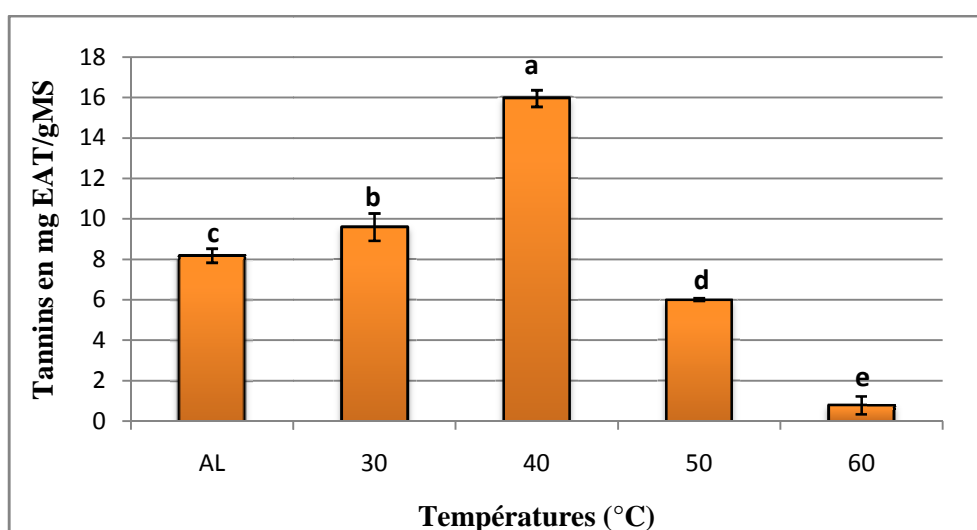


Figure 11: Teneurs en tannins des différents extraits d'échantillons du gland de chêne séché à différentes températures.

PPT : polyphénols totaux, AL : Air Libre. EAT : Equivalent acide tannique, MS : Matière sèche. Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

L'analyse des résultats de teneurs en tannins consignées dans la **figure 11** montre que l'échantillon séché à 40 °C a montré la teneur la plus importante en tannins qui est de $15,96 \pm 0,41$ mg EAT/g MS. Par contre, l'extrait de l'échantillon séché à 60 °C a révélé une teneur très faible qui est seulement de $0,79 \pm 0,44$ mg EAT/g MS.

Les échantillons séchés à l'aire libre, 30 et 40 °C ont enregistré des teneurs moyennes en tannins avec une différence significative à $P \leq 0,05$ qui sont respectivement de $8,19 \pm 0,34$ et $9,6 \pm 0,67$ mg EAT/g MS.

Les résultats trouvés sont expliqués par **Rakić et al. (2006)** qui ont séché *Quercus cerris* à 70 °C, puis à 200°C pendant 15 minutes. Ils ont déduit qu'après le séchage du gland

une fois moulu, la teneur en tannins a diminué de 11,69 à 8,55%, en augmentant la température. D'après ces auteurs, cela est lié à la nature des tannins que renferme le gland de ce chêne dont il s'agit de tannins hydrolysables.

L'augmentation de la température favorise d'une part la diffusion et la solubilité des tannins extraits, d'autre part elle détruit certaines substances fragiles comme la expliqué **Mahmoudi et al. (2013)** lors de leur étude sur l'extraction des composés phénoliques des fleurs d'artichauts. Cette augmentation des teneurs en tannins dans les décoctés peut être expliquée par la destruction par la chaleur des polyphénols oxydases (PPO) qui baissent la teneur en polyphénols; ainsi que par la rupture de liaisons entre les polyphénols et d'autres substances (protéines, polysaccharides...) menant à l'accessibilité à ces principes actifs.

En outre, la diminution de la teneur en tannins à des températures élevées peut être expliquée selon **Rakic et al. (2007)** par le fait que les tannins hydrolysables sont dégradés à des températures élevées.

III.3. Activité antioxydante

III.3.1. Test au DPPH

Le radical DPPH[•] est l'un des composés les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (**Bozin et al., 2008**). La capacité antioxydante des différents extraits a été exprimée en IC₅₀ qui est la concentration nécessaire pour réduire 50% du radical libre (DPPH[•]). Plus la valeur d'IC₅₀ est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande (**Hebi et Eddouks, 2016**) (**Figure 12**).

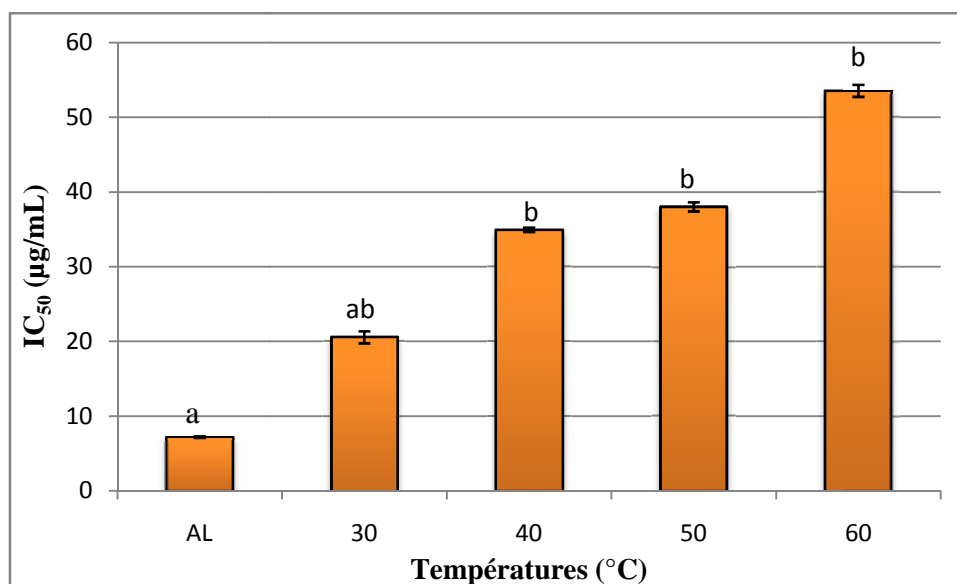


Figure 12: Inhibition du radical DPPH[•] exprimée en IC₅₀ (µg/mL) des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures.

AL : air libre.

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

Selon les résultats obtenus nous remarquons que les différents extraits du gland de chêne possèdent la capacité de réduire le radical DPPH[•]. L'IC₅₀ varie significativement entre $7,22 \pm 0,1\%$ à $53,55 \pm 0,8 \mu\text{g/mL}$. En effet, l'extrait obtenu avec la poudre séchée à l'air libre présente l'activité scavenger la plus importante avec une IC₅₀ de $7,22 \pm 0,1 \mu\text{g/mL}$, suivi de l'extrait de la poudre séchée à 30 °C dont l'IC₅₀ est de $20,57 \pm 0,8 \mu\text{g/mL}$ sans différence significative à $P \leq 0,05$. Par contre, les échantillons séchés à 40, 50 et 60 °C présentent une faible activité radicalaire avec des IC₅₀ de $34,96 \pm 0,3$; $38,03 \pm 0,6$ et $53,55 \pm 0,8 \mu\text{g/mL}$, respectivement.

Selon **Thamer et al. (2018)**, la température du séchage peut affecter l'activité antioxydant totale 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**) et de nouveaux produits peuvent ainsi être formés par interaction entre les composants (**Nicoli et al., 1997**; **Liu et al., 2008**; **Chen et al., 2009**).

Sichel et al. (1991) ont mentionné que la dégradation de groupes hydroxyle dans le cycle B des flavonoïdes pourraient diminuer leur activité de piègeur du radical DPPH[•]. Les modifications de la structure des flavonoïdes affectent ainsi les activités antioxydantes de l'échantillon au cours du traitement de séchage.

III.3.2. Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium

Le pouvoir réducteur est la capacité d'un extrait à donner un électron et réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}) (Öztürk et al., 2007). La réduction du fer ferrique augmentent avec l'augmentation de la concentration de différents extraits du gland de chêne (Figure 13).

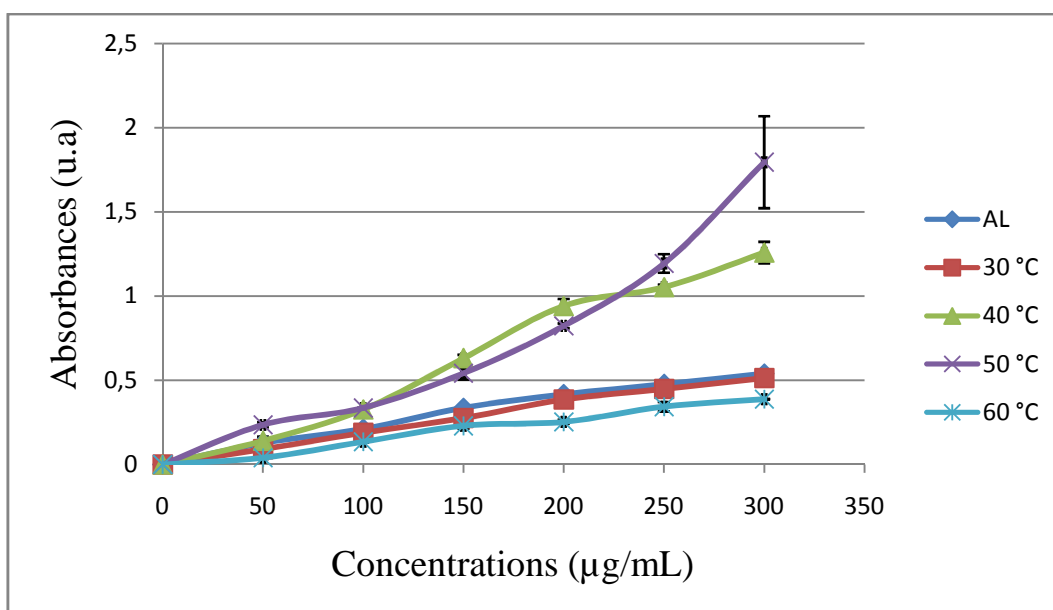


Figure 13: Effet de la concentration sur le pouvoir réducteur des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures

Les IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$) qui correspondent aux concentrations qui permettent d'avoir une absorbance de 0,5 sont déterminées et illustrées sur la figure 14.

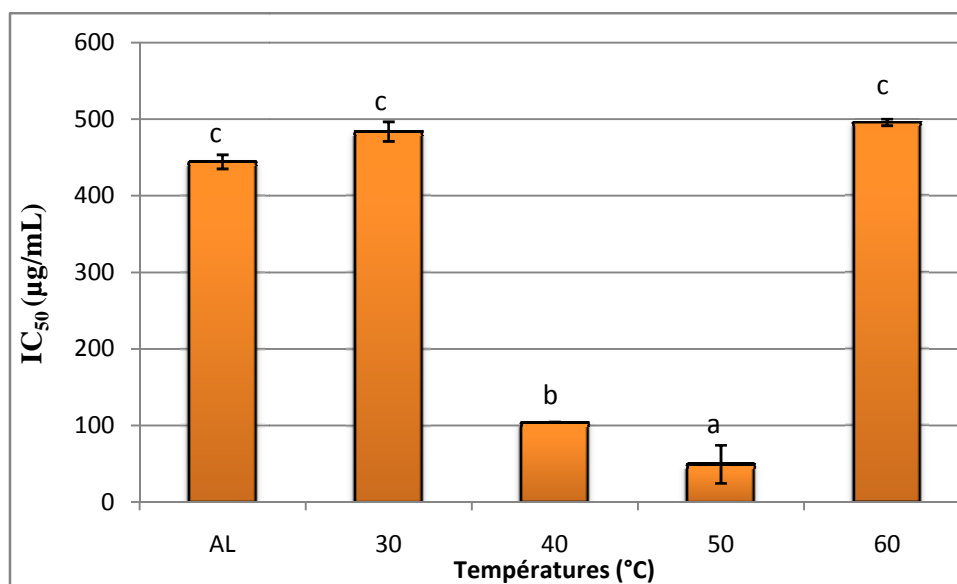


Figure 14: IC₅₀ (µg/mL) de pouvoir réducteur des extraits du gland de chêne séchés à différentes températures.

AL : Air libre.

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

Les extraits des échantillons du gland séché à l'étuve présentent un pouvoir réducteur qui varie de $496 \pm 0,02$ à $49,41 \pm 0,01$ µg/mL. Le meilleur pouvoir réducteur est obtenu avec l'extrait de l'échantillon séché à 50 °C avec une différence significative à $P \leq 0,05$ avec une IC₅₀ de 49,415 µg, suivi de l'extrait de l'échantillon séché à 40 °C (IC₅₀ = 104,25 µg/mL). Cela peut être expliqué par la richesse de ces extraits en composés antioxydants pouvant allouer des électrons réduisant ainsi le fer ferrique (Fe³⁺) en fer ferreux (Fe²⁺). Plus la teneur des extraits en composés phénoliques augmente, plus il y a apport d'antioxydant et plus le pouvoir réducteur augmente (**Amessis, 2007**). Ensuite, viennent les extraits des échantillons séchés à l'air libre, 30 et 60 °C avec des IC₅₀ de 444,5 ; 484 et 486 µg/mL, respectivement.

La différence entre les résultats obtenus est expliqué selon **Mansouri et al.(2005)**, qui ont travaillé sur *Pistacia lentiscus*, par la différence des teneurs en tannins condensés dans les différents extraits car tout comme pour le gland de chêne, *Pistacia lentiscus* est connue pour sa richesse en gallotannins. Ces derniers possèdent un grand nombre de groupements hydroxyles incluant le groupe *O*-dihydroxyle qui leur confère une forte activité réductrice des ions ferriques en ions ferreux.

En concordance avec les résultats de la présente étude, d'autres auteurs ont rapporté que certains traitements thermiques entraînent une augmentation de l'activité antioxydante et la teneur en flavonoïdes dans le brocoli, haricot vert, le poivre et les épinards (**Turkmen et al., 2005**).

III.4. Corrélation entre les différents paramètres d'activités antioxydants

Les résultats du pouvoir réducteur et de l'activité antioxydante ne sont pas en corrélation avec les résultats des teneurs en polyphénols ($R^2 < 0,1$) (**Tableau IX**). Cela peut être dû à la nature de l'activité antioxydante et des composés responsables de cette activité d'une part. D'autre part, cela suggère que les groupements phénoliques ne sont pas les composants principaux responsables de l'activité anti-radicalaire du gland de chêne (**Fu et al., 2011**). En outre, les résultats du pouvoir antioxydant peuvent être fortement influencés non seulement par la composition chimique, mais également par les conditions de l'essai (température de réaction, rapport antioxydant/DPPH, type de solvant, pH, concentration en échantillon) (**Popovici et al., 2009 ; Noipa et al., 2011 et Costa et al., 2012**). En outre, selon **Miliauskas et al. (2004)** la position du groupement hydroxyle dans la molécule détermine les propriétés antioxydantes; en général ces propriétés dépendent de la capacité à donner l'hydrogène ou des électrons à un radical libre.

Une faible corrélation entre le test au DPPH et celui du pouvoir réducteur est également notée où le coefficient de corrélation $R^2 = 0,156$, cela est probablement dû aux principaux composants antioxydants de l'échantillon impliqués dans chaque test et au fait que les composés responsables de la réduction sont différents de ceux responsable de l'activité anti-radicalaire (**Fu et al., 2011**).

Cependant, il existe une bonne corrélation entre les trois tests utilisés pour le dosage des polyphénols, des flavonoïdes et des tannins totaux où un coefficient de corrélation $R^2 > 0,9$.

Tableau IX : Coefficients de corrélation entre les différents tests effectués.

	PPT	FT	TT	DPPH	PR
PPT	1	0,977	0,976	0,066	0,018
FT	0,977	1	0,947	0,036	0,069
TT	0,976	0,947	1	0,017	0,014
DPPH	0,066	0,036	0,017	1	0,156
PR	0,018	0,069	0,014	0,156	1

PPT : polyphénols totaux, FT : flavonoïdes totaux, TT : tannins totaux, PR : pouvoir réducteur.

III.5. Résultats des analyses physico-chimiques

III.5.1. Taux d'humidité

La recherche de la teneur en eau a un intérêt commercial afin de limiter la durée de stockage ou la date limite de consommation. Les teneurs en eau des différents échantillons de gland du chêne séchés à différentes températures sont représentés dans la **figure 15**.

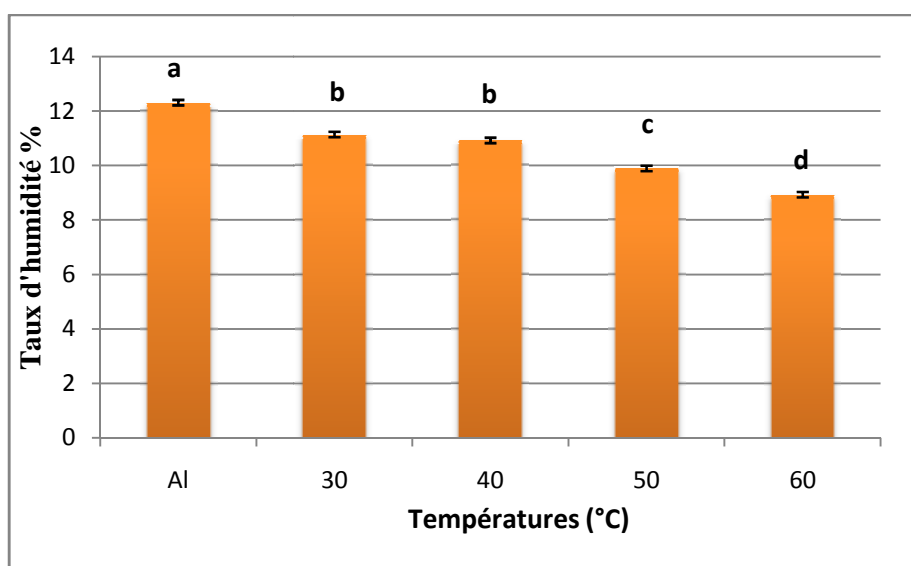


Figure 15 : Taux d'humidité des échantillons du gland de chêne séchés à différentes températures.

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

D'après les valeurs trouvées, nous constatons que l'échantillon séché à l'aire libre présente le taux le plus élevés en humidité avec une valeur de 12,31%, puis vient les échantillons séchés a 30 et 40 °C sans différences significatives à $P \leq 0,05$ avec des teneurs de 11,14% et 10,92% , suivis des échantillons séchés à 50 et à 60 °C, respectivement avec une différence significative à $P \leq 0,05$ et qui représentent les taux les plus faibles en humidité qui sont de 9,90% et 8,93%.

Les résultats obtenus sont proches des résultats rapportés par **Doukani (2015)** lors de sa comparaison entre le couscous du gland de chêne et le couscous 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 dont la norme est de 14,5%-15,5%. La baisse d'humidité avec l'augmentation de la température est probablement due au séchage effectué à l'air libre et à l'étuve aux différentes températures. Alors que, les produits industriels sont séchés dans des séchoirs dont les facteurs température et temps sont contrôlés. En outre, le blé est pré mouillé pendant

24 pour séparer l'amende de l'enveloppe. Cette différence peut être due aussi à la nature de la matière première et aux conditions de stockage.

III.5.2. Taux de cendre

La recherche de la teneur en cendres présente une importance réglementaire par la mesure du degré de pureté. Les résultats des teneurs en cendre des échantillons séchés à différentes températures sont résumés dans la **figure 16**.

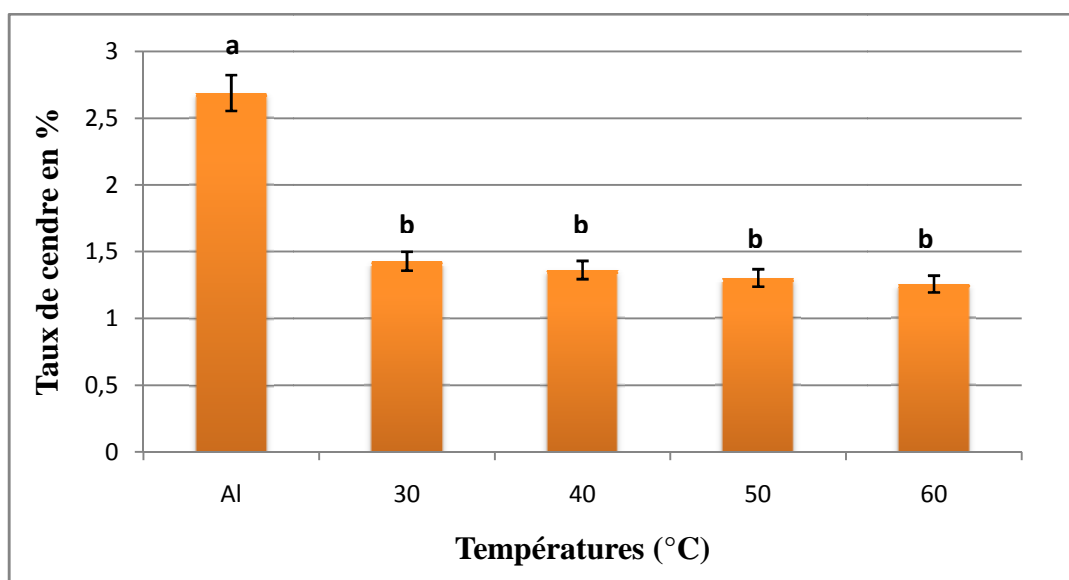


Figure 16 : Taux de cendres des échantillons du gland de chênes séchés à différentes températures.

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

L'échantillon séché à l'aire libre a enregistré la meilleure teneur en cendres avec une valeur de 2,69%, suivie de tous les échantillons séchés à différentes températures à l'étuve avec respectivement des valeurs de 1,43%, 1,36%, 1,30% et 1,29% pour 30, 40, 50 et 60 °C sans différences significatives à $P \leq 0,05$, donc la température n'a pas d'effet significatif sur la teneur en cendres des échantillons du gland de chêne.

Les résultats enregistrés sont en accord avec ceux rapportés par **Doukani (2015)** qui a trouvé que la teneur en cendres du gland de chêne est supérieure à celle du blé, soit supérieure à la norme qui est de 1,2%. Cette différence est expliquée premièrement par le degré de pureté du produit à analyser, deuxièmement elle revient à la proportion des enveloppes présentes 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 de différence sont: la variété, le stade de maturité des graines, et les conditions de la mouture.

En outre les résultats de la combustion complète de la matière organique de la farine du gland de chêne ont révélé une couleur bleue turquoise comparé aux minéraux de la farine

du blé qui donnent une couleur blanchâtre (**Figure 17**). Cela pourrait être du à la richesse du gland de chêne en potassium ou en sulfate de cuivre qui donne cette couleur après sa combustion.



Figure 17: Comparaison entre les couleurs des fractions minérales de la farine du gland de chêne vert (A) et du blé tendre (B).

III.5.3. Taux de gluten

Les résultats confirment l'absence du gluten (0%) dans la farine du gland de chêne car ce dernier est totalement absent dans le fruit (glands). D'après les résultats enregistrés, ce produit alimentaire est très bon pour les gens qui souffrent de la maladie cœliaque (**Seyer, 2005**).

III.5.4. Indice de chute de HAGBERG (faling number)

Les résultats du temps de chute des échantillons de farine du gland de chêne sont exprimés dans le **tableau X**.

Tableau X: Indice de chute de la farine de gland séché à différentes températures.

Température (°C)	Indice de chute (secondes)
Air libre	391
30	264
40	208
50	337
60	440

Les résultats corroborent avec les résultats de **Boyacioglu et d'Appolonia (1994)**, qui ont signalé que l'activité enzymatique et sa température optimale d'activité est fonction de la nature de l'amidon et de l'espèce végétale.

La mesure de l'activité amylasique a un intérêt capital, en particulier celle des α -amylases qui est corrélée positivement avec la qualité du pain, plus l'activité amylasique est forte plus l'amidon est hydrolysé. D'après les résultats enregistrés, les indices de chute de nos échantillons sont supérieurs à la norme du blé qui doit être de 180 à 280 seconde sauf pour les

échantillons séchés à 30 et 40 °C qui sont dans les normes avec des valeurs de 264 et 208 seconde, respectivement. L'activité amylasique est inversement proportionnelle aux indices de chute qui atteint son maximum à 40 °C et qui représente ainsi la température optimale d'activité enzymatique de l' α -amylase du gland de chêne vert.

III.5.5. Indice de Zeleny

Les résultats de l'indice de Zeleny sont exprimés dans le **tableau XI** suivant :

Tableau XI : Indice de Zeleny pour les échantillons du gland de chêne séchés à différentes températures.

Température (°C)	Indice de Zeleny (mL)
Air libre	18
30	18
40	18
50	18
60	18

Les résultats montrent que la chaleur n'a pas exercé d'effet sur l'indice de Zeleny où tous les échantillons du gland de chêne ont enregistré une valeur de 18 mL. Cette valeur est inférieure à la norme de la farine du blé qui est de 22 mL. La valeur de l'indice de sédimentation est liée à la force boulangère des farines (**Feillet, 2000**) donc les farines du gland de chêne ont une mauvaise force boulangère. Cette valeur est influencée par la teneur en protéines notamment le gluten (**Feillet, 2000**). Par conséquent, la faible valeur de l'indice de Zeleny de notre échantillon est liée à l'absence de gluten.

III.5.6. Acidité grasse

Les teneurs en matière grasses des échantillons du gland de chênes sont rapportées dans le **tableau XII**.

Tableau XII: Résultats des teneurs en matière grasse des échantillons du gland de chêne traités thermiquement.

Température (°C)	Acidité grasse (%)
air libre	4,3
30	6,9
40	5,8
50	5,6
60	5,1

Les résultats montrent que la meilleure teneur en matière grasse est enregistré à la température de 30 °C avec une valeur de 6,9% suivie des échantillons traités à 40, 50 et 60 °C avec des valeurs de 5,8 ; 5,6 et 5,1%, respectivement.

D'autre part les teneurs en matière grasse des échantillons du gland de chêne sont très élevées par rapport à la farine de blé dont la norme est de 1,2 à 1,4%. Cela confirme les résultats de **Doukani (2015)** qui a réalisé une étude comparative entre le couscous à base du gland de chêne et le couscous industriel à base de la farine de blé. Il a noté que la teneur en matière grasse du gland de chêne est supérieur a celle du blé.

III.6. Analyse sensorielle

Avant d'effectuer les différents tests sur XLSTAT, un plan d'expérience a été réalisé. Une fois les données des jurys experts et consommateurs naïfs sont rapportées sur le logiciel ; la procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée.

Pour chacune des catégories : analyse sensorielle et analyse hédonique un plan d'expérience optimal a été trouvé, ce qui valide les autres tests sur XLSTAT.

III.6.1. Caractérisation de produit

La caractérisation de produit permet d'identifier quels sont les descripteurs qui discriminent le meilleur des produits et quelles sont les caractéristiques importantes de ces mêmes produits dans le cadre de l'analyse sensorielle (**Husson et Pages, 2009**).

A. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test est illustré dans la **figure 18**, il permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur le produit à celui qui à le plus faible.

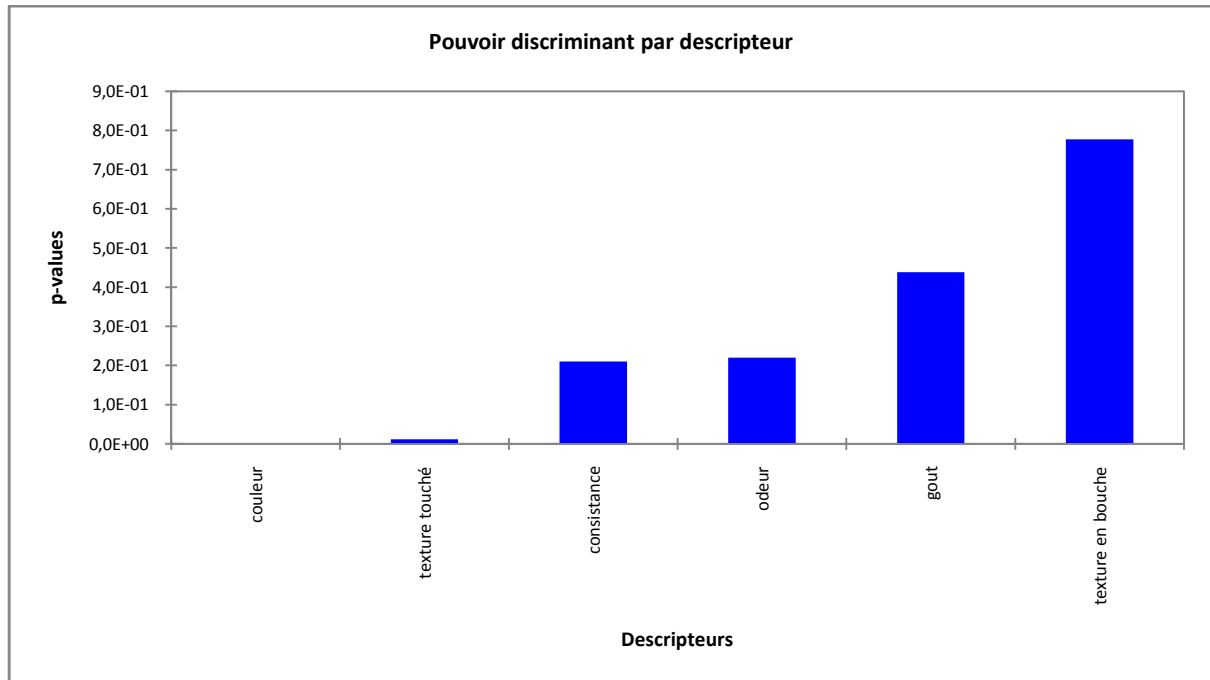


Figure 18: Pouvoir discriminant par descripteur.

Le graphe précédant rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur deux échantillons de gâteaux. Ils permettent de visualiser que la couleur et la texture au touché, sont les descripteurs les plus discriminants. C'est-à-dire que la texture en bouche et la couleur diffèrent entre les deux gâteaux. Par contre le descripteur le moins discriminé est la texture en bouche ce qui veut dire qu'il n'y a pas de différence de texture en bouche pour les deux gâteaux selon les juges.

B. Coefficients des modèles

Dans la **figure 19** sont affichés, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné:

La figure qui suit permet de voir en un coup d'œil ce qui définit le produit (gâteaux 1 et 2).

Les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif sont données en bleu et en rouge celles dont le coefficient est significativement négatif, en blanc les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs.

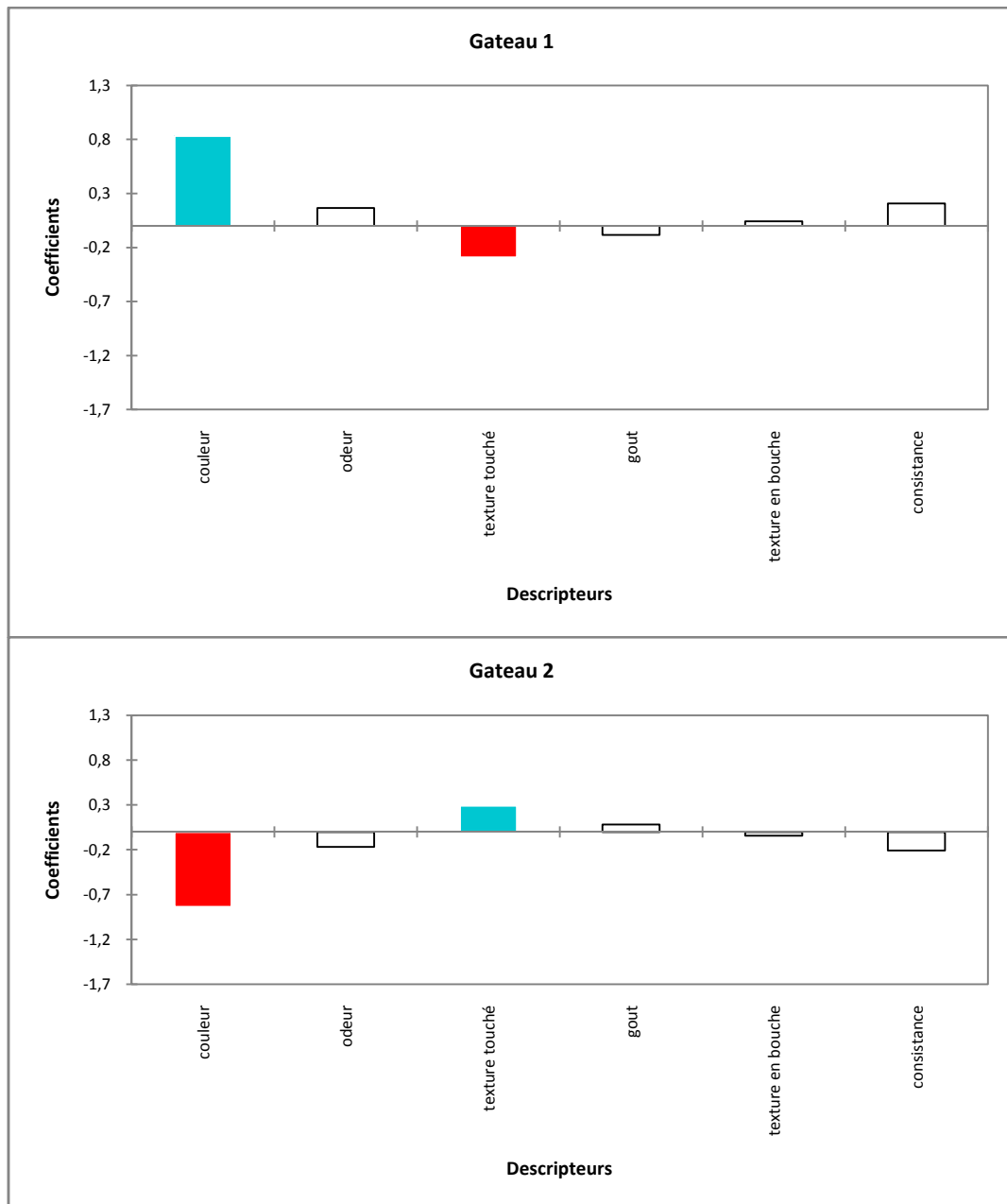


Figure 19: Coefficients des modèles des deux échantillons de gâteaux 1 et 2.

Gâteau 1 : En bleu, est affichée la caractéristique dont le coefficient est significativement positif, donc selon les juges le gâteau 1 est caractérisé par une couleur intense (foncé).

En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ont des notes proches de la moyenne, ces caractéristiques sont: odeur, le gout ,la texture en bouche et la consistance.

En rouge, sont affichées les caractéristiques ayants des notes inférieures à la moyenne .Donc le gâteau 1 est caractérisé par une texture au touché qui est ni dure ni molle

Gâteau 2: Caractérisé par une texture très molle au touché, et une odeur très légère. Les autres caractéristiques sont proches de la moyenne des notes que les juges ont données.

C. Moyennes ajustées par produit

Ce test permet de faire ressortir les moyennes lorsque les différents produits et les caractéristiques sont croisés. En bleu sont illustrées les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et en rouge celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale. En blanc, sont données les moyennes qui ne sont pas significativement plus grandes ou plus petites que la moyenne globale (**Tableau XIII**).

Tableau XIII : Moyennes ajustées par produits.

	texture touché	gout	odeur	texture en bouche	consistance	couleur
Gâteau 2	2,667	2,250	2,583	3,583	3,167	2,167
Gâteau 1	2,083	2,083	2,917	3,667	3,583	3,833

Gâteau 1: nous remarquons que le descripteur couleur a un effet significativement positif sur le produit. Concernant la texture au touché, elle a un effet significativement négatif sur le produit. gâteau 1 est caractérisé par une couleur foncé et une texture au touché ni dure ni molle.

Gâteau 2: la texture au touché a un effet significativement positif sur le produit contrairement à la couleur.

III.6.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux caractéristiques organoleptiques des produits. Cette approche est essentielle car c'est sur cette base que les équipes marketing pourront adapter les produits aux goûts des consommateurs.

La préférence MAPPING permet de visualiser sur une même représentation graphique (en deux ou trois dimensions) d'une part des objets, et d'autre part des indications montrant le niveau de préférence de juges expert (ACP) en certains de points de l'espace de représentation.

A. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP peut être considérée comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations, depuis l'espace à p dimensions des p variables vers un espace à k dimension.

($k < p$) tel qu'un maximum d'information soit conservé (l'information est ici mesurée à travers la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Les observations peuvent être représentées sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation (Jolliffe, 2002)

La figure 20 permet de représenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP :

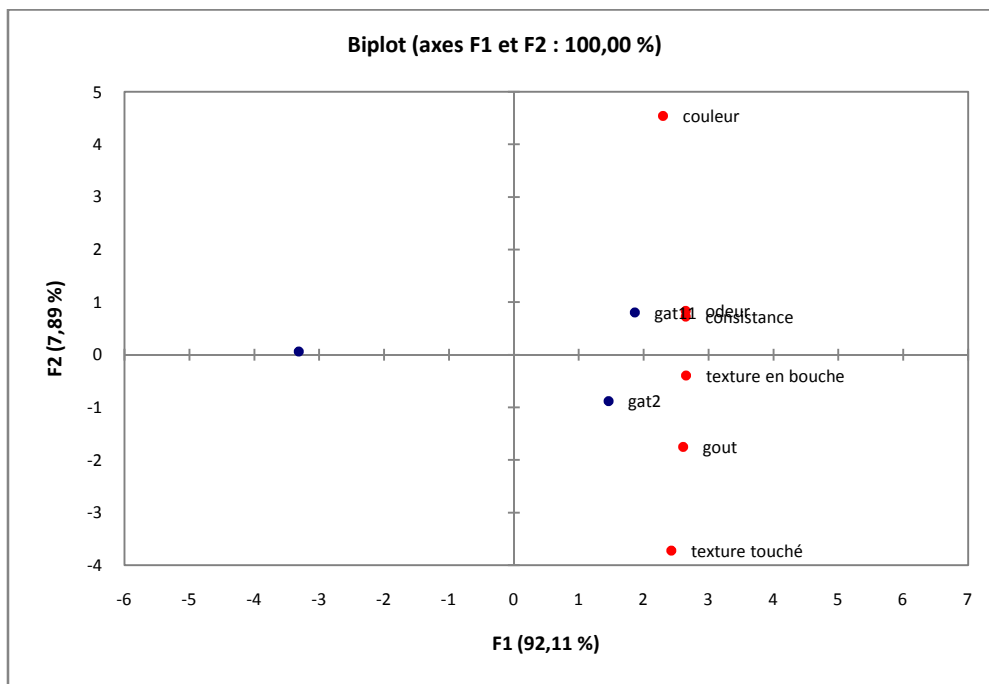


Figure 20 : Corrélation entre les variables et les facteurs.
 gat 1 : gâteau 1, gat 2 : gâteau 2.

D'après cette figure nous voyons clairement que le gâteau 1 et le gâteaux 2 ont des caractéristique différentes.

le **gâteau 1** est caractérisé par une Couleur foncée , sa forte odeur et sa forte consistance .

Les caractéristiques du **gâteau 2** sont essentiellement un fort gout sucré , une texture très croustillante en bouche et une texture très molle au touché .

B. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

L'application de l'analyse des données CAH génère plusieurs tableaux et graphes.

Le graphe du profil des classes (réalisé à partir des données de préférences) permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées **figure 21**:

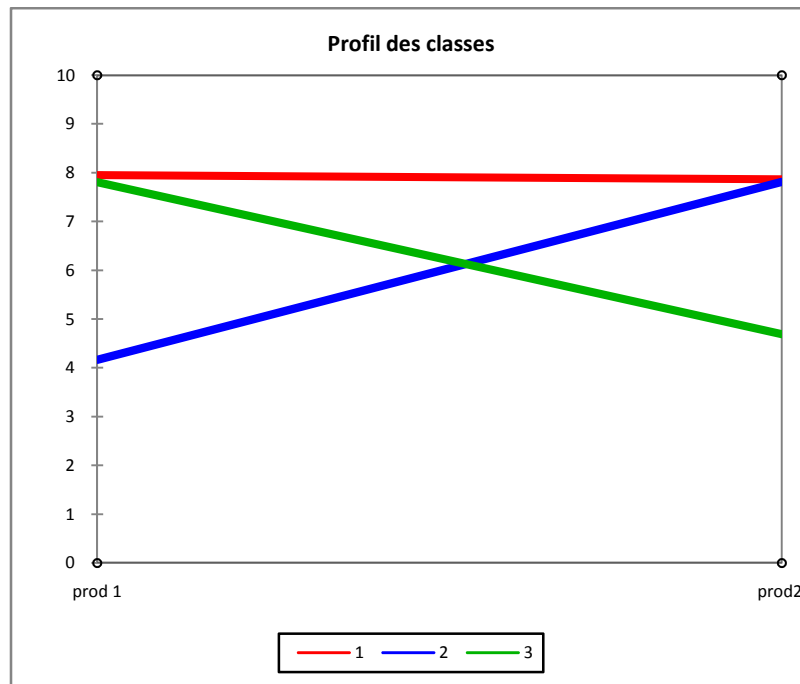


Figure 21 : Profil des classes créés.

D'après la **figure 21** : trois classes de consommateurs ont été créés à partir des notes de préférence :

La classe 1 : même degré de préférence pour les gâteaux 1 et 2.

La classe 2 : préfère le gâteau 2 puis le gâteau 1.

La classe 3 : préfère le gâteau 1 puis le gâteau 2.

III.6.3. Cartographie de préférence PREFMAP

Ce test a été réalisé dans le but de connaître les préférences des juges vis-à-vis de nos produits.

Les deux courbes de niveau et cartes de préférences sont superposées et la **figure 22** est obtenue.

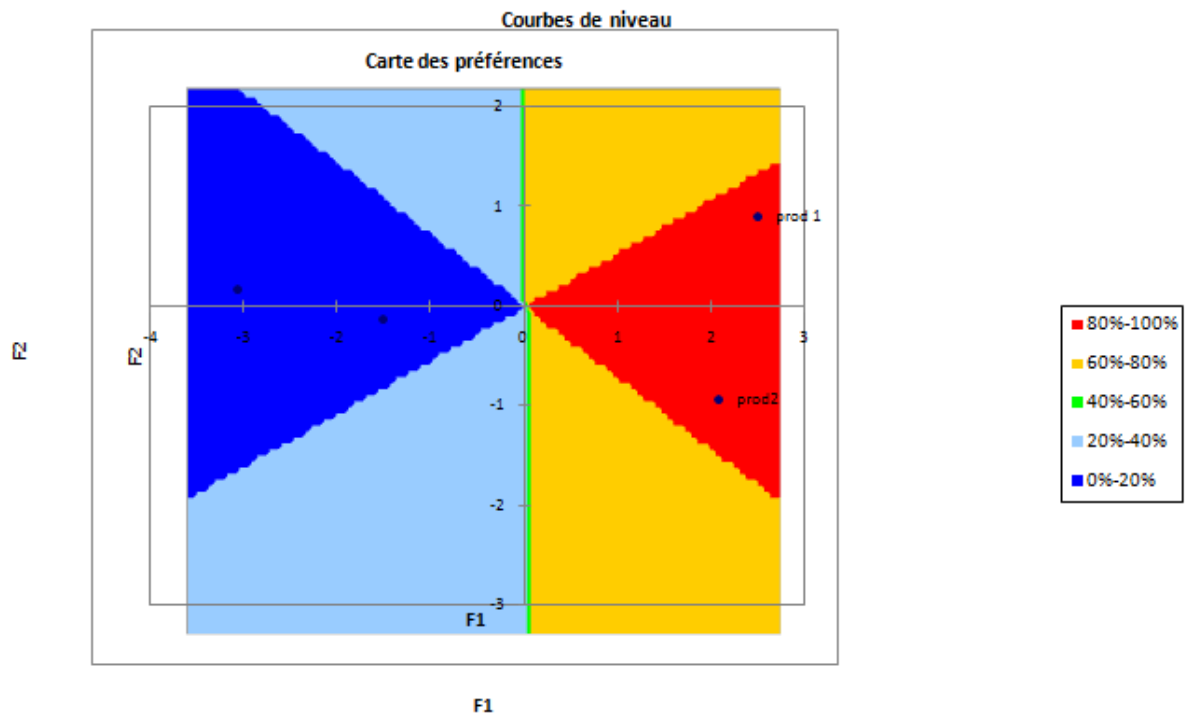


Figure 22 : Carte de préférence PREFMAP

D’après la figure suivante, les gâteaux 1 et 2 sont tout les deux préférés, ils possèdent le même degré de préférence. 80 à 100% des juges préfèrent les produits 1 et 2 vue leur caractéristique précédemment décrite.

Conclusion et perspectives

Ce travail vise à la valorisation d'un fruit inexploité en alimentation humaine qui est le gland de chêne vert. À travers cette étude, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution en étudiant l'effet du séchage sur la qualité biochimique du gland de chêne. Il s'agit de l'impact sur les teneurs en composés bioactifs du gland de chêne (polyphénols totaux, flavonoïdes et tannins) ainsi que sur l'activité antioxydante. Dans cette optique, nous avons procédé au dosage de ces composés dans les extraits de poudres de ces glands séchés à différentes températures (air libre, 30, 40, 50 et 60 °C), et à l'incorporation de la poudre, qui a donné les meilleurs rendements en composés bioactifs dans un produit alimentaire (gâteaux). Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit:

Nous avons observé pour le dosage des polyphénols que l'extrait de l'échantillon séché à 40 °C a révélé le meilleur résultat, avec une différence significative à $P \leq 0,05$, qui est de $37,64 \pm 1,43$ mg EAG/g MS comparé aux extraits des poudres séchées à l'air libre, 30, 50 et 60 °C où nous avons obtenue les concentrations suivantes : $25,22 \pm 3,09$; $25,53 \pm 1,66$; $19,00 \pm 0,98$ et $5,08 \pm 0,70$ mg EAG/g MS, respectivement.

De même, les résultats montrent que l'extrait de l'échantillon séché à 40 °C a la teneur la plus importante, avec une différence significative à $P \leq 0,05$, en flavonoïdes avec une valeur de $21,49 \pm 0,61$ mg EQ/g MS, suivi des extraits d'échantillons séchés à l'air libre, 30 et 50 °C qui ont enregistré des concentrations moyennes en flavonoïdes et qui sont de $13,71 \pm 0,43$; $15,14 \pm 0,46$ et $12,7 \pm 0,75$ mg EQ/g MS, respectivement. Par contre, l'échantillon séché à 60 °C n'a pas permis d'extraire une quantité élevée en flavonoïdes qui est seulement de $2,17 \pm 0,39$ mg EQ/g MS.

Quant aux tannins, l'échantillon séché à 40 °C a montré la teneur la plus importante, avec une différence significative à $P \leq 0,05$, qui est de $15,96 \pm 0,41$ mg EAT/g MS. Par contre, l'extrait de l'échantillon séché à 60 °C a révélé une teneur très faible qui est seulement de $0,79 \pm 0,44$ mg EAT/g MS. Les échantillons séchés à l'air libre, 30 et 40 °C ont enregistré des teneurs moyennes en tannins avec une différence significative à $P \leq 0,05$ qui sont respectivement de $8,19 \pm 0,34$ et $9,6 \pm 0,67$ mg EAT/g MS.

En outre, les extraits ont montré une activité anti-radical DPPH* considérable où le séchage à l'air libre a enregistré la meilleure activité scavenger avec une IC_{50} de $7,21 \pm 0,1$ µg/mL suivi de l'extrait de la poudre séchée à 30 °C dont l' IC_{50} est de $20,57 \pm 0,8$ µg/mL sans différence significative à $P \leq 0,05$. Par contre, les échantillons séchés à 40, 50 et 60 °C présentent une faible activité radicalaire avec des IC_{50} de $34,96 \pm 0,3$; $38,03 \pm 0,6$ et $53,55 \pm 0,8$ µg/mL, respectivement.

En revanche, les extraits des différents échantillons séchés ont révélé une modeste capacité à réduire le Fe^{2+} en Fe^{3+} avec un meilleur pouvoir réducteur attribué à l'extrait de l'échantillon séché à 50 °C dont l' IC_{50} de $49,415 \pm 0,8 \mu\text{g/mL}$, suivi de l'extrait de l'échantillon séché à 40 °C ($\text{IC}_{50} = 104,25 \pm 0,3 \mu\text{g/mL}$). Ensuite, viennent les extraits des échantillons séchés à l'air libre, 30 et 60 °C avec des IC_{50} de $444,5 \pm 0,3$; $484 \pm 0,7$ et $496 \pm 0,2 \mu\text{g/mL}$ respectivement.

La température de 40 °C a donné un meilleur produit du point de vue teneur en antioxydants et une meilleure conservation de ses principes actifs.

L'évaluation des paramètres physico-chimiques de la poudre de gland du chêne a montré une variation de l'humidité entre 8,93% à 60 °C et 12,31% à l'air libre dont les teneurs sont plus faible que celle de la farine du blé ce qui favorise plus leurs conservations. Leurs taux de cendres varie entre 1,25% à 60 °C et 2,69 à l'air libre ce qui nous confirme sa richesse en minéraux par rapport au blé. De plus, l'activité α -amylasique de la farine du gland de chêne est dans les normes et donne une meilleure activité à 40 °C avec un indice de chute de 208 secondes. L'analyse de l'acidité grasse nous confirme la richesse de la farine du gland de chêne en matière grasse avec des teneurs qui varient entre 4,3% à air libre et 6,9% à 30 °C. Nous avons observé un indice de Zeleny de 18 qui est inférieur en comparaison avec les résultats observés avec la farine du blé est cela est due à sa faible teneur en protéines et à l'absence de gluten. D'ailleurs, l'absence de gluten est un avantage pour les l'élaboration de produits destinés au personnes souffrant d'intolérance au gluten.

Enfin, une analyse sensorielle pour consommateurs naïfs (119 personnes) ainsi que pour des jurys experts (12 personnes), a été réalisée et a permis d'étudier l'acceptabilité et l'appréciation des dégustateurs envers les gâteaux élaborés. Notre produit à base de farine du gland a été tout aussi apprécié que ceux à base de la farine du blé ce qui prouve que la farine du gland pourrait devenir une bonne alternative à la farine de blé.

En continuité à ce travail, il serait intéressant de :

- Faire des tests de cuissons sur le produit fini.
- Appliquer un séchage à des températures plus élevées durant un court laps de temps.
- Traiter les échantillons à l'eau bouillante, à l'ultra son et aux microondes pour l'extraction des principes actifs.

D'autres investigations maintiennent des réflexions concernant la fabrication du pain, des gâteaux et des galettes spécialement pour les personnes qui sont allergique au gluten (maladies cœliaques).

Références bibliographiques

Liste bibliographique :

A

Ait Saada D., 1997. Essai nutritionnels des farines de gland en alimentation du poulet de chair.

Alatou D., 1994 : Croissance rythmique du chêne liège et du chêne zeen. *Première journée sur les végétaux ligneux- (Constantine 14 et 15 Novembre 1994).*

Ameesis N. (2007). Etudes du pouvoir antioxydant des extraits phénoliques des plantes médicinales de la région de basse Kabylie. Université Abderahmane Mira (Bejaia). Thèse de magistère. P 70.

Arslan D, Ozcan MM , 2010 . Study the effect of sun, oven and microwave drying in quality of onion slices. *Food Sci Technol.*; 43:1121–1127.

B

Barbero M., et Loisel R., 1980 - Le Chêne vert en région méditerranéenne. *RFF* 32(6).

Baumgras, P. (1944). Experimental feeding of captive fox squirrels. *The Journal of Wildlife Management*, 8(4), 296-300.

Becker M., Picard J -F., Timbale J. (1982). Larousse des arbres, arbustes et arbrisseaux de l'Europe méditerranéenne. Paris : Larousse, p137.

Belarbi M., 1990. Contribution à l'étude des composés chimiques des glands des différentes espèces. Mémoire de Magistère en biologie. Université de Tlemcen. P187.

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.

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

Boskou G., Salta F.N., Chrysostomou S., Mylona A., Chiou A. and Andrikopoulos N.K. 2006. Antioxydant capacity and phenolic profile of table olives from the Greek market. *Food Chemistry*, 94: 558- 564).

Bouderoua K., 1995. Caractéristique biochimique et aptitudes nutritionnelles des glands de chêne vert et de chêne liège en alimentation des poulets de chair ; Thèse de Magistère en science agronomie l'INA Alger. P 107.

Boudroua K., Mourot J., Selselet-Attou G., 2009. The effect of green oak acorn (*Quercus ilex*)based diet on growth performance and meat fatty acid composition of Broilers Asian-Aust. *J. anim Sci.* Vol :22. N° 6. P843-848.

Boudy P., 1950.Economie forestière nord-africaine : monographies et traitements des essences forestières. V2..Paris. P525.

Boudy P., 1955 : Economie forestière Nord Africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie, *Larose Edit., Paris*: P 483 p.

Boyacioglu M.H. et d'Appolonia B.L. 1994. Durum wheat for bread making: Comparison of chemical, rheological and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chemistry* 71(1): P 21-27.

Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., Igc, R., 2008. Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry* 111, 925-929.

Brahmi F, Madani K, Dahmoune F, Rahmani T, Bousbaa K, Oukmanou S, Chibane M. (2012). Optimization of Solvent Extraction of Antioxidants (Phenolic Compounds) From Algerian Mint (*Mentha spicata* L). 2 (4). P531-543.

Bussotti Filippo et Grossoni Paolo., 1998 : Des problèmes dans la classification des chênes « Taxonomie en Europe et région méditerranéenne ». *Article Forêt méditerranéenne t. XIX, n° 3*, p 267-278.

C

C. Bar , 2001 Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux. (Guide pratique) , ed., ITFC céréaliers de France, Paris, p 253.

Camus A., 1945. Produits des Chênes. In: Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 25 années, bulletin n°275-276, P24-37.

Cheftel J, C., 1980. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, technologie et documentation. Vol 1, P 329.

Chen, M. L., Yang, D. J., & Liu, S. C. (2011). Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(6), P 1179-1185.

Chen, S.L., Yang, D.J., Chen, H.Y. & Liu, S.C. (2009). Effect of hot acidic fructose solution on caramelisation intermediates including colour, hydroxymethylfurfural and antioxidative activity changes. *Food Chemistry*, 114, 582–588.

CNRS (Centre National de Recherche Scientifique). 1975. La flore du bassin d'Afrique du Nord.vol. I Monocotyledonae .

Costa P, Goncalves S, Valentao P, Andrade PB, Coelho N et Anabela R. (2012).Thymus lotocephalus wild plants and in vitro culture produce different profiles of phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry*, 135, 1253-1260.

D

Dahmani M., 1997. Le chêne vert en Algérie syntaxonomie, phytoécologie et dynamique peuplement. Thèse Doctorat. Univ. Houari Boumediène Alger, P 01-50.

DE HINGH, A. E. 2000: Food production and food procurement in the Bronze Age and Early Iron Age (2000–500 BC). Ph.D. thesis. Deposited: Faculty of Archeology, Leiden University,(15),p72.

Delacharleries., Debiorge., Sandrine., (2008). HACCP organoleptiques : guide pratique, ISBN 978-2-87016-084-8, Belgique, vol.176, P.65-66.

Dilem A., 1982. Etablissement d'un tarif de cubage par les taillis de chêne vert de la région d'El Hassasna (W. Saida) et étude des principales propriétés physiques et cette essence. Thèse d'ingénieur en agronomie, INA Alger, 40p.

Djeridane ,A , Yousfi , M., Tomi, Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker , P. et Vidal, N (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds .food chemistry ,97(4), P 654-660.

Dobignard A. et Chatelain C., 2010 : Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord. *vol.1 Monocotyledonae* .

Dorman H.D., Koşar M., Kahlos K., Holmy; Hiltunen R. (2003). Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties, and cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), p: 4563-4569.

Doukani, K. (2015). Etude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. *Nature&Technology*,(13),P02.

Dunham, S. B. (2009). Nuts about acorns: A pilot study on acorn use in Woodland period subsistence in the eastern Upper Peninsula of Michigan. *Wisconsin Archaeologist*, 90, P 113-130.

F

Faten ,T. , Eqbal , D. , Khalid ,N. , Yahya ,A., (2018).The effect of drying temperature on the antioxidant activity of thyme extracts . *J Food Technol Pres* 2018, 3 ,(17-18) .

Fernald, H., & Kinsey, A. (1943). Edible wild plants of eastern North America. Cornwall-on-Hudson,NY:AcademicPress.

Fernald, H., Kinsey, A. (1943). Edible wild plants of eastern North America. Academic Press,Cornwall-on-Hudson,N.Y.

Fethoun, M., Saheb, R., & Bennai, Y. E. (2015). Evaluation de l'activité antioxydant de différents extraits de *Foeniculum vulgare*.

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.

Fu, L., Xu, B. T., Xu, X. R., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xia, E. Q., & Li, H. B. (2011). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food chemistry*, 129(2), 345-350.

G

Ghaderi-Ghahfarrokhi, M., Sadeghi-Mahoonak, A. R., Alami, M., & Mousavi Khanegah, A. (2017). Effect of processing treatments on polyphenol removal from kernel of two Iranian acorns varieties. *International Food Research Journal*, 24(1).

Guignard J. L. (2000). Composés aromatiques in : Biochimie végétale ,Ed .2 DUNOD, P 162-175.

H

Hagerman AE. and Bulter L -G. (1978). Protein precipitation methode for the quantitative determination of tanins. *Journal agriculture and food Chemistry* 26(4) : p809-812.

Haichour, 2009. Stress thermique et limite écologique du chêne vert en Algérie .Thèse de magister biologie et écologie-biologie végétale-Uni de Constantine. P139.

Hebi, M., & Eddouks, M. (2016). Evaluation de l'activité antioxydante de Stevia rebaudiana. *Phytothérapie*, 14, 17 – 22.

Husson F., Le S., et Pages J., (2009). SensoMineR dans Evaluation sensorielle - Manuel hydriques pour le gras, Mesures et variabilité. INNOVATION Agronomiques (centre des sciences du gout et de alimentation, 15 rue Hugues picard et, 21000 bijou, N°10, ISBN: 95-114.p:20.

I

ISO (organisation internationale de normalisation) 3093 :1982 .

ISO (organisation internationale de normalisation) 7495 :1990 .

J

Jeong, S.-M., Kim, S.-Y., Kim, D.-R. et al. (2004). Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3389–3393.

Jimenez Gomez . S, Buron Arias. I.Y, Garcia Teresa R. 1977. Agroquímica tecnologia de alimentos. 3: 363-371.

Jolliffe, Garthwaite, P. H , I. T., Jolliffe, I. T., & Jones, B. (2002). *Statistical inference*. Oxford University Press on Demand.

K

KARG, S., HAAS, J. N. 1996: Indizien für den Gebrauch von mitteleuropäischen Eicheln als prähistorische Nahrungsressource. *Tübinger Monographien zur Urgeschichte* 11,P 429–435.

Kaysi Y., Melcon J,P., 1992.Traitement technologie des protéagineux pour les monogastrique. Exemple d'application de la graine de féverole. INRA. Prod. Anim. Vol 5(1) P 3-7.

Kekor D., Kaukios B., 1985. Acid hydrolysate of acorn polysacharid as substance of Canada utilis growth, *Biotechnology Letters*. Athens. Vol 9. P345-348.

Kheddam R, 2005. Acceptabilité et digestibilité des glands de chêne vert et chêne liège. Thèse de Magistère en science agronomique I.N.A Alger.

Kremer Antoine ; Rémy-J. Petit et Alexis Ducouso., 2002 : Biologie évolutive et diversité génétique des Chênes sessile et pédonculé. *Rev. For. Fr.* LIV -2-200, P111-130.

L

Larbier M., Leclercq B., 1992. Nutrition et alimentation des volailles. Ed INRA. Paris. 354.(p).147-155.

Letreuch-Belarouci N., 1991. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir Vols. 1-2. OPU, Alger, P 641 .

Liu, S.C., Yang, D.J., Jin, S.Y., Hsu, C.Y. & Chen, S.L. (2008). Kinetics of color development, pH decreasing, and anti-oxidative activity reduction of Maillard reaction in galactose/ glycine Model Systems. *Food Chemistry*, 108, 533–541.

M

M. Seyer , 2005 :Les fibres alimentaires et le pain de blé entier, ed., Université LAVAL – Québec, P105 .

Madrau, M. A., Piscopo, A., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Poiana, M., Romeo, F. V., & Piga, A. (2009). Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology*, 228(3), P441.

Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Etude de l'extraction des composés méditerranéen. Actes du colloque international du CNRS, Montpellier, 4-8 juin 1974, n° 235. Paris : P497 .

Mansouri, A.; Makris, D.P . and Kefalas, P. (2005). Determination of hydrogen peroxide scavenging activity of cinnamic and benzoic acids employing a highly sensitive peroxyoxalate chemiluminescence-based assay: Structure–activity relationships. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 39: 22–26.

Mezali H, 1985. Quotidien national horizon in plaidoyer pour Tazrout. Deuxième partie. 10 Aout 1985. P9.

Miliauskasa,G., Venskutonisa,P.,van Beek,T.(2004) Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts / *Food Chemistry* 85 :231–237.

Molyneux P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26(2) : 211-219.

Moses, J. A., Norton, T., Alagusundaram, K., & Tiwari, B. K. (2014). Novel drying techniques for the food industry. *Food Engineering Reviews*, 6(3), P 43-55.

N

Natividade J.V, 1956 : Subericulture. ED Française de l'ouvrage Portugais subericulture E.N.E.F. (Nancy), p 303.

Nibouche F., 1998 : Stress lumineux et rythme de croissance chez le chêne liège (*Quercus suber* L.). *Mém. Ing. Etat. Ecologie et environnement*. Université . Constantine, P62.

Nicoli, M.C., Anese, M., Manzocco, L. & Lerici, C.R. (1997). Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *Lebens-Wissen Technology*, 30, 292–297.

Noipa T, Supalax S, Thawatchai T et Wittaya N. (2011). New approach for evaluation of the antioxidant capacity based on scavenging DPPH free radical in micelle systems. *Food search International*, 44, 798-806.

Norme AFNOR .1986. Céréales et produits céréaliers. Ed. Tec Doc. 259p.

MAHMOUDI ,S.,KHALI ,M.,et MAHMOUDI, N.(2012). Nature & Technologie Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technology*, (9), P 35.

O

Odabasoglu f.,Aslan A., cakir A., Suleyman H., Karagaz Y;Malici M.et Bayir Y.(2004). Comparaison of antioxidant activity and phenolic content of three lichen species. *phototherapy research*, vol 18, p 938-941.

Öztürk M., Aydoğmus-Öztürk F., Duru M., Topçu G .(2007). Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*) : an edible medicinal plant. *Food Chem* ,103:623–63.

P

Popovici C, Saykova I et Tylkowski B. (2009). Evaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie industriel*, 4, 25-39.

Q

Quezel p .et Santa S (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS., Paris, 2 tomes, P70.

R

Rabhi K., 2011 : Ajustement de modèles hauteur – circonférence – âge pour le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) dans la forêt d'Akfadou (Tizi ouzou); effet de la densité et de la station. *Thèse de magister. Gestion et Conservation des Ecosystèmes*. Université . Tlemcen.P67.

Rakić, S., Maletić, R. O., Perunović, M. N., & Svrzić, G. (2004). Influence of thermal treatment on tannin content and antioxidation effect of oak acorn *Quercus cerris* extract. *Journal of Agricultural Sciences*, 49(1), P 97-107.

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, P416–423.

Ribereau-Gayon. P. (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Editions : Dunod.Paris, p254.

Rodrigues, A., M. Pérez-Gregorio, et al. (2009). "Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs." *Food Research International* 42(9): P 1331-1336.

Romuald., 2007 : Dans le monde Où trouver le genre Quercus ? Publié le lundi 26 février 2007. http://r.menant.free.fr/article.php3_id_article=32&lang=en consulté le 16 /04/2019
Michel Caron.13/03/2012.m.futura-sciences.com/magazine .

S

S. Camara , 1992 ,Composition chimique des glands de chêne vert crus autoclavés à 80°C et 110°C pendant 1 heure, Thèse d'ingénieur d'état en Agronomie, Université de Mostaganem, p 82.

SahreemS.,KHanM.R.et Khan.(2010).Evaluation of antioxidant activities of various solvent extract of Carissa op aca fruit.Food Chemistry .

Sanchez-Moreno C., Larrauri J.A., Saura -Clixto F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphénols. *J Sci Food Agri* ,79 :270-276.

Schilich P., Deglairea., Cordelles., Urban., Giguzzi., et Martinc., (2010). Les préférences hydroniques pour le gras, Mesures et variabilité. *INNOVATION Agronomiques* (centre des sciences du gout et de alimentatio,: 95-114.

Sichel, G., Corsaro, C., Scalia, M., Di Bilio, A. J. & Bonomo, R. (1991). In vitro scavenger activity of some flavonoids and melanins against O₂-. *Free Radical Biology and Medicine*, 11, 1-8.

Smith, Huron H. 1923 Ethnobotany of the Menomini Indians. *Bulletin of the Public Museum of Milwaukee* 4(1):1-174.

Solymos, R. (1993). Improvement and silviculture of oaks in Hungary. In *Annales des Sciences forestieres* (Vol. 50, No. 6, pp. 607-614). EDP Sciences.

Sousa A.,Ferreiral.C.F.R.,BarrosL.,Bento A.,Pereira J.A.(2008).Effect of solvent and extraction temperatures on the antioxidant potential of traditional stoned table olives alcaparras .*Food science and technology*, vol 41, p739-725.

T

Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y.S., 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry* 93, 713-718

V

Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), P 647-653.

Y

Younsi Salah Eddine., 2006 : Diagnostic des essais de reboisement et de régénération du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la région de Jijel. *Thèse. Magistère . Ecologie végétale.* Université .Constantine. P104.

Z

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.

Zhan, Y., Dong, C. H., & Yao, Y. J. (2006). Antioxidant activities of aqueous extract from cultivated fruit- bodies of *Cordyceps militaris* (L.) Link *in vitro*. *Journal of integrative plant biology*, 48(11), 1365-1370.

Références électroniques :

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

Anonyme 2 : L'Algérie profonde / Actualités Thème d'un séminaire à l'université Saâd-Dahleb Comment revaloriser les produits agricoles du terroir .

Annexe 1 : Liste des réactifs

- Ethanol 40 %
- Carbonate de sodium (Na CO_3) à 20 %
- Chlorure d'aluminium (AlCl_3) à 2 %
- Réactif de Folin –Ciocalteu
- Sérum albumine bovine (BSA)
- Sodium Dodecyl Sulfate / Triéthanolamine (SDS / TEA)
- Chlorure ferrique (Fe Cl_3) à (0,1)
- Tampon phosphate pH =6,6
- Ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe (CN)}_6$) à (1 %)
- Acide trichloroacétique (TAC) à (10%)
- Tampon acétate
- Solution DPPH° à 10^{-3}M

Annexe 2 : Préparation des solutions et des réactifs

✓ Ethanol 40% :

60ml d'eau distillée + 40ml éthanol pure

✓ Solution de carbonate de sodium (Na CO_3)

- Elle est préparée en dissolvant 20 g de Na CO_3 dans 100 mL d'eau distillée

✓ Tampon acétate à pH 4,9 : elle est préparée par introduction de :

- 0,56 g d'acide acétique à 0,020 M
- 0,492 g de chlorure de sodium (NaOH) à 0,17 M
- Compléter à 40 ml d'eau distillée
- Ajuster à pH 4,9

✓ Solution BSA

Elle est préparée à une concentration de 10 mg de BSA +10 ml du tampon acétate

✓ Solution SDS / TEA : elle est préparée par introduction de :

- 7,5 ml de triéthanolamine (TEA)
- 1.5 g SDS
- Compléter à 150 ml d'eau distillée

✓ Solution de chlorure de fer (FeCl_3)

Dissoudre 81 mg de FeCl_3 à 0,01 M dans 50 ml d'HCL à 0,01 M

✓ Tampon phosphate : elle est préparée par introduction de :

- Dissoudre 3.12 g de $\text{H}_2\text{Na PO}_4$ dans 100 ml d'eau distillée

- Dissoudre 7.16 g de Na HPO₄ DANS 100 ml d'eau distillée
- Neutraliser la solution basique par la solution acide jusqu'à pH =7

✓ **Ferricyanure de potassium [K₃Fe(CN)₆]**

- Elle est préparée en dissolvant 1 g de [K₃Fe (CN)₆] dans 100 ml d'eau distillée

✓ **TCA**

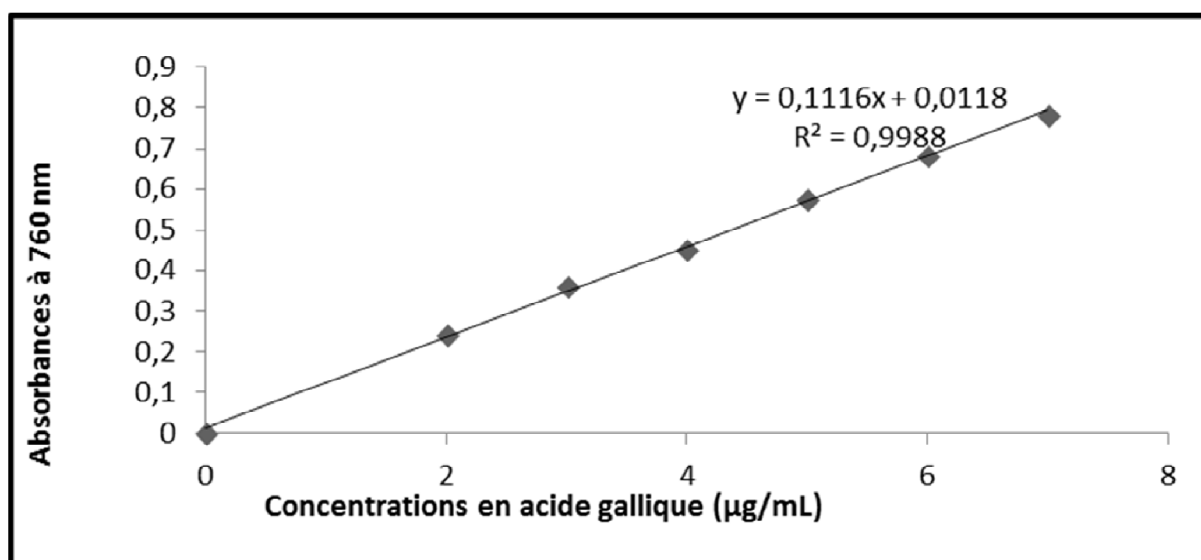
- Elle est préparée en dissolvant 10 g de TCA dans 100 ml d'eau distillée

✓ **FeCl₃**

- Elle est préparée en dissolvant 0,1 g de FeCl₃ dans 100 ml d'eau distillée

Annexe 3 : Les courbes d'étalonnages

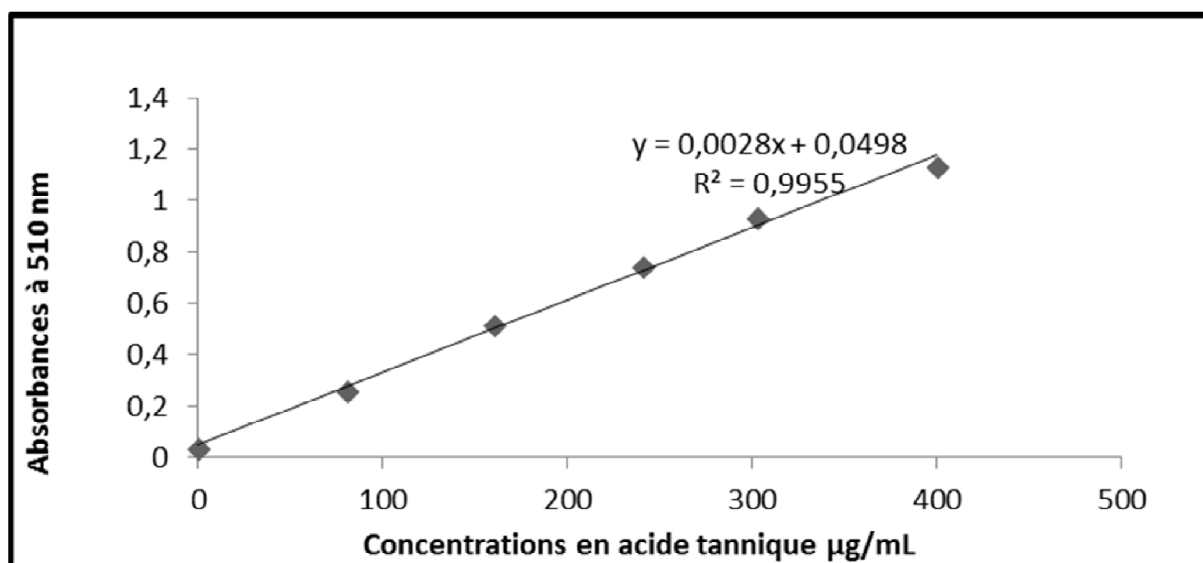
Annexe .3. 1 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux



Annexe 3. 2 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes



Annexe 3. 3 : courbe d'étalonnage pour le dosage des tanins



Annexe 4 : Questionnaire pour Analyse hédonique des gâteaux

Questionnaire Evaluation d'un gâteau :

Date :.... /.... /.....

Age :.....Ans.

Sexe : Féminin

Masculin

Profession :.....

Dans le cadre d'une évaluation sensorielle des gâteaux (sablés), 2 échantillons vous sont présentés codés 1 et 2. Il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement (de gauche à droite), puis répondre aux questions qui suivent :

NB : après la dégustation de chaque échantillon, rincer la bouche avec de l'eau.

2)-Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 a 9, Sachant que le numéro 1 correspond a l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 a celui le plus préféré.

Ech1**Ech2**

3)-Quels sont les paramètres qui ont motivé votre préférence ?

- 1- la Couleur du gâteau
- 2- Le gout du gâteau
- 3- La texture du gâteau
- 4- La consistance du gâteau
- 5- La friabilité du gâteau
- 6- Autre (mentionnez)

Echantillon 1	Echantillon 2

Merci pour votre participation

Annexe 5 : Questionnaire pour Analyse sensorielle des gâteaux (panel expert)

Date :

Age :

Profession :

Sexe :

Dans le cadre d'une analyse sensorielle des gâteaux , 2 échantillons vous sont présentés codés 1 et 2 . Il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement (de gauche à droite), puis répondre aux questions qui suivent en attribuant une note de 1a 5 selon l'échelle présentée

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

1_ Test visuel :

A) _ la couleur du gâteau est :

- (1) très claire
- (2) claire
- (3) peu foncée
- (4) foncée
- (5) très foncée

Echantillon 1	Echantillon 2

B) – l'odeur du gâteau est :

- (1) Absente
- (2) faible
- (3) moyenne
- (4) forte
- (5) très forte

Echantillon 1	Echantillon 2

C) - la texture du gâteau au touché est :

- (1) très dure
- (2) dure
- (3) moyenne (ni dure ni tendre)
- (4) molle
- (5) très molle

Echantillon 1	Echantillon 2

2-Sensation en bouche :

A) - Le goute sucré du gâteau est-il :

- (1)- absent
- (2)- faible
- (3)- moyen
- (4)- fort
- (6)- très fort

Echantillon 1	Echantillon 2

B)- la texture du gâteau est:

- (1) très pâteuse
- (2) pâteuse
- (3) Peu croustillante
- (4) croustillante
- (5) très croustillante

Echantillon 1	Echantillon 2

B) La consistance du gâteau

- (1) fortement légère
- (2) légère
- (3) peu légère
- (4) consistante
- (5) très consistante

Echantillon 1	Echantillon 2

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

Ech1

Ech2

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

- la Couleur du gâteau
- Le gout du gâteau
- La texture du gâteau
- La consistance du gâteau
- La friabilité du gâteau
- Autre (mentionnez)

Echantillon 1	Echantillon 2

Merci pour votre participation 😊

Résumé

Cette étude a été réalisée afin de vérifier l'influence du séchage sur la teneur en composés phénoliques, l'activité antioxydante et les caractères physico-chimiques du gland du chêne vert. Par conséquent, des températures de 30, 40, 50 et 60 °C et un séchage à l'aire libre ont été appliqués. L'objectif est de valoriser le gland du chêne vert en le transformant en farine puis en un produit alimentaire fini (gâteaux secs). Le dosage a prouvé la richesse des glands du chêne vert en polyphénols dont les flavonoïdes et les tannins, les extraits des glands séchés à 40 °C ont enregistré les meilleurs teneurs, avec une différence significative à $P \geq 0,05$, qui sont de $37,64 \pm 1,43$ mg EAG/g MS pour les polyphénols totaux ; $21,49 \pm 0,61$ mg EQ/g MS pour les flavonoïdes et $15,96 \pm 0,41$ mg EAT/g MS pour les tannins . En outre, les extraits ont montré une activité anti-radical DPPH' considérable où l'extrait de l'échantillon séché à l'air libre a enregistré la meilleure activité scavenger avec une IC_{50} de $7,21 \pm 0,1$ µg/mL. En revanche, les extraits des échantillons séchés différentes températures ont révélé une modeste capacité à réduire le Fe^{2+} en Fe^{3+} . L'extrait de l'échantillon séché à 50 °C a une meilleure capacité réductrice avec une valeur d' IC_{50} de $49,41 \pm 24,26$ µg/mL avec une différence significative à $P \geq 0,05$, suivi de l'extrait de l'échantillon séché à 40°C avec une valeur de $104,25 \pm 0,35$ µg/mL. De plus, les résultats des analyses physico-chimique s'avèrent satisfaisants, ils ont confirmé l'absence du gluten dans les glands de chêne, et une importante activité α -amylasique pour l'échantillon séché à 40°C, les tests ont montré aussi leur richesse en matière grasse avec une meilleur valeur de 6,9% attribuée aux gland séché à 30 °C. Les valeurs du taux de cendre des échantillons du glands de chêne séché ont révélé leur richesse en minéraux notamment le fer. Le test sensoriel a démontré que les gâteaux faits à base de la farine de gland du chêne sont autant appréciés que les gâteaux faits à base de la farine du blé.

Mot clés : Gland du chêne ; séchage ; farine , activité antioxydante , composés phénolique ; gâteaux.

Abstract

This study was carried out in order to verify the influence of drying on phenolic compounds and antioxidant activity as well as on the physicochemical characteristics of oak acorn. For this, temperatures of 30, 40, 50, 60 °C and air drying were applied. The aim is to valorize the acorn of the oak by transforming it into flour used to prepare a finished food product (biscuits). The assay proved the richness of green oak acorns in polyphenols whose flavonoids and tannins, acorns dried at 40 °C recorded the best contents: 37.64 ± 1.43 mg EAG / g MS for polyphenols; 21.49 ± 0.61 mg EQ / g MS for flavonoids and 15.96 ± 0.41 mg EAT / g MS for tannins. In addition, the extracts showed a considerable anti-radical DPPH' activity where the extract dried in air recorded the best scavenger activity with an IC_{50} of 7.21 ± 0.1 µg/mL. In contrast, the various dried extracts revealed a modest ability to reduce Fe^{2+} to Fe^{3+} . The extract of the sample dried at 50 °C has a better reducing capacity with a value of 49.41 ± 24.26 µg/mL , followed by the extract of the dried sample at 40 °C with a value of 104.25 ± 0.35 µg/mL. In addition, the physico-chemical analysis were satisfactory, they confirmed the absence of gluten in the oak acorns, and an important α -amylase activity for the sample dried at 40 °C, the tests confirmed also their high fat content with a better value of 6.9% which was attributed to the oak dried at 30 °C. The ash content values of dried oak acorn samples confirmed their high mineral content, especially iron. The sensory test has shown that biscuits made from oak acorns and those made from wheat flour are equally appreciated.

Keywords : oak acorn; drying ; flour ; antioxidant activity; polyphenols ; biscuits.